



Rapport over forprojektet:

UDVIKLING AF NYE, SIKRE HØJKVALITETS- PRODUKTER VED TØRRING AF BÆR, FRUGTER, GRØNTSAGER OG URTER



FødevareErhverv, J. nr. 3414-08-02240

Juni 2010

Rapporten er udarbejdet af Teknologisk Institut med bidrag i enkelte afsnit af projektdeltagerne:

Jacob Lauritsen, Berrifine A/S

Erik Skovmand og Peter Christensen, WTT A/S

Pia Bischof, Urteriet Læsø

Mogens Mahler og Lone Andreasen (Væksthus Midtjylland), Samsø Bær I/S

Lone Sass Mortensen, Lone Søvad Madsen og Ebbe Nørgaard, Teknologisk Institut

Forord

Forprojektet er gennemført i samarbejde mellem WTT A/S, Urteriet Læsø, Berrifine A/S, Samsø Bær I/S og med Teknologisk Institut som projektleder. Fødevarerhverv har ydet økonomisk støtte til projektdeltagerne under Innovationsloven.

Projektlederen vil hermed gerne rette en stor tak til virksomhederne og Fødevarerhverv for et aktivt og positivt engagement i projektet. En særlig tak rettes til WTT A/S, som har lagt en del flere resurser i projektet end budgetteret med henblik på at nå et tilfredsstillende resultat. Projektets resultater har medført, at der i skrivende stund er udarbejdet en ny ansøgning til Fødevarerhverv om medfinansiering til en fortsættelse af projektet, da de fleste af projektdeltagerne ønsker at fortsætte den positive udvikling frem mod en lancering af de udviklede produkter og processer.

Foruden denne faglige rapport, er der udarbejdet en kort slutrapport til brug for Fødevarerhverv.

Teknologisk Institut
Århus, den 28. juni 2010



Projektleder: Ebbe Nørgaard Jensen

Indholdsfortegnelse

Forord.....	2
Resumé.....	5
Konklusion.....	6
Indledning.....	7
Forsøgsanlæg.....	8
Beskrivelse af anlæg.....	8
Forsøgsprocedure.....	10
Produktforsøg.....	11
Erfaringer med forsøgene.....	12
Databehandling.....	13
Måledata.....	14
Produkttemperatur.....	14
Tørrekurver.....	15
Solbær.....	15
Æbler.....	17
Dild.....	20
Gulerødder.....	22
Fødevarerikkerhed.....	23
Delkonklusion.....	27
Produktkvalitet.....	28
Valg af karakteriseringsmetoder.....	28
Flavour-analyse.....	30
Headspaceteknikken.....	30
Dynamisk headspace (GC-MS).....	30
Statisk headspace (GC-FID).....	30
Resultater.....	31
Solbær.....	31
Æbler.....	32
Dild.....	34
Gulerødder.....	35
Kondensat.....	36
C-vitamin.....	36
Solbær.....	36
Æbler.....	37

Smag	38
Solbær	38
Æbler	39
Dild	39
Gulerødder	40
Ribs og Jordbær	40
Forretningsplaner	41
Investerings- og driftsomkostninger	41
Markedspotentiale	44
Samsø Bær I/S	44
Berrifine A/S	47
WTT A/S	47
Urteriet Læsø	47
Videreudvikling af tørringskonceptet	49
Referencer	51
Bilag 1. Risikofaktoranalyse	52
Bilag 2. Baggrund for risikofaktoranalyse	59
Bilag 3. Analyse af flygtige stoffer i solbær tørret under forskellige betingelser- temperatur	68
Bilag 4. Analyse af flygtige stoffer i solbær tørret under forskellige betingelser- overhedning	75
Bilag 5. Analyse af flygtige stoffer i solbær tørret under forskellige betingelser - batchvariation ...	82
Bilag 6. Analyse af flygtige stoffer i æbler tørret under forskellige betingelser - temperatur	87
Bilag 7. Analyse af flygtige stoffer i æbler tørret under forskellige betingelser - overhedning	98
Bilag 8. Analyse af flygtige stoffer i æbler tørret under forskellige betingelser - batchvariation ...	103
Bilag 9. Analyse af flygtige stoffer i dild tørret under forskellige betingelser	106
Bilag 9. Analyse af flygtige stoffer i gulerødder tørret under forskellige betingelser	112

Resumé

Formålet med projektet var at skabe et grundlag for forretningsudvikling for de deltagende virksomheder baseret på tørrede frugter, urter og grøntsager. Omdrejningspunktet for projektet var en tørreproces, som foregår i overhedet damp i vakuum, hvor de fleste kommercielle produkter i dag tørres enten ved frysetørring eller ved soltørring.

WTT A/S designede og konstruerede et relativt stort laboratorietørreanlæg, hvori der blev gennemført en lang række tørringsforsøg under forskellige procesbetingelser på forskellige produkter leveret af henholdsvis Berrifine A/S, Samsø Bær I/S samt Urteriet Læsø.

De tørrede produkter er blevet analyseret for en række kvalitetsparametre, dels i Teknologisk Instituts fødevarerlaboratorier samt ved eksterne analyser, og der er blevet gennemført fødevarerikkerhedsanalyser af risikofaktorer forbundet med produktion af de pågældende produkter i kombination med tørreprocessen. Resultatet af disse analyser er dels, at der er forskellige risikofaktorer, som man skal være opmærksom på ved etableringen af en produktion af tørrede produkter med den pågældende proces, og at tørreprocessen har stor indflydelse på produktkvaliteten i øvrigt. Der er endvidere blevet afholdt et arrangement på Teknologisk Institut, hvor mulige aftagere af de tørrede produkter deltog og smagte på produkterne og kom med deres kommentarer dertil. Responset på de enkelte produkter spændte vidt afhængig af ”modtageren”, hvilket understreger, at der er meget forskellige forventninger til tørrede produkter. Nogle af produkterne blev modtaget yderst positivt, og andre produkter fik tilknyttet kommentarer om fremtidige forbedringer, hvilket endnu en gang understreger potentialet, og at der stadig er noget at arbejde videre med.

Der er blevet arbejdet med forretningsmodeller for de forskellige deltagere. Fællesnævneren er, at det vurderes, at der er et spændende potentiale at arbejde videre med, men at der stadig mangler nogle klare og vigtige konklusioner, før deltagerne tør investere det, der skal til for at etablere en produktion af tørrede produkter i Danmark eller andre lande med den pågældende proces.

Projektet har gennem medieomtale vakt en del interesse fra udstyrsleverandører og producenter af tørrede frugt- og grøntsager om mulig deltagelse i et eventuelt videre udviklingsforløb eller som aftagere af de udviklede produkter og processer.

Konklusion

Der blev etableret et laboratorietøringsanlæg, hvori der blev tørret frosne solbær, friske æbler, gulerødder, dild og nogle få andre produkter. Der blev som planlagt gennemført forsøg under forskellige tøringskonditioner, og det kan konkluderes, at det er muligt at tørre produkterne med en tilfredsstillende kvalitet og hastighed, som i nogle tilfælde vurderes mulig at afsætte til forskellige formål. Det kan også konkluderes, at tøringskonditionerne har stor indflydelse på, hvilket produkt, der kommer ud af tørreren, og at det er meget forskelligt, hvordan forskellige mennesker vurderer kvalitet. Særligt dilden og æblerne gav positive smagsresultater, hvor konklusionerne på solbærrene og gulerødderne var mere varierede.

På nær Urteriet Læsø er alle projektdeltagerne interesseret i at fortsætte samarbejdet om modningen af konceptet frem mod kommercialisering, da projektets resultater overordnet set er så positive, at det virker sandsynligt, at der kan skabes en ny forretning baseret på projektets resultater. Urteriet Læsø vurderer ikke at være i stand til på nuværende tidspunkt at kunne rejse den nødvendige kapital til, at det giver mening at fortsætte samarbejdet, men er meget interesseret i at følge en eventuel videreførelse af projektet fra sidelinjen.

I takt med at projektet blev gennemført, rejste der sig nye spørgsmål om tøringsudstyret og produkterne, som medførte, at der er behov for re-design af udstyr, flere forsøg og flere kvalitets- og sikkerhedsanalyser, før endelige forretningsplaner kan udarbejdes. Derfor er der udarbejdet en ny ansøgning til Fødevarerhverv om økonomisk støtte til en videreførelse af arbejdet. Projektgruppen er udvidet med nye interessenter.

Indledning

Ideen til projektet opstod på baggrund af en trængt frugt- og grøntsagsbranche, som kæmper mod billige importerede produkter med varierende kvalitet. Tørrede produkter er normalt dyre at producere dels pga. høje anlægsinvesteringer, men også høje energiudgifter spiller en rolle. Kiloprisen for de tørrede produkter er imidlertid også høj, hvis kvaliteten er god, og det vurderes at markedet for tørrede produkter er stigende. Det synes derfor oplagt at undersøge forretningspotentialet nærmere i form af nærværende projekt. Kimen til projektet blev skabt af en konsulent ved Væksthus Midtjylland i samarbejde med Samsø Bær I/S, som søgte nye forretningsmuligheder. Derefter blev Teknologisk Institut kontaktet, som fik etableret resten af projektgruppen og udarbejdet en ansøgning om støtte fra Innovationsloven. Teknologisk Institut har de senere år intensiveret arbejdet med forskellige tørreprocesser og produktkvaliteter, relateret til tørreprocessen, og foreslog projektgruppen at basere projektet på tørring i overhedet damp i vakuum, som er en variant af en mere almindelig vakuamtørreproces. WTT A/S producerer tørringsudstyr til træbranchen baseret på netop denne tørringsteknologi, og var interesseret i at undersøge mulighederne for at anvende teknologien på andre produktgrupper og branchesegmenter, hvor fødevarerbranchen synes interessant.

Tørringsteknologien er kendt for at være skånsom over for produkterne, da den kan foregå ved lav temperatur og uden ilt. Endvidere foregår processen i en lukket kredsløbsproces, hvormed energiforbruget er relativt lavt, selv uden energigenvinding. Med integreret energigenvinding forbruger processen generelt 1/10 til 1/20 af det energiforbrug, som normalt anvendes til frysetørring, og er den tørreproces, som anvender absolut mindst energi af alle kendte industrielle tørreprocesser. Trods disse fordele er processen ikke særlig udbredt, sandsynligvis på grund af forskellige tekniske besværligheder, samt det faktum at der findes andre teknologier, som historisk set har dækket markedet baseret på historiske markedsforhold. Med stigende energipriser og øget globalisering har markedet ændret sig, hvilket vurderes at have banet vejen for ny teknologi på det eksisterende marked.

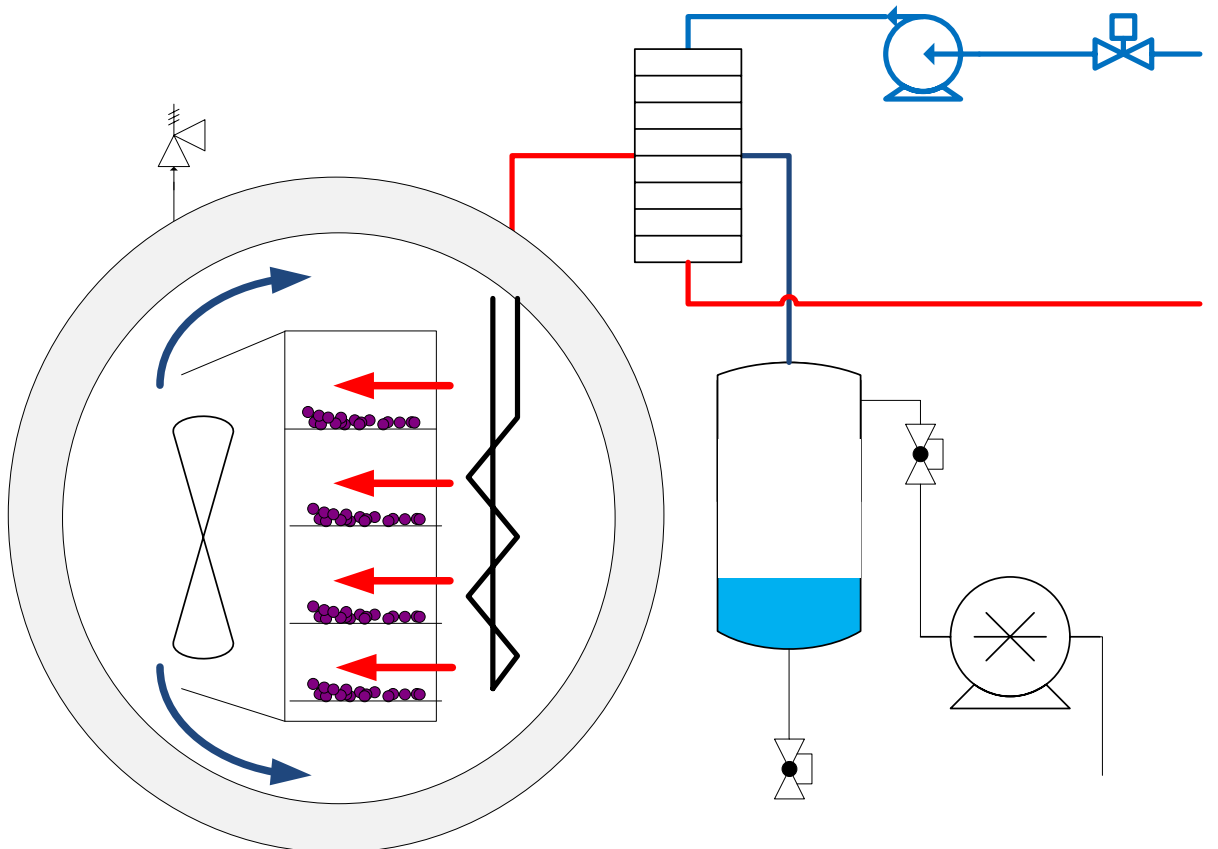
Projektet var et forprojekt, som havde til formål at skabe et beslutningsgrundlag for projektdeltagerne om teknologien, og markedet synes gunstigt nok til at investere i en produktion af tørrede bær, frugter og urter.

For at undersøge potentialet blev der designet og konstrueret et relativt stort forsøgstørreanlæg, hvori der blev gennemført en række produktforsøg. Rapporten indeholder en beskrivelse af det gennemførte arbejde, konklusioner og behov for videreudvikling før kommercialisering.

Forsøgsanlæg

Beskrivelse af anlæg

Forsøgsanlægget er opbygget med fokus på fleksibilitet, så det er enkelt at indstille de ønskede procesbetingelser og gennemføre de ønskede forsøg, og muligt at opskalere anlægget efterfølgende. Der er vist et simpelt procesdiagram af forsøgsanlægget i figur 1.



Figur 1: Skitse af procesdiagram for forsøgsanlægget. Forsøgsanlægget består af en isoleret trykbeholder, hvori produkterne tørres på bakker. Varmen tilføres via et elektrisk varmelegeme, og det fordampede vand fra produkterne cirkuleres via en ventilator. Dampen overfører varmen fra varmelegemet til produkterne. Trykket kontrolleres af en vakuumpumpe, placeret uden for beholderen, der suger den overskydende damp ud af beholderen. Dampen er forinden blevet afkølet og til dels kondenseret i en varmeveksler. Kondensatet aftappes fra en beholder.

Diagrammet i figur 1 er simplificeret i forhold til virkeligheden og viser kun hovedelementerne i anlægget. For at tørre produkterne skal der tilføres energi svarende til ca. 2460 kJ/kg (ca. 680 kWh/ton) vand, der skal fordampes fra produkterne. I forsøgsanlægget tilføres de med el, da det giver en god fleksibilitet i forhold til forsøgsgennemførelse. I takt med at vandet fordampes, stiger trykket i beholderen. For at holde trykket konstant suges netop den afdampede vandmængde ud af beholderen med vakuumpumpen. Dampen er forinden afkølet og for størstedelens vedkommende kondenseret i varmeveksleren, der er vist øverst i diagrammet, således at vakuumpumpens slagvolumen ikke behøver være så stort som ellers.

Temperaturen i tørrekammeret styres ved at regulere på effekten på varmelegemerne. På denne måde kan damptemperaturen i tørrekammeret kontrolleres i området fra mætningstemperaturen, som er bestemt af trykket og op til 140° C, som er den højeste temperatur nogle af komponenterne i tørrekammeret kan holde til. I de gennemførte forsøg har damptemperaturen ikke været over 80° C og typisk en del lavere.

Ved dette anlægsdesign bruges 2460 kJ/kg vand, der fjernes, plus energiforbrug til hjælpeudstyr som vakuumpumpe, ventilatorer samt styring. I tabel 1 er vist en oversigt over forsøgsanlæggets kapacitet og anvendelsesområde.

Effekt	Vandfordampning	Tryk	T_mæt (fkt_tryk)	Temperatur	Bakke volumen
[kW]	[kg/h]	[mbar]	[°C]	[°C]	[L]
0 - 17	0 – 25	57 - 6000	37 - 159	T_mæt - 140	0 - 400

Tabel 1: Oversigt over forsøgsanlæggets kapacitet. Den maksimale mætningstemperatur på 159° C, svarende til et tryk på 6 bar, kan ikke realiseres, da nogle af de anvendte delelementer i tørrekammeret ikke kan modstå temperaturer over 140° C.

I figur 2 er der vist forskellige relevante billeder af forsøgsanlægget.



Figur 2a: Anlægget har plads til 42 produktbakker fordelt på 3 ens sektioner med hver sin ventilator og varmelegeme. Tørresektionerne er vist på en vogn uden for tørrekammeret.



Figur 2b: Billedet viser hele laboratorieanlægget. Selve trykkammeret hviler på 6 vejeceller, som muliggør udarbejdelse af tørrekurver for forsøgsprodukterne.



Figur 2c: Billede af en tørresektion med enkelte bakker monteret på hylderne, samt varmelegemet og ventilatoren.

Tørresektionerne er placeret på en ramme med hjul under, således at denne kan skubbes ind og ud af tørrekammeret for manuel fyldning og tømning af produkter. Selve tørrebeholderen er placeret oven på 6 vejeceller, som muliggør udarbejdelsen af tørrekurver for de respektive produktforsøg. Produktvægten var under forsøgene endvidere styringsparameter for, hvornår et givent forsøg skulle afsluttes. Opløsningen på vægten er 0,1 kg, hvilket satte nogle grænser for, hvor præcist slutvandinholdet i de tørrede produkter i et givent forsøg kunne bestemmes, afhængig af hvor meget produkt, der blev tørret per forsøg. Jo større produktmængde desto bedre kunne nøjagtigheden på produktets vandindhold efter tørring styres.

Forsøgsprocedure

1. Forud for forsøgene blev anlægget og produktbakkerne rengjort.
2. Tørresektionerne blev fyldt med det antal bakker, som var nødvendigt, for at kunne rumme den planlagte produktmængde, der skulle tørres.
3. Derefter blev tørresektionerne rullet ind i tørrekammeret, hvorefter tørrekammeret blev evakueret.
4. Vægten blev herefter nulstillet (tareret).
5. Tørresektionerne blev rullet ud af tørrekammeret for fyldning med våde produkter.
6. Produkterne som skulle tørres, blev afvejet eksternt og fyldt på bakkerne i et tyndt jævnt lag på max. samme lagtykkelse som højden på bakkernes kanter (ca. 25 mm).
7. Der blev placeret 8 temperaturfølere jævnt fordelt i produkterne for forskellige bakker for at få en indikation af produkttemperaturen under forsøget.
8. Tørresektionerne blev rullet ind i tørrekammeret og kammeret evakueret. Evakueringen tog cirka 15 minutter.
9. Derefter blev der tilført varme via el-legemerne, indtil den ønskede tørringstemperatur var opnået.
10. Trykket og temperaturen blev herefter kontrolleret, indtil den ønskede slutvægt var opnået, hvorefter forsøget var tilendebragt.
11. Tørresektionerne blev rullet ud af tørrekammeret og produkterne fjernet fra bakkerne.
12. Til sidst blev der udtaget tilfældige prøver af de tørrede produkter, og slutvandindholdet blev bestemt ved afdampning af det sidste vand i en ekstern ovn, egnet til formålet.
13. De tørrede produkter blev opbevaret i fødevaregodkendte spande, og udvalgte kondensatprøver blev ligeledes gemt for efterfølgende kvalitetsanalyser.

Produktforsøg

Der er mange procesforhold, der har betydning for hele designgrundlaget for anlægget samt for kvaliteten af de tørrede produkter, der kommer ud af processen. Disse er:

1. Produktets geometri og diffusionsegenskaber
2. Temperatur
3. Tryk
4. Strømningsforhold af det varmeoverførende medie, såsom hastighed og ensartethed
5. Ønsket vandindhold af de tørrede produkter
6. Tørretid, som er en konsekvens af ovenstående produkt- og procesforhold.

Det er alment kendt, at temperaturen skal være så lav som mulig for at bevare så meget som muligt af de oprindelige produkters kvalitetselementer såsom smag, aroma- og næringsstoffer. Omvendt medfører en høj temperatur en kort tørretid, hvilket også er fordelagtigt for kvalitetsbevarelsen. I forhold til energigenvinding er det en fordel at trykket er så højt som muligt og temperaturen som lav som muligt. Herved kan der opnås den bedste virkningsgrad af systemet. Den største designmæssige barriere for teknologien er, at dampen fylder rigtig meget, når trykket bliver lavt, det vil sige at anlægsinvesteringen bliver højere jo lavere tryk man tørrer ved. Der er således flere forhold, der skal tages højde for, for at finde et optimum. Det er på forhånd ikke muligt at forudsige, hvad der betyder mest for produktkvaliteten: tørretiden eller temperaturen.

Det blev besluttet at gennemføre forsøg på følgende produkter:

1. Solbær: friske og frosne (SORT: Ben Lomond)
2. Friske æbler skåret i 5 mm skiver (Sort: Gala Most)
3. Gulerødder skåret i 2 mm skiver (Sort: Nelson)
4. Frisk dild (Sort: Hedra dild).

Der blev endvidere gennemført enkelte forsøg på frosne jordbærskiver samt frosne ribs.

Et forsøg tog lige fra 2 til 24 timer, hvorved det var nødvendigt at begrænse antallet af parametervariationer til en forsøgsmatrix med fastholdt tryk og tre forskellige temperaturer om omvendt, således at der i udgangspunktet blev 9 forsøg på hvert produkt. Alle forsøg blev gennemført med maksimal omdrejningstal på ventilatorerne, hvorved strømningsforholdene henover produkterne var ens i alle forsøg.

Forsøgene blev identificeret således:

produkttype_forsøgsnummer_mætningstemperatur_overhedningstemperatur.

Overhedningstemperaturen defineres som aktuel dampstemperatur minus mætningstemperaturen. Eksempel: Æbler_1_45_20, hvilket betyder, at produktet er æbler, det er det første forsøg med æbler, mætningstemperaturen er 45° C, og overhedningen er 20 K svarende til en absolut dampstemperatur på 65° C.

Der er gennemført følgende vellykkede forsøg:

Solbær	Æbler	Dild	Gulerødder
Solbær_9_40_20	Æbler_1_45_20 (2 mm)	Dild_1_45_10	Gulerødder_1_50_25
Solbær_10_40_30	Æbler_8_45_20	Dild_2_50_25	Gulerødder_2_50_25
Solbær_7_40_40	Æbler_2_45_30	Dild_3_40_35	
Solbær_4_45_20	Æbler_3_45_40		
Solbær_3_45_20	Æbler_5_55_20		
Solbær_1_50_5	Æbler_4_55_30		
Solbær_5_50_10	Æbler_6_55_40		
Solbær_2_50_20	Æbler_7_55_40		
Solbær_8_50_30			

Tabel 2: Oversigt over gennemførte og vellykkede forsøg. Forsøgene blev identificeret således: produkttype_forsøgsnummer_mætningstemperatur_overhedningstemperatur. Farverne illustrerer, hvilke forsøg, der er gennemført ved samme mætningstryk, og hvor overhedningstemperaturen er forskellig.

Nogle af forsøgene er gennemført 2 gange, dels for at undersøge repeterbarheden samt for at undersøge slutvandindholdets betydning for smagsoplevelsen. Udover de viste forsøg er der gennemført en række andre forsøg, som af forskellige årsager ikke blev vellykkede, men som har bidraget til at høste erfaring med processen. Jordbærrene og ribsene blev tørret sammen med nogle solbær, hvilket gjorde, at det ikke var muligt at styre vandindholdet i slutproduktet, hvorved det ikke giver mening at gennemføre nærmere undersøgelser af de produkter, men kun subjektive smagstest.

Erfaringer med forsøgene

Vandindholdet

Slutvandindholdet har stor betydning for smagsoplevelsen af de forskellige produkter. Få procentuelle forskelle på 2-4 procentpoint i slutvandindholdet kan være afgørende for, om produktet er rosinagtigt eller knasende sprødt at tygge på. I projektgruppen vurderes det, at solbærrene var bedst som rosinagtige, og at de øvrige produkter skulle være knastørre for at være salgbare, hvilket overvejende blev bekræftet på et smagsarrangement, der blev afholdt for mulige aftagere af produkterne. Slutvandindholdet var vanskeligt at ramme præcist af forskellige årsager. Dels betyder tørstofindholdet i det våde produkt rigtig meget, hvilket kan variere fra batch til batch, og dels var udstyret følsomt over for temperaturvariationer i omgivelserne, så i praksis var det muligt at ramme inden for cirka 2-3 procentpoint.

Øvrige erfaringer

Solbærrene mistede en del væske ved afdrypning under tørringen, hvilket var værst med de frosne bær. Dette er selvfølgelig ikke optimalt, dels fordi bærrene derved mister værdi, men også fordi den afdryppede saft ender med at blive meget klistret pga. sukkerindholdet, hvorved bærrene klistrer fast til underlaget. Flere løsninger på dette problem blev diskuteret, men ingen blev afprøvet.

Kondensatet fra tørringerne viste sig at være et interessant biprodukt, som vurderedes at kunne have værdi i forskellige sammenhænge. Optimalt set burde de tørrede produkter beholde alle kvalitetsstofferne i produktet under tørringen, men det kan ikke lade sig gøre. At processen foregår i et lukket kredsløb uden fremmede stoffer indblandet (end den damp der kommer fra produktet selv) betyder, at kondensatet er rent, og vil måske kunne sælges som aromavand, som tilsætning til supper eller lignende, eller som solbærvand på flaske.

Det blev endvidere klart under forsøgene, at håndtering af produkterne før og efter tørringen er vigtig for slutproduktets værdi. Eksempelvis vil et bær, der er blevet langsomt indfrosset, have en dårligere kvalitet og miste mere væske end produkter, der er friske eller er blevet indfrosset hurtigt (IQF). Endvidere betyder håndteringsperioden både før og efter tørringen meget for slutkvaliteten. Under forsøgene tilstræbtes det at begrænse disse perioder mest muligt, og i praksis tog det cirka 10 minutter henholdsvis at fylde og tømme forsøgsanlægget.

Databehandling

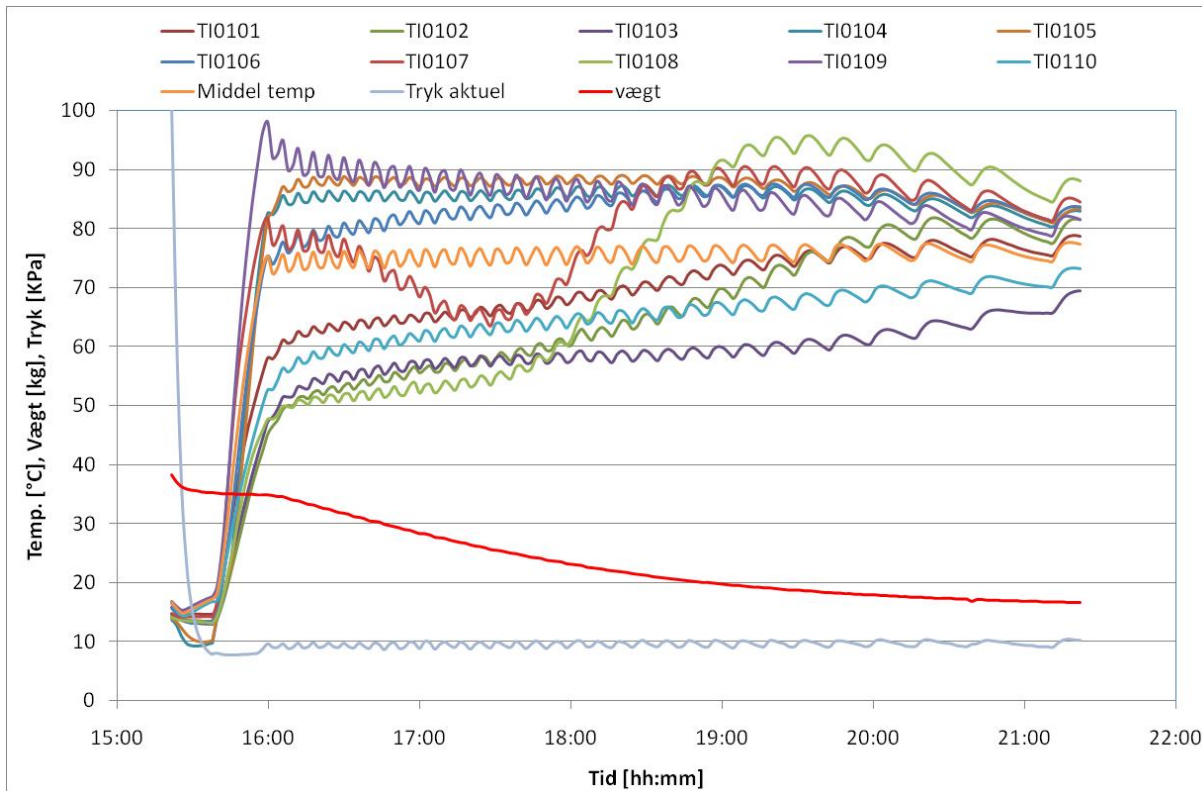
For dimensioneringen af et fuldskalaanlæg er det afgørende at kende tørrehastigheden og derved vandindholdet som funktion af tørretiden for de enkelte produkter under nogle givne procesforhold. Derfor er det gennemsnitlige vandindhold for hver batch beregnet, som funktion af tiden samt tørrehastigheden i forhold til tørstofindholdet.

Vandindholdet og tørrehastigheden beregnes efter følgende metode:

Tørstofindhold måles eller slås op i tabel:	$x_{tør}$	[%]	
Vandindhold i forhold til tørstof:	m_{vand}	[kg vand/kg tørstof]	
Vandindhold i procent af aktuel vægt:	x_{vand}	[%]	
Batchvægt start (måles):	m_{init}	[kg]	
Batchvægt (måles kontinuerligt):	m_{batch}	[kg]	
Totalt tørstofindhold:	$m_{tør}$	[kg]	
Tørrehastighed:	R	[g/kg tørstof/tidsenhed]	
Tidsforskel mellem to måleværdier:	dt	[s]	
Forskel i vandindhold per tidsenhed:	dm_{vand}	[kg]	
$m_{tør} = x_{tør} \cdot m_{init}$	[kg]		(1)
$m_{vand} = \frac{m_{batch} - m_{tør}}{m_{tør}}$	[kg vand/kg tørstof]		(2)
$x_{vand} = \frac{m_{batch} - m_{tør}}{m_{batch}} \cdot 100$	[%]		(3)
$R = \frac{dm_{vand} \cdot 1000}{m_{tør} \cdot dt}$	[g vand/kg tørstof/tidsenhed]		(4)

Måledata

For hvert forsøg blev der målt tryk, 2 damptemperaturer, 8 løse temperaturfølere blev placeret mellem produkterne, og vægten blev målt. Et eksempel på rådata målt i forsøg Æbler_2_45_30 er vist i figur 3.



Figur 3: Eksempel på rådata, opsamlet i et tørreforsøg med æbler. Forsøget var Æbler_2_45_30. Efter forsøget var igangsat, gik der lidt tid, før tryk og temperaturer var stabiliserede på de ønskede setpunkter. Temperaturerne varierer med en frekvens, der svarer til on/off-reguleringen af varme-tilførslen. Middeltemperaturen, som der styres efter, beregnes ud fra TI0109 og TI0110, som er målte værdier, målt på hver sin side af én af tørrektionerne, hvilket vil sige før opvarmning over elvarmelegemerne og efter afkøling over produkterne. I begyndelsen af tørringen, hvor der tilføres relativt megen varme, er der stor forskel på TI0109 og TI0110, da der skal bruges meget varme til at opvarme produktet og fordampe meget vand. Det ses endvidere, at de fleste af de øvrige temperaturmålinger TI0101 til TI0108 stiger jævnt i hele tørreperioden. Det betyder, at overfladetemperaturen på produkterne antager værdier fra mætningstemperaturen, som er 45° C i det viste forsøg, til den aktuelle damptemperatur i tørrekammeret, som er indstillet til 75° C.

Produkttemperatur

Temperaturmålingerne (TI0101 til TI0108), som er placeret mellem produkterne, måler en blanding af produkttemperaturerne og temperaturen af tørreatmosfæren. I virkeligheden vil der være temperaturgradienter i produkterne under tørringen, som ikke umiddelbart kan måles. I begyndelsen af tørringen, hvor der fordamper vand fra produktets overflade, vil temperaturen være på niveau med mætningstemperaturen, som er bestemt af beholdertrykket. I takt med at vandet fordamper, bevæger

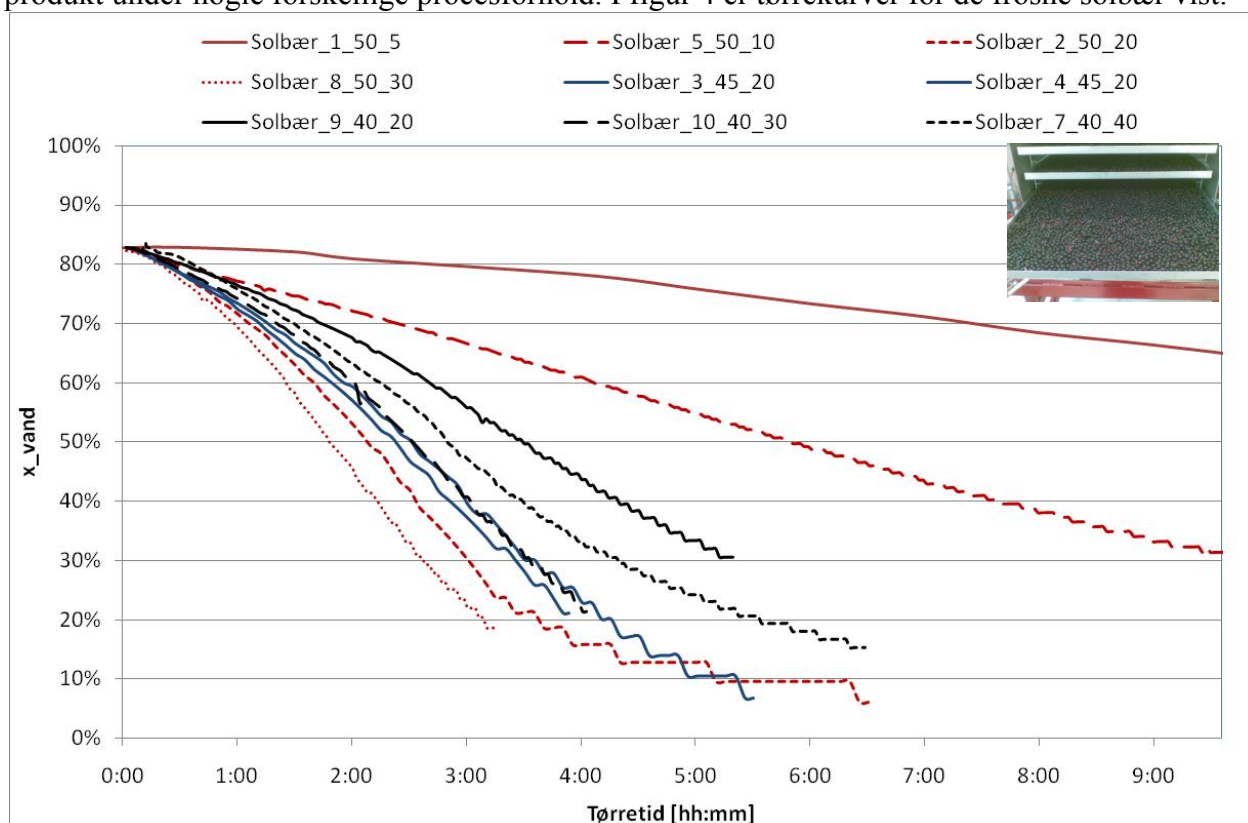
væskefronten sig ind mod produktets midte, og overfladetemperaturen af produktet nærmer sig tørreatmosfærens temperatur, som i det viste forsøg er 30 grader varmere end mætningstemperaturen.

Tørrekurver

Der er udarbejdet tørrekurver over alle forsøgene, som kan bruges til at dimensionere tørreanlægget og til at analysere tørreforløbet nærmere.

Solbær

Ud fra kurverne i følgende diagrammer kan man se, hvor lang tid det tager at tørre det pågældende produkt under nogle forskellige procesforhold. I figur 4 er tørrekurver for de frosne solbær vist.

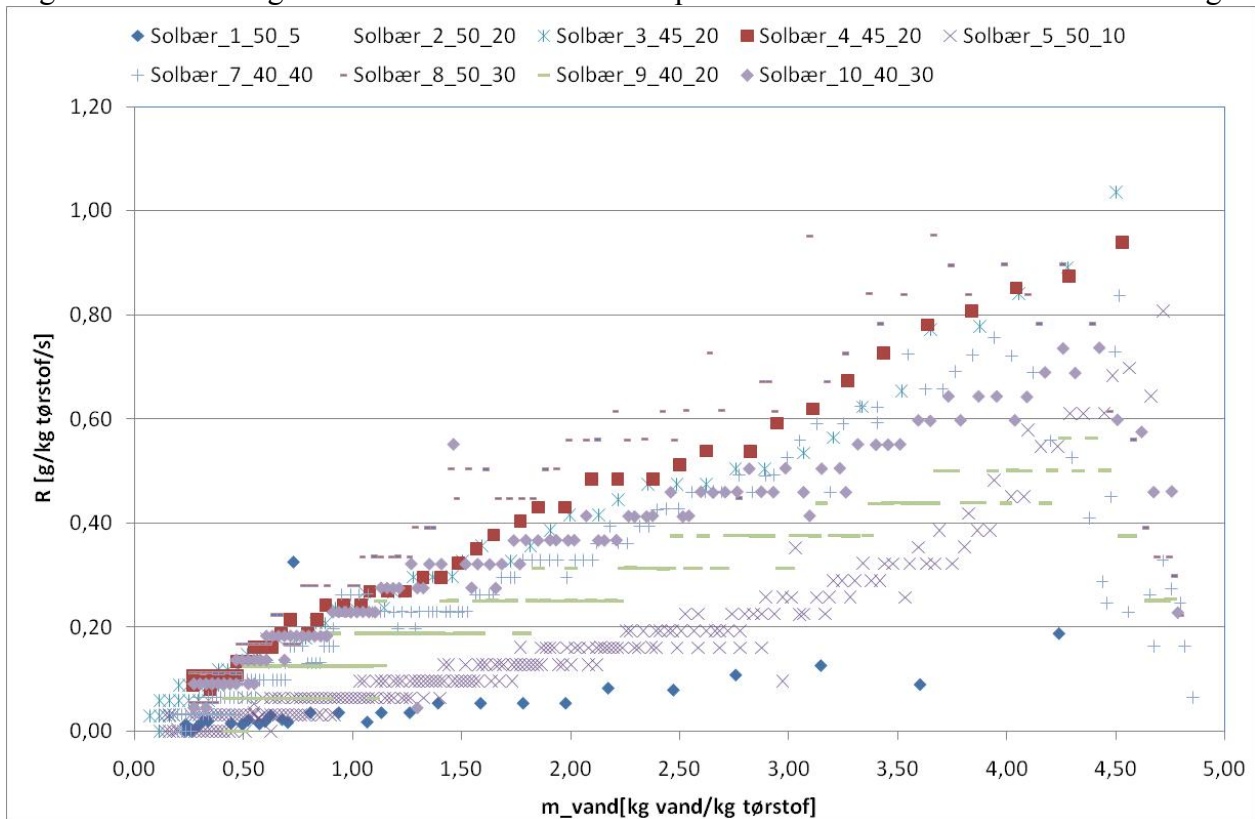


Figur 4: Afbildning af vandindhold i det tørrede produkt som funktion af opholdstiden i tørrekammeret under forskellige procesbetingelser. Efter 21 timer er vandindholdet i forsøg: Solbær_5_50_10 nede på 14 % og efter 28 timer er vandindholdet i forsøg: Solbær_1_50_5 nede på 19 %.

Kurvernes farver passer sammen mht. at vise måleserier med ens mætningstryk, men hvor overhedningstemperaturen har været forskellig fra 5 til 40 grader. De røde kurver viser resultaterne med et mætningstryk på 50 grader, og det fremgår, at der er meget stor forskel i tørretiderne fra 5 til 10 til 20 graders overhedning, men at der ikke er nogen særlig reduktion af tørretiden ved at øge overhedningen fra 30 til 40 grader. Sammenhængen synes mere lineær for de tre sorte kurver mellem graden af overhedning fra 20 til 30 til 40 K. Endvidere ses, at jo højere mætningstryk er desto hurtigere fordampes vandet ud af produktet ved ens grader af overhedning. Begge observationer stemmer overens med forventningerne.

Slutvandindholdet i produkterne i de forskellige forsøg kan aflæses på diagrammets Y-akse, og det fremgår, at denne varierer fra 30 til ca. 5 %.

I figur 5 er tørrehastigheden afbildet i forhold til det procentuelle vandindhold for solbærforsøgene.

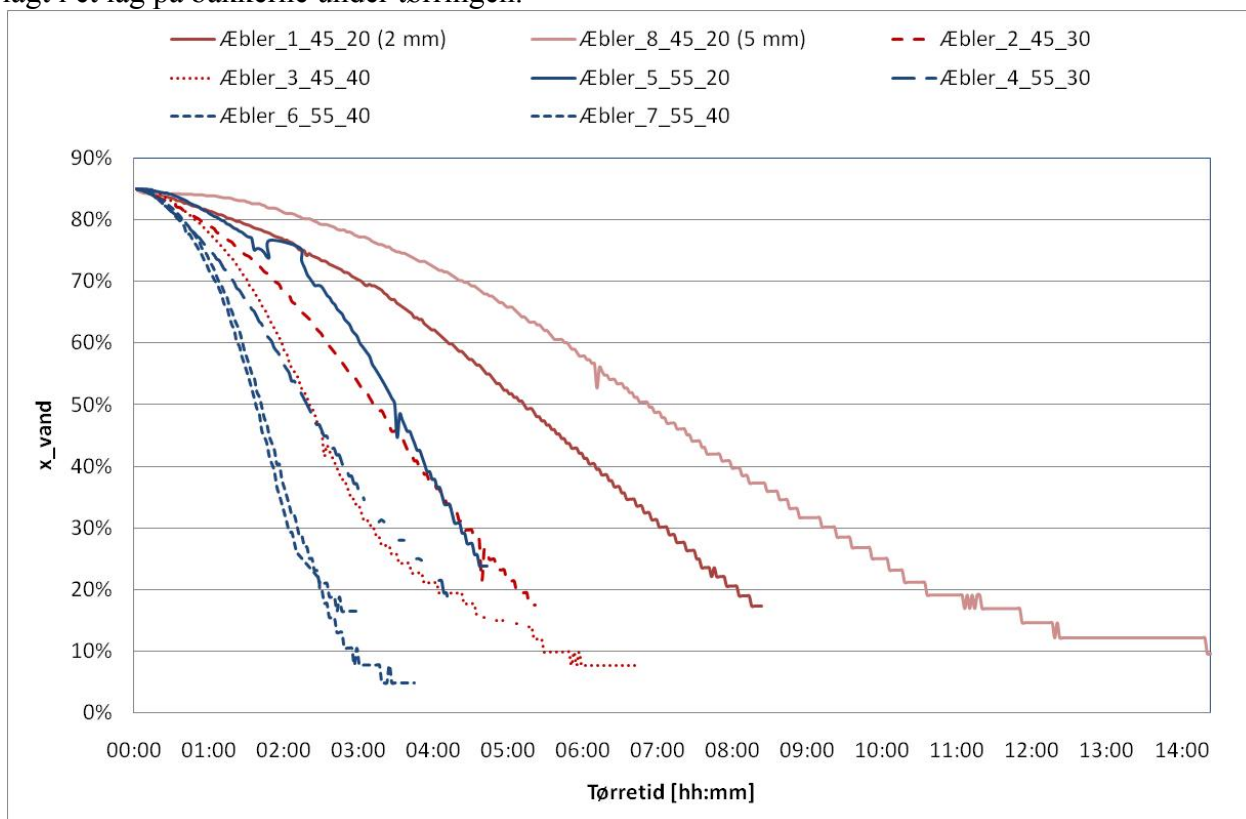


Figur 5: Afbildning af tørrehastighed som funktion af vandindhold i forhold til tørstofindhold. Tørningsforsøget begynder ved et vandindhold på ca. 4,8 kg per kilo tørstof og slutter ved ca. 0,2. Diagrammet læses fra højre med venstre i forhold til tiden.

På trods af kurvernes overlap fremgår det, at tørrehastigheden stiger hurtigt i begyndelsen, og så falder den tilnærmelsesvis lineær gennem hele forsøget. Der er altså ingen periode med konstant tørrehastighed, hvormed det kan konstateres, at hele tørringen foregår med væsketransport inde i produktet ved diffusion og/eller ved hjælp af kapillærkræfter.

Æbler

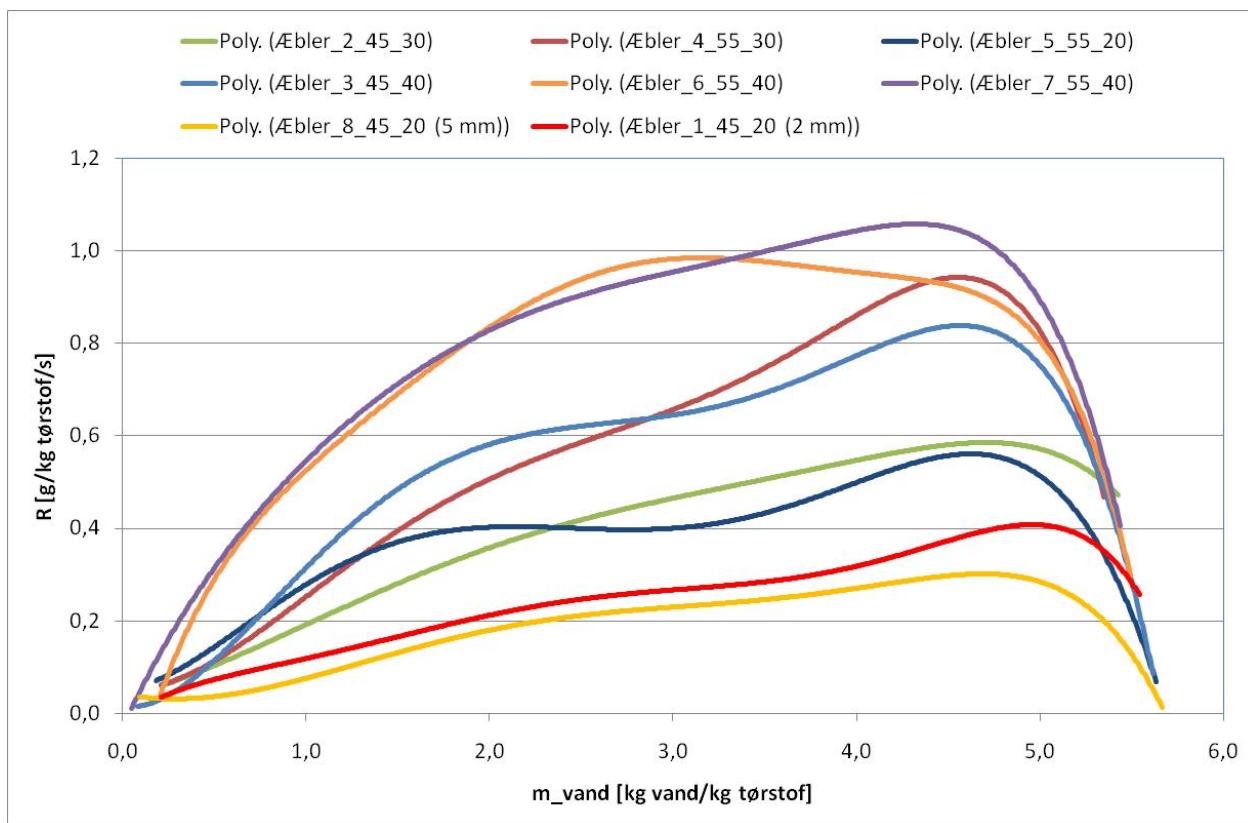
Der er udarbejdet tilsvarende kurver for æblerne som for solbærrene. Æblerne var skåret i skiver og lagt i et lag på bakkerne under tørringen.



Figur 6: Tørrekurver for æbleforsøgene. Dataopsamlingen var ustabil i forsøget Æbler_5_55_20, hvilket forårsagede den ujævne linje.

Der blev gennemført et forsøg med 2 mm skiver ved samme procesbetingelser som med 5 mm skiver, hvoraf man kan danne sig et indtryk af tykkelsens indflydelse på tørretiden. Endvidere ses, at både tryk og graden af overhedning har stor betydning for tørrehastigheden.

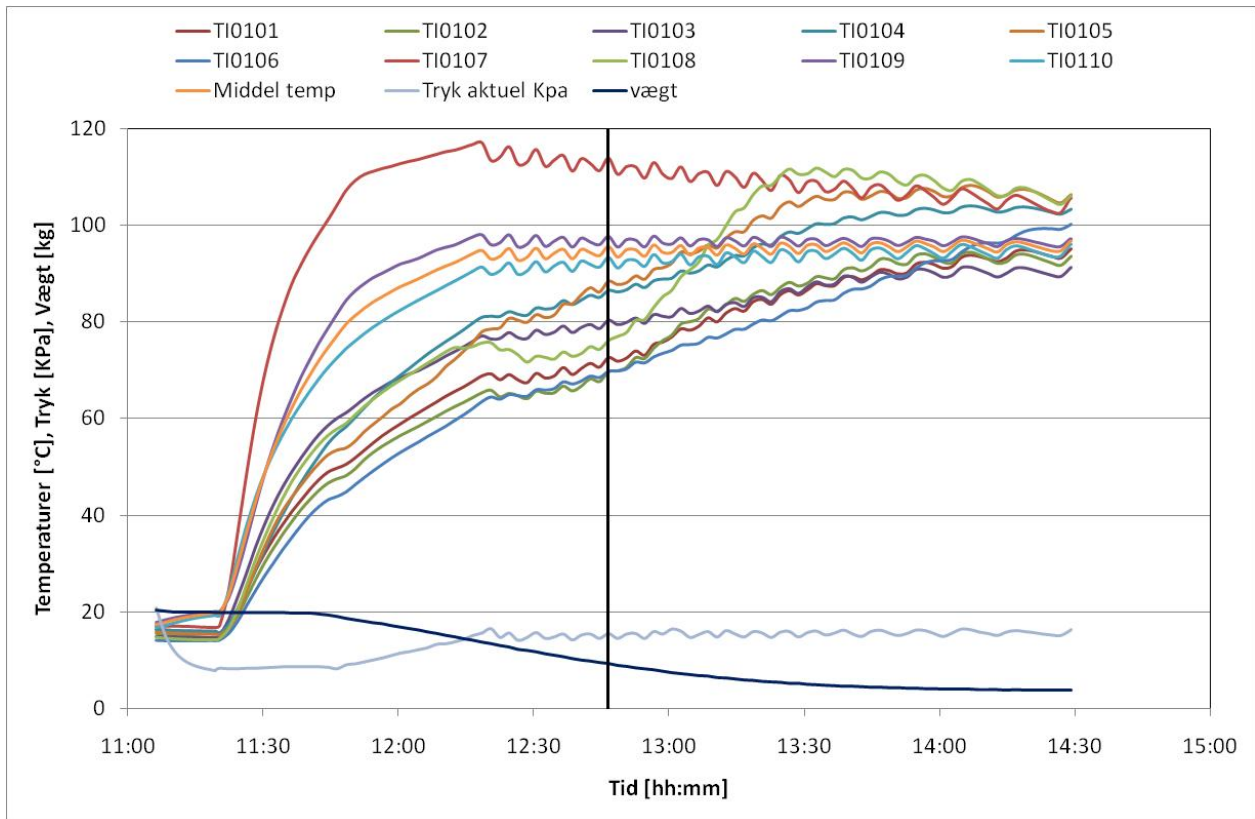
I figur 6 er tørrehastigheden afbildet som funktion af vandindholdet.



Figur 7: Tørrehastigheden i æbleforsøgene afbildet som funktion af vandindholdet. Kurverne viser tendenslinjer og ikke måleværdier, da måleværdierne i nogle forsøg er relativt vidt spredt omkring tendenslinjen.

Kurverne er tendenslinjer og ikke måleværdier, da mængden af data og spredningen af måleværdier gør det vanskeligt at adskille måleserierne fra hinanden. Alle kurverne knækker nedad omkring et vandindhold på 2 kg per kilo tørstof (67 % vand), hvilket derved vurderes at være det kritiske vandindhold. Herefter flytter væskefronten sig ind i produktet, og vandet diffunderer ud gennem det relative tørre, yderste lag, hvorved tørrehastigheden aftager.

Hvis produkttemperaturen kunne måles direkte, ville overfladen først på det tidspunkt i tørreforløbet øges fra mætningstemperaturen og begynde at nærme sig dampstemperaturen. I figur 8 er der vist målte temperaturer, tryk og vægt for forsøget Æbler_6_55_40, som viser et typisk billede af et tørreforløb.

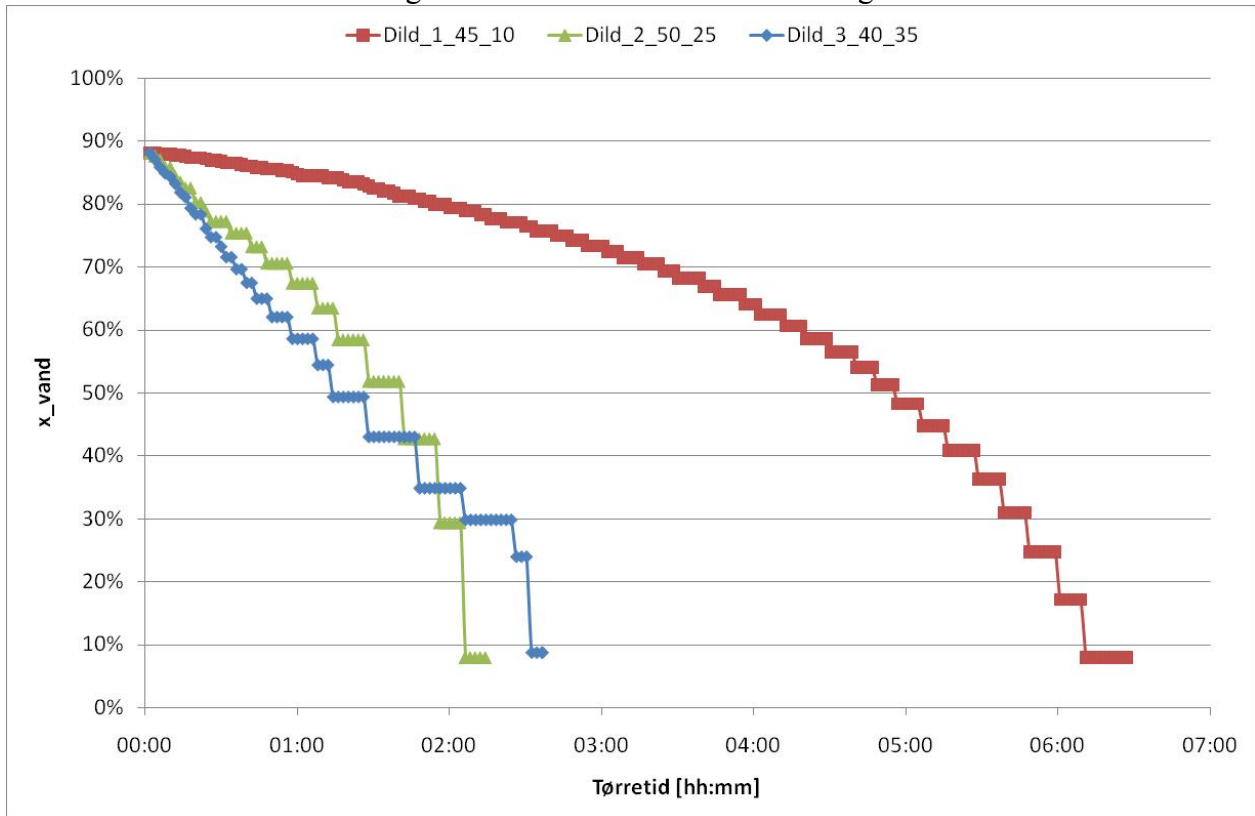


Figur 8: Målte værdier i forsøget Æbler_6_55_40. Den lodrette linje viser det tidspunkt i forløbet, hvor vandindholdet er 2 kg per kilo tørstof, og dermed hvor det kritiske vandindhold vurderes at være.

Diagrammet viser de målte værdier i forsøget Æbler_6_55_40, hvor trykket har svaret til en mætningstemperatur på 55° C, og hvor setpunktstemperaturen var 95° C. Den lodrette linje viser, hvor det kritiske vandindhold vurderes at være. Særligt temperaturmålingen TI0108 synes at bekræfte dette, da den temperaturmåling stiger kraftigt efter det tidspunkt. Som tidligere nævnt er temperaturmålingerne TI0101 til TI0108 placeret mellem produkterne og viser en blanding af produkttemperaturen og damptemperaturen.

Dild

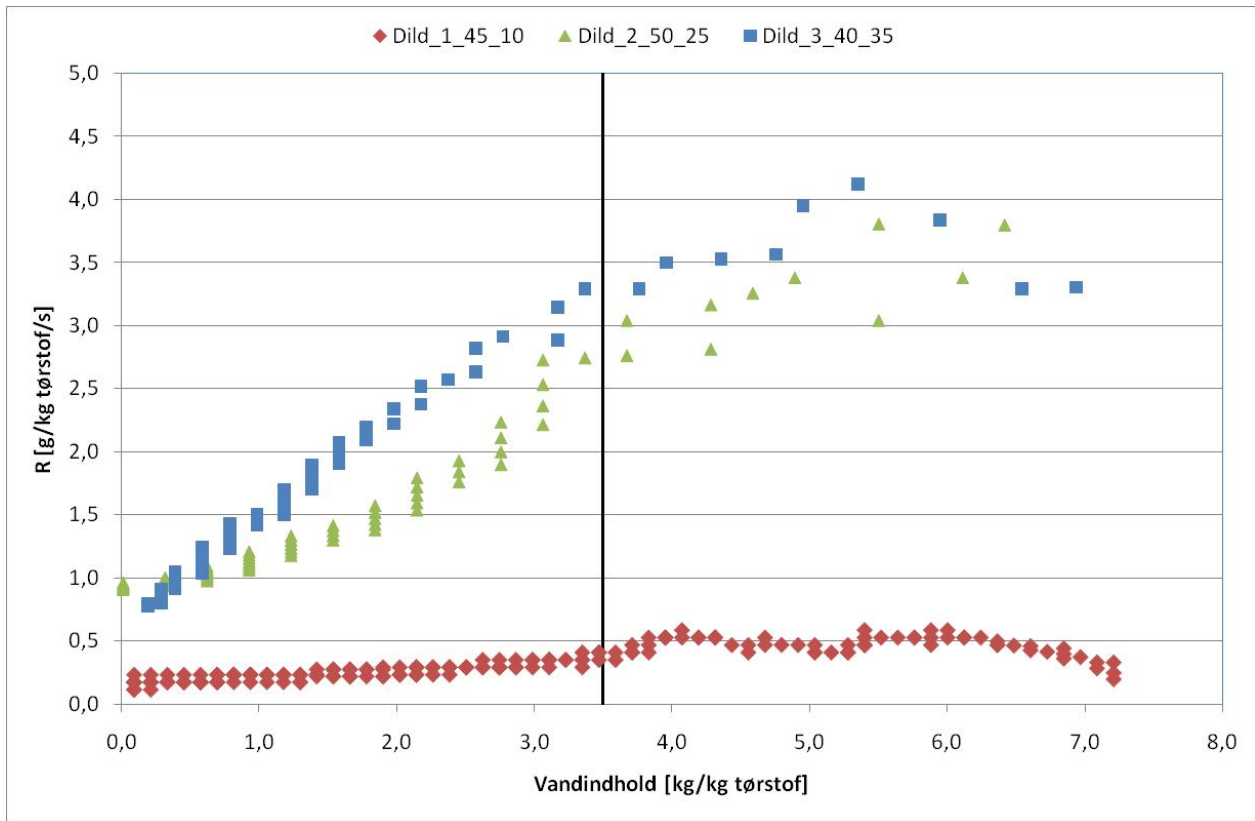
Dilden kan kun holde sig frisk nogle få timer efter den er høstet, og der var ikke mulighed for at fryse den ned før tørringen. Endvidere er høstsæsonen begrænset til nogle få måneder om efteråret, hvilket samlet set medførte, at der kun blev gennemført tre forsøg med dild. Parallelt med det første tørringsforsøg med tørring i overhedet damp, blev der gennemført tørring i atmosfærisk luft med det tørringsudstyr, som Urteriet Læsø normalt tørrer dilden med. På denne måde kunne der udføres kvalitetsmæssige sammenligninger af de to tørremetoders indflydelse på kvalitet. Dette er nærmere beskrevet i kvalitetsafsnittet. Se figur 9 for tørrekurver over dildforsøgene.



Figur 9: Tørrekurver for dildforsøgene.

Dilden blev placeret på bakkerne i et tyndt lag og fordelt jævnt på bakkerne, så dampen frit kunne bestryge det hele. Kurvernes trappeform skyldes, at opløsningen på vægten er 100 gram, og at der til sidst ikke er mere end ca. 500 gram tørret dild tilbage, da forsøget blev igangsat med mindre end 10 kilo vådt dild.

Det kan konstateres, at tørretiden kan halveres, ved enten at øge overhedningen fra 10 til 35 grader eller ved at øge trykket svarende til 5 grader og samtidig øge overhedningen 15 grader, når udgangspunktet er et mætningstryk svarende til 45° C og en overhedning på 10 grader.

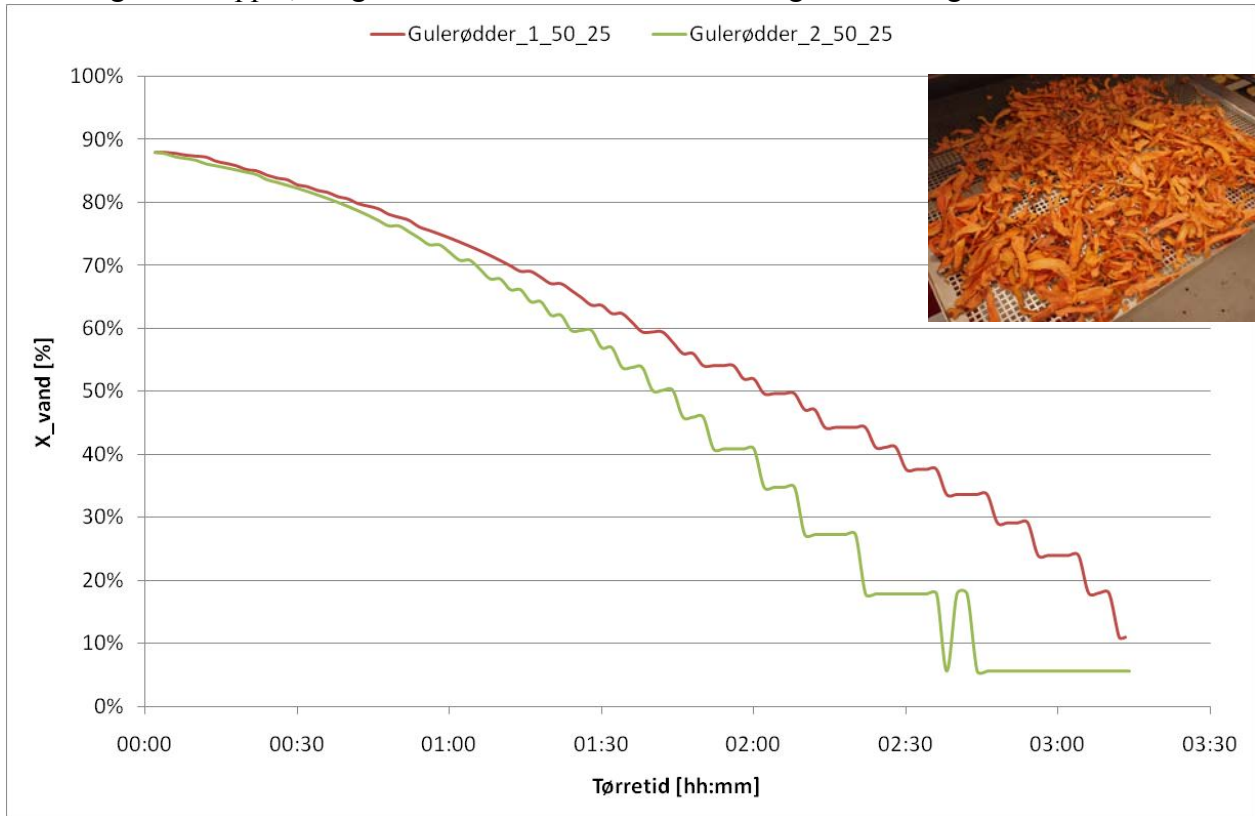


Figur 10: Kurver over tørrehastigheden som funktion af vandindholdet for dildforsøgene.

Kurverne indikerer, at det kritiske vandindhold ca. er 3,5 kilo per kilo tørstof. Det kritiske vandindhold er det vandindhold, der medfører, at tørringen ændres fra frit fordampende fra overfladen til diffusion ind i produktet.

Gulerødder

Der blev gennemført to forsøg med friske gulerødder, som blev skåret i tynde skiver på ca. 2 mm i tykkelsen før tørring. De to forsøg blev gennemført med ens tryk og temperaturforhold, da det første forsøg blev stoppet, før gulerødderne var helt tørre. Se diagrammet i figur 11.



Figur 11: Kurver over tørrehastigheden som funktion af vandindholdet for gulerødsforsøgene.

Årsagen til, at kurverne ikke ligger oven i hinanden, er udtryk for gentagelsesnøjagtigheden af tørringerne, samt indflydelsen af lagtykkelsen af produkterne under et givent forsøg.

Fødevarerikkerhed

Vurderingen af fødevarerikkerheden i de tørrede produkter er foretaget med udgangspunkt i den form for risikofaktoranalyse, der anvendes i HACCP principperne¹.

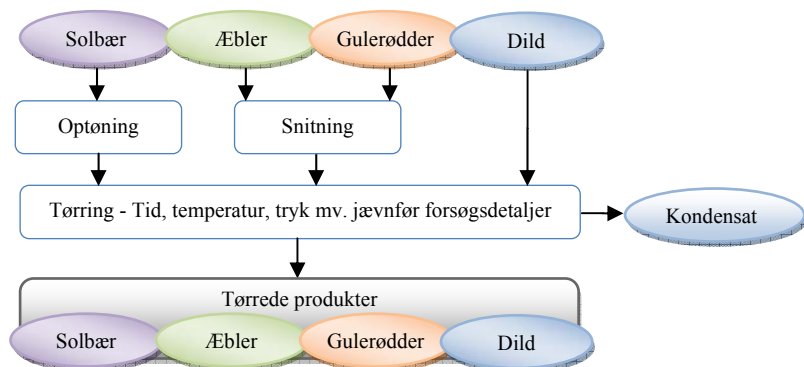
De biologiske, kemiske og fysiske risikofaktorer, som kan være til stede i råvarerne eller tilføres, vokse eller overleve under fremstillingsprocessen, er identificeret og vurderet med henblik på at fastlægge, hvilke risikofaktorer, der vil kunne være til stede i slutproduktet, samt hvilke styrende foranstaltninger, der vil være nødvendige for at sikre fødevarerikkerheden i de tørrede produkter. Risikofaktorerne er identificeret og vurderet med udgangspunkt i karakteristika for de aktuelle råvarer og slutprodukter:

Karakteristika - Råvarer og slutprodukter											
		Mærkning	Beskrivelse Tørrebetegnelse	Klargøring	Tørring				Vand indhold %	Vandaktivitet A _w	pH
					Damp-temperatur °C	Mætningstemp. °C	Min. opholdstid ved max. Temp. hh:mm	Absolut tryk mbar			
Solbær	Rå	AKG-09-121-001	Rå frosne solbær	Tørret uden yderligere klargøring	-	-	-	-	81,4	0,986	<4
	Tørret	AKG-09-139-001 AKG-09-121-003 AKG-09-139-002	Solbær_1_50_5 Solbær_2_50_20 Solbær_4_45_20		55 70 65	50 50 45	23:30 07:00 06:00	123 123 96	15,7 13,2 20,5	0,408 0,46 0,553	- - -
Æbler	Rå	AKG-09-139-012	Friske æbler - Gala Must	Slicet hele på foodprocessor umiddelbart før tørring.	-	-	-	-	85,6		2,9-3,3 (1)
	Tørret	AKG-09-139-015 AKG-09-139-007 AKG-09-139-008 AKG-09-139-014 AKG-09-139-010 AKG-09-139-011 AKG-09-139-009	Æbler_1_45_20 Æbler_2_45_30 Æbler_3_45_40 Æbler_5_55_20 Æbler_7_55_40 Æbler_7_55_40 Æbler_9_45_30		65 75 85 75 95 95 75	45 45 45 55 55 55 45	09:00 06:00 06:00 05:00	96 96 96 158	19,2 6,9 7 4,8 6,7		
Gulerødder	Rå		Friske gulerødder	Slicet på foodprocessor umiddelbart før tørring	-	-	-	-	ca. 89 (2)		4,9-5,2 (1)
	Tørret	AKG-09-139-004	Gulerødder_1_50_25		75	50	02:30	123	9,3		-
Dild	Rå	Råvare	Frisk dild	Tørret uden yderligere klargøring	-	-	-	-	Ca. 86(2)		-
	Tørret	AKG-09-139-006	Dild_3_40_35		75	40	02:30	74	3,8		-

Tabel 3: Karakteristika - Råvarer og slutprodukter Proces (flowdiagram).

¹ HACCP = Hazard Analysis and Critical Control Point (Risikofaktoranalyse og kritiske styringspunkter). HACCP er internationalt anerkendt som den systematiske metode, der skal anvendes til at identificere, vurdere og styre de risikofaktorer, der kan true fødevarerikkerheden i fødevarer, som produceres, distribueres og sælges såvel lokalt som globalt. Ifølge bl.a. EU's Hygiejneforordning 852/2004 skal egenkontrolprogrammer i fødevarerikkerheder bygges op ud fra HACCP principperne jfr. Codex Alimentarius Commission "Hazard Analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application".

Proces (Flowdiagram)



Risikofaktoranalyse

I bilag 2 er samlet en række faglige informationer, som danner baggrunden for risikofaktoranalysen – herunder bl.a. informationer omkring: Biologiske risikofaktorer i frugt og grønt, mikroorganismer i tørrede produkter, kemiske risikofaktorer (mykotoksiner og PAH) og relevante styrende foranstaltninger (varmebehandling, vandaktivitet og pH).

Risikofaktorer

De risikofaktorer, som potentielt kan være til stede, vokse eller overleve i de aktuelle produkter, fremgår af

Tabel 4. Der findes desuden en række risikofaktorer, som kan have betydning for produkternes smag, holdbarhed og kvalitet – fx insektskader, plantesygdomme, råd, mug, skader fra skær osv. men ikke for fødevarer sikkerheden, og derfor er disse ikke medtaget.

Potentielle risikofaktorer		
Biologiske	Kemiske	Fysiske
Patogene mikroorganismer <ul style="list-style-type: none"> • Kampsylobakter • Salmonella • Listeria monocytogenes • Yersenia • VTEC (Verotoksinproducerende Escherichia coli) • Clostridium perfringens • Clostridium botulinum • Staphylococcus aureus • Bacillus cereus • Shigella • Virus – herunder Norovirus 	<ul style="list-style-type: none"> • Overfladebehandlingsmidler (1) • Bekæmpelsesmidler (pesticider, fungicider, insekticider osv.) • Mykotoksiner (Aflatoksin, Ochratoksin A, Patulin, Deoxynivalenol) • Miljøforureninger (Dioxin, PAH, Tungmetaller (bly, cadmium, kviksølv)) • Rengørings- og desinfektionsmidler • Smøremidler • Afsmitning fra materialer og genstande – emballage og udstyr 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantedele (blade, stilke, blomster, stængler, grene, kviste, kerner) • Glas (og hård plast) • Metal • Træ • Jord og sten • Emballagerester

Tabel 4: Potentielle risikofaktorer.

De fysiske risikofaktorer og en række af de kemiske risikofaktorer (overfladebehandlingsmidler, bekæmpelsesmidler, miljøforureninger, rengørings- og desinfektionsmidler, smøremidler og afsmitning fra materialer og genstande) udgør ikke en specifik risiko for et produkt, tørret i overhedet damp i vakuum, og derfor er disse risikofaktorer ikke yderligere vurderet i risikofaktoranalysen. Det skal dog bemærkes, at tørreudstyret skal være hygiejnisk designet, så det kan rengøres, og det skal sikres, at udstyret er i overensstemmelse med den gældende lovgivning om fødevarerkontaktmaterialer. Det vil sige, at det skal sikres, at udstyret ikke afgiver kemiske stoffer til produkterne, herunder også evt. smøremidler.

Da PAH ikke kun er en miljøforurening, men også kan dannes som procesforurening under bl.a. tørring, kan PAH være en relevant risikofaktor i de tørrede produkter. I et efterfølgende projekt kan det undersøges, hvorvidt der dannes PAH i den aktuelle tørreproces.

De risikofaktorer, det er relevant at vurdere for produkterne i den specifikke tørreproces i dette projekt, er de biologiske risikofaktorer (patogene mikroorganismer) samt mykotoksiner som følge af skimmelvækst.

De mikrobiologiske risikofaktorer er vurderet på grundlag af data for vækst- og drabsbetingelser for de enkelte patogene mikroorganismer, som bl.a. fremgår af tabel 1 i bilag 2.

Styrende foranstaltninger

Mikroorganismer kan styres ved hjælp af en række styrende foranstaltninger, som enten forhindrer dem i at udvikle sig, reducerer dem til acceptable niveauer eller helt fjerner dem. De styrende foranstaltninger, som er relevante for produkterne i dette projekt, hvor der ikke gøres brug af egentlige varmebehandlinger eller tilsætning af konserveringsmidler, omfatter parametre som pH, vandaktivitet (A_w) og kombinationer af tid og temperatur. Se bilag 2 (om Styrende foranstaltninger) for detaljer vedrørende de styrende foranstaltninger pH, A_w og varmebehandling.

Under tørreprocessen opnås damptemperaturer på mellem 55 og 95 °C i relativt lang tid (min. 2½ time) – varierende efter, hvilket forsøg og produkt, der er tale om. For at opnå et drab af de tilstedeværende mikroorganismer skal tids- og temperaturforløbet under varmebehandlingen sikre, at mikroorganismene inaktiveres. Ved lavere temperatur tager dette længere tid. Ved produkttemperaturer på mere end 60 °C kan det forventes, at der sker et vist drab af en række af de vegetative celler af mikroorganismene, mens eventuelle bakteriesporer ikke bliver dræbt eller inaktiveret. I dette projekt er damptemperaturen angivet som summen af mætningstemperaturen og overhedningen. Damptemperaturen er den temperatur, hvor vandet i produktet koger og går på dampform, og under vakuum sker dette ved en lavere temperatur end ved normalt atmosfærisk tryk. Det, at vandet koger, er ikke udslagsgivende for drab af mikroorganismene. Det er kun den temperatur, mikroorganismene udsættes for, som er udslagsgivende, og denne temperatur er produkttemperaturen. Produkttemperaturen under tørreprocessen er ikke målt i dette projekt.

Selve udtørringen og det lave tryk under tørreprocessen har ingen drabseffekt på mikroorganismene. Til sammenligning foretages frysetørring ved væsentligt lavere tryk (4,6 torr (2) ~ ca. 6 mbar) uden drab af mikroorganismer, og det at fjerne vand ved fordampning ved lavt tryk kan faktisk være en skånsom måde at tørre bakterier på og bibeholde deres levedygtighed.

En vurdering af de relevante risikofaktorer og angivelse af de styrende foranstaltninger, der vil være forudsætningen for sikre tørrede produkter, fremgår af Bilag 1 - Risikofaktoranalyse.

Resultatet af risikovurderingen viser, at:

Råvarer

- De rå uforarbejdede råvarer kan potentielt indeholde en række patogener og/eller toksindannende mikroorganismer.
- Nogle af disse mikroorganismer kan vokse i råvarerne, mens andre ikke kan. Dette skyldes mikroorganismernes forskellige vækstbetingelser – primært pH og temperaturer.
- Vækstmuligheder i råvarerne har betydning for kravene til råvarernes kvalitet, friskhed, opbevaring og håndtering under klargøring. Endvidere vil vækst kunne betyde et højt kimtal i råvarerne, allerede inden tørreprocessen påbegyndes. Dermed kan det være vanskeligere at reducere kimtallet.

Proces

- Under tørreprocessen kan det forventes, at der vil ske et vist drab af de vegetative celler af mikroorganismene, der hvor produkttemperaturen ligger over 60 °C, mens bakteriesporer ikke vil blive inaktiverede.
- Tørreprocesser, hvor produkttemperatur og A_w ligger inden for vækstbetingelserne, bør undgås for at sikre mod vækst og toksindannelse både for bakterier og skimmel (mykotoksiner).
- Tørreprocessen foregår under vakuum, og dette medfører mindre tilgængeligt ilt og kan betyde hæmning af mikroorganismer, der kun vokser aerobt. Imidlertid kan alle patogener mikroorganismer undtagen kampylobakter og skimmesvampe vokse under anaerobe forhold.
- Mest kritisk er gulerødder: høj start kimtal, mange sporer fra jord, højt pH.
- Mykotoksiner og visse bakterietoksiner (bl.a. Staph, Aureus, Bacillus cereus) er varmostabile, så hvis de allerede er til stede i råvarer eller dannes under tørringen, vil de ikke kunne fjernes ved de temperaturer, der er under tørring.

Tørrede produkter

- De tørrede produkter kan indeholde patogener mikroorganismer, herunder bakterie- og svampesporer, som ikke er i stand til at vokse og formere sig, hvis A_w i produktet holdes under 0,7 ($A_w < 0,6$ sikrer også mod vækst af de ikke-patogene mikroorganismer). Dette kan sikres ved at emballere og opbevare produkterne på samme måde, som de tørrede produkter, der allerede er på markedet (beskyttet mod fugt og temperaturudsving (kondens)).
- A_w i de tørrede solbær ligger under 0,6, mens A_w i de øvrige produkter er ikke målt. Vandprocenten i de øvrige tørrede produkter (æble 4,8-7 % (19,2%), gulerod 9,3%, dild 3,8) ligger dog så lavt, at det må formodes, at A_w er under 0,7 (jf. tabel 3 i bilag 2).
- Da de tørrede produkter vil kunne indeholde patogener mikroorganismer, skal der tages højde for, at disse kan spire og vokse frem, når de tørrede produkter anvendes i sammensatte produkter, hvor vækstbetingelserne vil være mere optimale end i de tørrede produkter (stigning i A_w og pH).

Delkonklusion

Produkterne vil være sikre og kan holde sig på samme måde som andre tørrede frugter, bær, grøntsager og krydderurter på markedet, hvis A_w er under 0,6, og hvis øvrige styrende foranstaltninger og god landbrugspraksis (GAP) og GMP (god produktionspraksis) overholdes.

Fremtid

Egentlige mikrobiologiske analyser og undersøgelse af mikroorganismers overlevelse og drab under tørringsprocessen er ikke en del af dette forprojekt. I et efterfølgende, videregående projekt vil det være aktuelt at foretage sådanne undersøgelser og måle vandaktivitet, produkttemperatur og evt. PAH-dannelse.

Produktkvalitet

Valg af karakteriseringsmetoder

Fokus på tørrehastighed og energiomkostninger alene giver ikke dokumentation for, at processen er effektiv og skånsom. Det er nødvendigt at se på kvaliteten af de produkter, som gennemgår tørringsprocessen. Hensynet til forbrugeraccept er vigtigt, hvilket betyder, at smag og spiseoplevelse skal leve op til forbrugerens forventninger. Krav om bevarelse af kvalitet i form af vitaminer er også en vigtig del af en god tørreproces.

I forprojektet er der derfor lagt vægt på følgende analyser på udvalgte prøver: vandindhold og vandaktivitet (A_w), som har indflydelse på den kemiske og mikrobiologiske aktivitet under lagring og dermed holdbarhed, C-vitaminindhold, fordi det er et varmfølsomt vitamin, som anvendes som markør for nedbrydning af vigtige ingredienser, der helst skal bevares, herunder er C-vitamin en del af antioxidantkomplekset i frugt samt en vigtig parameter for de c-vitaminrige solbær. Analyse af flavour er vigtig for bevarelse af god smag og duft, og kan identificere eventuel dannelse af uønskede komponenter under tørringsprocessen. Endelig er forbrugernes smagsoplevelse vigtig. I dette projekt er denne vurdering foretaget af fagfolk, der i hverdagen arbejder med tørrede produkter.

Dette ligger til grund for valget af analyser samt fokus på et præsentationsmøde, hvor potentielle forhandlere og/eller videreforarbejdere er blevet præsenteret for rigtige produkter og bedt om at kommentere på oplevelse og mulige anvendelsesområder. Ved smagsarrangementet deltog virksomhederne: Castus A/S, Systemfrugt A/S, Urtekram A/S, Urtegaarden og Valsemøllen. De er alle virksomheder, som pakker og forhandler tørrede frugter og urter, eller som anvender tørrede frugter, urter og grøntsager til fx müsli, brødblandinger eller snack/mellemmåltider baseret på tørret frugt.

I tabel 5 ses en oversigt over de produkter, der er blevet analyseret i forbindelse med projektet, hvilken type analyse og i det tilfælde, hvor det er relevant, er resultater anført. Øvrige resultater ses af teksten i de næste afsnit.

Solbær

Tørningsbetingelser	Tørretid (timer)	Intern mærk.	% vand	Vandaktivitet	% tørstof	C vitamin mg/100g	C mg/g tørstof	% rest	Flavour	Smagt
Ingen	0	AKG-09-121_001	81,4	0,986	18,6	115	6,18	100	x	
50_5	23,3	AKG-09-139_001	15,7	0,408	84,3	75,8	0,9	14,54	x	
50_10	21									
50_20	7	AKG-09-121_003	13,2	0,46	86,8	50,2	0,58	9,35	x	X/(tør)
45_20	6	AKG-09-121_002	20,5	0,533	79,5	83	1,04	16,89	x	X (fugtig)

Æbler

Tørningsbetingelser	Tørretid (timer)	Intern mærk.	% vand	Vandaktivitet	% tørstof	C vitamin mg/100g	C mg/g tørstof	% rest	Flavour	Smagt
Ingen	0	AKG-09-139_012	85,6		14,4	1,34	0,08	100		
45_20	9	AKG-09-139_015	14,5		85,5	6,64	0,08	94,47		
45_30	6	AKG-09-139_009	6,7		93,3	6,59	0,07	85,92		X
45_40	6	AKG-09-139_008	6,9		93,1	5,55	0,06	72,51		
55_20	5	AKG-09-139_014	14,4		85,6	0,56	0,01	7,99		
55_40/Lys	3,3	AKG-09-139_010	7		93	2,79	0,03	36,49		
55_40/mørk	3,3	AKG-09-139_011	4,8		95,2					

Dild

Tørningsbetingelser	Tørretid (timer)	Intern mærk.	% vand	Vandaktivitet	% tørstof	C vitamin mg/100g	C mg/g tørstof	% rest	Flavour	Smagt
Lufttørret	0	AKG-09-139_005	6,7		93,3				x	X
Frysetørret	0	AKG-09_139_013							x	X
45_35	2,3	AKG-09-139_006	3,8		96,2				x	X

Gulerod

Tørningsbetingelser	Tørretid (timer)	Intern mærk.	% vand	Vandaktivitet	% tørstof	C vitamin mg/100g	C mg/g tørstof	% rest	Flavour	Smagt
40_35	2,3	AKG-09-139_004	9,3		90,7				x	X

Tabel 5: Prøveoversigt over analyserede prøver, analysetype og resultater (eller anførsel af resultater, der findes beskrevet senere).

Flavour-analyse

Headspaceteknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer, der bidrager til prøvens aroma.

Headspaceteknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

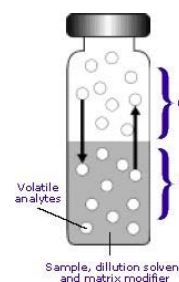
Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces, hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer, der afgives fra prøven, fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås mere koncentrerede ekstrakter, som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

Til dynamisk headspaceanalyse af dild anvendes en ca. 5 g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske, hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode kaldet statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.



2 g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i autosampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplerens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. I løbet af ½ minut overføres 1 ml headspace til gaskromatografen, udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.

Den statiske headspaceanalyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top, jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet, eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af processing.

Resultater

Solbær

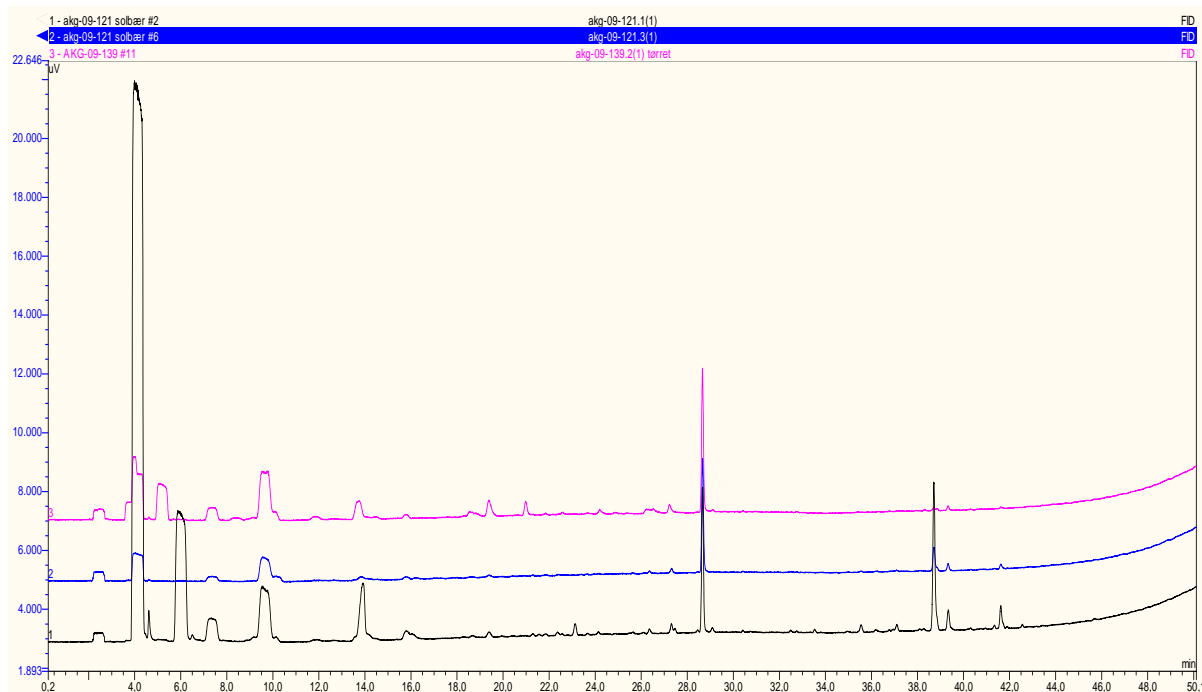
Der har været gennemført mange tørringer på solbær, både på friske solbær fra Samsø og frosne solbær leveret af Berrifine. De første tørringer er gennemført på friske solbær fra Samsø, og på grund af forskellige tekniske udfordringer under disse tørringer er ingen af disse tørringer anvendt til databehandling. De øvrige tørringer er alle gennemført på frosne bær og er dermed sammenlignelige i sit udgangspunkt.

Der er gennemført flavouranalyser på de rå bær for at have et udgangspunkt for de flavourkomponenter, som skulle kunne findes i den eksakte råvare. Der er udvalgt kombinationer af tørringsbetingelser til videre analyse. Udvælgelsen er primært sket med henblik på at illustrere tørretemperaturens indflydelse på kvalitet samt overhedningsgradens indflydelse på kvaliteten.

Temperaturens indflydelse

For at se på tørretemperaturens betydning for kvalitet er der valgt to betingelser ved hhv. 45 °C og 50° C, begge med 20° overophedning.

De vigtigste flygtige stoffer, identificeret fra solbær, skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er terpener, estre og alkoholer. Som det kan ses af bilag 3, findes alle stoffer i højere koncentrationer i de rå solbær sammenlignet med de tørrede prøver. Dette betyder, at tørring med overophedet damp fjerner en del flygtige stoffer fra bærrerne. Der ses derimod ingen signifikant forskel mellem tørring ved 45_20 og 50_20.



Figur 12: Kromatogrammer for solbær; friske af samme sort (sort), tørret med overophedet damp ved 50_20 (blå) og tørret med overophedet damp ved 45_20 (Pink).

Overhedningens betydning

For at se på overhedningsgradens betydning er der gennemført analyser på prøver tørret ved hhv. 50_5 og 50_20. Der er stor forskel på flavouranalysen på friske solbær sammenlignet med de tørrede. Markante forskelle findes på netop terpener (området fra 30-40 minutter i kromatogrammet) og estre (fordelt over hele kromatogrammet). Specielt estrene reduceres væsentligt ved tørring med overophedet damp, og mange af stofferne kan ikke genfindes i de tørrede produkter. Terpenerne bevares delvist, dog er alle reduceret kraftigt i indhold. Der ses ingen signifikant forskel på de to behandlinger på trods af en markant forskel i tørringstid på 23 og 7 timer for hhv. 50_5 og 50_20.

Resultaterne er afrapporteret i bilag 4.

Batch til batch-variation

Der er ikke gennemført mange tørringer under identiske betingelser, og disse identiske tørringer har ofte været gennemført tidsmæssigt meget forskudt, således at det kan være svært at fortage en videnskabelig sammenligning af batchtørringerne. Der har i dette projekt været gennemført tørring af solbær under identiske betingelser i september (50_5). Det viser sig, at der ved at sammenligne de to tørringer er store forskelle på de to tørringer. Udgangsmaterialet anses for værende identisk, men der kan være forskel på, hvorledes de to prøver har været opbevaret efter tørring, ligesom der ikke er taget højde for individuelle forskelle i fx vandindhold i prøven, hvilket påvirker selve analysen. Resultaterne er afrapporteret i bilag 5.

Æbler

Der er gennemført relativt mange tørringer af æbler, og der er udvalgt kombinationer af tørringsbetingelser til videre analyse. Udvælgelsen er primært sket med henblik på at illustrere tørretemperaturens indflydelse på kvalitet samt overhedningsgradens indflydelse på kvaliteten.

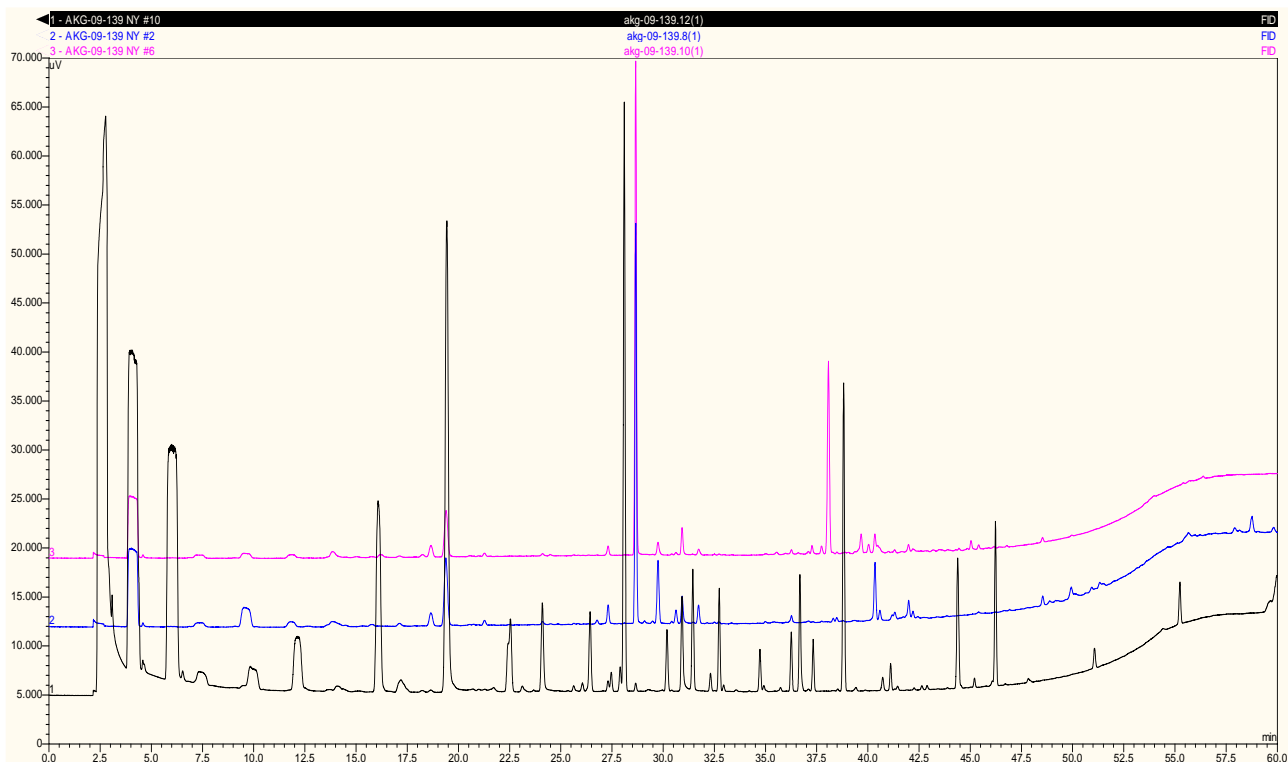
Temperaturens indflydelse

For at se på tørretemperaturens betydning for kvalitet er der valgt to betingelser ved hhv. 45 °C og 55° C, begge med 40° overophedning.

Ifølge litteraturen skal de vigtigste flygtige stoffer, identificeret fra æbler, findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er aldehyder, ketoner, estre og alkoholer. Specielt estrene er vigtige. Esterforbindelser har duftbeskrivelser som frugtagtige og aromatiske, og er derfor yderst vigtige for oplevelsen af friske æbler.

Ved at analysere friske æbler og æbler tørret med overhedet damp ses det, at tørringen fjerner en del flygtige stoffer fra æblerne. Der ses dog ingen væsentlig forskel mellem de to tørrebetingelser.

Resultaterne er afrapporteret i bilag 6.



Figur 13: Kromatogrammer for æbler; friske af samme sort (sort), tørret med overophedet damp ved 45_40 (blå) og tørret med overophedet damp ved 55_40 (Pink). Der findes langt flere toppe i kromatogrammet fra de friske æbler, hvilket dokumenterer tabet af flygtige forbindelser under tørring.

Overhedningens betydning

For at se på overhedningsgradens betydning er der gennemført analyser på prøver tørret ved hhv. 45_20, 45_30, 45_40. Der ses ingen tydelig forskel mellem prøverne tørret under de forskellige betingelser, på trods af at tørretiden nedsættes med ca. tre timer for hvert step på 10 grader i overophedning.

Resultaterne er afrapporteret i bilag 7.

Batch til batch-variation

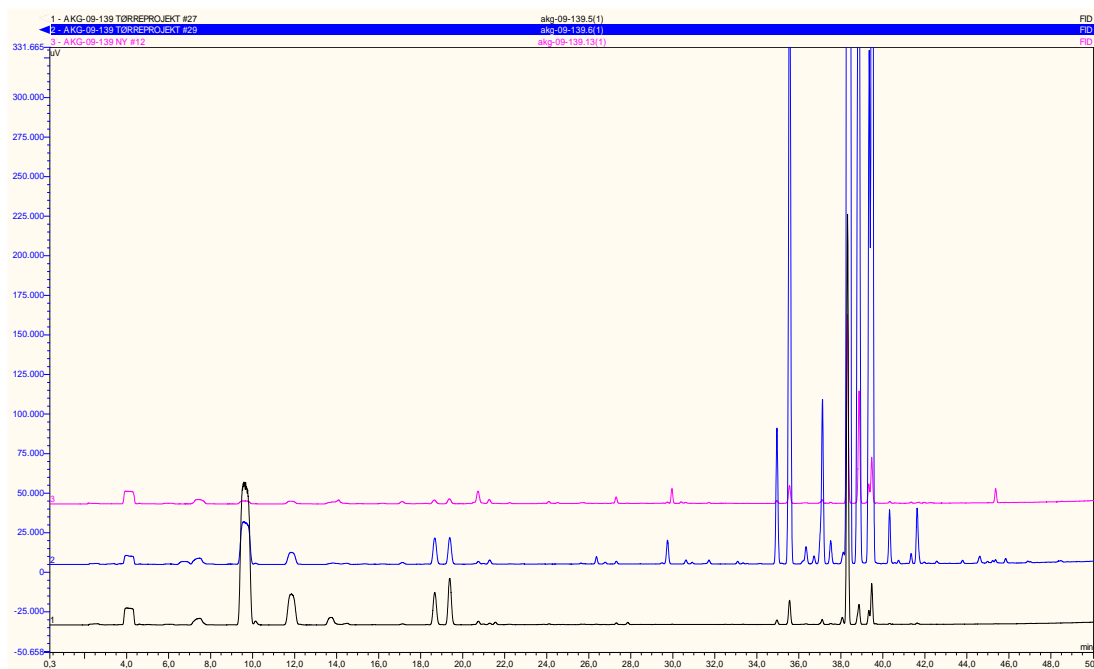
Der er ikke gennemført mange tørringer under identiske betingelser, og disse identiske tørringer har ofte været gennemført tidsmæssigt meget forskudt, således at det kan være svært at fortage en videnskabelig sammenligning af batchtørringerne. Der har i dette projekt været gennemført tørring af æbler under identiske betingelser i november og december (45_30). Det viser sig, at der ved at sammenligne de to tørringer ikke kan findes signifikante forskelle på de to tørringer.

Resultaterne er afrapporteret i bilag 8.

Dild

Ved studier af dild er der kun gennemført få tørringer og kun en af disse er analyseret med flavouranalyse. For at kunne sammenligne med tilsvarende produkter er der inkluderet en prøve, som er tørret under almindelige betingelser hos Urteriet Læsø samt en kommerciel tilgængelig frysetørret dild (Agrova Food). Kromatogrammer for de tre produkter kan ses i figur 14.

Selve rapporten kan ses i Bilag 9.



Figur 14: Kromatogrammer for dild lufttørret (sort), tørret med overophedet damp (blå) og frysetørret (Pink).

Ved at se nøjere på identiteten af de flygtige stoffer kan det ses, at markante forskelle findes på netop terpenerne, specielt stofferne α -pinen, phellandren og limonen – her er der meget større indhold i dild tørret med overophedet damp sammenlignet med lufttørret eller frysetørret dild.

Dette antyder, at tørring med overophedet damp bevarer den naturlige aroma bedre end tørring med luft eller frysetørring. Der gøres opmærksom på, at ovenstående data ikke er korrigeret for vandindhold i produkterne. Der er afvejnet nøjagtig 2 gram prøve til analyse.

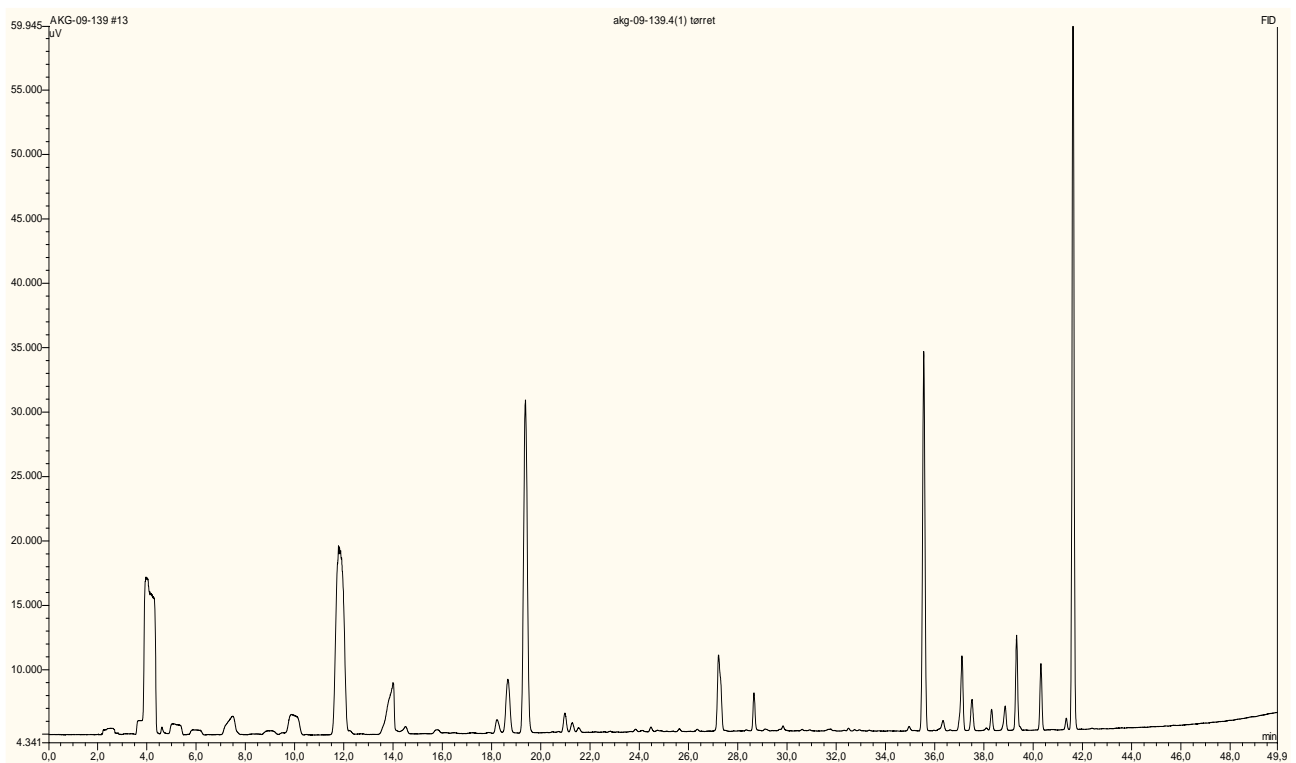
Gulerødder

Ved studier af gulerødder er der kun gennemført få tørringer, og kun en af disse er analyseret med flavournalalyse. Der har ikke været gennemført analyse på de rå gulerødder, så i denne del af afrapportering er der taget udgangspunkt i oplysninger, der er tilgængelige i litteraturen.

De identificerede komponenter i den tørrede prøve er også de komponenter, som er anført i litteraturen som værende i friske gulerødder, derfor viser resultatet, at denne tørremetode ser ud til at bevare den naturlige aroma fra gulerødder.

Kromatogram for tørret gulerod kan ses i figur 15.

Selve rapporten kan ses i Bilag 10.



Figur 15: Kromatogram for tørret gulerod.

Kondensat

Under tørreprocessen kondenseres tørringsdampen, som opsamles. Kondensatet har i visse tilfælde en tydelig duft af det produkt, der er tørret. Dette har givet anledning til at overveje, om kondensatet kan sælges som et selvstændigt produkt. På grund af den eksisterende opsamlingsmetode kan analyser ikke foretages på kondensatet. Dels opsamles kondensatet i en åben beholder, så der er risiko for nedfald fra luften. Der kan også være forurening fra flygtige forbindelser fra udstyr eller emballage, som er opløst i kondensatet.

Såfremt kondensatet skal anvendes til en ny alternativ fødevarer, skal måden, hvorpå kondensatet opsamles, ændres, så denne sterile aromamættede væske ikke forurenes af partikler, mikroorganismer eller uønskede flavours.

C-vitamin

Solbær

Som det ses af tabel 6, er der et tab af C-vitamin pr. 100 g tørstof ved alle tørringsprocesser. Der ses dog ingen entydige tendenser i forhold til tørretider og –temperaturer.

Solbær	Tørretid (timer)	C mg/g tørstof	% rest
Ingen	0	6,18	100
50 5	23.3	0,9	14,54
50 20	7	0,58	9,35
45 20	6	1,04	16,89

Tabel 6: Oversigt over udvalgte analyser for udvalgte solbærforsøg.

Mulige konklusioner på ovenstående resultater:

Der er størst tab af c-vitamin ved tørring ved 50 °C sammenlignet med 45 °C ved samme overophedningstemperatur. Der ser også ud til at være større tab ved højere overophedningstemperatur under tørring ved 50 °C.

Dette kan betyde, at temperaturen af den overhede damp påvirker produktet under tørringen, og dermed giver anledning til en højere produkttemperatur og dermed større ødelæggelse af C-vitamin under tørringen.

Æbler

Æbler	Tørretid (timer)	C mg/g tørstof	% rest
Ingen	0	0,08	100
45 20	9	0,08	94,47
45 30	6	0,07	85,92
45 40	6	0,06	72,51
55 20	5	0,01	7,99
55 40/Lys	3,3	0,03	36,49

Tabel 7: Oversigt over udvalgte analyser for udvalgte æbleforsøg.

Mulige konklusioner på ovenstående resultater:

Æbler har ikke noget særligt stort C-vitaminindhold.

Der er størst tab af C-vitamin ved tørring ved 55 °C sammenlignet med 45 °C ved samme overop-
hedningstemperatur. Der ser også ud til at være større tab ved højere overhedningstemperatur under
tørring ved 45 °C.

Dette kan betyde, at temperaturen af den overhede damp påvirker produktet under tørringen og
dermed giver anledning til en højere produkttemperatur og dermed større ødelæggelse af C-vitamin
under tørringen. Så til trods for reduceret tørringstid kan der være et stort tab af C-vitamin.

En generel kommentar til ovenstående analyser gælder selve analysemetoden og prøvehåndter-
ingen, som ikke har været optimal rent analyseteknisk, idet prøver har været gemt under alminde-
lige betingelser med fri adgang til atmosfærens ilt efter tørringsprocessen. C-vitamin er følsomt og
nedbrydes ved almindelig henstand, og prøver, der skal analyseres for C-vitamin, bør håndteres
skånsomt og opbevares under optimale betingelser frem til analyse for ikke at introducere tab, der
ikke vedrører selve tørringsprocessen. Disse forhold bør inkluderes i efterfølgende studier af tab af
vigtige ingredienser under tørringsprocessen.

Smag

Mandag den 30. november 2009 blev der afholdt et smagsarrangement på Teknologisk Institut i Århus, hvor udvalgte produkter blev præsenteret for personer fra forskellige virksomheder, der arbejder med tørret frugt, bær, grøntsager og urter. Der var 6 virksomheder repræsenteret ved arrangementet, men ikke alle har smagt på alle produkter, da de enkelte fokuserede på de produkter, der havde størst interesse for netop deres virksomhed.

Solbær

Der var følgende kommentarer til produktet:

Lav fugt:

- Autentisk i smagen, meget fylde i smagen
- de smager ikke af så meget
- Godt nok sure, tom skal, lidt mere seje end solbær hos NN
- Meget overraskende mundfornemmelse, større

Høj fugt:

- Gode, økologiske varianter
- Meget sej, begge flot farve, ser naturligt ud
- Som blåbær/forventet, bedre tekstur

Der var følgende kommentarer til anvendelse:

Lav fugt:

- Tør snack
- Baging, snack
- Bruger tørrede bær (vist solbær) i Mysli (nutuna), vandindhold skal være så lavt, at det ikke afgiver vand til øvrige ingredienser i fx mysli

Høj fugt:

- Nøddebar/sund slik skal kunne hænge sammen

Generelt:

- Snack (ready to eat)
- Blandes i mysli
- Andre toppingprodukter fx til yoghurt
- Brødblandinger
- Basis for andre produkter (marmelade, dessert applikationer)
- Slik (overtræk af fx chokolade)
- Ingrediens i frugtbar eller -pålæg

Æbler

Der var følgende kommentarer til produktet:

- Godt, men ikke egnet til frugtbare, når de er så tørre
- Evt. anvendes rehydreret
- Rigtig gode
- Sprøde, smagfulde, udseende (superflot), rigtig fin kvalitet
- Troede der var syre på - rigtig god smag og farve
- Smager meget bedre end konventionelt tørrede æbler (men de er tilsat syre) lidt crispy - må gerne være lidt tykkere, så der er lidt mere bid i dem

Der var følgende kommentarer til anvendelse:

- Snack
- Chips, tern til mysli
- Æblechips, snack
- Snack (ready to eat), iblanding i musli, andre toppingprodukter fx til yoghurt
- Brødblandinger
- Basis for andre produkter (marmelade, dessertapplikationer)
- Ingrediens i frugtbar eller -pålæg

Dild

Der var følgende kommentarer til produktet:

- God
- Flot farve, ny mulighed for præsentation, smager godt
- Smagen rigtig god, lidt for tør (knaser helt) ikke håndterbar i pakkeproces "kvistform"
- Ligner i den grad dild - super flot, smag - stærk (bitter), måske for skrøbelig til pakke- og transportproces

Der var følgende kommentarer til anvendelse:

- Krydderi, blanding (krydderiglas), convenience retter
- Produktet ligner dild så meget, at det kan bruges som pynt
- Dekoration til kryddersnaps, særlig flot dekorationsdild, tørring af dildkroner

Gulerødder

Responserne på de tørrede gulerødder var meget forskellig. De, der arbejder med tørrede gulerødder i dag, var vældig positive over dette produkt, hvorimod personer, der ikke er vant til at arbejde med tørrede gulerødder, generelt ikke brød sig om smagen.

- Smager bedre end de eksisterende produkter til brødblandinger
- Godt, men ikke egnet, når de er så tørre. Alternativt bør de rehydreres til bær
- Lugter harsk
- Smager meget af gulerod - men enormt bitter eftersmag
- Flot farve
- Konsistens: hvis til chips, så skal de være tykkere; sprødhed rigtig fin
- Skuffende, off-flavour, lidt træls, lidt gummi-/læderagtig, smag - ikke god

Kommentarer til anvendelse:

- Chipsblandinger
- Rodfrugt - chips er interessant
- Chips, convenience retter
- Gulerodschips, ingrediens i andre produkter

Ribs og Jordbær

Ribs:

- Mindre sure, hvis mindre tørre
- Kan bruges til blanding til sund-slik-bar

Jordbær:

- Lugter af mere end det smager – smager godt
- Kan anvendes til barer eller som tør snack. (I dag anvendes jordbærpulver)
- Holder smagen og dufter godt – som jordbær, søde
- Stor farvevariation (de sorte/mørke er ikke så lækre). Kan bruges til mysli.
- Meget tørre, nogle af bærrerne ser ikke så lækre ud

Generelt var der stor interesse for produkterne, og der var et spændende udviklingspotentiale for alle produkterne. Generelt blev der talt om mulige for- og efterbehandlinger som fx frugt/bær juice til rehydrering og/eller olietilsætning, ligesom det er anvendt til udvalgte rosinprodukter. En af virksomhederne har vist så stor interesse for produkterne, at de gerne vil indgå i et projektsamarbejde om at videreudvikle tørremetoder og dermed nye produktmuligheder.

Forretningsplaner

Projektdeltagerne har forskellige interesser i tørring af bær, frugter og urter og forskellige strategier for at skabe forretning på området.

For at kunne vurdere forretningspotentialer til tørring af bær, frugter og urter er det nødvendigt at kende investerings-, og driftsomkostningerne, samt kapaciteten for et givent tørreanlæg. Endelig er det vigtigt at vide, hvad værdiforøgelsen af produkterne er samt afsætningsmulighederne. I de følgende afsnit er dette bearbejdet.

Investerings- og driftsomkostninger

Gennem projektet er det blevet muligt at beregne, hvor stort tørringsanlægget skal være for at kunne tørre en given mængde i et givent tidsrum. Dette har afgørende betydning for dimensionering af et tørringsanlæg og dermed prissætning af anlægget.

Der er opstillet en matrix af forskellige produkter, som vil kunne tørres i det udviklede tørreudstyr, og som vurderes at kunne afsættes. Se tabel 8.

Produkt	Solbær	Hindbær	Jordbær	Tranebær	Ribs	Sød Kirsebær	Sur Kirsebær	Blåbær	Tyttebær	Gulerøder	Dild	
Kapacitet	3.400	2.500	4.500	3.500	3.000	10.500	6.500	2.000	2.000	6.000	200	kg/år
Nødvendigt vådt materiale	19.429	25.000	45.000	35.000	20.000	35.000	34.667	20.000	20.000	45.000	1.840	kg/år
Nødvendig antal tørredage	15	20	28	19	17	18	18	16	33	73	5	Dage

Tabel 8: Produkter og mængder, der indgår i de økonomiske beregninger.

Ud fra dette er der beregnet priser på to tørreanlægsstørrelser med forskellige anlægskonfigurationer, som energigenvindingsudstyr og kontinuerte processer frem for batchprocesser. I tabel 9 er de beregnede økonomiske forhold for de forskellige anlægskonfigurationer vist.

	Version 1	Version 2	Version 3	Version 4	Version 5	Version 6	
Dimensioner	ø 3,2 x 12 m	ø 3,2 x 12 m	ø 3,2 x 12 m	ø 2,2 x 4,5 m	ø 2,2 x 4,5 m	ø 2,2 x 4,5 m	
Investering batch anlæg (budgetpris)	6.500.000	6.500.000	6.500.000	2.100.000	2.100.000	2.100.000	kr
Merinvestering kontinuert proces (anslået)	-	3.000.000	3.000.000	-	1.500.000	1.500.000	kr
Merinvestering genvinding (anslået)	-	-	1.000.000	-	-	500.000	kr
Samlet investering	6.500.000	9.500.000	10.500.000	2.100.000	3.600.000	4.100.000	kr
Tørretid	16	16	16	16	16	16	Timer/d g
Samlet tør vægt	277.000	277.000	277.000	44.100	44.100	44.100	kg/år
Samlet våd vægt	2.204.519	2.204.519	2.204.519	300.935	300.935	300.935	kg/år
Afskrivningstid	7	7	7	7	7	7	år
Rentesats	6	6	6	6	6	6	%
Arbejdsdage pr. år	214	214	214	263	263	263	dg/år
Antal ansatte (anslået)	10	2	2	2	1,5	1,5	Personer
Lønomkostning	150	150	150	150	150	150	kr/time
Pris strøm	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	kr/kWh
Pris olie	5	5	5	5	5	5	kr/liter
Service/vedligehold (af investering, anslået)	5	5	5	5	5	5	%
Service/vedligehold	325.000	475.000	525.000	105.000	155.000	205.000	kr/år
Tørreomkostning for solbær (vand)	2,5	1,8	1,6	5,0	5,9	5,9	kr/kg vand
Tørreomkostning for solbær (tørt produkt)	11,6	8,4	7,7	23,4	27,8	27,6	kr/kg tør

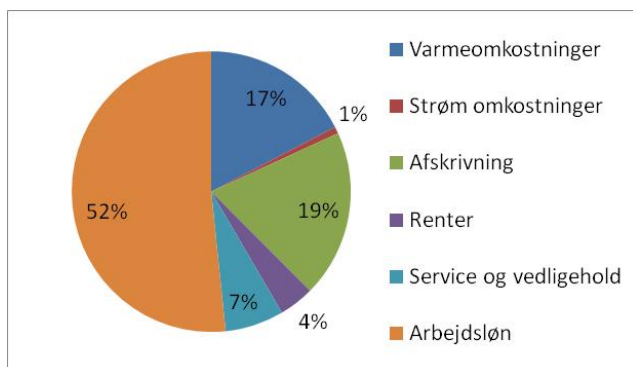
Tabel 9: Forudsætninger for beregning af omkostninger ved etablering af tørreanlæg baseret på tørring i overhedet damp i vakuum for 6 forskellige anlægskonfigurationer.

De specifikke omkostninger er væsentlig lavere for det store tørreanlæg end for det lille, hvilket er normalt. Tørreomkostningerne varierer mellem produkterne, da der skal tørres forskellige vandmængder for de enkelte produkter.

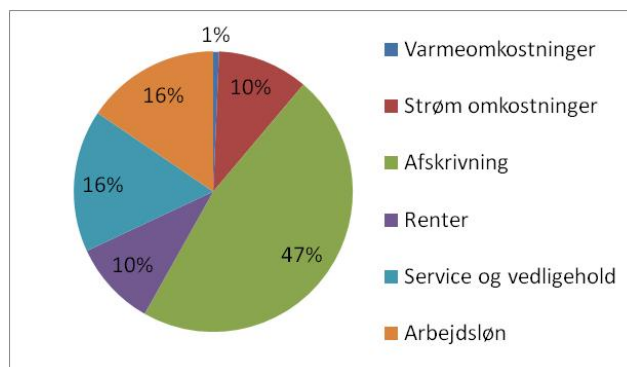
Til sammenligning er der fremskaffet oplysninger om specifikke omkostninger for et ikke nærmere defineret frysetørningsanlæg på 5 kr./kg vand, der fjernes.

Merinvesteringerne forbundet med at konstruere en kontinuert proces samt for energigenvindingsudstyret er anslåede værdier, hvorved de er forbundet med relativ stor usikkerhed.

I figur 16 er fordelingen af de beregnede tørreomkostningerne vist grafisk for version 1 og 3.



Figur 16a: Diagrammet viser omkostningsfordelingen for version 1 (batchproces) af tørreanlægget, baseret på de forudsætninger, der står i tabel 3.



Figur 16b: Diagrammet viser omkostningsfordelingen for version 3 (kontinuert med energigenvinding) af tørreanlægget, baseret på de forudsætninger, der står i tabel 3.

Energertilførslen i version 3 foregår igennem en eldrevet varmepumpe med en anslået virkningsgrad (COP) på 4, hvilket er et konservativt bud med de temperaturforhold, der eksisterer i tørreren, og energertilførslen i version 1 foregår med en oliedrevet dampgenerator.

Under de givne forudsætninger er den årlige besparelse mellem version 1 og 2: 1,4 millioner, og med en investering på 3 millioner er den simple tilbagebetalingstid for automatiseringsudstyret 2,1 år.

Den årlige energibesparelse, der kan realiseres ved at installere en varmepumpe til energigenvinding, er: 285.000,- kroner og med en investering på 1 million er den simple tilbagebetalingstid for energigenvindingsudstyret 3,5 år.

En indlysende men vigtig erkendelse fra disse beregninger er, at det er afgørende at kunne tørre forskellige produkter med det samme anlæg, da økonomien forbedres, jo flere dage om året anlægget er i drift, forudsat at produkterne kan afsættes til en attraktiv pris.

Markedspotentiale

Nogle kundegrupper/forbrugsformål f.eks. snackproducenter, morgenmadsproducenter og diverse cafeer, anvender i større og større udstrækning både friske/tørrede bær og andre frugter i forskellige produkter. De friske og tørrede produkter har hver deres ernæringsmæssige karakteristika og kvalitet afhængig af dyrkningsteknik, klima og ikke mindst forarbejdningsmetode, hvoraf sidstnævnte ofte nedsætter frugtens indhold af naturlige næringsstoffer og derved ofte bidrager til generel lavere produktkvalitet.

Hvis ideen/projektet med industrielt fremstillede tørrede bær og frugter via tørring med overhedet damp viser sig lovende, således at der opnås et bær-/frugtprodukt så tæt på det friskplukkede produkt som muligt, eksisterer der efter projektdeltagernes mening absolut et marked, der med den rette markedssegmentering og målgruppevalg kan vise sig meget attraktivt i fremtiden.

Forudsætter man, at de nænsomt tørrede produkter resulterer i et markant højere indhold af de naturlige næringsstoffer, farver, aromaer, vitaminer, strukturer m.m., og samtidig har maksimal mikrobiologisk kvalitet med lang holdbarhed under simple og besparende opbevaringsforhold, vil sådanne produkter rumme betydelige markeds-mæssige fordele med formodet afsætningspotentiale inden for følgende segmenter i både ind - og udland:

- Detailhandel
- Industri inden for morgenmadsprodukter
- Snackbarproducenter
- Bageribranchen
- Cafebranchen
- Juice/smoothie producenter
- Isproduktion
- Chokoladeproduktion
- Helsekostbutikker

Der findes i dag ikke et sådant industrielt fremstillet tørret produkt med samme egenskaber, og derfor skal projektets nyhedsværdi (med den helt nye tørringsproces) udnyttes til fulde, når innovationsprocessen er fuldendt og et repræsentativt produktsortiment er afprøvet på en passende målgruppe.

Samsø Bær I/S

Afsnittet er udarbejdet af Væksthus Midtjylland i samarbejde med Samsø Bær I/S.

Samsø Bær I/S er 4 frugt- og bæravlere fra Samsø, der har sluttet sig sammen i et selskab. Selskabet har til formål at finde lønsomme anvendelsesmuligheder for de bær og frugter, som avlerne producerer.

Samsø Bær er medlem af brancheorganisationen Danske Bær. De samarbejder med Danske Bær vedr. afsætning af danske solbær på det internationale marked, på den mest optimale måde, både inden for holdbarhed (tørring) transport og tidspunkt på året.

Ambition med etablering af/deltagelse i projekt

Samsø Bær I/S har deltaget i projektet for at få afklaret følgende spørgsmål vedr. tørring af bær med overophedet damp:

- Kan bær tørres på denne måde?
- Er energiforbruget så lavt, at processen er et økonomisk alternativ til andre forarbejdningsprocesser?
- Er de samlede tørreomkostninger (drifts- og kapitalomkostninger) så lave, at det er en økonomisk mulighed (kapacitetsmæssigt) med etablering af anlæg på Samsø?
- Hvilken kvalitet af tørrede bær opnås?
- Er det en kvalitet, der har en markedspris, således, at der kan etableres en fortjeneste?

Projekresultater

For solbær og et anlæg til 300.000 kg bær og frugt pr. år (vådvægt):

Tørreomkostninger	30	Kr. pr. kg tørvægt		
Råvarepris	57	Kr. pr. kg tørvægt		
Fortjeneste	12	Kr. pr. kg tørvægt	600.000	Kr. pr. anlæg
Min. salgspris	99	Kr. pr. kg tørvægt		

Tabel 10: Oversigt over udvalgte analyser for udvalgte solbærforsøg.

Pris for råvare er sat til 10 kr. pr. kg. vådvægt, fra vådvægt til tørvægt ganges med en faktor 5,7.

Tørreomkostninger er fundet i projekt (overslagsgennemsnit, excel-regneark, Teknologisk Institut).

Fortjeneste er sat til 12 % af en investering på 5 mio. kr.

Har de produkter, der produceres, en kvalitet, der kan sælges til 99 kr. pr. kg tørvægt?

Diskussion

Såfremt de angivne overslag holder, er der en økonomi, der kan begrunde en fortsættelse af udviklingsarbejdet. Indhentede markedspriser for frysetørrede solbær og lydhørheden og interessen fra kontaktede mulige aftagere af produkter giver desuden anledning til at tro, at der er et marked for disse produkter. Der er dog mange forhold, der skal arbejdes videre med, førend der bør investeres i et anlæg.

Det er forhold som:

1. Større sikkerhed vedr. resultater

Forståelsen for tørreprocesser og de parametre, der påvirker den. Der er antageligt brug for flere forsøg for præcist at kunne fastlægge parameterindsatser til en given ønsket tørreproces. Der forventes f.eks. at være en forskel på tørreprocessen for henholdsvis frisk og frossen frugt. Der blev ikke indhentet tilstrækkelige erfaringer vedr. tørring af friske solbær.

2. Optimering af maskine, foranstaltninger til forbedring af økonomi

Der er forskellige muligheder for at gøre maskininvesteringen mindre, reducere driftsomkostninger og forbedre maskinens resultat. Disse skal undersøges.

3. Afdampningsvand

Afdampningsvandet blev ikke systematisk opsamlet og målt mht. aroma mv. Det må undersøges, om det har en værdi.

4. Optimering af proces mht. smag, indhold af værdifulde stoffer og holdbarhed

Der er brug for at forstå, hvilke tørreprocesser, der efterlader den bedste konsistens (mest smag og værdifulde stoffer).

Desuden skal der arbejdes med, hvordan holdbarheden kan sikres vedr. bærrenes forudgående behandling, indføring, maskinens indretning, og efterfølgende opbevaring (emballering). Hvad er grænseværdierne for, at produkterne kan holde sig hvor længe i forhold til vand % (afhænger af vandaktiviteten, men hvad er erfaringerne, hvilken maks. % vand kan f.eks. tørrede solbær opbevares ved).

Fortsat interesse

Samsø Bær vil arbejde videre med undersøgelse af metoden, som en mulig anvendelse for deres bær og frugter. Samsø Bær har derfor fortsat interesse i, at der arbejdes med at få afklaret ovenstående forhold. Samsø Bær indgår gerne i et projekt forankret på Teknologisk Institut med WTT som maskinleverandør og de øvrige projektdeltagere, således at deltagerne er med til at bære projektet lige- ligt i forhold til, at parternes forskellige interesser tilgodeses.

Berrifine A/S

Når og hvis tørringsanlægget bliver færdigudviklet, er det sandsynligt, at Berrifine A/S investerer i et anlæg. Virksomheden er dog åben for at indgå samarbejde med andre virksomheder om etablering af et fællestørreri et sted i Danmark eller udlandet.

WTT A/S

Strategien er at videreudvikle konceptet fra forprojektet med nye projektmidler, for derefter at kunne sælge det første anlæg og derigennem få mere erfaring med branchen og produkterne. Gennem projektet har WTT A/S fået henvendelser fra mulige interessenter om levering af tørreanlæg til tørring af lignende produkter og vurderer derfor, at markedspotentialet for tørreanlæg til dette segment er interessant for virksomheden.

WTT A/S er endvidere blevet kontaktet af en producent af frysetørringsudstyr, som er interesseret i at indgå i et samarbejde omkring produktudviklingen og et efterfølgende salgssamarbejde. WTT A/S overvejer denne mulighed, da den potentielle samarbejdspartner har godt fat i de interessante segmenter.

Urteriet Læsø

Investeringerne i et tørreanlæg, der anvender tørring i overhedet damp, er for store for virksomheden, selvom resultaterne af produktforsøgene var meget interessante. Derfor har Urteriet Læsø undersøgt mulighederne for at etablere et samarbejde med andre virksomheder på Læsø om investering i et fællestørreri på øen. Det er konstateret, at der er mulige samarbejdspartnere på øen, men der er ikke kommet noget konkret ud af dette endnu.

Virksomheden har derfor stadig behov for optimering af den nuværende tørringsproces, da processen er en flaskehals i produktionen. Dialogen mellem Urteriet Læsø og Teknologisk Institut fortsætter efter projektafslutningen.

Hvorfor danske urter

Deltagelsen i tørringsprojektet er interessant for Urteriet Læsø, tidligere Højen Urter, som ønsker at finde et alternativ til bakketørring med luft, som bruges i dag, og som giver samme kvalitet eller en bedre kvalitet af tørrede urter, frugt og grøntsager, end den, der produceres i dag.

Næsten alle tørrede urter på det danske marked kommer fra udlandet. Alle tørrede økologiske krydderurter kommer fra udlandet. Dette synes ærgerligt, da det danske klima med vind og skiftende vejr, er velegnet til dyrkning af krydderurter på friland, idet urterne bliver kraftigere i smag og aroma.

Nuværende tørreproces

I dag tørres urter, gulerødder og frugt i bakker med varm luft og affugtere.

Denne proces skal overvåges gennem hele processen, fordi tørringen sker meget uens. Urterne skal vendes og bakkerne skal flyttes, efterhånden som urterne tørres for ikke at blive for tørre, så smagen forsvinder.

Der er endvidere ikke kapacitet nok til at tørre de urter, som dyrkes i dag, fordi det tager min. 3 timer pr. kg friske urter. Urterne skal tørres, mens de er friske, og der er kun 24 timer i døgnet. Det betyder, at der samlet set tørres 900 kg/år, hvilket svarer til 90 kg tørret dild pr. år, som kan sælges til 500 kr./kg svarende til en værdi af 45.000 kr.

Det oplyses, at den eksisterende energiomkostning er meget høj. Ved et antaget meget højt specifikt energiforbrug på 10.000 kJ/kg vand, der fordampes (svarende til frysetørring), vil det kræve 2250 kWh/år at fordampe den oplyste mængde vand, og ved en elpris på 1,5 kr./kWh er de samlede energiomkostninger 3.375 kr./år, hvilket svarer til 7,5 % af indtjeningsbidraget.

Øget produktion

Det vurderes, at produktionen af urter i marken på den gode side kan tidobles, hvis der er tilstrækkelig tørringskapacitet, og hvis omkostningerne til tørringen kan reduceres. Det vil sige, at omsætningen kan tidobles, hvilket vil skabe en omsætningsforøgelse på ca. 400.000 kr., hvilket igen skal forrente en investering i nyt tørringsudstyr. Med en kapacitetsudvidelse baseret på det nuværende udstyr, vil tørringsomkostningen også tidobles og udgøre cirka 30.000 kr., og ved anvendelse af det udviklede tørringsudstyr vil denne omkostning være cirka 7.000 kr.

Hvis tørringsomkostningerne kan reduceres, og hvis processen kan optimeres mht. behov for manuel håndtering, så vurderes det, at der er et stort marked for tørrede, økologiske urter, frugt og grøntsager. Med det nuværende setup er det kun muligt at tørre de urter, som bruges i blandinger med Læsø sydesalt til Saltsyderiet og blandinger til "Kokken og Jomfruen" samt blandinger til firmaer, som vil have deres egne blandinger til firmagaver.

Nye produkter

Urteriet Læsø har i flere år arbejdet med at producere gulerødder til gulerods chips, som er et sundt og nærende alternativ til, hvad der ellers findes på markedet. Produktionen af gulerods chips kan komme i gang, så snart der er fundet et bedre alternativ til bakketørring, som bruges i dag.

Flere firmaer har vist interesse for tørrede urter fra Urteriet Læsø.

Smagen af Læsø /BKI kaffe har kontaktet virksomheden for at lave deres kryddersalte med økologiske urter.

Arla har vist interesse for virksomhedens blandinger til nogle af deres specialprodukter.

Der er stor efterspørgsel efter danske økologiske urter til urteteer.

Urteriet Læsø ser frem til at anlægget er færdigudviklet, så det forhåbentligt bliver muligt at få flere danske økologiske produkter på markedet.

Videreudvikling af tørringskonceptet

I takt med at forprojektet skred frem, og der blev høstet erfaringer med tørringskonceptet anvendt på de pågældende produkter, blev det klart, at der stadig er nogle forhold, som kræver yderligere belysning og udvikling. Disse områder er listet i punktform i det følgende:

1. Flere og sammenlignelige kvalitetsanalyser med andre tørringsformer.
 - Der blev kun i begrænset omfang gennemført parallelle forsøg med andre tørringskoncepter, hvorved det stadig er uklart, hvor god en kvalitet bevares i forhold til andre tørringsprocesser.
2. Analyse af forbehandling og nye anvendelser.
 - Råvarens beskaffenhed før tørring er meget vigtig, og det er muligt, at der kan være fordele i at forbehandle produkterne enten med sukker eller olie inden tørringen.
3. Holdbarhed under lagring med forskellige vandaktiviteter.
 - Det er uklart, hvor god holdbarheden af de tørrede produkter er i forhold til vandaktiviteten og opbevaringsformen.
4. Design af kontinuert proces og beregning af finansieringsbehov.
 - I forprojektet blev der kun arbejdet overordnet med design og beregning af dette, hvilket de økonomiske beregninger viste vigtigheden af.
5. Identifikation og test af egnet overfladebehandling/materialevalg til opbevaring af produkter under tørring.
 - Visse af produkterne skulle skrubes af produktbakkerne efter tørring, hvilket ikke er hensigtsmæssigt i en strømnet industriel produktion.
6. Redesign og test af kondensatdel af tørringsanlægget, så kondensatet kan bruges som værdiprodukt.
 - Under forprojektet blev det klart, at det vand, som fjernes fra produktet (kondensatet), kan have en værdi, hvis der er tilstrækkelige aromastoffer i det. Anlægget bør redesignes, så værdien og kvaliteten af kondensatet kan undersøges.
7. Redesign og test af strømningsforhold i tørreren, så der kan tørres flere produkter ad gangen i forhold til tørrerens volumen.
 - Det blev sandsynliggjort i forprojektet, at der er mulighed for at optimere strømningsforholdene i tørreren, men det blev ikke verificeret gennem test. Dette har stor betydning for anlæggets kapacitet.
8. Udvikling, konstruktion, test og dokumentation af energigenvindingsdel.
 - Laboratorieanlægget blev konstrueret uden energigenvinding, da fleksibilitet var prioriteret højest. Der er behov for ”proof of concept” og ikke kun teoretiske beregninger.
9. Udvidelse og test af laboratorietørreren med to nye tørreprocesser, dels så varmepumpe-tørring i en beskyttende gasatmosfære kan udføres, og dels så atmosfærisk frysetørring kan udføres. Alle tre (den oprindelige plus de to nye) processer foregår i lukkede kredsløb, hvorved fordampningsvarmen genvindes med forskellig effektivitet, men med forventede relativt lavt energiforbrug.
 - Det blev klart under forprojektet, at der kan være andre konkurrerende teknologier til damp-tørring i vakuum. Dette skal undersøges nærmere.

10. Udvikling og prissætning af løsninger til automatisk CIP-rengøring af tørreren.
 - Laboratorieanlægget blev designet uden praktiske forsøg med CIP-udstyr. Dette skal belyses nærmere ved udvikling og mere præcise økonomiske beregninger.
11. Beregning af øgede omkostninger ved hygiejnisk design.
 - I anlægsinvesteringen, som er vist i tabel 3, er hygiejnisk design ikke behandlet nok til at kunne vurdere de økonomiske konsekvenser præcist nok.

Referencer

1. Positivlisten. *Positivlisten - Fortegnelse over tilsætningsstoffer til fødevarer*. 2005.
2. **Leif Bøgh-Sørensen, Peter Zeuthen**. *Konserveringsteknik 2*. København: DSR Forlag, 2002.
3. *Fødevaredatabanken* www.foodcomp.dk.
4. **Mikrobiologiforordningen**. Kommissionens forordning Nr. 2073/2005 af 15. november 2005 om mikrobiologiske kriterier for fødevarer.
5. **Schmidt, Ronald H. og Rodrick, Gary E.** *Food Safety Handbook*. New Jersey: Hohn Wiley & Sons Inc., 2003. ISBN 0-471-21064-1.
6. Fødevaredatabanken. [Online] www.foodcomp.dk.
7. **Wallace, Sara Mortimore and Carol**. *HACCP A Practical Approach*. London : Chapman & Hall, 1997. ISBN 0 412 57020 3.
8. **Andersen, Poul Erner**. *Introduktion til levnedsmiddelteknologien*. s.l: Polyteknisk Forlag, 1985.
9. Fødevarestyrelsen. [Online] www.foedevarestyrelsen.dk.
10. DS/EN ISO 22000:2005 - Ledelsessystemer for fødevaresikkerhed - Krav til virksomheder i fødevarekæden.

Bilag 1. Risikofaktoranalyse

Risikofaktoranalyse		
Risikofaktor ²	Vurdering	Styrende foranstaltninger Forudsætninger for sikre tørrede produkter
Campylobacter	<p>Råvarer Campylobacter kan være til stede i alle råvarer, men vil ikke vokse i råvarer og produkter ved stuetemperatur, fordi den har væksttemperatur på 30-45°C. I nov. 2009 blev danske spiseklare grønne salater kaldt tilbage pga. Campylobacter.</p> <p>Proces Afhængig af den opnåede produkttemperatur, vil der være mulighed for drab af Campylobacter under tørreprocessen, idet de dræbes ved moderate varmebehandlinger. Der er mulighed for vækst af Campylobacter under tørring, hvis temperaturen ligger indenfor væksttemperaturen. Dog vil den lave mængde ilt under vakuum hæmme campylobacter, der ikke vokser anaerobt.</p> <p>Produkt For tørreprocesser med tids- og temperaturforløb, der ikke giver et varmedrab af Campylobacter, er der mulighed for, at de overlever og derfor er til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i solbær og æble betyder, at Campylobacter ikke vil vokse i disse produkter.</p> <p>Anvendelse Campylobacter kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser under anvendelse hos brugeren/forbrugeren.</p>	<p>Proces Det skal sikres, at der ikke er faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder.</p> <p>Slutprodukt Aw < 0,912 Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,912 vil sikre mod vækst af Campylobacter.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>
Salmonella spp.	<p>Råvarer Salmonella kan være til stede i råvarer, da de findes i natur og gødning og kan spredes via jord og vand til afgrøder. I danske råvarer er sandsynligheden for salmonella mindre end i råvarer fra lande, hvor vanding kan være foretaget med forurenede vand. Kan vokse ved 5-46°C og ved pH > 4. Derfor ikke vækst i solbær</p>	<p>Proces Det skal sikres, at der ikke er faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder.</p> <p>Slutprodukt</p>

² Risikofaktor = Biologisk, kemisk eller fysisk agens i en fødevarer med potentiale til at have en sundhedsskadelig virkning eller en tilstand af en fødevarer, som kan have en sådan virkning (1)

	<p>og æble.</p> <p>Proces Afhængig af den opnåede produkttemperatur, vil der være mulighed for drab af Salmonella under tørreprocessen, idet de dræbes ved ca. 70°C. Der er mulighed for vækst af Salmonella under tørring, hvis temperaturen ligger indenfor væksttemperaturen.</p> <p>Produkt For tørreprocesser med tids- og temperaturforløb, der ikke giver et varmedrab af Salmonella, er der mulighed for, at de overlever og derfor er til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i solbær og æble betyder, at Salmonella ikke vil vokse i disse produkter. Kan overleve i tørrede produkter.</p> <p>Anvendelse Salmonella kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser under anvendelse hos brugeren/ forbrugeren.</p>	<p>$A_w < 0,93$ Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,93 vil sikre mod vækst af Salmonella.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>
<p>Listeria monocytogenes</p>	<p>Råvarer Listeria findes bredt i både natur og produktionsmiljø og kan derfor være til stede i råvarer. I december 2009 blev danske lucernespirer kaldt tilbage pga. Listeria i produkterne. Kan vokse ved 1-45° C og ved pH > ca. 4,4. Derfor er der mulighed for vækst i dild og gulerod, men ikke i solbær og æble.</p> <p>Proces Afhængig af den opnåede produkttemperatur, vil der være mulighed for drab af Listeria under tørreprocessen, idet de dræbes ved lavpasteurisering (for mælk 72° C). Der er mulighed for vækst af Listeria under tørring, hvis temperaturen ligger indenfor væksttemperaturen.</p> <p>Produkt For tørreprocesser med tids- og temperaturforløb, der ikke giver et varmedrab af Listeria, er der mulighed for, at de overlever og derfor er til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i solbær og æble betyder, at Listeria ikke vil vokse i disse produkter.</p> <p>Anvendelse Listeria kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser</p>	<p>Proces Det skal sikres, at der ikke er faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder.</p> <p>Slutprodukt $A_w < 0,92$ Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,92 vil sikre mod vækst af Listeria.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>

	under anvendelse hos brugeren/ forbrugeren.	
Yersenia enterocolitica	Råvarer Yersenia findes i svin og gødning herfra og er derfor ikke umiddelbart sandsynlig i frugt, bær og grønt.	
VTEC (Verotoksinproducerende Eschiricia coli)	Råvarer VTEC findes i tarmkanal hos mennesker og dyr og kan derfor være til stede i råvarer. Kan vokse ved 7-45° C og ved pH > 4. Derfor er der mulighed for vækst i dild og gulerod, men ikke i solbær og æble. Proces Afhængig af den opnåede produkttemperatur, vil der være mulighed for drab af VTEC under tørreprocessen, idet de dræbes ved lavpasteurisering (for mælk 72° C). Der er mulighed for vækst af VTEC under tørring, hvis temperaturen ligger indenfor væksttemperaturen. Produkt For tørreprocesser med tids- og temperaturforløb, der ikke giver et varmedrab af VTEC, er der mulighed for, at de overlever og derfor er til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i solbær og æble betyder, at VTEC ikke vil vokse i disse produkter. Anvendelse VTEC kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser under anvendelse hos brugeren/ forbrugeren.	Proces Det skal sikres, at der ikke er faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder. Slutprodukt Aw < 0,95 Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,95 vil sikre mod vækst af VTEC. Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag. Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.
Cl. perfringens	Råvarer Cl. perfringens findes i jord og gødning fra dyr og kan derfor være til stede i råvarer. Kan vokse ved 12-50° C og ved pH > 4,5. Derfor er der mulighed for vækst i dild og gulerod, men ikke i solbær og æble. Proces Sporedannende - Varmebehandling kan aktivere sporer. Der er sandsynlighed for vækst af Cl. perfringens under tørring i produkter med pH over 4,5 (dild og gulerod), idet væksttemperaturen er høj (12-50 °C). Produkt Sporer overlever tids- og temperaturforløb under tørreproces og kan aktiveres af varmebehandlingen og vil derfor kunne være til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i	Proces I gulerod og dild skal det sikres, at der ikke er (tidsmæssigt lange) faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder, før Aw under 0,93 er nået. Slutprodukt Aw < 0,93 Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,93 vil sikre

	<p>solbær og æble betyder, at Cl. perfringens ikke vil vokse i disse produkter.</p> <p>Anvendelse Sporer af Cl. perfringens kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne spire og vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser og evt. varmebehandles under anvendelse hos brugeren/ forbrugeren.</p>	<p>mod vækst af Cl. perfringens.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>
<p>Cl. botulinum</p>	<p>Råvarer Cl. botulinum (type A og B) findes i jord og kan derfor være til stede i råvarer. Kan vokse ved 10-48° C og ved pH > 4,5. Derfor er der mulighed for vækst i dild og gulerod, men ikke i solbær og æble.</p> <p>Proces Spore- og toksindannende. Sporer meget varmeresistente og toksin inaktiveres først ved kogning i 10 min.. Der er sandsynlighed for vækst af Cl. botulinum under tørring i produkter med pH over 4,5 (dild og gulerod), idet væksttemperaturen er høj (10-48 °C).</p> <p>Produkt Sporer overlever tids- og temperaturforløb under tørreproces og vil derfor kunne være til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i solbær og æble betyder, at Cl. botulinum ikke vil vokse i disse produkter.</p> <p>Anvendelse Sporer af Cl. botulinum kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne spire og vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser og evt. varmebehandles under anvendelse hos brugeren/ forbrugeren.</p>	<p>Proces I gulerod og dild skal det sikres, at der ikke er (tidsmæssigt lange) faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder, før A_w under 0,94 er nået.</p> <p>Slutprodukt $A_w < 0,94$ Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,94 vil sikre mod vækst af Cl. botulinum.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>
<p>Staph. aureus</p>	<p>Råvarer, proces og produkter Staphylococcus aureus findes i næse, svælg, på hud og i betændte sår hos mennesker og dyr og kan derfor tilføres både råvarer og produkter som forurening fra de mennesker, der håndterer produkterne.</p> <p>Proces</p>	<p>Generelt For at undgå forurening med bl.a. Staph aureus fra mennesker, er almindelig god landbrugspraksis</p>

	<p>Afhængig af den opnåede produkttemperatur, vil der være mulighed for drab af Staph. Aureus under tørreprocessen, idet de dræbes ved moderate varmebehandlinger. Der er mulighed for vækst under tørring, hvis temperaturen ligger indenfor væksttemperaturen (8-45 °C) og pH ligger over 4,2 (dild og gulerod). Staph. Aureus danner et meget varmestabilt enterotoksin under opformering og desuden overlever Staph. Aureus udtørring. Producerer ikke toksin ved A_w under 0,86 (vækst min. 0,83). Klarer sig dårligt i konkurrence med anden flora.</p> <p>Anvendelse Staph. Aureus kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser under anvendelse hos brugeren/forbrugeren.</p>	<p>(GAP) og god produktionshygiejne (GMP) – herunder personlig hygiejne et krav både til råvareleverandører og procesoperatører.</p> <p>Proces Det skal sikres, at der ikke er faser af tørringen med temperatur og pH indenfor mikroorganismernes vækstområder, før $A_w < 0,86$ er nået.</p> <p>Slutprodukt $A_w < 0,86$ Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,86 vil sikre mod vækst af Staph. aureus.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>
<p>Bacillus cereus</p>	<p>Råvarer B. cereus findes i jord og kan derfor være til stede i råvarer. Kan vokse ved 4-55°C og ved $pH > 5$. Derfor er der mulighed for vækst i dild og gulerod, men ikke i solbær og æble.</p> <p>Proces Sporedannende og sporer er meget resistente overfor varmebehandling og udtørring. Danner to typer af toksiner, hvoraf det ene ødelægges ved 55-60 °C i 5 min. og det andet kan modstå 80 °C i > 15 min. Der er en lille sandsynlighed for vækst af B. cereus under tørring i produkter med pH over 5 (dild og gulerod), idet væksttemperaturen er høj (4-55 °C).</p> <p>Produkt</p>	<p>Proces I gulerod og dild skal det sikres, at der ikke er (tidsmæssigt lange) faser af tørringen med temperatur indenfor mikroorganismernes vækstområder, før A_w under 0,912 er nået.</p> <p>Slutprodukt $A_w < 0,912$ Vandaktivitet i det</p>

	<p>Sporer og evt. toksiner overlever tids- og temperaturforløb under tørreproces vil derfor kunne være til stede i det tørrede produkt. Naturligt lavt pH i solbær og æble betyder, at B. cereus ikke vil vokse i disse produkter.</p> <p>Anvendelse Sporer af B. cereus kan være til stede i det tørre produkt og vil derfor kunne spire og vokse frem, når det tørre produkt sammensættes med andre ingredienser og evt. varmebehandles under anvendelse hos brugeren/ forbrugeren.</p>	<p>tørrede produkt på under 0,912 vil sikre mod vækst af B. cereus.</p> <p>Emballering: Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag.</p> <p>Brugsanvisning: Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.</p>
<p>Shigella</p>	<p>Råvarer Det er set, at babymajs fra Thailand har været inficeret med Shigella, hvorfor Shigella kan være en relevant risikofaktor for råvarer fra visse lande.</p> <p>Proces Styring af en evt. tilstedeværelse vil kunne ske med samme parametre, som de øvrige mikroorganismer.</p>	<p>Råvarer og slutprodukt For at undgå forurening med Shigella er almindelig god produktionshygiejne (GMP) – herunder personlig hygiejne et både til råvareleverandører og procesoperatører.</p>
<p>Norovirus</p>	<p>Råvarer Norovirus har gentagne gange været årsag til tilbagekald og fødevarerborne infektioner i frosne hindbær fra Østeuropa, og det kan ikke udelukkes, at Norovirus kan være til stede i råvarerne.</p> <p>Proces Norovirus vokser ikke i fødevarer og dræbes ved kogning i 1 min. Det er derfor muligt, at Norovirus ikke overlever tørreprocessen – især i de forsøg, hvor damptemperaturen har været høj, men dette er ikke testet.</p> <p>Produkt Norovirus vil - ligesom andre mikroorganismer fra mennesker - kunne tilføres produktet fra personalet under den efterfølgende håndtering af de tørrede produkter. Almindelig GMP er en forudsætning for at dette ikke sker.</p>	<p>Råvarer og slutprodukt For at undgå forurening med Norovirus, er almindelig god landbrugspraksis (GAP) og god produktionshygiejne (GMP) – herunder personlig hygiejne et krav både til råvareleverandører og procesoperatører.</p>
<p>Vækst af skimmel og dannelse af mykotoksiner under tørreprocessen</p>	<p>Råvarer Mykotoksiner kan være til stede i råvarerne, idet skimmelsvampe vokser ved lavt pH og lav A_w.</p> <p>Proces</p>	<p>Råvarer Det skal sikres, at råvareleverandører og øvrige led i</p>

Skimmelsvampe er ret varmelabile og vil derfor sandsynligvis ikke overleve tørreprocessen i de fleste forsøg. Endvidere vokser de fleste skimmelsvampe ikke anaerobt og da der under vakuum er meget lidt ilt tilgængeligt, kan dette betyde ringe eller ingen vækst af skimmel.

Produkt og anvendelse

Skimmelsvampe som evt. har overlevet tørreprocessen eller er tilført som efterinfektion kan vokse i det færdige produkt, hvis vandaktiviteten er over 0,7 (1).

fødevarekæden sikrer råvarerne mod vækst af skimmelsvampe ved at styre tid, temperatur og fugtighed omkring råvarerne.

Proces

Det skal sikres, at der ikke er faser af tørringen, hvor tid og temperatur giver mulighed for skimmelvækst før vandaktiviteten er under 0,7.

Slutprodukt

$A_w < 0,7$ (1)

Vandaktivitet i det tørrede produkt på under 0,7 vil sikre mod vækst af skimmelsvampe.

Emballering:

Skal sikre de tørrede produkter mod vandoptag og kondens.

Brugsanvisning:

Vejledning til bruger/forbruger om anvendelse, opbevaring og holdbarhed.

1. **Jay, James M.** *Modern Food Microbiology*. New York : Litton Education Publishing, Inc., 1978.
2. DS/EN ISO 22000:2005 - Ledelsessystemer for fødevarer - Krav til virksomheder i fødevarekæden.
3. Positivlisten. *Positivlisten - Fortegnelse over tilsætningsstoffer til fødevarer*. 2005.

Bilag 2. Baggrund for risikofaktoranalyse

Biologiske risikofaktorer

Vegetabilke fødevarer som fx frugt, bær, grøntsager og krydderurter vil kunne indeholde de mikroorganismer, der naturligt findes i jorden eller er tilført fra fx vand og gødning.

Floraens sammensætning vil afhænge af produktets oprindelse, produktionsmetode (dyrkning, vanding, gødning, høst osv.), opbevarings- og transportbetingelser samt eventuel klargøring og håndtering inden anvendelse/forarbejdning.

Vækst- og drabsbetingelser for patogene mikroorganismer (3)										
Mikroorganisme	Kilder	Vækstbetingelser						Overlevelse	Drabsbetingelser	Infektion/forgiftning
		Temperatur		Salt % i vand fase max.	Aerob/anaerob vækst	pH min.	Aw min. (4) (5)			
		Min.	Max.							
Campylobacter	Miljø og tarmkanal hos mange dyr og fugle.	30 ⁰ C	45 ⁰ C	1,5 %	+/-	4,9	0,912	Overlever køling og frysning. Opformeres ikke udenfor tarmkanalen.	Dræbes ved moderat varmebehandling	Infektionsdosis: 500
Salmonella spp. ca. 2000 forskellige arter – alle patogener	Natur og husdyr gødning. Spredes herfra til andre dyr, jord, vand og afgrøder.	5 ⁰ C	46 ⁰ C	8 %	+/+	4	0,93	Overlever frysning. Kan overleve i tørrede fødevarer	Dræbes ved ca. 70 ⁰ C	Infektionsdosis 10 - 100.000/g
Listeria monocytogenes	Jord, spildevand, planter, tarmkanal hos mennesker og dyr. Udbredt i både natur og produktionsmiljø	1 ⁰ C	45 ⁰ C	10 %	+/+	5,2 4,3 9 (4)	0,92	Opformeres ved køleskabs-temperatur	Dræbes ved opvarmning til 75 ⁰ C kød og ved lavpasteurisering (72 ⁰ C) mælk	Infektionsdosis kendes ikke
Yersenia enterocolitica	Svin og gødning herfra	0 ⁰ C	40 ⁰ C	5-7 %	+/+	4	0,95	Opformeres ved køleskabs-temperatur	Dræbes ved 55-60 ⁰ C	Infektionsdosis: 10 ⁵ -10 ⁶ /g
VTEC	Tarmkanal	7 ⁰ C	45 ⁰ C	6 %	+/+	4	0,95	Overlever	Dræbes	Infektions-

Vækst- og drabsbetingelser for patogene mikroorganismer (3)

Mikroorganisme	Kilder	Vækstbetingelser						Overlevelse	Drabsbetingelser	Infektion/forgiftning
		Temperatur		Salt % i vand fase max.	Aerob/anaerob vækst	pH min.	Aw min. (4) (5)			
		Min.	Max.							
Verotoksin-producerende Escherichia coli	hos mennesker og dyr		C					frysning	ved opvarmning til 75°C kød og ved lavpasteurering (72°C) mælk	dosis lav: sandsynligvis få hundrede
Cl. perfringens	Jord og gødning fra dyr	12°C	50°C	7 %	-/+	4,5	0,93	Sporedannende	Varmebehandling kan aktivere sporer	Infektionsdosis: 10 ⁶ -10 ⁷ /g Forgiftning: Toksinproduktion i tyndtarm
Clostridium botulinum	Jord (type A og B) Havvand (Type E) havvand)							Sporedannende	Toksin inaktiveres ved kogning i 10 min.	Forgiftning: Toksinproduktion i fødevarer
Grp. I: Proteolytiske (Type A + nogle B+F)		10°C	48°C	10 %	-/+	4,5	0,94	Sporer meget varmeresistente (overlever kogning op til 6 h)		
Grp. II: Nonproteolytiske (Type E + nogle B+F)		3°C	45°C	3-3,5 %	-/+	4,5	0,97	Sporer mindre varmeresistente end gruppe I.	Sporer inaktiveres ved 80°C	
Staphylococcus aureus	Næse, svælg, hud hos mennesker og dyr og i betændte	8°C	45°C	15 %	+/(+)	4,2	0,86	Danner enterotoksin under opformer	Dræbes ved moderat varmebehandling	Forgiftning: Toksinproduktion i fødevarer.

Vækst- og drabsbetingelser for patogene mikroorganismer (3)

Mikroorganisme	Kilder	Vækstbetingelser						Overlevelse	Drabsbetingelser	Infektion/forgiftning	
		Temperatur		Salt % i vand fase max.	Aerob/anaerob vækst	pH min.	Aw min. (4) (5)				
		Min.	Max.								
	områder							0,83 vækst	ng. Toksin er meget varmestabilt (kogning > ½ h) S. aureus kan overleve udtørring	10 ⁵ -10 ⁶ /g for dannelse af effektive doser toksin (1-5 µg (4))	
Bacillus cereus	Jord	4 ⁰ C	55 ⁰ C	11-12 %	+/+	5	0,912	Sporedannende Sporer meget resistente overfor udtørring og varme. Overlever ofte kogning. Danner 2 toksiner: hhv. diarré- og opkasttype	Sporer dræbes ved ca. ½ h til ca. 90 ⁰ C. Diarrétype ns toksin ødelægges v/ 55-60 ⁰ C i 5 min. Opkasttypens toksin kan modstå 80 ⁰ C > 15 min.	Forgiftning: Toksinproduktion i fødevarer/tyndtarmen	
Shigella (2)	Fækal forurening af vand til fødevarer (bl.a. babymajs fra Thailand)	6 ⁰ C	48 ⁰ C				4,8	0,96		Infektionsdosis < 1000/g	
Norovirus	Ofte relateret til importerede produkter (bær), vandet med forurennet								Vokser ikke i fødevarer	Kogning i 1 minut	Lav infektionsdosis (10-100 viruspartikler)

Vækst- og drabsbetingelser for patogene mikroorganismer (3)										
Mikroorganisme	Kilder	Vækstbetingelser						Overlevelse	Drabsbetingelser	Infektion/forgiftning
		Temperatur		Salt % i vand fase max.	Aerob/anaerob vækst	pH min.	Aw min. (4) (5)			
		Min.	Max.							
	vand. Overføres direkte fra mennesker og dyr via opkast og afføring.									
Vira (Hepatitis A)	Luft, vand og alle levende organismer	-	-	-	-	-	-	Vokser ikke i fødevarer (afh. af vært) = Vækstbetingelser ikke relevante. Overlever ved pH 3-10		Lav infektionsdosis
Toksiske skimmelsvampe	Jord, støv, gødning, foder, cerealier	Var.	Var.	Var.	+/-	1,6	0,70	Vokser ved lavt pH og lav A_w , hvor mange bakterier ikke kan. Danner mykotoksiner.	De fleste svampe er ret varmelabile, mens mykotoksiner er stabile overfor processing.	Forskellig - lav

Tabel 1 - Vækst- og drabsbetingelser for patogene mikroorganismer

Mikroorganismer i tørrede produkter (1)

Tøringsprocessen og den efterfølgende lagring vil normalt være forbundet med en reduktion af kimtallet, som påvirkes af en række variable som forbehandling, selve tørreproceduren, lagringsbetingelserne, produktets sammensætning, A_w i slutproduktet og omfanget og sammensætningen af råvarens mikrobiologiske flora. (2)

Kimtallet i tørrede frugter varierer fra få hundrede til flere tusinde pr. gram, især sporer af skimmel og bakterier, som næsten udelukkende findes på frugtens overflade.

Kimtallet i tørrede grøntsager varierer fra få hundrede til flere millioner pr. gram. Kimtallet kan være meget højt allerede inden tørringen, fx i rodfrugter med jordens flora eller fordi der er sket vækst efter høst (beskadigelse), under forbehandling og opbevaring. I grøntsager er det drab, der sker under selve tørringen mindre end i frugter pga. det højere pH (forudsat at tørringen sker ved høj temperatur).

Kemiske risikofaktorer.

Mykotoksiner og skimmelsvampe:

Skimmelsvampe findes vidt udbredt i landbrugsafgrøder, foder og fødevarer. Under danske forhold er det hovedsageligt mykotoksiner dannet af skimmelsvampe inden for slægterne *Aspergillus*, *Penicillium* og *Fusarium*, der har betydning.

Der er mulighed for toksinproduktion allerede, mens afgrøden står på marken, ligesom toksinerne også kan dannes under lagring. Skimmelvækst og toksinproduktion kan også foregå på forarbejdede fødevarer bl.a. afhængig af omgivelsernes fugtighed og temperatur.

De mest almindelige mykotoksiner er:

- Aflatoksin, som bl.a. kan findes i nødder og tørret frugt (fx pistacienødder og figner).
- Ochratoksin A som bl.a. kan findes i korn, øl, vin, kaffe, kakao og rosiner.
- Patulin som primært kan findes i æbler og æblejuice.
- Deoxynivalenol, som primært kan findes i korn og kornprodukter. (3)

PAH i fødevarer.

PAH (polycykliske aromatiske hydrocarboner) kan være en miljøforurening, men også en procesforurening, idet det kan dannes ved madlavning, specielt ved grillstegning, røgning og tørring. Undersøgelser har vist, at kornprodukter, spiseolier, frugt, grøntsager, fisk og skaldyr kan være væsentlige kilder.

Styrende foranstaltninger.

Varmebehandling (1).

Ved en varmebehandling opvarmes fødevarer, så der opnås en inaktivering af de tilstedeværende patogene mikroorganismer.

Lav varmeresistens: Disse mikroorganismer inaktiveres ved en pasteurisering svarende til 30 min. ved 60-65°C eller 10-20 sek. ved 70-75°C. Til denne gruppe hører de gramnegative stave, de fleste grampositive bakterier, inkl. Vegetative celler af sporedannende bakterier, de fleste gær- og skimmelsvampe samt virus.

Middel varmeresistens: Inaktiveres ved en varmebehandling på 60 min. ved 65-70°C eller 10-20 sek. Ved 80°C. Denne gruppe omfatter visse micrococcer, streptococcer og corynebakterier. Vegetative celler af obligat termofile sporedannende bakterier vokser ofte ved 70°C og skal opvarmes til ca. 85°C for at inaktiveres.

Høj varmeresistens: Kan kræve varmebehandling i flere timer ved 100°C eller højere at inaktivere disse mikroorganismer. I denne gruppe findes kun bakteriesporer.

Tørretemperaturen ved traditionel tørring af frugter foregår for det meste ved 60-75°C.

Vandindholdet i de tørrede produkter er fra 5-25 %. Æbler i skrivel/ringe 70°C (Kiln-tørring) (1)

I den første del af tørringen, hvor vandaktiviteten er høj, er der mulighed for mikrobiel vækst.

Derfor skal forbehandling og tørring tilrettelægges, så vækst af patogene mikroorganismer undgås. Det vil i praksis sige, at produktet ikke må holdes i temperaturområdet 10-50°C i mere end ca. 3

timer, så længe A_w ikke er under 0,90-0,95. I grøntsager er pH desuden højt. Derfor tørres grøntsager ofte i to trin med 80-90°C på første trin og 50-70°C på andet trin. Af hensyn til inaktivering af enzymer blanches grøntsager ofte – kan også bruges til drab af mikroorganismer, hvis tid og temperatur er tilstrækkelig. Herved bliver det blot vigtigt at undgå efterinfektion før og under tørring.

Ved skabs-, tunnel- eller spraytørring fordamper vandet i fødevarer. Så længe der foregår en fordampning er produktets temperatur væsentligt lavere end tørreluftens temperatur.

(Konserveringsteknik II p 6.48)

Vandaktivitet (A_w)

Den konserverende virkning, der opnås ved tørring skyldes en sænkning af vandaktiviteten (A_w). En fødevarers A_w afhænger primært af fødevarens kemiske sammensætning, vandindhold og delvist af temperaturen.

A_w bruges som mål for vandets tilgængelighed i et givet medium - fx tilgængeligheden af vand for mikroorganismer. A_w defineres som forholdet mellem vanddamptrykket over fødevarer og damptrykket over rent vand ved samme temperatur. Hvis vandet er bundet, vil dets tilbøjelighed til at fordampe være nedsat samtidig med at dets tilgængelighed for fx mikroorganismer og kemiske reaktioner vil være reduceret. A_w er derfor mere relateret til holdbarheden end vandindholdet.

Vandaktiviteten er 1 for rent vand og 0 for helt tørt stof. De fleste mikroorganismer trives bedst ved en vandaktivitet på over 0,95, men nogle skimmel- og gærsvampe kan klare sig helt ned til 0,60.

Vandaktivitet og vækst

De laveste vandaktiviteter ved hvilke forskellige mikroorganismer kan vokse, når vækstforholdene ellers er optimale samt eksempler på fødevarer og omtrentlige vandindhold. Efter (6) (1) Som det fremgår, er vandaktiviteten ikke direkte proportional med vandindholdet i produktet.

Tabel 2 - Vandaktivitet og vækst

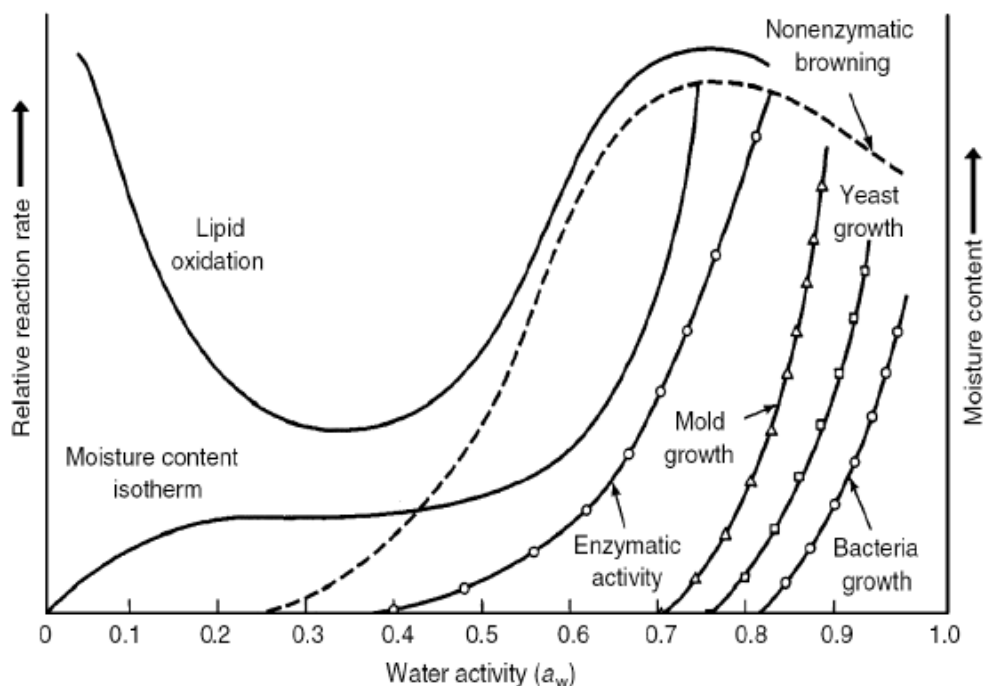
A_w	Eksempler på fødevarer (1) (ca. vandindhold i parentes)	Mikroorganismer (6)
1,00	Fersk kød, fisk (60-80 %) Æg (75 %), Mælk (87 %) Frisk frugt og grønt (75-95 %)	1,00-0,98 De fleste fordærvende og alle patogene organismer vokser
0,95	Rugbrød og kødpålæg (40 %)	0,98-0,93 Enterobacteriaceae inkl. Salmonella vokser i øverste grænse. Fordærvende flora især mælkesyrebakterier.
0,90	Marinerede sild (57 %) Frugtsaft til fortynding 1:4	0,93-0,85 Staphylococcus aureus og mange mykotoksin-producerende skimmel vokser. Gær og skimmel er primært fordærvende organismer.
0,85	Rugbrødsskorpe Sødet, kondenseret mælk (30 %) Mel, ris, bønner (15-17 %)	
0,80	Spegepølse Marmelade højt sukkerindhold Marcipan	0,85-0,60 Ingen patogene bakterier vokser. Fordærvelse af xerofile, osmofile og halofile organismer
0,75	Honning	

0,70		
0,65	Tørret frugt (15-20 %) A_w 0,60-0,75 Dadler (12-25 %)	
0,60	Nudler, spagetti (10 %) Tørret helæg (5 %) Kiks, rasp (3-5 %) Mælkepulver (2-3%), Tørrede grøntsager (5%), Cornflakes (5%)	Under 0,60 Mikroorganismer formerer sig ikke, men forbliver levende i lang tid.

En vandaktivitet på $< 0,7$ hindrer i praksis vækst af de patogene mikroorganismer. For forskellige fødevarer svarer en vandaktivitet på 0,7 til de ca. vandindhold, der er vist i **Tabel 3**.

Tabel 3 Ca. vandindhold i forskellige fødevarer med en vandaktivitet på 0,70 (1)

Tørmælk	8 %
Tørret skummetmælk	15 %
Tørret fedtfattigt kød	15 %
Tørret helæg	10-11 %
Tørret frugt	18-20 %
Tørrede grøntsager	14-20 %
Mel	13-15 %
Stivelse	18 %



pH og mikroorganismer

De fleste mikroorganismer overlever og vokser fint ved pH 6,5-7,0. Men mikroorganismer kan vokse i fødevarer i et langt større pH-område (4,0-9,5). Nogle bakterier kan vokse ved pH under 4, men disse er normalt ikke forbundet med fødevarerforgiftninger. Gær og skimmel kan vokse ved pH væsentligt under 4,0.

Det lave pH i frugt gør, at bakterier normalt ikke vokser heri, mens gær og skimmel gør. Det højere pH i grøntsager gør, at bakterier inklusiv de patogene kan vokse.

Mikroorganismer vil kunne overleve ved pH værdier udenfor deres vækstområde og dette er vigtigt for fødevarerens sikkerhed, hvis andre faktorer får pH til at ændre sig. Fx kan *B. cereus* sporer være til stede i en råvare med et pH, der for lavt til at den kan vokse, men hvis denne råvare blandes med andre råvarer, der hæver pH, kan sporerne være i stand til at spire og vokse til farlige niveauer. Gær og skimmel kan altså vokse over et større pH og A_w område end bakterier.

Referencer.

1. **Leif Bøgh-Sørensen, Peter Zeuthen.** *Konserveringsteknik 2*. København : DSR Forlag, 2002.
2. **Zeuthen, Peter.** *Kompendium over levnedsmikrobiologi*. 1993.
3. Fødevarerstyrelsen. [Online] www.foedevarestyrelsen.dk.
4. **Schmidt, Ronald H. og Rodrick, Gary E.** *Food Safety Handbook*. New Jersey : Hohn Wiley & Sons Inc., 2003. ISBN 0-471-21064-1.
5. **Wallace, Sara Mortimore and Carol.** *HACCP A Practical Approach*. London : Chapman & Hall, 1997. ISBN 0 412 57020 3.
6. **ICMSF.** *HACCP in Microbiological Safety and Quality*. s.l. : Blackwell Scientific Publications, 1988.
7. **Jay, James M.** *Modern Food Microbiology*. New York : Litton Education Publishing, Inc., 1978.
8. **Motarjemi, Yasmine and Adams, Martin.** *Emerging foodborne pathogens*. Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2006.
9. Fakta om Grønt. [Online] www.foodsam.dk.

10. Fødevaredatabanken. [Online] www.foodcomp.dk.
11. Bekendtgørelse om visse forureninger i fødevarer. *Bekendtgørelse nr. 148 af 17. februar 2007 om visse forureninger i fødevarer*.
12. Positivlisten. *Positivlisten - Fortegnelse over tilsætningsstoffer til fødevarer*. 2005.
13. **Meyer, Anne**. Functional foods 2. Nye processer til produktion af sundere frugtsaft. *Dansk Kemi*. 2004, 2.
14. **Andersen, Poul Erner**. *Introduktion til levnedsmiddelteknologien*. s.l. : Polyteknisk Forlag, 1985.
15. Fødevaredatabanken www.foodcomp.dk.

Bilag 3. Analyse af flygtige stoffer i solbær tørret under forskellige betingelser- temperatur

I projektet *”Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter”* har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt forskellige solbærprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID).

Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget i månederne september-oktober 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarer sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med damp-tørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at damp-tørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning forskellige tørreprocesser har på indholdet af de flygtige stoffer i solbær efter behandling. Der er analyseret på hele solbær (frossen råvare) og solbær tørret ved forskellige betingelser.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

1. Solbær, frossen råvare
2. Solbær, tørret 45_20
3. Solbær, tørret 50_20

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

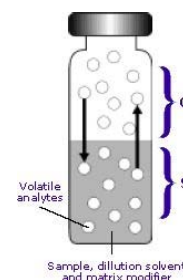
Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i autosampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplerens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er semikvantitativ, og derfor kan toppenes arealer sammenlignes på tværs af prøver. Jo højere top jo mere af det pågældende stof findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 3	Identifikation af de flygtige stoffer – tabel

Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven.

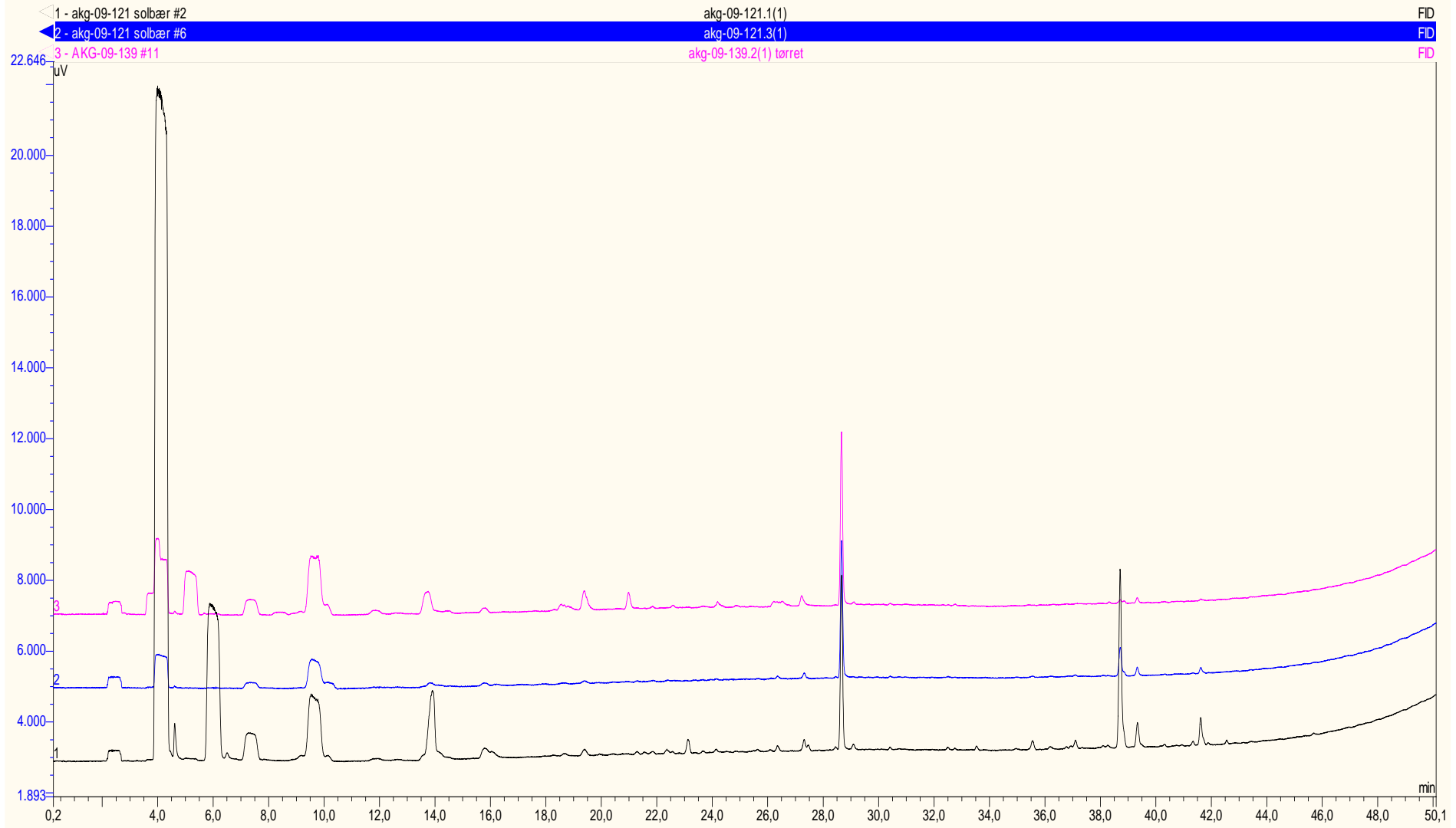
De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra solbær skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er terpenener, estere og alkoholer. Som det ses af bilag 1 findes alle stoffer i højere koncentrationer i prøve 1 sammenlignet til de øvrige 2 prøver. Dette betyder, at tørring med overophedet damp fjerner en del flygtige stoffer fra bærrerne. Der ses derimod ingen signifikant forskel mellem tørring ved 45_20 og 50_20.

Der gøres opmærksom på, at ovenstående data ikke er korrigeret for vandindhold i produkterne, der er afvejet eksakt 2 gram prøve til analyse.

Bilag 2 og 3 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace og en identifikationsliste på de flygtige stoffer. Her er arealerne for de enkelte stoffer vejledende, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof.

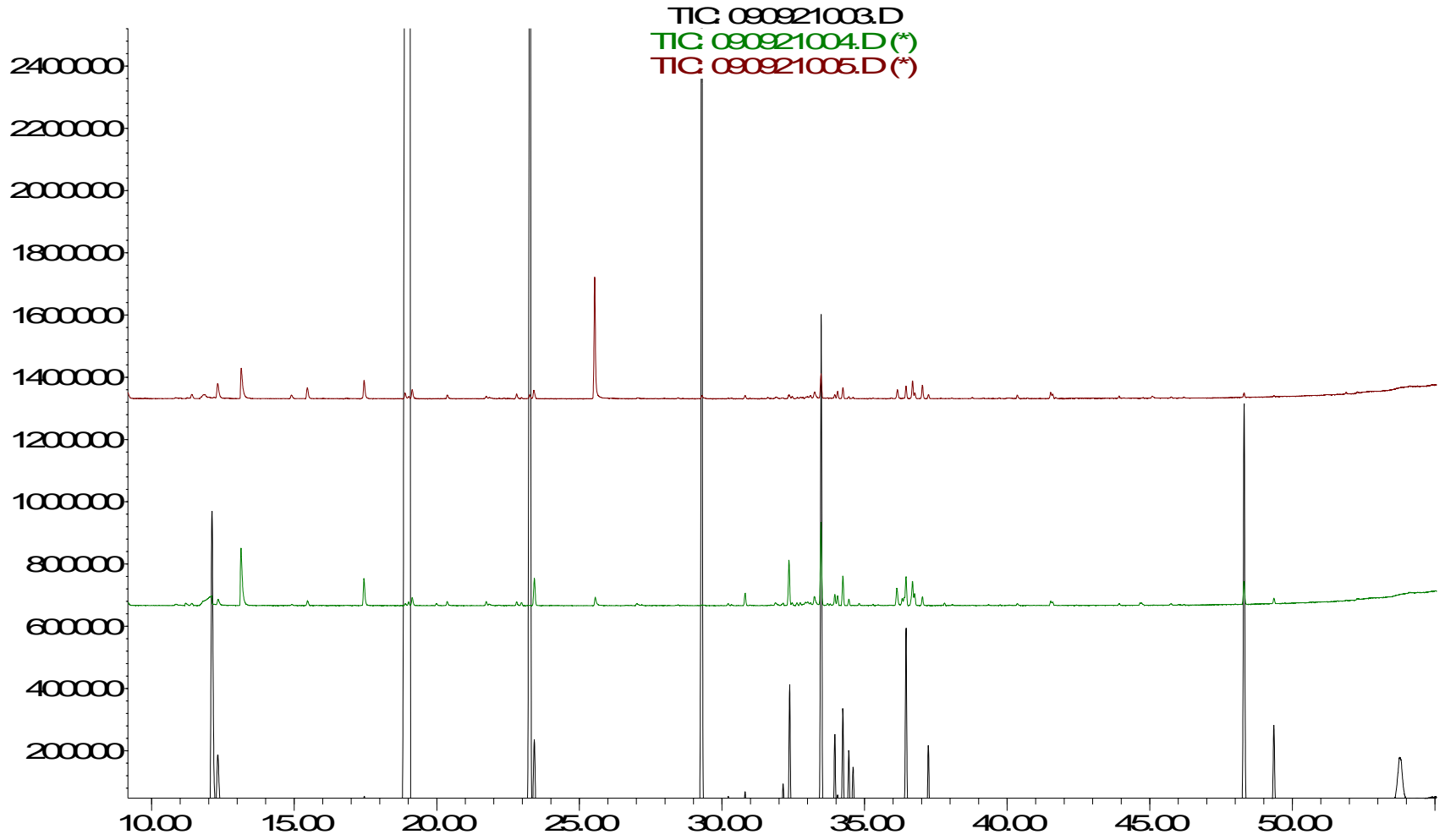
Markante forskelle findes på netop terpener (området fra 30-40 minutter i kromatogrammet) og estre (fordelt over hele kromatogrammet). Specielt estrene reduceres væsentligt ved tørring med overophedet damp, mange af stofferne kan ikke genfindes i de tørrede produkter. Terpenerne bevares delvist, dog er alle reduceret kraftigt i indhold.

Råvare, frossen bær 50_20 45_20



1 - akq-09-121 solbær #2 akq-09-121.1(1) FID
2 - akq-09-121 solbær #6 akq-09-121.3(1) FID
3 - AKG-09-139 #11 akq-09-139.2(1) tørret FID

Abundance



Prøve 3, 50_20

Prøve 2, 45_20

Prøve 1, frossen bær

TIC: 090921003.D
TIC: 090921004.D (*)
TIC: 090921005.D (*)

Time ->

Rt/min	Komponent	CAS	Frosne bær Areal	45_20 Areal	50_20 Areal
9.157	2-methylpropanal	78-84-2			99688
10.798	2,3-Butanedione	431-03-8		203022	
10.990	butanal	123-72-8	28467		
11.127	2-butanon	78-93-3	28625	166873	12546
11.394	Acetic acid	64-19-7		167191	168840
12.116	ethylacetat	141-78-6	4462436		
12.310	2-methyl-3-buten-2-ol	115-18-4	869427	14549706	224210
13.243	tetrahydrofuran	109-99-9	18703		490710
14.927	3-methylbutanal	590-86-3	15627		48212
15.478	2-methylbutanal	96-17-3	13214		149636
15.711	1-butanol	71-36-3	42257		
16.817	2-pentanon	107-87-9	38554		
17.365	3-pentanon	96-22-0	33331		
17.434	pentanal	110-62-3	241926	348809	225338
17.824	Propanoic acid	79-09-4		100105	
18.371	2-Butanone, 3-hydroxy-	513-86-0		622683	
19.043	butansyre methylester	623-42-7	113828406		62085
19.101	Butanenitrile, 2-methyl-	18936-17-9		108759	
19.914	MIBK, methylisobutylketon	108-10-1	23269	177323	
20.126	propansyre 2-methyl-, methyl ester	547-63-7	111896		
20.314	2-Butenal, 2-methyl-, (E)-	497-03-0		208545	43824
21.435	(E)-2-Butensyre methyl ester	623-43-8	73121		
21.823	1-pentanol	71-41-0	43510		23733
22.147	3-Penten-2-ol	1569-50-2		1240829	
23.003	Butanoic acid	107-92-6		792201	
23.272	butansyreethylester	105-54-4	17811229		41892
23.418	hexamethylcyclotrisiloxane	541-05-9	941235		106387
23.959	eddikesyrebutylester	123-86-4	121525		
24.544	pentansyre methylester	624-24-8	53292		
25.268	1,2-butandiol	584-03-2	42761	64010	
25.486	Furfural	98-01-1		1027117	1392544
25.687	(E)-2-Butensyre ethyl ester	623-70-1	11102		
26.506	2-Furanmethanol	98-00-0		1938753	
26.716	Butansyre, 3-hydroxy-, methyl ester, (S)-	53562-86-0	9787		
27.866	2-heptanon	110-43-0	11501		
28.444	heptanal	111-71-7	24185		9169
29.200	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	1192-62-7		322562	
29.294	hexansyre methylester	106-70-7	10505936		38036
29.483	forgrenet ester, ikke identificeret		17297	285347	
29.680	α -phellandren	99-83-2	10841	164867	
30.213	α -pinen	80-56-8	178114	424314	4292
30.796	octamethyltetrasiloxan	556-67-2	223125	333660	34643
30.989	α -fenzen	471-84-1	30860		
31.082	2-heptenal	18829-55-5	14298		
31.613	5-methyl-2-furaldehyd	620-02-0			12865
31.713	Hexansyre	142-62-1		293978	
31.912	benzaldehyd	100-52-7	50618		24672
31.972	p-mentha-1,3,8-trien	21195-59-5	33437		
32.138	β -Pinene	127-91-3	278239	1804882	10477
32.210	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6		2072342	
32.374	hexansyreethylester	123-66-0	1274505		
32.626	1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-2-propanol	20324-32-7	41585		13596
32.746	dipropylenglycol	106-62-7	57087		14091
32.822	Octanal	124-13-0		45812	8096
32.919	carbitol (2-(2-ethoxyethoxy)-ethanol)	111-90-0	117511		
33.025	isoterpinolen	586-63-0	106350	386517	35520
33.241	α -thujen	*2867-05-2	225549		
33.251	1-(2-methoxypropoxy)-2-propanol	13429-07-7			91619
33.301	α -Phellandrene	99-83-2		314865	
33.479	1R- α -Pinene	7785-70-8	5126432	31851769	250943
33.693	4-caren	29050-33-7	73729	288837	
33.842	β -cymen	535-77-3	72428	401936	3674
33.952	trans- β -ocimen	3779-61-1	772447	3469618	45043
34.042	o-cymen	527-84-4	151771	57305	73440
34.233	limonen	138-86-3	1054015	688887	110465

Rt/min	Komponent	CAS	Frosne bær Areal	45_20 Areal	50_20 Areal
33.251	1-(2-methoxypropoxy)-2-propanol	13429-07-7			91619
33.301	α -Phellandrene	99-83-2		314865	
33.479	1R- α -Pinene	7785-70-8	5126432	31851769	250943
33.693	4-careen	29050-33-7	73729	288837	
33.842	β -cymen	535-77-3	72428	401936	3674
33.952	trans- β -ocimen	3779-61-1	772447	3469618	45043
34.042	o-cymen	527-84-4	151771	57305	73440
34.233	limonen	138-86-3	1054015	688887	110465
34.440	cis- β -ocimen	3338-55-4	614454	2842697	16809
34.596	eucalyptol (=cineol)	470-82-6	493744		12056
35.048	α -thujen	*2867-05-2	26438	298023	
35.194	(E)-2-octenal	2548-87-0	23844		
35.287	γ -terpinen	99-85-4	50341	245453	det
35.895	2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro- $\alpha,\alpha,5$ -trimethyl-, cis-	5989-33-3		165721	
36.095	Acetophenone	98-86-2		141480	104492
36.448	terpinolen	586-62-9	1946427	9155739	126213
36.616	3,4-dimethylstyrene	27831-13-6	106696	90198	188253
36.731	Benzenemethanol, α,α -dimethyl-	617-94-7		906145	
36.759	2-Phenyl-2-butanol	1565-75-9			50788
36.769	nonanal	124-19-6	43388		
37.028	limonenoxid	1195-92-2			136885
37.111	2(3H)-Furanone, dihydro-3,5-dimethyl-	07-01-5145		180847	
37.234	oktansyremethylester	111-11-5	662442		39680
37.562	3,4-dimethyl-2,4,6-octatriene	57396-75-5	33714	290721	
37.786	oktansyreethylester	106-32-1	78441	170483	
38.679	Bicyclo[2.2.1]hept-2-en-7-ol	53783-87-2		222086	
39.752	Alkan			102904	
40.270	(-)-4-terpineol	20126-76-5	17294		
40.340	p-cymen-8-ol	1197-01-9	35451	295287	
40.888	methylsalisylat	119-36-8	12231	87306	
41.503	p-menth-1-en-9-al	29548-14-9		78946	67494
42.200	terpen, uidentificeret		30364		
42.433	isothiocyanatocyclohexane	1122-82-3	14928		
43.021	trans-5-ethenyltetrahydro- $\alpha,\alpha,5$ -trimethyl-2-furanmethanol	34995-77-2	22093		
43.885	decansyremethylester	110-42-9	71279	65211	22801
44.637	citronellol acetat	150-84-5	130320	206798	
46.861	β -elemen	515-13-9	59499		
47.070	β -bourbonen	5208-593	16436		
48.286	caryophyllen	87-44-5	4605535	3422761	44795
48.459	β -cubeben	13744-15-5	39136		
49.336	α -Caryophyllen (humulen)	6753-98-6	1002909	598202	10464
50.615	δ -cadinen	483-76-1	96784		
53.764	Bisoflex DOA (Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester)	103-23-1	1655715		

Bilag 4. Analyse af flygtige stoffer i solbær tørret under forskellige betingelser- overhedning

I projektet ”*Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter*” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt forskellige solbærprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugtstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID).

Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget i månederne september-oktober 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarer sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med damp-tørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at damp-tørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning forskellige overophedningstemperaturer har på indholdet af de flygtige stoffer i rå solbær efter behandling. Der er analyseret på hele solbær (frossen råvare) og solbær tørret ved forskellige betingelser.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

Solbær, frossen råvare

Solbær, tørret 50_5

Solbær, tørret 50_20

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

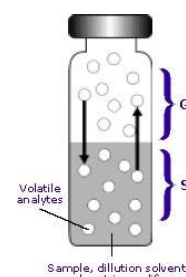
Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i autosampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplerens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 3	Identifikation af de flygtige stoffer – tabel

Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven.

De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra solbær skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er terpener, estre og alkoholer. Som det ses af bilag 1 findes alle stoffer i lige høje koncentrationer i prøve 2 og 3, hvor de begge har meget lavere koncentrationer sammenlignet til prøve 1 (rå frosne bær). Dette betyder, at overophedningstemperaturen ikke har

den store betydning, men det at man tørrer med overophedet damp fjerner en del flygtige stoffer fra bærrerne.

Der gøres opmærksom på, at ovenstående data ikke er korrigeret for vandindhold i produkterne, der er afvejet eksakt 2 gram prøve til analyse.

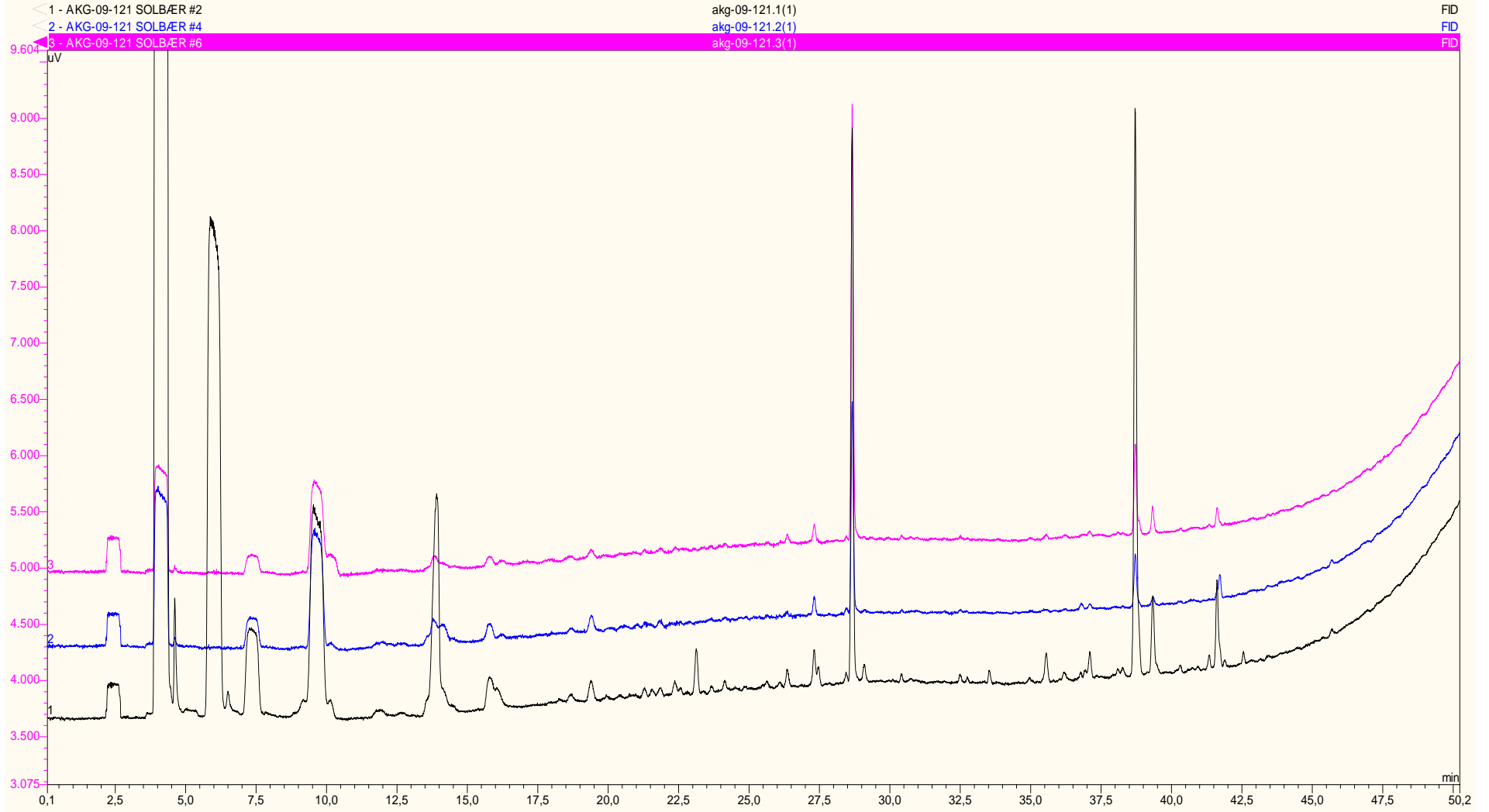
Bilag 2 og 3 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace og en identifikationsliste på de flygtige stoffer. Her er arealerne for de enkelte stoffer *vejledende*, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof.

Markante forskelle findes på netop terpener (området fra 30-40 minutter i kromatogrammet) og estre (fordelt over hele kromatogrammet). Specielt estrene reduceres væsentligt ved tørring med overophedet damp, mange af stofferne kan ikke genfindes i de tørrede produkter. Terpenerne bevares delvist, dog er alle reduceret kraftigt i indhold.

Råvare, frossen bær

50_5

50_20

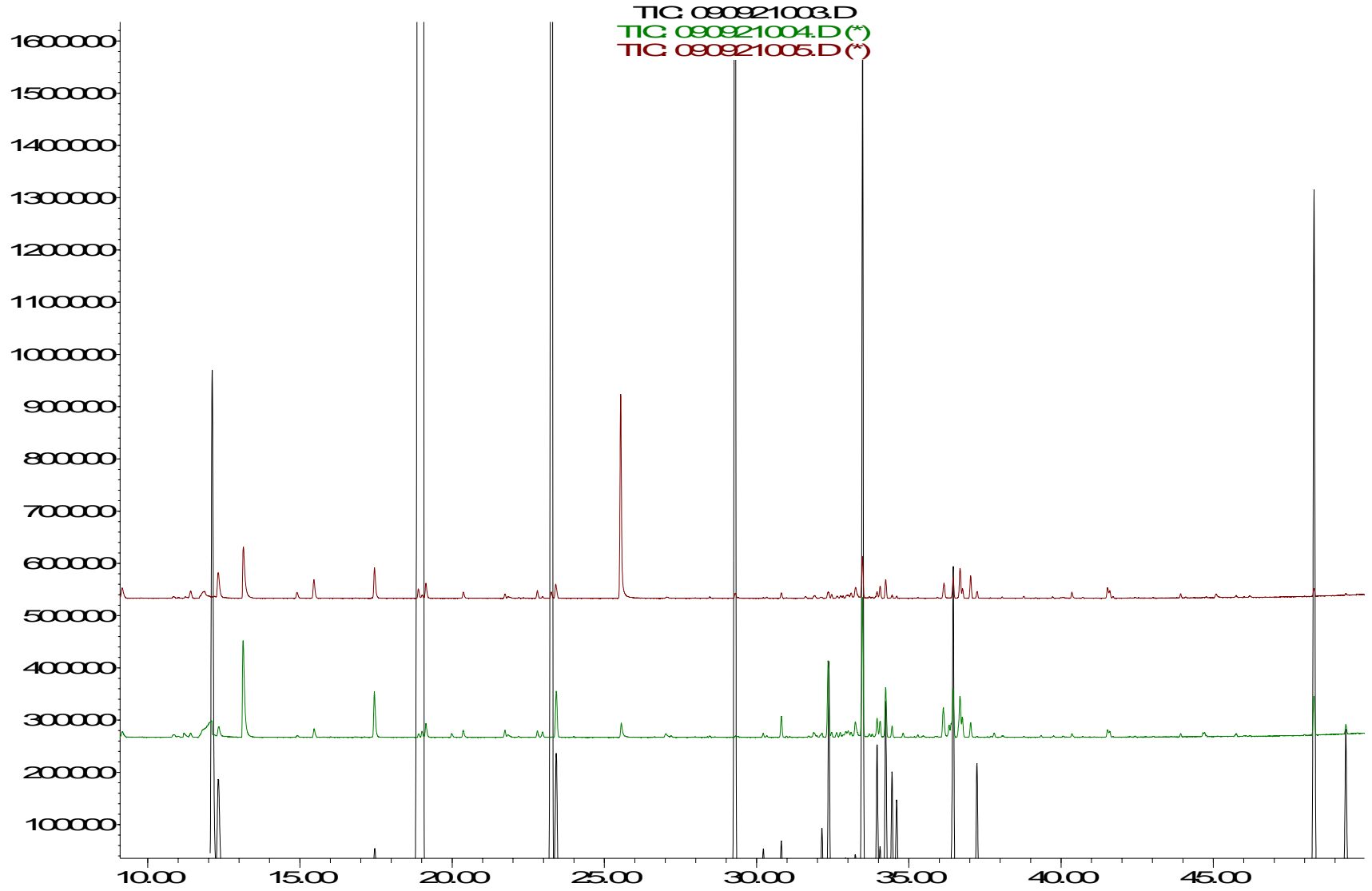


1 - AKG-09-121 SOLBÆR #2
2 - AKG-09-121 SOLBÆR #4
3 - AKG-09-121 SOLBÆR #6

akg-09-121.1(1)
akg-09-121.2(1)
akg-09-121.3(1)

FID
FID
FID

Abundance



Prøve 3, 50_220
Prøve 2, 50_5
Prøve 1, frossen bær

Time→

Rt/min	Komponent	CAS	Frosne bær Areal	50_5 Areal	50_20 Areal
9.157	2-methylpropanal	78-84-2		46470	99688
10.798	2,3-Butanedione	431-03-8			
10.990	butanal	123-72-8	28467		
11.127	2-butanon	78-93-3	28625	37031	12546
11.394	Acetic acid	64-19-7		470527	168840
12.116	ethylacetat	141-78-6	4462436		
12.310	2-methyl-3-buten-2-ol	115-18-4	869427	88751	224210
13.243	tetrahydrofuran	109-99-9	18703	865048	490710
14.927	3-methylbutanal	590-86-3	15627	15862	48212
15.478	2-methylbutanal	96-17-3	13214	64255	149636
15.711	1-butanol	71-36-3	42257		
16.817	2-pentanon	107-87-9	38554		
17.365	3-pentanon	96-22-0	33331		
17.434	pentanal	110-62-3	241926	327691	225338
17.824	Propanoic acid	79-09-4			
18.371	2-Butanone, 3-hydroxy-	513-86-0			
19.043	butansyre methylester	623-42-7	113828406	23808	62085
19.101	Butanenitrile, 2-methyl-	18936-17-9			
19.914	MIBK, methylisobutylketon	108-10-1	23269	27878	
20.126	propansyre 2-methyl-, methyl ester	547-63-7	111896		
20.314	2-Butenal, 2-methyl-, (E)-	497-03-0		50216	43824
21.435	(E)-2-Butensyre methyl ester	623-43-8	73121		
21.823	1-pentanol	71-41-0	43510	28219	23733
22.147	3-Penten-2-ol	1569-50-2			
23.003	Butanoic acid	107-92-6			
23.272	butansyreethylester	105-54-4	17811229		41892
23.418	hexamethylcyclotrisiloxane	541-05-9	941235	327326	106387
23.959	eddikesyrebutylester	123-86-4	121525	56105	
24.544	pentansyre methylester	624-24-8	53292		
25.268	1,2-butandiol	584-03-2	42761		
25.486	Furfural	98-01-1		110893	1392544
25.687	(E)-2-Butensyre ethyl ester	623-70-1	11102		
26.506	2-Furanmethanol	98-00-0			
26.716	Butansyre, 3-hydroxy-, methyl ester, (S)-	53562-86-0	9787		
27.866	2-heptanon	110-43-0	11501		
28.444	heptanal	111-71-7	24185		9169
29.200	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	1192-62-7			
29.294	hexansyre methylester	106-70-7	10505936	11680	38036
29.483	forgrenet ester, ikke identificeret		17297		
29.680	α -phellandren	99-83-2	10841		
30.213	α -pinen	80-56-8	178114	22754	4292
30.796	octamethyltetrasiloxan	556-67-2	223125	135360	34643
30.989	α -fenzen	471-84-1	30860		
31.082	2-heptenal	18829-55-5	14298		
31.613	5-methyl-2-furaldehyd	620-02-0			12865
31.713	Hexansyre	142-62-1			
31.912	benzaldehyd	100-52-7	50618	41283	24672
31.972	p-mentha-1,3,8-trien	21195-59-5	33437	30824	
32.138	β -Pinene	127-91-3	278239		10477
32.210	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6			
32.374	hexansyreethylester	123-66-0	1274505		
32.626	1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-2-propanol	20324-32-7	41585	29875	13596
32.746	dipropylenglycol	106-62-7	57087	24446	14091
32.822	Octanal	124-13-0			8096
32.919	carbitol (2-(2-ethoxyethoxy)-ethanol)	111-90-0	117511	21460	
33.025	isoterpinolen	586-63-0	106350	30149	35520
33.241	α -thujen	*2867-05-2	225549		

Rt/min	Komponent	CAS	Frosne bær Areal	50_5 Areal	50_20 Areal
33.251	1-(2-methoxypropoxy)-2-propanol	13429-07-7		116196	91619
33.301	α -Phellandrene	99-83-2			
33.479	1R- α -Pinene	7785-70-8	5126432	854280	250943
33.693	4-carene	29050-33-7	73729	15664	
33.842	β -cymen	535-77-3	72428	13067	3674
33.952	trans- β -ocimen	3779-61-1	772447	108118	45043
34.042	o-cymen	527-84-4	151771	95833	73440
34.233	limonen	138-86-3	1054015	302682	110465
34.440	cis- β -ocimen	3338-55-4	614454	63749	16809
34.596	eucalyptol (=cineol)	470-82-6	493744		12056
35.048	α -thujen	*2867-05-2	26438		
35.194	(E)-2-octenal	2548-87-0	23844		
35.287	γ -terpinen	99-85-4	50341	13851	det
35.895	2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro- $\alpha,\alpha,5$ -trimethyl-, cis-	5989-33-3		14734	
36.095	Acetophenone	98-86-2		222865	104492
36.448	terpinolen	586-62-9	1946427	346035	126213
36.616	3,4-dimethylstyrene	27831-13-6	106696	428670	188253
36.731	Benzenemethanol, α,α -dimethyl-	617-94-7			
36.759	2-Phenyl-2-butanol	1565-75-9		119746	50788
36.769	nonanal	124-19-6	43388		
37.028	limonenoxid	1195-92-2		94105	136885
37.111	2(3H)-Furanone, dihydro-3,5-dimethyl-	07-01-5145			
37.234	oktansyremethylester	111-11-5	662442		39680
37.562	3,4-dimethyl-2,4,6-octatriene	57396-75-5	33714		
37.786	oktansyreethylester	106-32-1	78441		
38.679	Bicyclo[2.2.1]hept-2-en-7-ol	53783-87-2			
39.752	Alkan			10728	
40.270	(-)-4-terpineol	20126-76-5	17294		
40.340	p-cymen-8-ol	1197-01-9	35451	20815	
40.888	methyalsisylat	119-36-8	12231		
41.503	p-menth-1-en-9-al	29548-14-9		48928	67494
42.200	terpen, uidentificeret		30364		
42.433	isothiocyanatocyclohexane	1122-82-3	14928		
43.021	trans-5-ethenyltetrahydro- $\alpha,\alpha,5$ -trimethyl-2-furanmethanol	34995-77-2	22093		
43.885	decansyremethylester	110-42-9	71279	20571	22801
44.637	citronellol acetat	150-84-5	130320		
46.861	β -elemen	515-13-9	59499		
47.070	β -bourbonen	5208-593	16436		
48.286	caryophyllen	87-44-5	4605535	257538	44795
48.459	β -cubeben	13744-15-5	39136		
49.336	α -Caryophyllen (humulen)	6753-98-6	1002909	60538	10464
50.615	δ -cadinen	483-76-1	96784		
53.764	Bisoflex DOA (Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester)	103-23-1	1655715		

Bilag 5. Analyse af flygtige stoffer i solbær tørret under forskellige betingelser - batchvariation

I projektet ”*Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter*” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt forskellige solbærprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugtstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID).

Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget i månederne september-oktober 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarer sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med damp-tørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at damp-tørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilke forskelle der kan være i aromaprofilen for forskellige solbærbatch.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

Solbær, 50_5 tørret 070909

Solbær, 50_5 tørret 020909

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

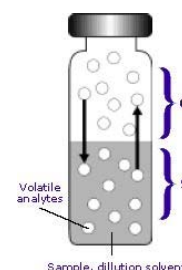
Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i auto-sampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplersens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af de to prøver
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af de to prøver

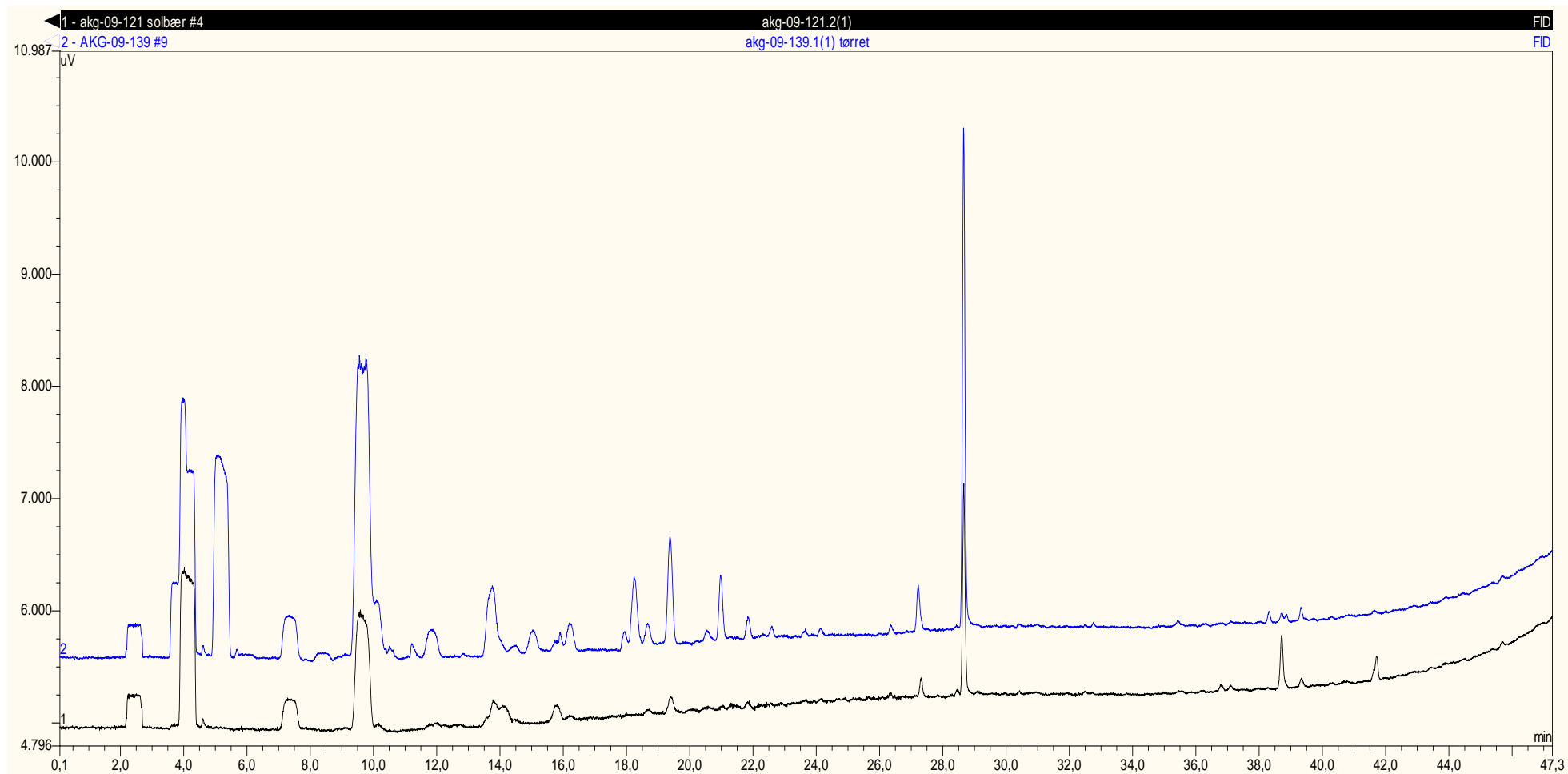
Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven.

De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra solbær skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er terpenener, estre og alkoholer. Som det ses af bilag 1 er der stor forskel på indholdet af de forskellige stoffer. Prøve 2 indeholder langt højere værdier af alle stoffer, specielt estrene og aldehyder/alkoholer i midten af kromatogrammet.

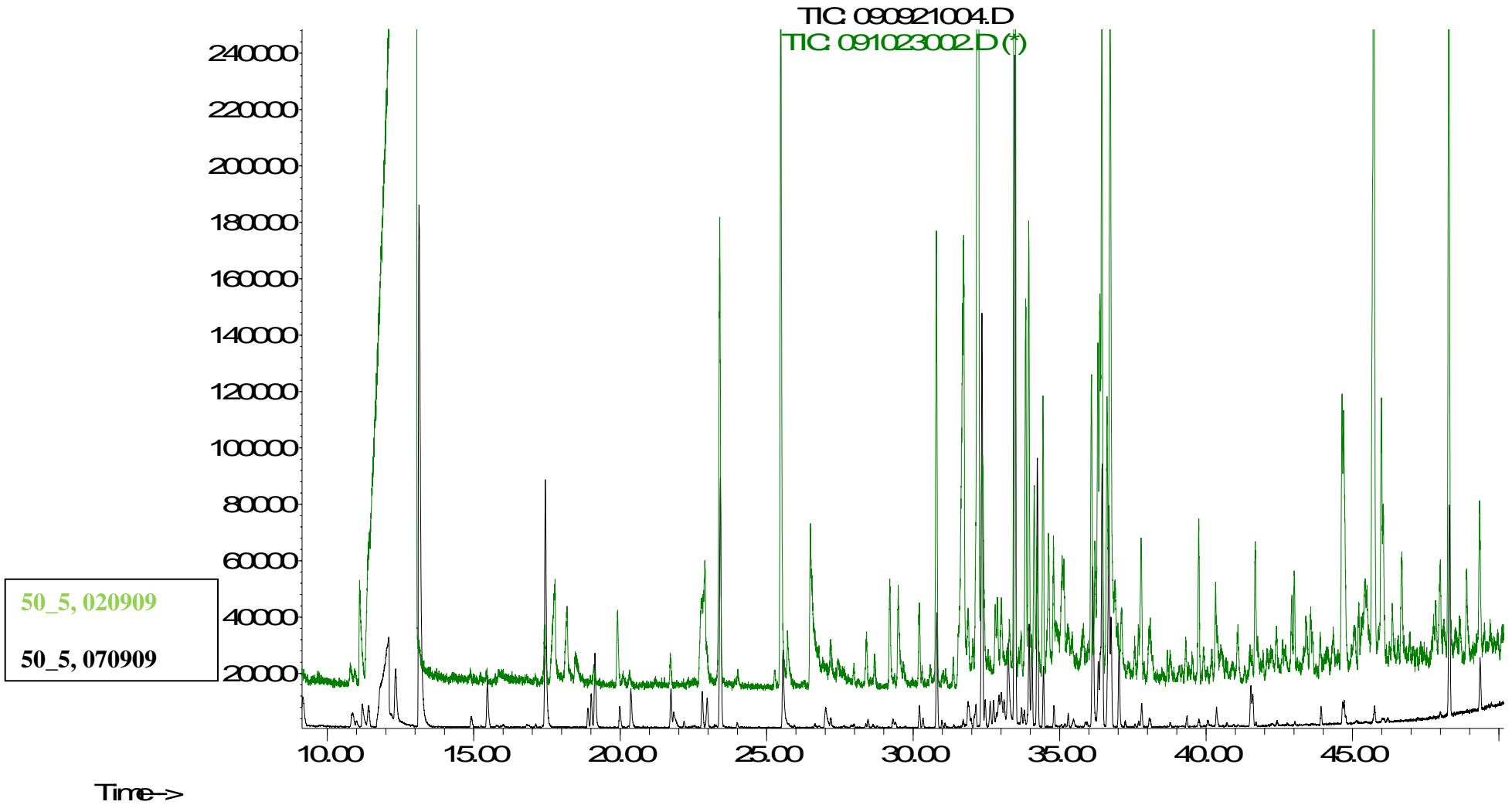
Bilag 2 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace. Her er arealerne for de enkelte stoffer *vejledende*, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof. Markante forskelle findes også her på terpener (området fra 30-40 minutter i kromatogrammet) og estre (fordelt over hele kromatogrammet).

Prøve 1: 50_5, 070909

Prøve 2: 50_5, 020909



Abundance



Bilag 6. Analyse af flygtige stoffer i æbler tørret under forskellige betingelser - temperatur

I projektet ”*Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter*” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt forskellige solbærprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID).

Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget i månederne september-oktober 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarer sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med damp-tørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at damp-tørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning forskellige tørreprocesser har på indholdet af de flygtige stoffer i æbler efter behandling.

Der er analyseret på hele æbler (råvare) og æbler tørret ved forskellige betingelser.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

Æbler, råvare

Æbler, tørret 45_40

Æbler, tørret 55_20

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

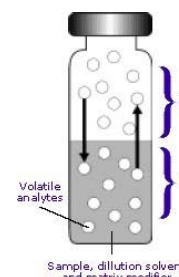
Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i auto-sampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplerens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 3.1	Identifikation af de flygtige stoffer – rå æbler
Bilag 3.2	Identifikation af de flygtige stoffer – 45_40
Bilag 3.3	Identifikation af de flygtige stoffer – 55_40 LYS

Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven.

De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra æbler skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er aldehyder, ketoner, estere og alkoholer. Specielt estrene er vigtige.

“Amylacetat (lugter af banan, æble), amylbutyrat (dufter af æble, kirsebær), amylvalerat (dufter af pære, abrikos) og ethylbutyrat (dufter af ananas) comprises up to 50% of the total aroma formulation.....” Fenaroli’s Handbook of Flavour Ingredients, Volume II, 3rd edition, **1995**, pp 815

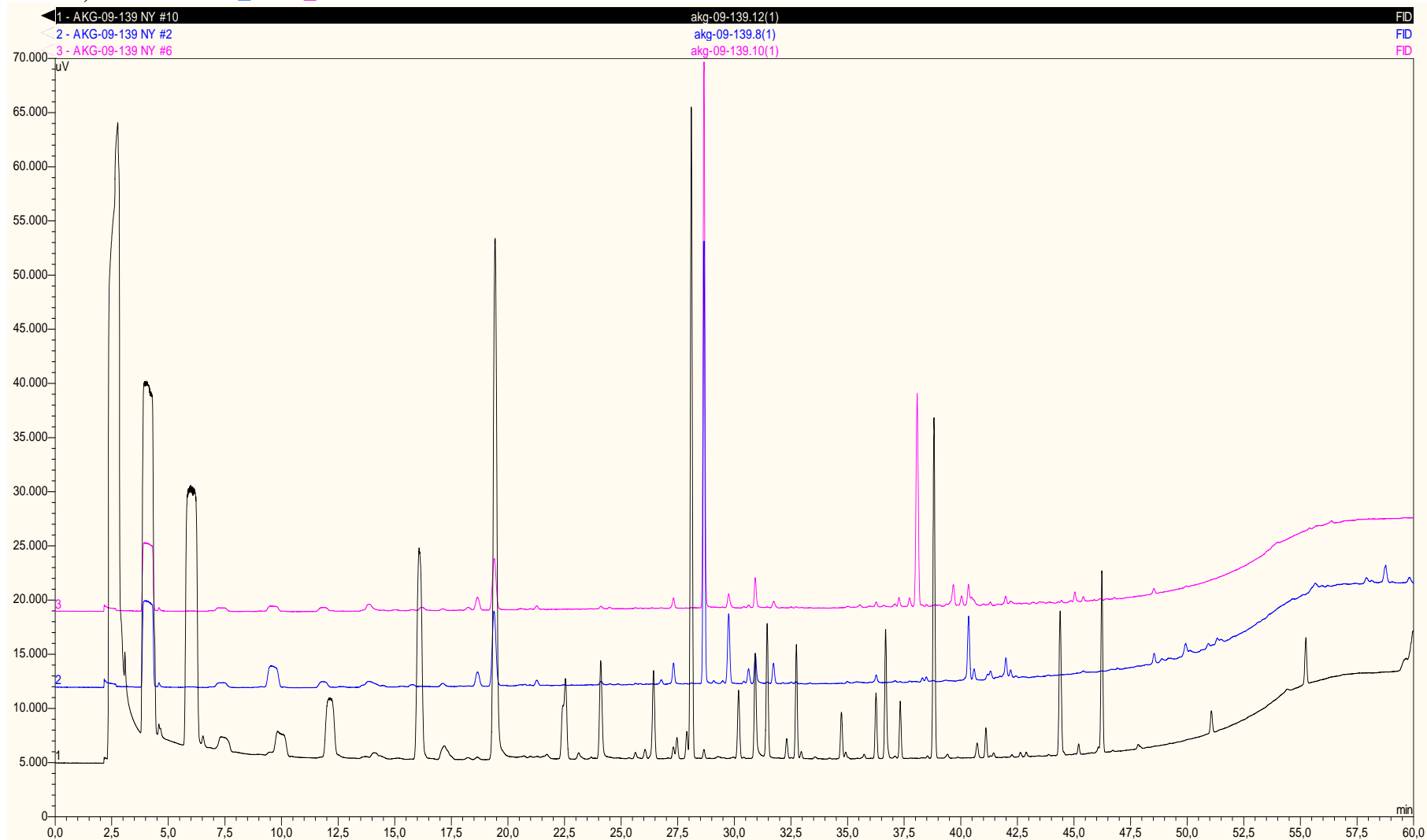
Esterforbindelser har duftbeskrivelser som frugtagtige og aromatiske, og er derfor yderst vigtige for oplevelsen af friske æbler. Som det ses af bilag 1 findes alle stoffer i højere koncentrationer i prøve 1 sammenlignet til de øvrige 2 prøver. Dette betyder, at tørring med overophedet damp fjerner en del flygtige stoffer fra æblerne. Der ses derimod ingen signifikant forskel mellem tørring ved 45_40 og 55_40.

Bilag 2 og 3.1-3.3 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace og en identifikationsliste på de flygtige stoffer. Her er arealerne for de enkelte stoffer *vejledende*, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof.

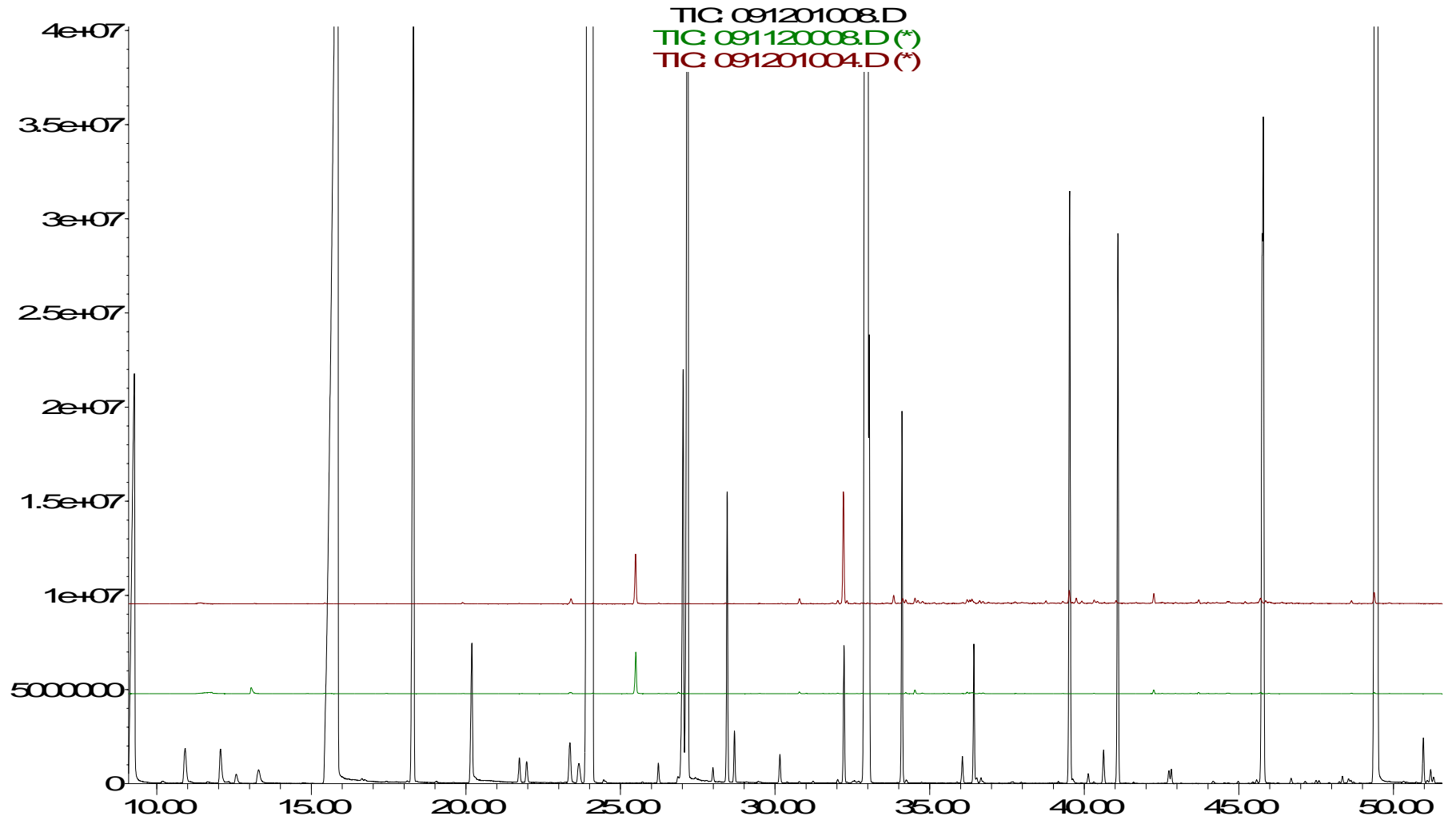
Markante forskelle findes på netop esterforbindelserne (fordelt over hele kromatogrammet). Specielt estrene reduceres væsentligt ved tørring med overophedet damp, mange af stofferne kan ikke genfindes i de tørrede produkter. I både tørring ved 45_40 og 55_40 er der derimod introduceret en del forureninger – chlorerede stoffer – der ikke findes naturligt i æblearoma. Dette gør en egentlig sammenligning af tørrebetingelsernes betydning for æblearomaen vanskelig.

Råvare, æble

45_4055_40



Abundance



Prøve 3, 55_40
Prøve 2, 45_40
LYS
Prøve 1, råvare

Time ->

Identifikation rå æbler

Rt/min	Areal	Navn	CAS no.
9.228	89548699	1-Propanol	71-23-8
10.914	7124207	Butanal	123-72-8
12.062	5440984	Ethyl Acetate	141-78-6
12.579	1335819	Butane, 1-methoxy-	628-28-4
13.278	3201407	1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1
14.688	399891	2-Butenal, (E)-	123-73-9
15.758	47384034	1-Butanol	71-36-3
18.274	89463244	n-Propyl acetate	109-60-4
20.149	17861342	1-Butanol, 2-methyl-, (S)-	1565-80-6
21.722	2758604	Acetic acid, 2-methylpropyl ester	110-19-0
21.958	2989878	Butanoic acid, 2-methyl-, methyl ester	868-57-5
23.355	5198993	Hexanal	66-25-1
23.644	3215455	Propanoic acid, propyl ester	106-36-5
24.024	301539930	Acetic acid, butyl ester	123-86-4
26.224	1880361	2-Hexenal	505-57-7
26.878	3456532	1-Hexanol	111-27-3
27.025	73326171	1-Hexanol	111-27-3
27.146	150122911	1-Butanol, 2-methyl-, acetate	624-41-9
27.983	1348852	Butanoic acid, propyl ester	105-66-8
28.441	23692396	Propanoic acid, butyl ester	590-01-2
28.682	4648763	Acetic acid, pentyl ester	628-63-7
30.154	2521580	Butanoic acid, 2-methyl-, propyl ester	37064-20-3
31.231	322283	Propanoic acid, pentyl ester	624-54-4
32.022	514925	1-Hepten-6-one, 2-methyl-	10408-15-8
32.226	12940237	Butanoic acid, butyl ester	109-21-7
32.944	241791271	Acetic acid, hexyl ester	142-92-7
32.995	3508523	2-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	56922-75-9
34.098	30261146	Butyl 2-methylbutanoate	15706-73-7
34.241	404048	Limonene	138-86-3
36.060	2811680	Hexanoic acid, propyl ester	626-77-7
36.427	12801306	Propanoic acid, hexyl ester	2445-76-3
36.659	433177	1-Heptanol	111-70-6
37.646	276957	2-Butenoic acid, 2-methyl-, propyl ester, (E)-	61692-83-9
37.958	196585	Propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	2349-07-7
39.528	86000306	Hexanoic acid, butyl ester	626-82-4
40.129	961541	3-Hexen-1-ol, acetate, (E)-	3681-82-1
40.628	5715111	Estragole	140-67-0
41.086	61793588	Butanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	10032-15-2
41.599	237122	Hexanoic acid, 2-methylbutyl ester	2601-13-0
42.744	2093735	Heptanoic acid, butyl ester	5454-28-4
42.817	1544095	Propyl octanoate	624-13-5
44.164	475362	3-Methyl-2-butenoic acid, heptyl ester	
44.977	377434	Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-, acetate	124-17-4
45.453	167779	3-Hexenoic acid, butyl ester, (Z)-	69668-84-4
45.575	395160	3-Octenoic acid	1577-19-1
45.768	112900789	Hexanoic acid, hexyl ester	6378-65-0
46.688	945512	Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	93-15-2
47.140	426861	Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, octyl ester	27751-88-8
47.496	364558	2-Octenoic acid	1470-50-4

Rt/min	Areal	Navn	CAS no.
45.453	167779	3-Hexenoic acid, butyl ester, (Z)-	69668-84-4
45.575	395160	3-Octenoic acid	1577-19-1
45.768	112900789	Hexanoic acid, hexyl ester	6378-65-0
46.688	945512	Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-	93-15-2
47.140	426861	Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, octyl ester	27751-88-8
47.496	364558	2-Octenoic acid	1470-50-4
47.592	362965	Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	2035-99-6
48.351	826311	3-Decenoic acid, (E)-	53678-20-9
48.550	479245	Heptanoic acid, butyl ester	5454-28-4
48.625	210594	Alkan	
49.436	-299089440	α -Farnesene	502-61-4
50.966	5314244	3-Decenoic acid, (E)-	53678-20-9
51.093	463995	Uidentificeret	
51.203	1588404	Octanoic acid, hexyl ester	1117-55-1
51.299	728559	Butyl decanoate	
51.734	328852	Uidentificeret	

Rt/min	Areal	Komponent	CAS
11.368	536419	} eddikesyre	
11.536	2716676		
11.641	2495695		
11.764	4188275		
11.787	884629		
13.057	15084725	tetrahydrofuran	
15.434	748095	2-methylbutanal	
15.554	320703	1-butanol	
17.421	682034	pentanal	
19.906	427570	MIBK	
23.396	4087868	hexamethylcyclotrisiloxan	541-05-9
24.112	1117710	octan	
25.497	70624337	furfural	
26.236	511396	Isobutenal	78-85-3
26.873	2816827	1-hexanol	
29.499	635680	butyrolacton	96-48-0
30.786	3061148	octamethylcyklotetrasiloxan	556-67-2
31.008	864993	allyl methylallylether	14289-96-4
31.537	390153	5-methyl-2-furaldehyd	620-02-0
32.025	935727	6-methyl-5-heptene-2-on	110-93-0
32.648	378991	Hydroxylamine, O-(2-methylpropyl)-	5618-62-2
32.807	663809	1-heptyl hydroperoxid	764-81-8
34.233	1821444	limonen	
34.527	6319741	ester, uidentificeret	
34.756	1550906	ester, uidentificeret	
36.216	2799072	} forureniger	
36.298	1711658		
36.368	2882534		
36.618	1130935		
36.723	1556755		
37.776	706042	forurening, chloreret	
39.296	373939	alkan	
40.318	624726	decanal	
42.249	6593491	oxalsyre, allyl nonyl ester	309-23-7
42.522	534590	ester, uidentificeret	
42.954	634766	ester, uidentificeret	
43.441	534554	alkan	
43.700	2205432	ester, uidentificeret	
45.713	3311954	forurening, chloreret	
48.648	1069597	ester, uidentificeret	
49.381	1963270	α -farnesene	502-61-4
52.266	1072102	diethylphthalat	84-66-2

Rt/min	Areal	Navn	CAS no.
11.386	403175	Acetic acid	64-19-7
13.173	67974	Furan, tetrahydro-	109-99-9
19.890	247576	Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1
23.400	593543	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	541-05-9
24.115	131755	Hexane, 2,3,5-trimethyl-	1069-53-0
25.481	4753280	Furfural	98-01-1
30.784	498340	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	556-67-2
32.027	337564	Allyl methallyl ether	14289-96-4
32.208	9435178	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6
32.329	257635	Alkan	
32.566	184616	trans-3-Decene	19150-21-1
32.796	82810	Octanal	124-13-0
32.992	164249	Uidentificeret	
33.834	833965	Heptane, 2-bromo-	1974-04-5
34.137	499407	Heptane, 2-bromo-	1974-04-5
34.226	329626	Limonene	138-86-3
34.522	576473	Nonane, 4-ethyl-5-methyl-	1632-71-9
34.625	353720	Heptane, 5-ethyl-2,2,3-trimethyl-	62199-06-8
34.769	434686	Uidentificeret	
35.148	237807	1-Hexene, 3,5,5-trimethyl-	4316-65-8
35.450	213756	Benzaldehyde, 2-hydroxy-	90-02-8
36.068	209125	Uidentificeret	
36.211	439998	Uidentificeret	
36.297	563366	Uidentificeret	
36.367	978134	Uidentificeret	
36.618	249079	Uidentificeret	
36.728	245120	2-Nonen-1-ol, (E)-	31502-14-4
37.769	242341	Uidentificeret	
37.975	157501	trans-4-Decene	19398-89-1
38.370	148396	2,4-Undecadien-1-ol	77657-78-4
38.759	299715	Uidentificeret	
39.309	271504	4-Undecene, 3-methyl-, (E)-	74630-59-4
39.515	1154330	1-Decene	872-05-9
39.737	582370	2,4,6,8-Tetramethyl-1-undecene	59920-26-2
39.923	302374	3-Dodecene, (Z)-	7239-23-8
40.320	431822	2-Decenal, (E)-	3913-81-3
40.649	164079	Uidentificeret	
41.031	271356	Cyclohexane, hexyl-	4292-75-5
41.679	166141	3-Decyn-2-ol	69668-93-5
42.247	956223	Tridecane, 4-methyl-	26730-12-1
42.702	50163	2-Decen-1-ol	22104-80-9
42.954	191942	Oxalic acid, allyl octyl ester	
43.629	161632	4-Tridecene, (Z)-	41446-54-2
43.705	392311	Undecane, 2-methyl-	7045-71-8
43.881	150621	7-Tetradecene	10374-74-0
43.995	125487	Oxalic acid, allyl nonyl ester	
45.202	227519	Tridecane, 3-methyl-	6418-41-3
45.704	895352	Uidentificeret	
45.866	359781	3-Tridecene, (Z)-	41446-53-1

Rt/min	Areal	Navn	CAS no.
43.705	392311	Undecane, 2-methyl-	7045-71-8
43.881	150621	7-Tetradecene	10374-74-0
43.995	125487	Oxalic acid, allyl nonyl ester	
45.202	227519	Tridecane, 3-methyl-	6418-41-3
45.704	895352	Uidentificeret	
45.866	359781	3-Tridecene, (Z)-	41446-53-1
46.692	100221	Dodecane, 1,2-dibromo-	55334-42-4
47.373	59314	Octane, 2-cyclohexyl-	2883-05-8
48.643	367971	1-Iodo-2-methylundecane	73105-67-6
49.376	1446264	α -Farnesene	502-61-4
49.866	95681	Decane, 2,3,5,8-tetramethyl-	192823-15-7

Bilag 7. Analyse af flygtige stoffer i æbler tørret under forskellige betingelser - overhedning

I projektet ”*Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter*” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt forskellige solbærprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID).

Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget i månederne september-oktober 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarer sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med damp-tørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at damp-tørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning forskellig overophedningstemperaturer har på indholdet af de flygtige stoffer i æbler.

Der er analyseret på hele æbler (råvare) og æbler tørret ved forskellige betingelser.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

Æbler, råvare

Æbler, tørret 45_20

Æbler, tørret 45_30

Æbler, tørret 45_40

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven

findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

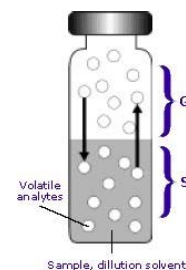
Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspace er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspace, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i autosampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplersens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af de fire prøver
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af de fire prøver

Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven.

De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra æbler skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er aldehyder, ketoner, estre og alkoholer. Specielt estrene er vigtige.

“Amylacetat (lugter af banan, æble), amylbutyrat (dufter af æble, kirsebær), amylvalerat (dufter af pære, abrikos) og ethylbutyrat (dufter af ananas) comprises up to 50% of the total aroma formulation.....” Fenaroli’s Handbook of Flavour Ingredients, Volume II, 3rd edition, **1995**, pp 815

Esterforbindelser har duftbeskrivelser som frugtagtige og aromatiske, og er derfor yderst vigtige for oplevelsen af friske æbler. Som det ses af bilag 1 findes alle stoffer i højere koncentrationer i prøve 1 sammenlignet til de øvrige 2 prøver. Dette betyder, at tørring med overophedet damp fjerner en del flygtige stoffer fra æblerne. Der ses derimod ingen signifikant forskel mellem tørring ved 45_20, 45_30 og 45_40.

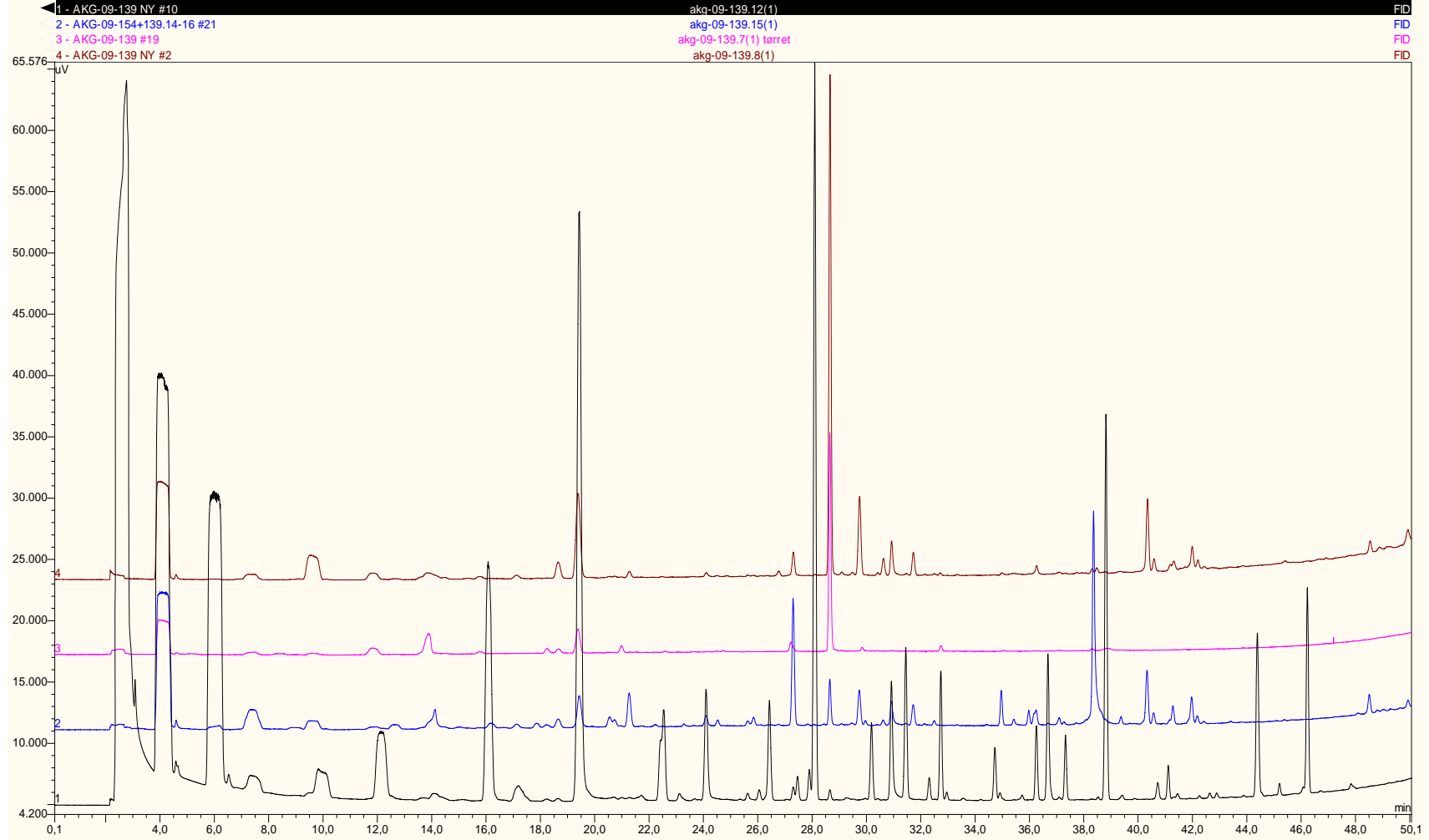
Bilag 2 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace. Her er arealerne for de enkelte stoffer *vejledende*, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof.

Markante forskelle findes på netop esterforbindelserne (fordelt over hele kromatogrammet). Specielt estrene reduceres væsentligt ved tørring med overophedet damp, mange af stofferne kan ikke genfindes i de tørrede produkter. I alle tørringer er der derimod introduceret en del forureninger – chlorerede stoffer – der ikke findes naturligt i æblearoma. Dette gør en egentlig sammenligning af tørrebetingelsernes betydning for æblearomaen vanskelig.

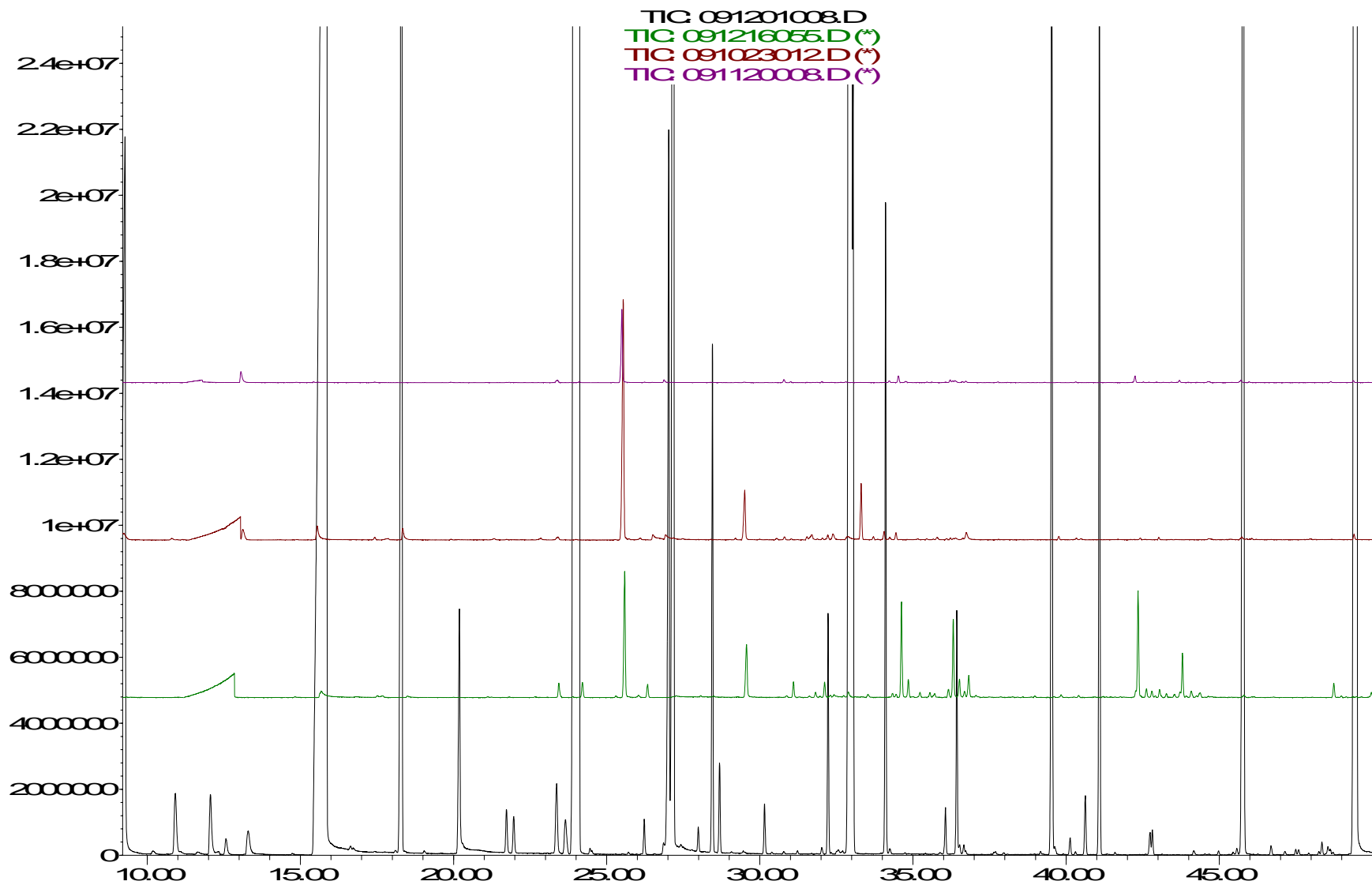
Råvare, æble

45_20 45_30

45_40



Abundance



Time →

Bilag 8. Analyse af flygtige stoffer i æbler tørret under forskellige betingelser - batchvariation

I projektet ”*Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter*” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt forskellige solbærprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID).

Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget i månederne september-november 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarer sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med damp-tørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at damp-tørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning forskellige batch-tørringer har på indholdet af de flygtige stoffer i æbler.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

Æbler, tørret 45_30, tørret oktober 2009

Æbler, tørret 45_30, tørret november 2009

Eksperimentelt

Headspace teknikken

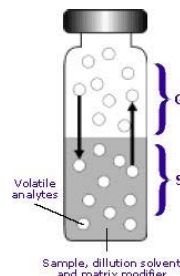
Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace. Her omtales kun statisk headspace, da identifikation ikke er nødvendig for at sammenligne aromaprofilerne.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i auto-sampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplerens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1 Statisk headspace kromatogram af de to prøver

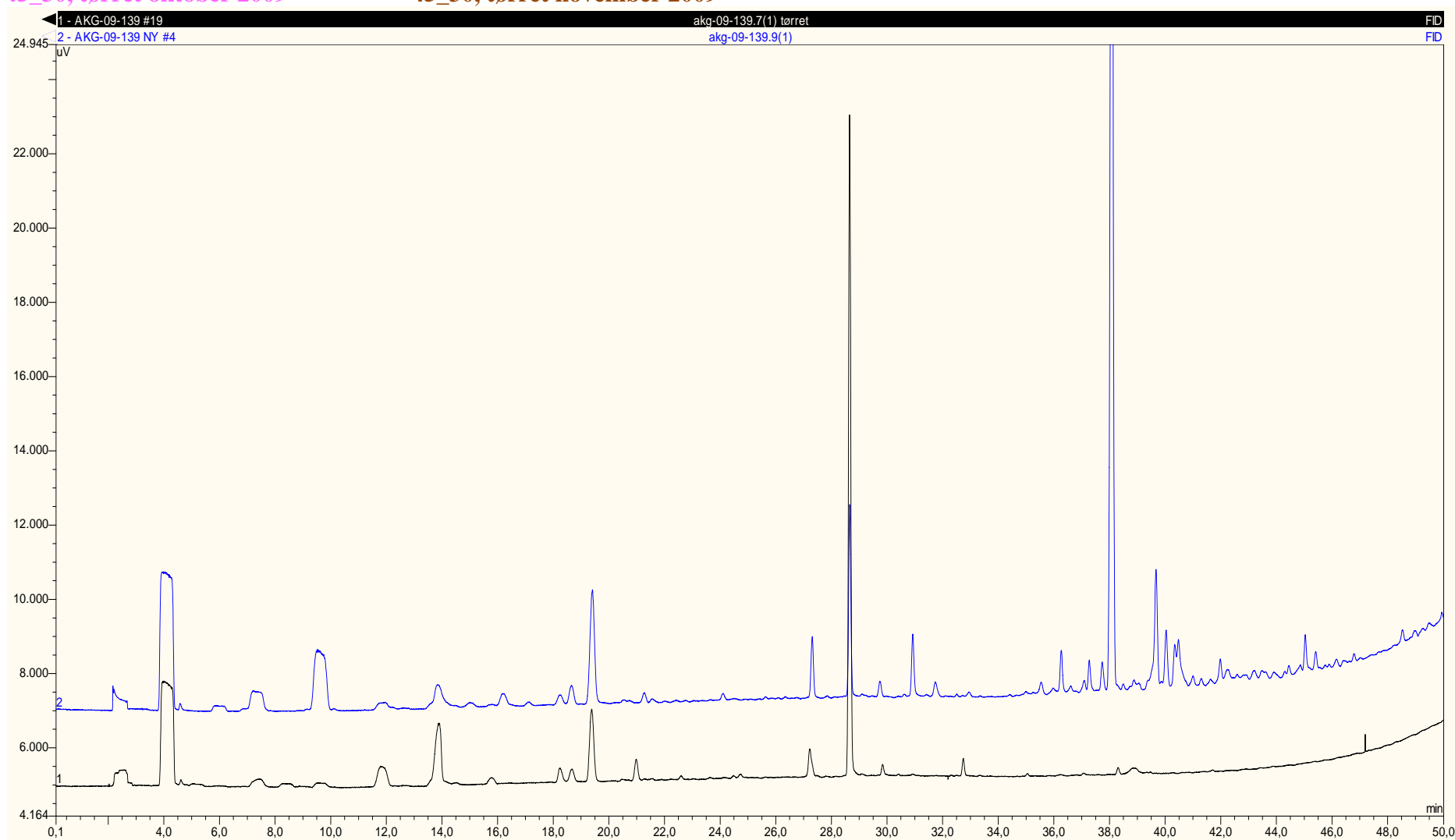
Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven. De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra æbler skal findes blandt mange forskellige kemiske klasser, hvor de vigtigste er aldehyder, ketoner, estre og alkoholer. Specielt estrene er vigtige.

“Amylacetat (lugter af banan, æble), amylbutyrat (dufter af æble, kirsebær), amylvalerat (dufter af pære, abrikos) og ethylbutyrat (dufter af ananas) comprises up to 50% of the total aroma formulation.....” Fenaroli’s Handbook of Flavour Ingredients, Volume II, 3rd edition, **1995**, pp 815

Esterforbindelser har duftbeskrivelser som frugtagtige og aromatiske, og er derfor yderst vigtige for oplevelsen af friske æbler. Som det ses af bilag 1 findes alle æblearoma-stoffer i lidt højere koncentrationer i prøve 2 sammenlignet til prøve 1. Denne minimale forskel er ikke signifikant. Derimod er der en forurening i prøve 2, som forvirrer billedet en del. Disse forureninger består af en del chlorerede forbindelser og de ligger i området 30-48 minutter i kromatogrammet.

45_30, tørret oktober 2009

45_30, tørret november 2009



Bilag 9. Analyse af flygtige stoffer i dild tørret under forskellige betingelser

I projektet ”Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, undersøgt 3 dildprøver for deres indhold af flygtige stoffer (duft/lugtstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID). Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget den 22. oktober 2009.

Baggrund og Formål

Normalt produceres den tørrede urt dild ved frysetørring. Men deltageren i dette projekt, Højen Urter, producerer tørret dild ved simpel lufttørring. Dette giver et produkt med god farve og en fin duft og en smag af dild. Smagen er mere som frisk dild end tilfældet er for de frysetørrede produkter. I projektet vil Højen Urters produkter blive tørret med en damp-tørringsproces, der forventes at være velegnet til bevarelse af smagen af frisk dild.

I denne rapport sammenlignes desuden til en kommerciel frysetørret dild fra Gourmet Danmark.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning de forskellige tørreprocesser har på indholdet af de flygtige stoffer i dild efter behandling.

Prøver

Ved modtagelse var prøverne mærkede som følger:

Tørret dild (tørret med luft)	Reference	17/9
Tørret dild (tørret i damp)	Dild_3_50+25	24/9
Frysetørret dild fra Gourmet Danmark	Holdbar til 1/10-2011	

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow

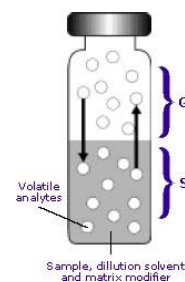
på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i autosampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplers oven, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af processing.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af de tre prøver
Bilag 3	Identifikation af de flygtige stoffer – tabel

Ved den statiske headspace analyse (bilag 1) kan man således sammenligne arealet på de enkelte toppe direkte. Jo højere top, jo mere af det pågældende stof findes i prøven.

De vigtigste flygtige stoffer identificeret fra dild er terpener, specielt carvon, limonen og phellandren. Nedenstående er taget fra <http://www.kingtutshop.com/Egyptian-Herb/Dill.htm>

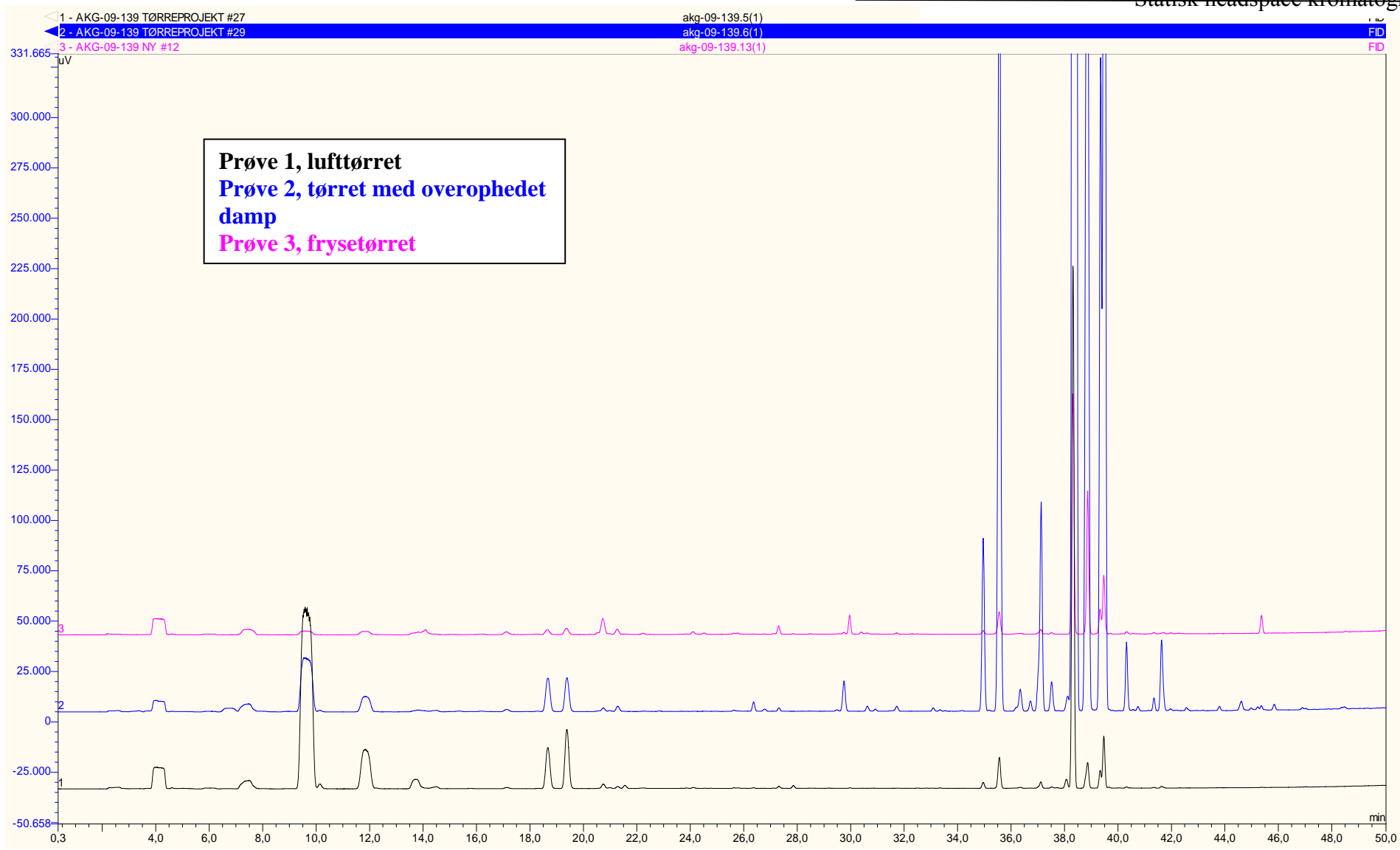
Its main constituent is oil obtained from the fruit which is almost identical to oil of caraway, both containing limonene and carvone. The essential oils from leaves (0.35%) and fruits (2 to 4%) differ slightly in composition: In the fruit oil, the main components are carvone (40 to 60%) and limonene (40%). In the leaf oil, the aroma is determined by carvone (30 to 40%), limonene (30 to 40%), phellandrene (10 to 20%) and other monoterpenes; dill ether (a monoterpene ether) is characteristic of dill leaf oil.

I den statiske headspace analyse ligger terpenerne i området 34-40 minutter. Som det ses af bilag 1, findes disse stoffer i meget højere koncentrationer i prøve 2 sammenlignet til prøve 1 og 3. Dette antyder, at tørring med overophedet damp bevarer den naturlige aroma bedre end tørring med luft eller frysetørring. Der gøres opmærksom på, at ovenstående data ikke er korrigeret for vandindhold i produkterne, der er afvejet eksakt 2 gram prøve til analyse.

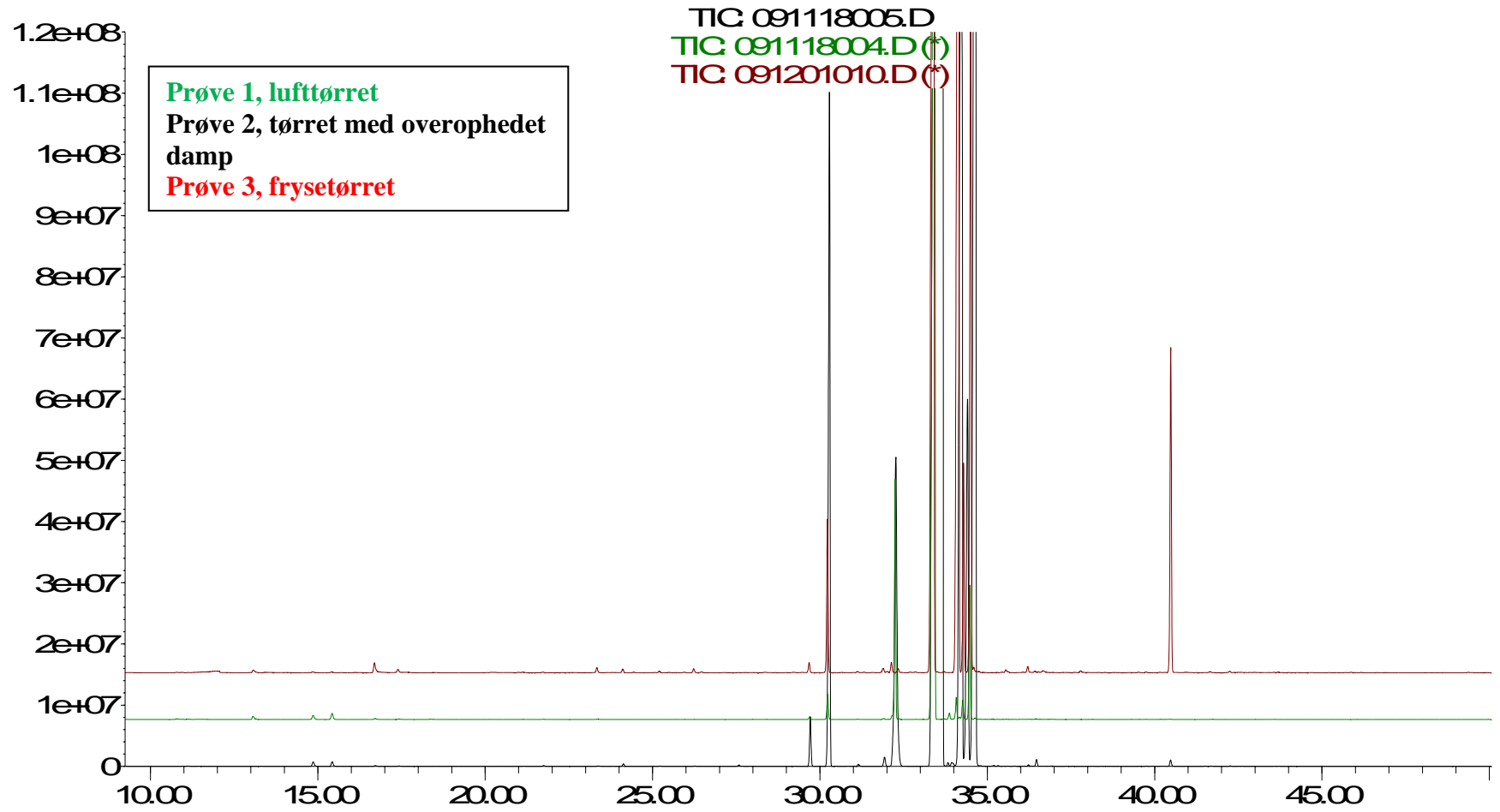
Bilag 2 og 3 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace og en identifikationsliste på de flygtige stoffer. Her er arealerne for de enkelte stoffer *vejledende*, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof. I begge prøver er de interessante stoffer fundet, med undtagelse af carvon, den kan ikke identificeres i nogen af prøverne.

Markante forskelle findes på netop terpenerne, specielt stofferne α -pinen, phellandren og limonen – her er der meget større indhold i dild tørret med overophedet damp sammenlignet til lufttørret eller frysetørret dild.

For at verificere disse konklusioner, vil det være yderst interessant at analysere på én batch dild og kigge på aromaen af 1) frisk dild, 2) lufttørret dild og 3) dild tørret med damp. Så kan aromaprofilerne sammenlignes direkte, uafhængigt af batchvariationer og fremstillingstidspunkter.



Abundance



Time→

Retentionstid	Navn	CAS-no.	Dild_3_50+25 Areal	Reference Areal	Frysetørret dild Areal
9.132	Propanal, 2-methyl-	78-84-2	1672376		253843
10.788	2,3-Butanedione	431-03-8	122391	527060	268160
10.939	Butanal	123-72-8	112343	92779	250299
11.099	2-Butanone	78-93-3	212122	339949	125873
11.468	Acetic acid	64-19-7		249026	7007478
13.070	Furan, tetrahydro-	109-99-9	3868187	2511404	2000783
13.293	1-Propanol, 2-methyl-	78-83-1	128240		-
14.851	Butanal, 3-methyl-	590-86-3	3070504	2694203	540770
15.415	Butanal, 2-methyl-	96-17-3	2342317	3761376	521013
16.696	1-Ethylcyclopropanol	57872-31-8	582660	660570	7768325
17.309	2,3-Pentanedione	600-14-6	47981		-
17.404	Pentanal	110-62-3	990176	363339	1901508
18.392	Methylglyoxal	78-98-8		174083	221451
20.129	1-Butanol, 2-methyl-, (S)-	1565-80-6		82196	275243
21.144	Propanoic acid, 2-methyl-	79-31-2		112826	359286
21.732	1,6-Heptadien-3-yne	5150-80-1	394230	152892	268343
23.353	Pentanal, 3-methyl-	15877-57-3	389133	331280	2830208
23.813	Hexane, 2,3,5-trimethyl-	1069-53-0	51897		91277
24.120	Octane	111-65-9	813190		1913243
25.212	2,4-Dimethyl-1-heptene	19549-87-2	141216		932201
25.963	Butanoic acid, 2-methyl-	116-53-0		63868	252746
26.247	Hexane, 3-ethyl-	619-99-8	147686		2167421
26.467	1,3-butandiol	107-88-0			401789
26.893	1-Hexanol	111-27-3	30638		-
27.570	Allyl methallyl ether	14289-96-4	403944		-
29.700	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-, didehydro deriv.	58037-87-9	17363126		5064910
30.268	1R- α -Pinene	7785-70-8	305691987	1114948	70111700
30.457	1S- α -Pinene	7785-26-4	111417	9017821	
31.006	Spiro { 6,6-dimethyl-2,3-diazobicyclo [3.1.0] hex-2-ene-4,1'-cyclopropane }	135485-30-2	139457		
31.135	Camphene	79-92-5	1012368	141211	728024
31.901	1-Octen-4-yne	24612-83-7		522849	2707589
32.246	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6	205375286	81549764	
31.914	β -Pinene	127-91-3	4235323	499446	2707589
33.473	α -Phellandrene	99-83-2	2147483647	688989464	139827199
34.176	p-cymen	527-84-4	701601958	7894103	710732
34.367	Limonene	138-86-3	159001963	6683483	94651768
34.585	β -Phellandrene	555-10-2	368760311	37261702	349630329
34.596	eucalyptol	470-82-6			1863792
35.176	1-Hexene, 3,5,5-trimethyl-	4316-65-8	379697	338341	
35.556	3,5-Octadien-2-one, (E,E)-	30086-02-3			1508618
36.649	2,6-Octadien-1-ol, 2,7-dimethyl	22410-74-8			1609239
37.785	6-Methyl-5-hepten-2-ol	1569-60-4			1238322
40.483	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	70786-44-6			153538529
41.656	β -Cyclocitral	432-25-7			637006

Stoffer der er markeret med gul er typiske indholdsstoffer i frisk dild. Der er tale om terpenere og specielt for dild er phellandren og limonen interessante.

Bilag 9. Analyse af flygtige stoffer i gulerødder tørret under forskellige betingelser

I projektet ”*Udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter ved tørring af bær, frugter, grøntsager og urter*” har Teknologisk Institut Center for Fødevareteknologi, Produktkvalitet & Holdbarhed, analyseret én gulerodsprøve for dens indhold af flygtige stoffer (duft/lugtstoffer) ved hjælp af statisk headspace gaskromatografi i kombination med en flammeioniseringsdetektor (HS-GC/FID). Til identifikation af de flygtige stoffer blev der anvendt dynamisk headspace gaskromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS).

Prøverne blev modtaget oktober 2009.

Baggrund og Formål

Projektet er et forprojekt til udvikling af nye, sikre høj kvalitetsprodukter på basis af danske råvarer som bær, frugter, grøntsager og urter. Produkterne vil blive fremstillet gennem en energieffektiv og kvalitetsbevarende tørringsproces. Der findes forskellige tørrede bær- og frugtprodukter på markedet, men det vil være interessant med flere tørrede danske bær og frugter af god kvalitet og med god smag, hvor man kan have fuld tillid til fødevarerens sikkerhed og produktionsforhold.

Tørring med overhedet damp er ikke særligt udbredt, trods væsentlige fordele sammenlignet til tørring i luft. Teknologisk Institut har arbejdet med dampptørring i flere projekter, typisk i vakuum, da tørringen her foregår ved en lav temperatur, og på den måde kan anvendes til tørring af produkter, der ikke tåler høj tørretemperatur. Tørringsprocessen spås en stor fremtid fra flere kilder, men er kompleks og kræver en større investering end en lufttørringsproces. Processen foregår uden væsentlig tilgang af atmosfærisk luft, hvilket medfører, at produktet ikke oxideres i tørringsprocessen, hvilket forventes at kunne forhindre eller reducere misfarvning uden brug af citronsyre. Det er endvidere sandsynligt, at dampptørreprocessen bedre kan bevare produkternes næringsindhold.

Formålet med nærværende analyser er derfor at afdække, hvilken betydning forskellige tørreprocesser har på indholdet af de flygtige stoffer i gulerødder efter behandling. Der er ikke analyseret på friske gulerødder, så sammenligning vil være baseret på identifikationer fundet i litteraturen.

Prøver

Ved modtagelse var prøven mærkede som følger:

Gulerod (tørret med luft) 50_25

Eksperimentelt

Headspace teknikken

Headspace anvendes hyppigt til isolering af aromastoffer (flygtige stoffer) fra forskellige udgangsmaterialer. Metoden er baseret på det fundamentale princip, at flygtige stoffer fra prøven findes i den omgivende luft, og at man ved ekstraktion af den omgivende luft kan analysere de stoffer der bidrager til prøvens aroma.

Headspace teknikken kan inddeles i 2 grupper – dynamisk og statisk headspace.

Dynamisk headspace (GC-MS)

Dynamisk headspace er en ikke-stationær proces hvor ligevægten forstyrres, dvs. at de flygtige stoffer der afgives fra prøven fjernes kontinuert ved hjælp af en carrier gas (N₂). Herved opnås der mere koncentrerede ekstrakter som igen resulterer i forøget mulighed for detektion. Metoden anvendes derfor hyppigst til identifikation af de tilstedeværende flygtige stoffer.

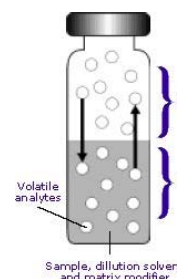
Til dynamisk headspace analyse af dild anvendes ca. 5g prøve, der overføres til en 100 ml gasvaskeflaske hvorpå et stålrør fyldt med adsorptionsmateriale (Tenax[®]) tilkobles. Flasken holdes ved stuetemperatur, og de flygtige komponenter opsamles på adsorbenten ved hjælp af et N₂-flow på 100 ml/min i 5 minutter. De opsamlede komponenter desorberes termisk fra adsorptionsmaterialet og analyseres ved GC-MS.

Identifikation af stofferne er baseret på retentionstider og sammenligning af massespektre med en NIST-NBS75K database.

Statisk headspace (GC-FID)

Til sammenligning af niveauer for de enkelte stoffer i prøven, blev der anvendt en semikvantitativ analysemetode, statisk headspace. Metoden baserer sig på, at fordelingen af flygtige stoffer i headspacen er i ligevægt med de flygtige stoffer i prøven. Når denne ligevægt er indstillet, udtages en prøve fra headspacen, der analyseres ved gaskromatografi.

2g prøve overføres til en glasvial, der forsegles med et septum og anbringes i auto-sampler til gaskromatografen. Her holdes prøven kølet ved 2 °C indtil analyse. Inden analyse opvarmes prøven i samplerens ovn, hvor prøven ekvilibrerer i 30 minutter ved 70 °C. Der overføres gennem ½ minut 1 ml headspace til gaskromatografen udstyret med en flammeioniseringsdetektor GC/FID.



Den statiske headspace analyse er *semikvantitativ*, og derfor kan **toppenes arealer sammenlignes** på tværs af prøver. **Jo højere top jo mere af det pågældende stof** findes i headspace og dermed også i prøven. Metoden kan derfor anvendes til at vurdere, om et produkt har bevaret sin kvalitet eller om aromaprofilen er markant ændret som følge af forarbejdning.

Diskussion og konklusion

Følgende bilag ligger til grund for resultater og diskussion:

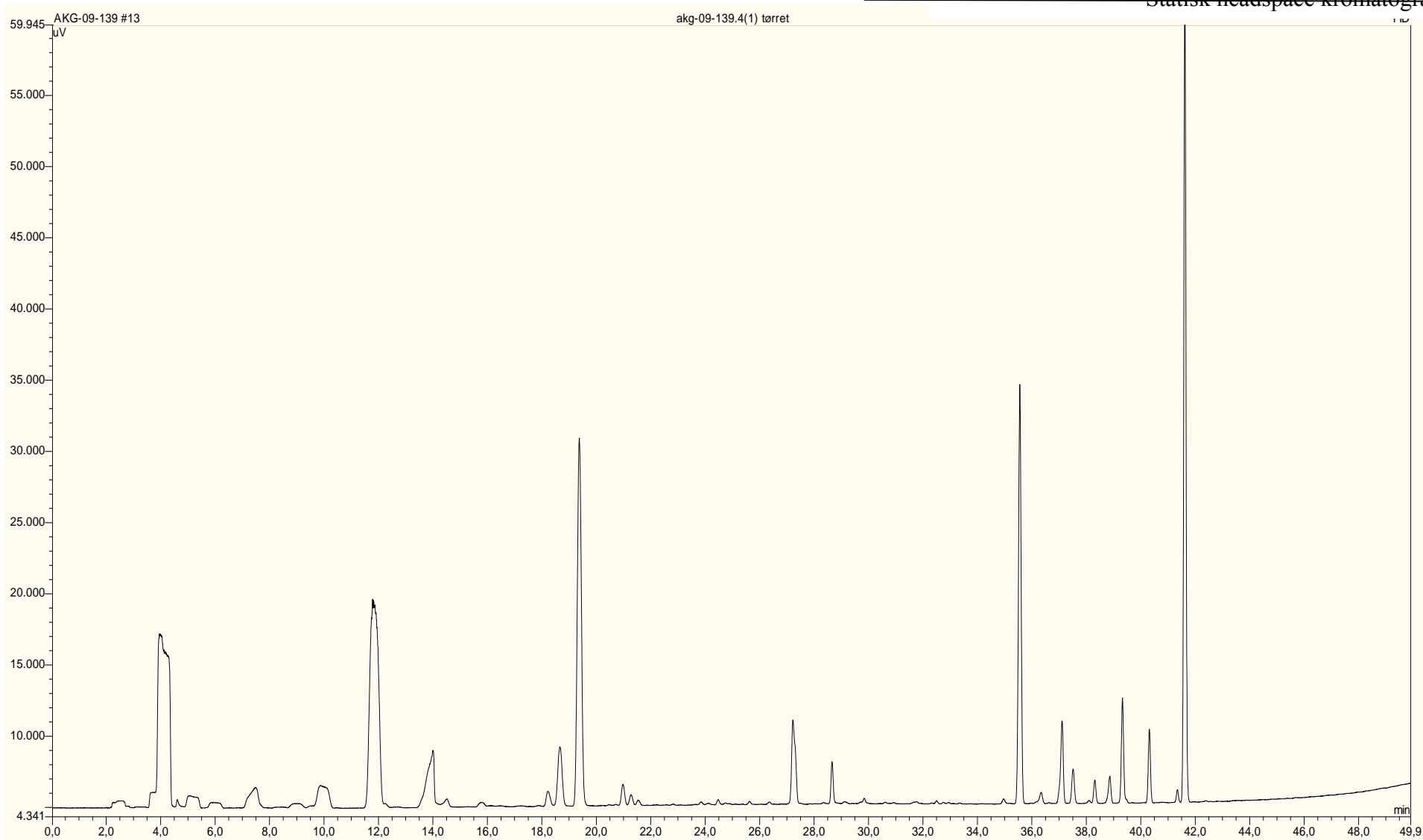
Bilag 1	Statisk headspace kromatogram af gulerod
Bilag 2	Dynamisk headspace kromatogram af gulerod
Bilag 3	Identifikation af de flygtige stoffer – tabel

Terpener udgør >98 pct. af den totale mængde af flygtige komponenter, dvs. aromastoffer i gulerødder, hvor de mest potente aromastoffer identificeret fra gulerod er terpenerne, α -myrcen, α -caryophyllen og terpinolen. *Merete Edelenbos: Characterisation of aroma volatiles in carrot using GC-Olfactometry and aroma extract dilution. In: Flavour Research at the Dawn of the Twenty-first Century (Proceedings of the 10th Weurman Flavour Research Symposium) (Eds. Le Quéré, J.L., Etiévant, P.X.) Lavoisier, Cachan, France, p. 588-591.*

I den statiske headspace analyse ligger terpenerne i området 34-40 minutter. Som det ses af bilag 1, findes disse stoffer også i det tørrede produkt. Dette antyder, at tørring med overophedet damp bevarer den naturlige aroma udmærket.

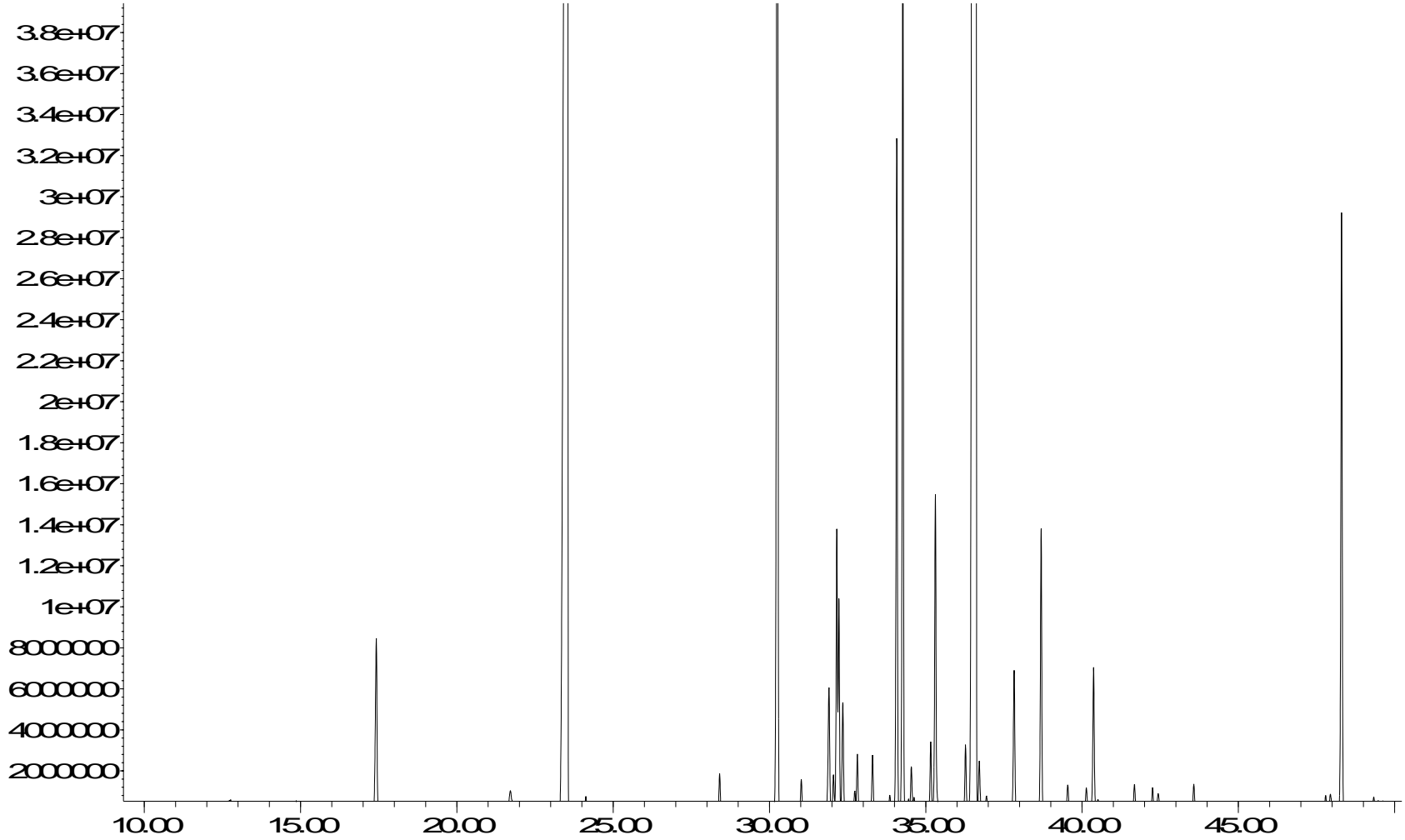
Bilag 2 og 3 viser kromatogrammer fra den dynamiske headspace og en identifikationsliste på de flygtige stoffer. Her er arealerne for de enkelte stoffer *vejledende*, da det ikke er en kvantitativ metode – dog er udpræget højere toppe et udtryk for, at den pågældende prøve indeholder større mængder af det specifikke stof. De interessante stoffer er fundet i det tørrede produkt, der er identificeret mange terpener – dog ikke terpinolen.

For at verificere disse konklusioner, vil det være yderst interessant at analysere på én batch gulerod og kigge på aromaen af 1) frisk gulerod og 2) gulerod tørret med damp. Så kan aromaprofilerne sammenlignes direkte, uafhængigt af batchvariationer og fremstillingstidspunkter.



Abundance

TIC: 091023006.D



Time ->

Rt/min	Navn	CAS nr.
10.927	Butanal	123-72-8
14.861	Butanal, 3-methyl-	590-86-3
17.415	Pentanal	110-62-3
18.332	2-Butanone, 3-hydroxy-	513-86-0
21.694	1-Pentanol	71-41-0
23.503	Hexanal	66-25-1
24.117	Heptane, 2,4-dimethyl-	2213-23-2
28.403	Heptanal	111-71-7
28.557	Oxirane, pentyl-	5063-65-0
29.464	Butyrolactone	96-48-0
30.238	1R- α -Pinene	7785-70-8
		57266-86-1
31.016	2-Heptenal, (Z)-	1
31.898	β -Pinene	127-91-3
32.048	5-Hepten-2-one, 6-methyl-	110-93-0
32.143	β -Myrcene	123-35-3
		13475-82-6
32.213	Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	6
32.339	β -Pinene	127-91-3
		31883-98-4
32.723	3-Methyl-3-cyclohexen-1-one	4
32.807	Octanal	124-13-0
33.291	α -Phellandrene	99-83-2
		62183-79-3
33.846	2,2,4,4-Tetramethyloctane	3
34.062	Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-	527-84-4
34.254	Limonene	138-86-3
34.450	1R- α -Pinene	7785-70-8
34.532	Decane	124-18-5
34.620	2-Octenal, (E)-	2548-87-0
35.150	2-Octenal, (E)-	2548-87-0
35.297	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	99-85-4
36.249	Undecane	1120-21-4
36.537	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	586-62-9
36.694	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	1195-32-0
36.940	Allyl o-tolyl ether	936-72-1
		75697-98-2
40.136	2-Isopropenyl-5-methylhex-4-enal	2
40.369	Benzenemethanol, $\alpha,\alpha,4$ -trimethyl-	1197-01-9
		40702-26-9
40.758	3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 1,3,4-trimethyl-	9

41.677	1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimethyl-	432-25-7 192823-
42.254	Decane, 2,3,5,8-tetramethyl-	15-7
42.433	Bicyclo[3.1.1]hept-2-en-4-ol, 2,6,6-trimethyl-, acetate	? 17920-92-
42.988	1,7-Nonadien-4-ol, 4,8-dimethyl-	2
43.572	Bornyl acetate	76-49-3
47.792	3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-, (E)-	127-41-3 26560-14-
47.944	1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)-	5
48.298	Caryophyllene	87-44-5
49.330	α -Caryophyllene	6753-98-6
49.474	3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-, (E)-	79-77-6
49.620	3-Buten-2-one, 4-(2,2,6-trimethyl-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-yl)-	23267-57- 4 26560-14-
50.572	1,3,6,10-Dodecatetraene, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)-	5 29837-07-
50.734	cis- α -Bisabolene	8
51.973	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, (R)-	17092-92- 1
53.120	Caryophyllene oxide	1139-30-6

Stoffer der er markeret med gul er typiske indholdsstoffer i friske gulerødder. Der er tale om terpenener og specielt for gulerødder er \square -myrcen, \square -caryophyllen og terpinolen interessante.