



Rapport

Sund tilberedning af svinekød

Velsmagende marinader med antioxidanter, som reducerer dannelsen af stegemutagener

Margit Dall Aaslyng

11. december 2015
Proj.nr. 2002283-15
Version 2
MDAG/MT

Sammendrag

Formål

Formålet var at demonstrere muligheden for at udvikle velsmagende marinader med naturlige antioxidanter, der reducerer dannelse af stegemutagener i svinekød.

Gennemførelse Forsøget blev gennemført i fire trin:

- 1) Udvikling af marinader
- 2) Marinadernes udseende blev testet i en forbrugerundersøgelse
- 3) Forbrugerundersøgelse af grillede, marinerede koteletter
- 4) Analyse for stegemutagener i marinerede koteletter tilberedt under kontrollerede forhold

Resultater

Der blev udviklet fem marinader baseret på oregano, sumak og acerola. Forbrugerne, der var rekrutteret fra Tåstrup og omegn, foretrak tydeligt koteletter, hvor marinaden var i poser ved siden af kødet frem for koteletter, der var formarinerede. Endvidere var der en tydelig præference for koteletter marineret i oreganomarinade eller en dijonbaseret marinade med sumak og acerola. Barbecuemarinaden blev fundet kedelig og traditionel, og en ren sumakbaseret marinade blev opfattet som spændende, men også underlig. En ren acerolamarinade blev af de fleste opfattet som lidt appetitlig, dog foretrak en mindre del af forbrugerne denne marinade.

I del 2 og 3 blev der derfor testet tre marinader: oregano, dijon og en acerola. Ved hjemmetesten foretrak forbrugerne tydeligt dijon- og oreganomarinaderne, mens acerolamarinaden blev vurderet dårligere.

Generelt har marinering reduceret dannelsen af stegemutagener i forhold til koteletter uden marinade, når kødet grilles. Oregano- og dijonmarinaden var mest effektive til at hæmme dannelsen af de tre mutagene HCA'er MeIQx, DiMeIQx og PhiP, mens der blev dannet meget store mængder af de to co-mutagene HCA'er harman og norharman ved dijonmarinaden. Rapsolien, der blev anvendt til oreganomarinaden,

hæmmede i sig selv dannelsen af HCA'erne, om end der stadig var en yderligere hæmning af oreganomarinaden i forhold til den rene rapsolie.

Der blev dannet flere HCA'er ved 80°C centrumstemperatur end ved 65°C, ligesom der overordnet set blev dannet flere HCA'er ved åben grill end ved lukket grill.

Der var ikke direkte sammenhæng mellem det målte antioxidative potentiale af marinade og hæmning af dannelse af stegemutagener, hvilket understreger, at det er en kompleks kemisk proces, hvor resultatet kan være svært at prædiktere.

Konklusion

Det var muligt at udvikle en velsmagende oreganobaseret marinade, der effektivt hæmmer dannelse af stegemutagener, når kødet grilles.

Baggrund

Når kød tilberedes ved høj varme, f.eks. på grill, kan der udvikles en række uønskede stoffer, kaldet stegemutagener, der mistænkes for at være potentielt kræftfremkaldende.

Dannelsen af stegemutagener, de såkaldte heterocykliske aminer (HCA), er en kompleks kemisk proces, der involverer oxidation. Det er da også i tidligere forsøg vist, at marinering med antioxidanter reducerer dannelsen af HCA'er. Samtidig er der en tradition hos danskere for at marinere især svinekød ved grilning. Dette giver et potentiale for at udvikle marinader, der kombinerer en god spisekvalitet med en reduceret dannelse af HCA'er, hvorved det bliver sundere at grille.

Indledende er der screenet 19 forskellige krydderurter og bær for anti-oxidativ effekt. Herudfra blev der valgt tre, der alle havde en høj anti-oxidativ effekt og samtidig var relativt utraditionelle ved anvendelse til marinader, hvorved det ville være muligt at øge den innovative værdi. De tre udvalgte var oregano, sumak og acerola. Oregano er en kendt grøn krydderurt, sumak er et bær, der ofte anvendes i det asiatiske køkken, mens acerola er et lille relativt surt bær (se figur 1).



Figur 1. Oregano, sumak og acerola

Formål

Formålet var at demonstrere muligheden for at udvikle velsmagende marinader til svinekød på baggrund af oregano, sumak og acerola, der reducerer dannelsen af stegemutagener. Forsøget blev gennemført i fire trin:

- 1) Udvikling af fem marinader gennem anvendelse af viden om flavour-parring og traditionel kombination af ingredienserne med andre ingredienser.
- 2) Forbrugertest af udseende.
- 3) Analyse af marinadernes antioxidative effekt samt forbrugernes respons ved tilberedning hjemme.
- 4) Analyse af marinadernes evne til at reducere dannelsen af stegemutagener efter kontrolleret tilberedning.

Gennemførelse

De første tre trin blev gennemført som en del af et speciale fra KU Science af Lone Green Engsig. I denne rapport gengives hovedresultaterne, mens detaljer er rapporteret i specialerapporten (Engsig, 2014).

Udvikling af marinader

Marinaderne blev udviklet ud fra de tre udvalgte ingredienser: acerola, oregano og sumak. Ud fra litteratur om flavourparring og opskrifter blev der fundet en række egnede ingredienser at kombinere de tre med (se tabel 1).

Tabel 1. Ingredienser udvalgt fra litteratur om flavourparring samt opskrifter til udvikling af marinader.

Acerola	Oregano	Sumak
Ketchup	Citron	Hvidløg
Korianderfrø	Hvidløg	Paprika
Sennep	Paprika	Tomat
Oregano	Sennep	Korianderfrø
	Tomat	Oregano
		Sesamfrø
		Spidskommen

Ud fra en ekspertvurdering blev fem marinader udvalgt til trin 2. Ingredienserne fremgår af tabel 2.

Fremstilling af marinader

Marinader baseret på olie eller vand blev blot blandet. Acerolamarinaden var en vand-/olieemulsion. Her blev ingredienserne pisket sammen (Ultraturax) og opvarmet under omrøring på varmeplade (max. 95°C) til en sluttemperatur på 80°C i 2 minutter. Efter afkøling blev pH justeret til 4,2-4,5.

Som olie blev der anvendt koldpresset rapsolie fra Lehngården, Bornholm.

Tabel 2. Marinader udviklet til forbrugertest af betydning af udseende.

Acerola	%	Oregano	%	Dijon	%
Vand	52,7	Olie	76,2	Dijonsennep	30,9
Olie	20,0	Salt	7,9	Sojasauce	18,5
Salt	4,0	Oregano, tørret	4,1	Olie	22,2
Maizena	2,0	Timian, tørret	1,7	Sukker, brunt	12,3
Na-Caseinate	1,0	Hvidløgsuré	7,4	Peber, kværnet	0,6
Guargum	0,2	Løgpulver	1,1	Oregano	5,6
Xanthan	0,1	Æblecidereddike	1,7	Sumak	7,1
Ingefæruré	14,0			Acerola, frysetørret	0,6
Frysetørret acerola	6,0			Æblecidereddike	2,2
<i>I ALT</i>	<i>100</i>	<i>I ALT</i>	<i>100</i>	<i>I ALT</i>	<i>100</i>

Sumak	%	Barbecue	%	Krydderiblanding til barbecuemarinade	%
Olie	70,4	Vand	41,2	Sukker, brunt	33,6
Salt	5,0	Tomatkoncentrat	28,9	Salt	29,5
Sumak, tørret	7,0	Sukker, brunt	5,2	Paprika	8,5
Korianderfrø	7,0	Worchestersauce	7,2	Røget paprika	8,6
Spidskommen	7,0	Krydderiblanding	9,3	Løgpulver	3,2
Chillipulver	1,1	Æblecidereddike	2,1	Sellerisalt	6,5
Acerola, frysetørret	2,5	Hvidløgsuré	2,1	Sort peber, kværnet	4,5
		Acerola, frysetørret	2,9	Spidskommen, kværnet	4,4
		Dijonsennep	1,2	Cayennepeber	1,0
				Nellike, stødt	0,2
<i>I ALT</i>	<i>100</i>	<i>I ALT</i>	<i>100</i>	<i>I ALT</i>	<i>100</i>

**Forbrugertest
af udseende
(CLT)**

Forbrugertesten blev gennemført i Tåstrup ved kantinen på Teknologisk Institut. Der deltog i alt 109 forbrugere i alderen 20 til over 60 år. Aldersfordelingen var 22-26% i hver 10 års interval mellem 30 og 59 år, mens der var 13% mellem 20 og 29 år og 3% over 60 år. Der var 13%, der ikke havde angivet deres alder. Der var 61% mænd og 39% kvinder i undersøgelsen.

Undersøgelsen blev gennemført som en Holistic by DMRI™-analyse. Forbrugerne blev præsenteret for ti pakker med koteletter og blev bedt om at vurdere udseendet ud fra, hvor godt følgende egenskaber passede til produktet: genkendelig, appetitlig, kedelig, naturlig, mærkelig, spændende, klistret samt 'Kan du forestille dig at købe dette produkt'. Skalaen, der gik fra 'slet ikke' til 'meget', var 15 cm med yderpunkter markeret 1 cm inde i hver ende af skalaen. Rækkefølgen af begreberne samt rækkefølgen af prøverne var randomiseret, idet købelyst dog altid blev evalueret sidst.

Koteletter med 3 mm fedt blev udskåret 2 cm tykke af den midterste del af kammen. I halvdelen af pakkerne blev to marinerede koteletter pakket, mens der i den anden halvdel af pakkerne blev pakket koteletter uden marinade og en klar pose med marinade ved siden af. Alle pakker blev pakket i modificeret atmosfære (70% ilt, 30% CO₂) og holdt kølet ved 5°C indtil brug (se figur 2). Undersøgelsen blev gennemført i foråret 2014.



Figur 2. Pakker med koteletter anvendt til forbrugerundersøgelse af udseende.

På baggrund af disse resultater blev der udvalgt tre marinader til de efterfølgende trin, oregano (oliebaseret), acerola (emulsionsbaseret) samt dijon (emulsionsbaseret). I den dijonbaserede marinade indgik såvel oregano, acerola som sumak, mens det kun var én af disse ingredienser, der indgik i de andre to marinader.

Analyse af anti-oxidativ effekt Den antioxidative effekt af de tre marinader, der blev udvalgt ud fra forbrugernes vurdering af udseende, blev analyseret ved to metoder: Oxygen consumption assay og Folin-Ciocalteu assay. Begge analyser blev gennemført på KU-Science og er beskrevet i specialerapporten (Engsig, 2014).

Forbrugertest hjemme (HUT) Forbrugerne blev rekrutteret i Tåstrup og omegn, dels gennem forbrugere, der deltog i den første undersøgelse, dels gennem netværk. Der deltog 76 familier med i alt 176 forbrugere, 95 mænd og 81 kvinder. Aldersfordelingen var fordelt med mellem 10% og 23% i 10-årsintervaller. Der var færrest mellem 20-29 år og flest mellem 50-59 år. Undersøgelsen blev gennemført over weekenden den 19.-23. juni 2014.

Fredag fik forbrugerne udleveret koteletter pakket med marinade ved siden og blev instrueret i at grille dem hjemme, som de normalt ville grille koteletter. Op til fire personer i hver familie kunne svare på et spørgeskema om, hvor godt de kunne lide koteletterne, opdelt på, hvor godt de kunne lide udseendet, hvor godt de kunne lide duften af den grillede kotelet, og hvor godt de kunne lide koteletten, når de spiste den. Endelig svarede de på, om de kunne forestille sig at spise en kotelet med denne marinade en anden gang. Skalaen gik fra 0 (meget dårlig/slet ikke) til 15 (meget god/helt sikkert) med et ankerpunkt med beskrivelse 1 cm inde fra hver side.

Mandag blev en kotelet af hver marinadetype indsamlet sammen med spørgeskemaet fra de 76 familier.

Kontrolleret tilberedning

Koteletter marineret i de tre marinader samt koteletter marineret i rapsolie og uden marinade blev tilberedt på henholdsvis åben grill, lukket grill og på pande. Grilltilberedning foregik under kontrollerede forhold hos Grilleriet®, mens pandetilberedning foregik på DMRI. Ved alle tre tilberedningsmetoder blev der tilberedt seks koteletter til 65°C og seks koteletter til 80°C. Ved grilltilberedning foregik dette ad to omgange, således at der på hver grill var tre koteletter tilberedt til hver centrumstemperatur. Temperaturen blev kontrolleret med et håndholdt termometer. Koteletterne blev vendt hvert andet minut.

Pandetilberedning foregik ved 180°C pandetemperatur. Koteletterne blev vendt hvert andet minut.

Analyse for HCA

Indholdet af HCA'erne MeIQx, DiMeIQx, PhiP, harman og norharman blev analyseret som beskrevet i dokumentet: 'Y:\Projects\P2002283_SAF 15 WP4 Sund tilberedning af svinekod\HCA analysemetode\Fremgangsmåde til HCA prøver august 2015.pdf'.

Databehandling

CLT-data blev analyseret med en PCA (standardiserede data) samt med en lineær model med marinade som fixed effekt og forbruger som tilfældig effekt.

HUT-data blev ligeledes analyseret med en PCA samt en lineær model med marinade som fixed effekt og forbruger som tilfældig effekt.

Indholdet af stegemutagener blev analyseret ved en variansanalyse af log(koncentrationen) med tilberedningsmetode, temperatur og marinade samt alle tre-faktorvekselvirkninger som fixed effekter. Efterfølgende blev der foretaget parvise sammenligninger efter Bonferroni justering for multiple sammenligninger. I tabeller og figurer er gennemsnit af de ikke-logtransformerede værdier angivet, mens de statistiske signifikanser angives for de logtransformerede værdier.

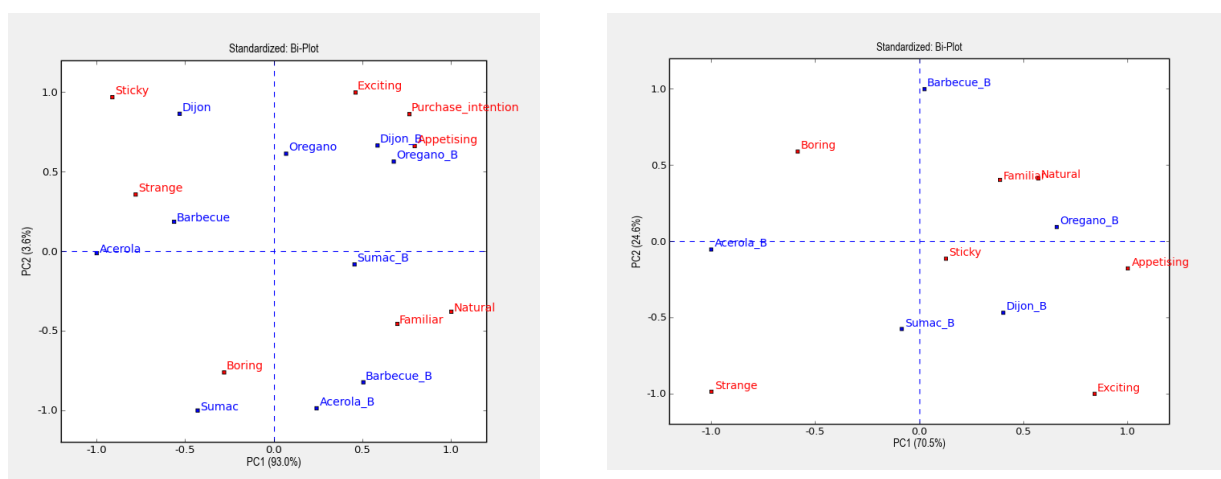
I de tilfælde, hvor forekomsten af en HCA var under kvantificeringsgrænsen (estimeret til 0,01 ng/g), men over detektionsgrænsen (sat som laveste standard 0,005 ng/g) blev indholdet sat til 0,0075 ng/g svarende til midt mellem de to grænser.

Resultater

Forbrugere –
CLT

Alle deltagere på nær 8% spiste grillet mad hver uge (62%) eller hver måned (30%) i grillsæsonen. Omkring halvdelen (49%) spiste marine-ret kød hver måned, 38% spiste det sjældnere, mens 13% svarede, at de spiste det hver uge.

Generelt kunne forbrugerne bedst lide, hvis marinaderne var pakket ved siden af koteletterne (venstre plot, figur 3). Den statistiske analyse blev derfor gentaget med kun de pakker, hvor marinaden var ved siden af koteletterne (højre plot, figur 3). Bedømmelserne fremgår endvidere af bilag 1.



Figur 3. PCA-plot af holistisk forbrugerundersøgelse af udseendet af koteletter marineret eller med marinaden placeret i en pose ved siden af (_b efter marinadenavnet). I venstre plot er alle prøverne, dvs. både færdigmarinerede og med marinaden i en pose ved siden af. I højre plot er kun de prøver, hvor marinaden lå i en pose ved siden af.

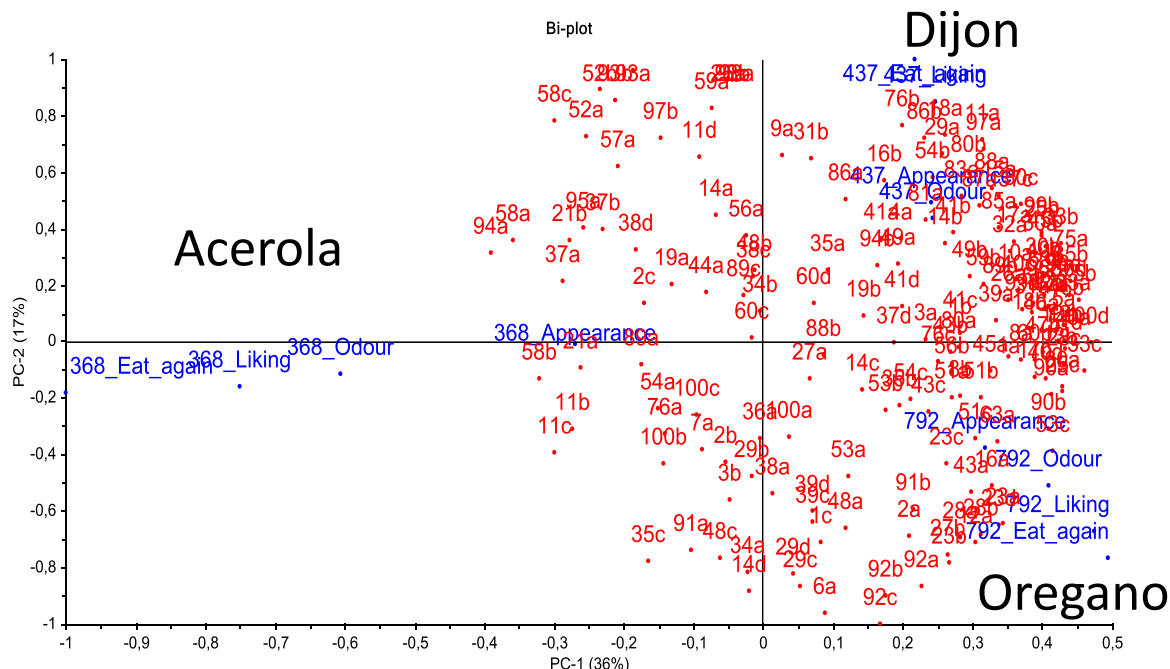
Blandt marinaderne i pose blev især dijon og oregano opfattet som appetitlige efterfulgt af barbecue og sumak. Barbecue blev endvidere opfattet som genkendelig og naturlig, men også lidt kedeligt modsat sumak, der var spændende og underlig. Acerola var kendetegnet ved at være mindre appetitlig og samtidig kedelig og underlig. En mindre procentdel af forbrugerne (15-20%) gav dog acerola en høj score på appetitlig. Den negative opfattelse af denne marinade var således ikke entydig, selv om den gennemsnitlige vurdering var lav. Da acerola samtidig havde en høj antioxidativ effekt, blev det valgt at fastholde denne marinade i de videre forsøg. Samtidig blev marinaden med oregano og dijon valgt til de videre forsøg, da de begge blev opfattet som mest appetitlige af forbrugerne.

Forbrugere – HUT – Godt halvdelen af deltagerne (52%) spiste grillmad hver uge, mens 42% spiste det hver måned. Kun 6% spiste det sjældnere. Hovedparten var således jævnlige grillere. Derimod var det kun 13%, der svarede, at de spiste marineret kød hver uge, mens 48% svarede, at de spiste det hver måned, og hele 39% svarede sjældnere. Der var 55%, der havde tilberedt kødet på åben grill, mens 45% havde tilberedt det på lukket grill. Kul var mest anvendt (71%), 28% grillede på gas og kun 1% på en elektrisk grill.

Tabel 3. Gennemsnitlig vurdering af koteletter med forskellig marinade ved en HUT

	Acerola	Dijon	Oregano	F product effect	p-value
Udseende af grillet kotelet	7,1 ^b ±2,3	8,1 ^a ±2,1	8,2 ^a ±2,2	21	<0,001
Lugt af grillet kotelet	6,5 ^b ±2,3	7,9 ^a ±2,1	8,0 ^a ±2,2	42	<0,001
Kan lide kotelet, når den spises	6,5 ^b ±2,4	7,9 ^a ±2,3	8,0 ^a ±2,4	31	<0,001
Vil spise igen	5,7 ^b ±3,0	7,6 ^a ±2,9	8,0 ^a ±3,0	42	<0,001

Som ved vurdering af udseende af den ferske kotelet har forbrugerne gennemsnitligt foretrukket koteletter marineret med dijon- eller oreganomarineraderne. Dette gælder for alle fire bedømte parametre (udseende, lugt, spisekvalitet og 'vil spise igen').



Figur 4. PCA af forbrugeres vurdering af koteletter marineret med acerola (prøve 368), dijon (prøve 437) og oregano (prøve 792). Det er bedømt, hvor godt de kan lide udseende (appearance), lugt (odour), spisekvalitet (liking) samt 'vil spise igen'. Forbrugerne er angivet med rødt. Tallet henviser til familie og bogstavet efter tallet til person inden for familie.

Selv om oregano- og dijonmarinaderne således overordnet set er de mest vellidte, er der dog, som det fremgår af figur 4, et mindre segment, der foretrækker koteletter marineret i acerolamarinaden (venstre del af plottet), om end flere af disse også vurderer enten dijon (øverste venstre del af plot) eller oregano (nederste venstre del af plot) positivt.

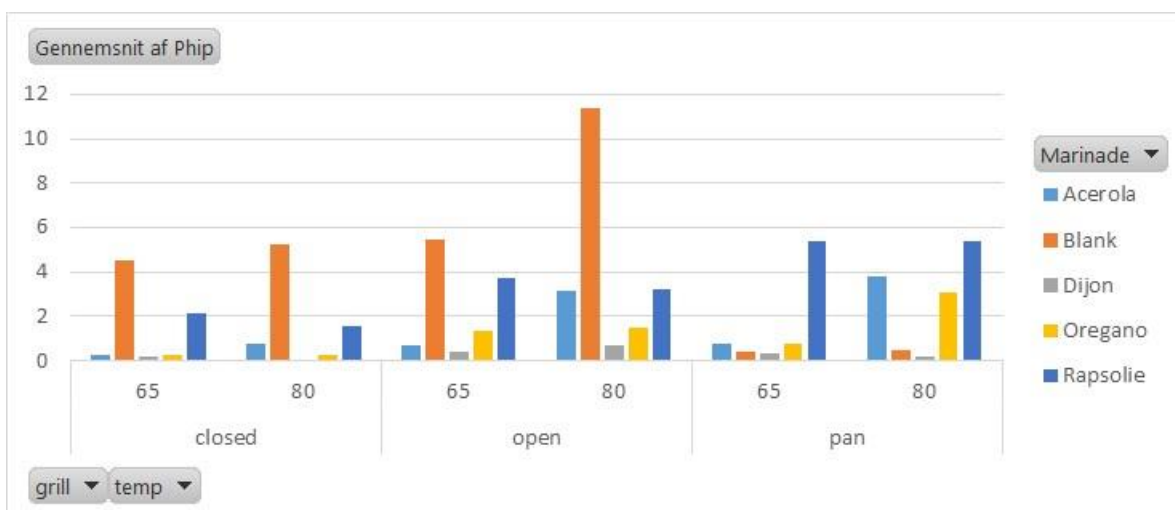
Forbrugerne leverede en kotelet tilbage af hver type marinade. Denne blev vurderet for, hvor gennemstegt den var ud fra en fotoskala af tilberedte koteletter. Størstedelen blev vurderet til at være stegt til 70°C (44%) eller mere (36%), mens kun 20% blev vurderet til at være stegt til 65°C eller lavere.

Dannelse af stegemutagener

Koteletter blev tilberedt ved en kontrolleret tilberedning på åben og lukket kulgrill samt på pande til henholdsvis 65°C og 80°C i centrum. Ud over de tre marinader blev der også tilberedt koteletter med rapsolie samt en blank som kontrol.

Der var signifikant vekselvirkning mellem marinade, tilberedningstype og tilberedningstemperatur for de målte HCA'er på nær MeIQx, hvor der i stedet var signifikant vekselvirkning mellem tilberedningstype og marinade. Det vil sige, at effekten af marinade afhang både af, hvilken centrumstemperatur koteletterne var tilberedt til, og hvilken tilberedningsmetode der var anvendt.

Indholdet af HCA'er fremgår af figur 5-9. De numeriske værdier er i bilag 2.



Figur 5. Indhold af PhiP (ng/g) i koteletter marineret i tre forskellige marinader, en blank samt en med rapsolie. Koteletterne er tilberedt i åben grill, lukket grill eller på pande til 65 og 80°C i centrum.

PhiP

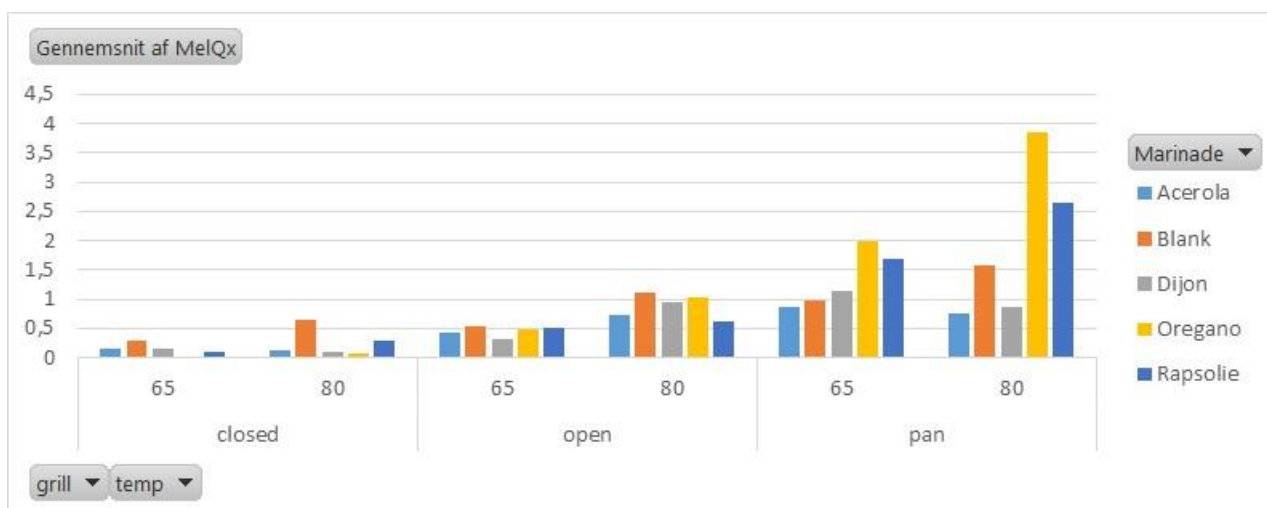
PhiP er en af de HCA'er, der ofte dannes i højeste koncentration i kød. Der var signifikant vekselvirkning mellem marinade og temperatur for alle tre tilberedningsmetoder.

PhiP findes i højeste koncentration i kontrolprøverne (blank) ved tilberedning på grill. Der var en signifikant reduktion ved marinering, uanset grilltype. Rapsolie reducerede også indholdet, men ikke lige så effektivt som marinaderne, og forskellen er ikke signifikant. Tilsætning af oregano til rapsolie havde således øget effekten ud over den rene rapsolie. Ved 80°C var acerolamarinaden ikke lige så effektiv som ved 65°C. Dvs. effekten af acerola aftog ved stigende temperaturer.

Ved pandetilberedning var det højeste indhold af PhiP i prøven med rapsolie efterfulgt af acerola og oregano ved 80°C centrumstemperatur. Kontrolprøven havde et lavt indhold af PhiP ved pandestegning i modsætning til grillstegning.

MeIQx

For MeIQx var der ikke vekselvirkning mellem tilberedningsmetode, marinade og temperatur for grill, hverken lukket eller åben.



Figur 6. Indhold af MeIQx (ng/g) i koteletter marineret i tre forskellige marinader, en blank samt en med rapsolie. Koteletterne er tilberedt i åben grill, lukket grill eller på pande til 65 og 80°C i centrum.

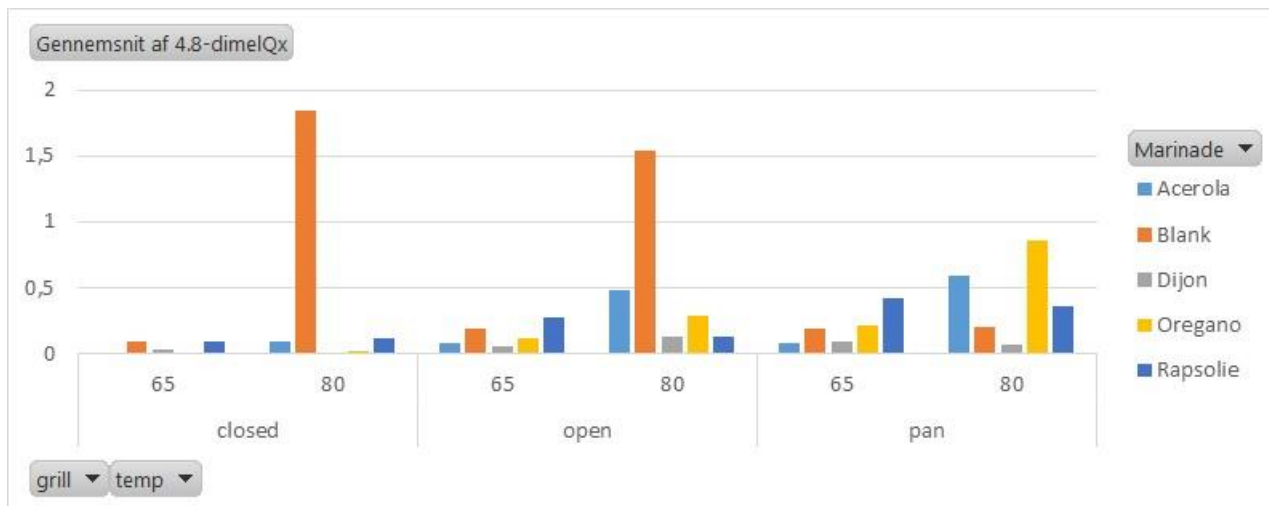
For lukket grill var der en reduktion af indholdet af MeIQx ved marinering i forhold til kontrolprøven (blank) uanset marinade, om end det kun var signifikant i oreganamarinade, hvor dannelsen var næsten fuldstændigt inhiberet. Ved åben grill var resultaterne mindre tydelige, og der var ikke signifikant forskel på nogen af prøverne. For pandetilberedning var der ikke forskel på indholdet i nogen af prøverne.

Uanset marinade og tilberedningstyper blev der dannet signifikant mere MeIQx ved 80°C end ved 65°C.

DiMeIQx

DiMeIQx er den HCA, der forekommer i laveste koncentration, og især ved 65°C er koncentrationerne lave, også i de blanke prøver. Når kødet blev grillet i lukket grill, reducerede marinaderne indholdet af DiMeIQx,

især ved den høje temperatur (80°C). Dijon og oregano var mest effektive, idet der kun blev dannet meget små mængder DiMeIQx ved disse marinader.



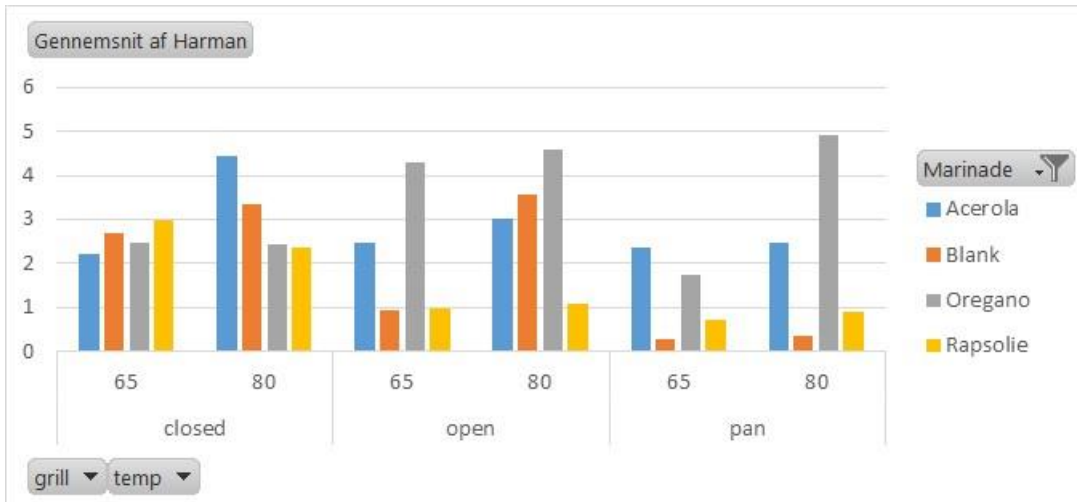
Figur 7. Indhold af DiMeIQx (ng/g) i koteletter marineret i tre forskellige marinader, en blank samt en med rapsolie. Koteletterne er tilberedt i åben grill, lukket grill eller på pande til 65 og 80°C i centrum.

Ved tilberedning i åben grill og på pande var der ikke forskel på indholdet af DiMeIQx mellem behandlinger på nær pandetilberedning ved 80°C, hvor der var et signifikant lavere indhold i dijonmarinerede koteletter.

Harman

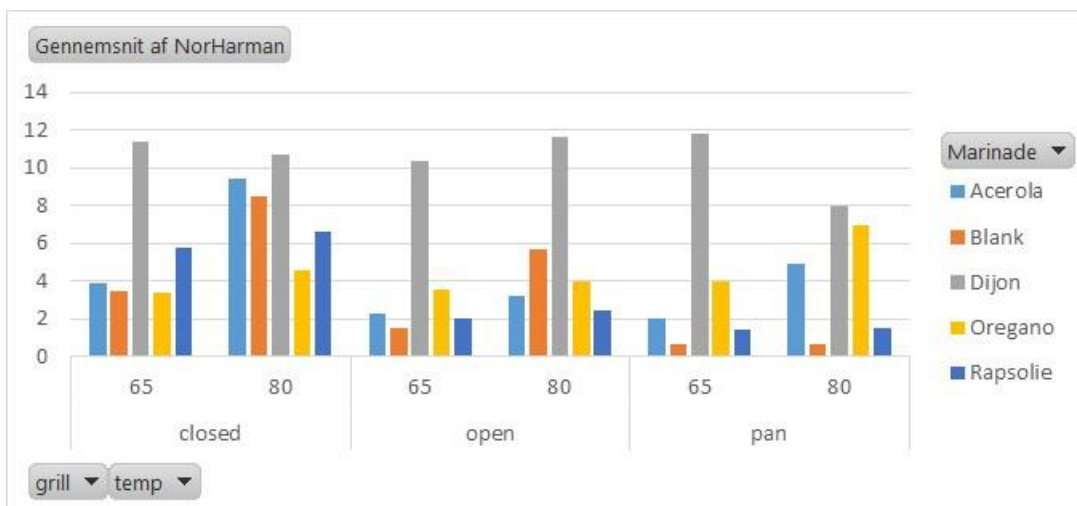
Der blev dannet meget store mængder harman ved marinering med dijonmarinade, op til 66 ng/g (se bilag 2). I figur 8 er dijonmarinade derfor fjernet fra figuren med harman for at kunne skelne de øvrige marinader fra hinanden.

Der var ingen tydelig reduktion i indholdet af harman ved marinering uanset tilberedning. Tværtimod havde kontrolprøven et lavere indhold end de marinerede prøver i de tilfælde, hvor der var en signifikant effekt. Det vides ikke, hvorfor dette var tilfældet.



Figur 8. Indhold af harman (ng/g) i koteletter marineret i to forskellige marinader, en blank samt en med rapsolie. Koteletter marineret i dijonmarinade er udeladt, da indholdet var meget højt i forhold til de øvrige koteletter (se bilag 2). Koteletterne er tilberedt i åben grill, lukket grill eller på pande til 65 og 80°C i centrum.

Norharman Som ved harman var der et højt indhold af norharman ved marinering med dijonmarinade, dog ikke signifikant forskelligt fra acerola og rapsolie ved 80°C i lukket grill. I forhold til kontrolprøven var der en reduktion ved marinering, men kun ved grilning i åben grill til 80°C. Ved pandetilberedning var indholdet af norharman derimod lavest i kontrolprøven uanset centrumstemperatur.



Figur 9. Indhold af norharman (ng/g) i koteletter marineret i tre forskellige marinader, en blank samt en med rapsolie. Koteletterne er tilberedt i åben grill, lukket grill eller på pande til 65 og 80°C i centrum.

Diskussion

Forbrugerne var generelt mest positive over for koteletter, hvor marinaden blev præsenteret i en pose ved siden af koteletterne frem for koteletter, der var færdigmarinerede. Bedømmelsen blev foretaget af forbrugere fra området omkring Tåstrup, og det kan ikke afvises, at resultaterne ville have været anderledes i andre landsdele.

Når forbrugerne tilberedte og smagte koteletterne selv, var der en klar præference for dijon- og oreganomarinaderne, mens kun få kunne lide acerolamarinaden. For begge de to marinader var den gennemsnitlige liking i den positive ende af skalaen, dvs. forbrugerne kunne generelt lide dem. På baggrund af forbrugerundersøgelserne kan det konkluderes, at såvel dijon- som oreganomarinaden har en høj gastronomisk værdi.

En vurderingen af graden af gennemstegthed blandt de tilbageleverede koteletter viste, at de fleste forbrugere havde stegt koteletterne til 70°C eller mere i centrum. Man kan derfor forvente, at indholdet af stegemutagener i forbrugernes koteletter har været intermediært mellem prøverne stegt til 80°C og kontrolprøverne stegt til 65°C ved den kontrollerede tilberedning.

Der blev analyseret for tre HCA'er med mutagene egenskaber (PhiP, MeIQx og DiMeIQx) samt to co-mutagener (harman og norharman) dvs. stoffer, der ikke i sig selv er mutagene, men som kan øge andre HCA'ers mutagenicitet. I litteraturen er det ofte disse fem stoffer, der rapporteres, ligesom de tre mutagene HCA'er i en epidemiologisk undersøgelse har vist en statistisk association med forekomsten af colon-rectal cancer (Miller et al., 2013).

Marinering har reduceret forekomst af HCA'er ved grilning i forhold til koteletter uden marinade. Oregano- og dijonmarinaden har generelt været mest effektive til at reducere dannelsen for alle tre mutagene HCA'er.

For alle tre HCA'er blev der dannet mere ved 80°C centrumstemperatur end ved 65°C centrumstemperatur. Acerolamarinadens evne til at reducere dannelse af de tre HCA'er var reduceret ved den høje centrumstemperatur, mens både dijon- og oreganomarinaderne var effektive ved begge temperaturer.

Der var derimod ikke entydige resultater af marinering for co-mutagene harman og norharman. Dijonmarinaden gav meget høje koncentrationer, mens resultaterne for de øvrige marinader var afhængig af de øvrige forsøgsbetingelser.

Pandetilberedning adskiller sig fra grillresultaterne ved ikke at vise et konsistent billede af marinadernes effekt. Der kan således ikke konkluderes generelt ud fra dette forsøg om effekten af marinering på dannelse af stegemutagener ved pandetilberedning.

Rapsolie viste sig i sig selv at kunne reducere dannelse af de tre mutagene HCA'er. Som den eneste marinade er oreganomarinaden baseret på rapsolie. Afhængig af forsøgsbetingelserne er indholdet af HCA'erne i koteletter marineret med oreganomarinade lavere end i koteletter marineret med rapsolie, hvorfor der har været en yderligere positiv effekt af at marinere med oregano frem for kun at anvende rapsolie.

At dijonmarinaden danner høje koncentrationer af harman og norharman, og at acerolamarinaden ikke er effektiv ved høje centrumstemperaturer viser, at det ikke er muligt alene ud fra viden om de tre ingrediensers antioxidative aktivitet at prædiktere deres hæmmende effekt på HCA-dannelse. Dette kan skyldes, at dannelse er en kompliceret kemisk proces, der ikke er forstået fuldt ud.

Konklusion

Der er udviklet marinader, hvoraf marinaderne baseret på oregano og dijon især har været positivt vurderet af forbrugerne. Marinaderne har generelt reduceret forekomsten af de tre mutagene HCA'er, mens resultaterne for de to comutagene HCA'er er mere varierende. Dijonmarinaden medfører dog høje koncentrationer af harman og norharman. Det kan derfor konkluderes, at især den oreganobaserede marinade er potentielt interessant i det videre arbejde med marinader til grillstegning.

Referencer

Engsig, L.G. 2014. Development and evaluation of palatable grill marinades with antioxidant capacity. Master Thesis. University of Copenhagen, Faculty of Science.

Miller, P., Lazarus, P., Lesko, S., Cross, A., Sinha, R., Laio, J. et al. (2013). Meat-related compounds and colorectal cancer risk by anatomical subsite. *Nutrition and Cancer*, 65, 202-226.

Bilag 1.

Holistisk vurdering af udseende af koteletter i pakke. Et _B efter marinadens navn angiver, at marinaden var pakket ved siden af koteletterne, i modsætning til at koteletterne var formarinerede.

	Acerola	Ace- rola_B	Barbe- cue	Barbe- cue_B	Dijon	Dijon_B	Oregano	Ore- gano_B	Sumac	Su- mac_B	F pro- duct ef- fect	p-value
n	108	109	109	108	109	109	109	108	108	109		
Naturlig	3,4 ^d ±2,0	7,0 ^a ±2,2	4,2 ^c ±2,1	7,5 ^a ±2,1	4,2 ^c ±2,3	7,6 ^a ±1,9	5,4 ^b ±2,4	7,8 ^a ±1,7	4,2 ^c ±2,3	7,4 ^a ±2,0	102	<0,001
Genkendelig	5,1 ^c ±2,5	7,3 ^a ±2,4	5,6 ^{bc} ±2,4	7,8 ^a ±2,2	5,7 ^{bc} ±2,5	7,7 ^a ±2,2	6,2 ^b ±2,5	7,9 ^a ±2,1	5,8 ^{bc} ±2,3	7,6 ^a ±2,0	3	<0,001
Klistret	8,1 ^a ±2,1	3,2 ^d ±2,3	6,9 ^b ±2,5	3,1 ^d ±2,3	6,9 ^b ±2,5	3,0 ^d ±2,1	3,9 ^d ±2,5	3,1 ^d ±2,1	4,9 ^c ±2,7	2,9 ^d ±2,1	95	<0,001
Underlig	6,4 ^a ±2,5	3,8 ^{ed} ±2,6	5,3 ^{bc} ±2,6	2,6 ^f ±2,1	5,7 ^{ab} ±2,8	2,8 ^{ef} ±1,9	4,4 ^{cd} ±2,6	2,4 ^f ±1,7	4,9 ^{bc} ±2,9	3,3 ^{ef} ±2,2	42	<0,001
Spændende	3,7 ^d ±2,1	5,2 ^{bc} ±2,3	4,3 ^{cd} ±2,2	5,1 ^{bc} ±2,4	4,8 ^{bc} ±2,6	6,3 ^a ±1,9	5,6 ^{ab} ±2,3	6,3 ^a ±2,3	4,4 ^{cd} ±2,3	5,9 ^{ab} ±2,2	18	<0,001
Kedelig	5,4 ^a ±2,4	4,9 ^{ab} ±2,5	5,1 ^a ±2,5	4,5 ^{ab} ±2,4	5,2 ^a ±2,9	3,9 ^b ±2,2	4,5 ^{ab} ±2,5	3,8 ^b ±2,0	5,5 ^a ±2,7	4,0 ^b ±2,3	8	<0,001
Appetitlig	3,3 ^e ±2,0	5,9 ^{bc} ±2,7	4,3 ^d ±2,2	6,7 ^{ab} ±2,3	4,5 ^d ±2,5	7,2 ^a ±1,8	5,7 ^c ±2,6	7,3 ^a ±2,0	4,1 ^{de} ±2,3	6,7 ^{ab} ±2,2	49	<0,001
Vil købe	3,2 ^g ±2,4	5,4 ^{de} ±2,8	4,2 ^f ±2,5	6,6 ^{abc} ±2,7	4,6 ^{ef} ±2,8	7,1 ^{ab} ±2,3	5,9 ^{cd} ±2,8	7,4 ^a ±2,2	4,2 ^f ±2,7	6,4 ^{bc} ±2,5	44	<0,001

Bilag 2.

Indhold af HCA i koteletter afhængig af marinade (ng/g) (n=6). Forskellige bogstaver angiver signifikante forskelle mellem marinader inden for samme tilberedning.

MeIQx		Acerola	Dijon	Oregano	Rapeseed Oil	Blank
Lukket	65	0.08 ^{ab} (0,10)	0.14 ^a (0,10)	0.02 ^b (0,02)	0.11 ^{ab} (0,10)	0.29 ^a (0,14)
	80	0.13 ^{ab} (0,06)	0.10 ^{ab} (0,03)	0.06 ^b (0,07)	0.29 ^a (0,06)	0.65 ^a (0,25)
Åben	65	0.44 ^a (0,08)	0.32 ^a (0,13)	0.47 ^a (0,20)	0.51 ^a (0,20)	0.53 ^a (0,24)
	80	0.73 ^a (0,47)	0.95 ^a (0,31)	1.03 ^a (0,74)	0.60 ^a (0,08)	1.11 ^a (0,40)
Pande	65	0,87 ^a (0,44)	1,14 ^a (0,41)	2,00 ^a (0,32)	1,70 ^a (0,72)	0,96 ^a (0,56)
	80	0,76 ^a (0,28)	0,86 ^a (0,21)	3,85 ^a (1,40)	2,72 ^a (0,54)	1,68 ^a (0,65)
DiMeIQx		Acerola	Dijon	Oregano	Rapeseed Oil	Blank
Lukket	65	0.00 ^{c1}	0.03 ^b (0,04)	0.00 ^{c1}	0.09 ^{ab} (0,07)	0.09 ^a (0,09)
	80	0.09 ^b (0,04)	0.00 ^{c1}	0.02 ^c (0,03)	0.11 ^{ab} (0,03)	1.55 ^a (2,28)
Åben	65	0.06 ^a (0,07)	0.05 ^a (0,07)	0.11 ^a (0,08)	0.27 ^a (0,10)	0.19 ^a (0,07)
	80	0.49 ^a (0,49)	0.13 ^a (0,03)	0.28 ^a (0,18)	0.13 ^a (0,04)	1.54 ^a (1,61)
Pande	65	0,09 ^a (0,06)	0,09 ^a (0,07)	0,21 ^a (0,7)	0,42 ^a (0,18)	0,18 ^a (0,10)
	80	0,60 ^a (0,54)	0,06 ^b (0,05)	0,86 ^a (0,45)	0,38 ^a (0,14)	0,21 ^{ab} (0,12)
PhiP		Acerola	Dijon	Oregano	Rapeseed Oil	Blank
Lukket	65	0.25 ^b (0,15)	0.20 ^b (0,11)	0.23 ^b (0,19)	2.17 ^a (0,10)	4.50 ^a (1,02)
	80	0.73 ^{bc} (0,23)	0.04 ^d (0,04)	0.23 ^c (0,16)	1.57 ^{ab} (0,06)	5.22 ^a (1,57)
Åben	65	0.66 ^b (0,27)	0.42 ^b (0,26)	1.37 ^{ab} (0,89)	3.69 ^a (0,20)	5.43 ^a (2,69)
	80	3.11 ^b (5,36)	0.72 ^b (0,19)	1.52 ^b (1,08)	3.23 ^{ab} (0,08)	11.35 ^a (3,41)
Pande	65	0,76 ^b (0,31)	0,33 ^b (0,22)	0,73 ^b (0,17)	5,36 ^a (2,14)	0,39 ^b (0,35)
	80	3,78 ^a (3,56)	0,19 ^b (0,11)	3,04 ^a (1,01)	6,20 ^a (3,00)	0,49 ^b (0,24)
Harman		Acerola	Dijon	Oregano	Rapeseed Oil	Blank
Lukket	65	1.92 ^b (0,43)	32.01 ^a (8,67)	2.47 ^b (0,20)	2.97 ^b (1,11)	2.70 ^b (0,92)
	80	4.43 ^b (0,66)	27.57 ^a (5,47)	2.43 ^b (0,40)	2.34 ^b (0,41)	3.35 ^b (1,39)
Åben	65	2.74 ^b (0,88)	49.58 ^a (15,21)	4.30 ^b (2,73)	0.98 ^c (0,20)	0.93 ^c (0,48)
	80	3.02 ^b (1,16)	66.57 ^a (14,77)	4.59 ^b (2,55)	1.09 ^b (0,22)	3.55 ^b (1,66)
Pande	65	2,36 ^b (0,53)	39,48 ^a (17,40)	1,73 ^b (0,69)	0,72 ^c (0,12)	0,27 ^d (0,11)
	80	2,48 ^b (1,02)	26,99 ^a (8,17)	4,92 ^b (1,31)	0,97 ^c (0,26)	0,36 ^d (0,10)
Norharman		Acerola	Dijon	Oregano	Rapeseed Oil	Blank
Lukket	65	4.02 ^b (1,26)	11.39 ^a (2,83)	3.35 ^b (0,37)	5.76 ^{ab} (2,49)	3.44 ^b (1,14)
	80	9.42 ^{ab} (1,63)	10.67 ^a (2,49)	4.52 ^b (0,70)	6.60 ^{ab} (1,61)	8.46 ^{ab} (8,16)
Åben	65	2.41 ^b (0,46)	10.38 ^a (3,23)	3.52 ^b (1,90)	1.97 ^b (0,19)	1.51 ^b (0,43)
	80	3.17 ^c (1,76)	11.62 ^a (1,71)	3.96 ^{bc} (1,51)	2.43 ^c (0,58)	5.66 ^b (2,50)
Pande	65	1,97 ^{bc} (0,49)	11,81 ^a (4,31)	3,93 ^b (1,15)	1,39 ^c (0,28)	0,62 ^d (0,21)
	80	4,86 ^a (3,12)	7,94 ^a (1,97)	6,99 ^a (1,61)	1,64 ^b (0,25)	0,69 ^c (0,22)