

Kvantitativ og kvalitativ analyse for aromastoffer i æbler og æbleprodukter

Quantitative and qualitative aroma analysis of apples and apple products

K. Kaack

Resumé

Der er beskrevet en gaskromatografisk metode til analyse for aromastoffer i æbler og æbleprodukter.

De flygtige aromastoffer adskilles først fra de øvrige stoffer ved en vakuumdestillation. Dernæst foretages en gaskromatografisk head space analyse, hvorved der sker en adskillelse af aromastofferne og kvantitativ måling ved brug af en teknik med intern standard. Aromastoffernes lugt beskrives ved duftanalyse.

Aromastofferne identificeres ved tilsætning af kendte stoffer. Ved beregning af retentionstider benyttes en korrektionsmetode, der er kendt fra papir- og tyndtlagskromatografi.

Hele analysemetodens anvendelighed vises ved nogle eksempler, hvoraf det fremgår, at metoden kan anvendes til undersøgelse af aromastofændringer i æbler under modning, lagring og forarbejdning.

Nøgleord: Æble, aromaanalyse

Summary

A gas chromatographic method for head space analysis of apples and apple products is described. After distillation the aroma substances is analysed quantitatively by use of an internal standard. The content of aroma substances are also evaluated by sniff analysis.

The aroma substances are identified by their retention times, which are corrected by a method known from paper and thin layer chromatography.

The usefulness of the method is shown in some examples from which it can be concluded that it is possible to analyse for changes in content of aroma substances during growth, storage, or processing of apples.

Key words: Apple, aroma analysis

Indledning

Æblets karakteristiske smag skyldes tilstedeværelse af såvel smags- som aromastoffer. De vigtigste smagsstoffer er æblesyre, sucrose, glukose og fruktose. Den smagsmæssige betydning af de 150-200 aromastoffer, som er fundet i æbler, kendes kun i meget ringe grad, men det er vist (Flath

et al. 1967), at hexanal, ethyl-2-methylbutyrat og t-hexenal er de vigtigste.

Formålet med denne beretning er at redegøre for, hvorledes det ved brug af kvantitative og kvalitative analysemetoder er muligt at bestemme de ændringer i aromastofindhold, der sker under lagring og forarbejdning af æbler.

Materialer og metoder

Prøveudtagning

Til analyseerne blev i alle tilfælde anvendt veludviklede æbler med diameter på over 60 mm. For hver analyse blev der ved tilfældigt valg udtaget 2,5 kg æbler af en portion på 25 kg. De udtagne æbler blev skåret i kvarte stykker, som kunne tilføres en saftcentrifuge (AEG), hvori der momentant skete en sønderdeling og en adskillelse af pulp og saft. Af den fremstillede saft blev afvejet en prøve på 375 g, som efter tilsætning af 100 g NaCl p.a. blev anvendt til destillation.

Vakuumdestillation

Til vakuumdestillation ved 40°C blev anvendt en rotationsfordamper (Büchi Rotavapor) med vandkøling af kondenseren (12°C). Forlaget var nedsænket i methanol ved +15°C og destillationskolben i et vandbad ved 60°C.

Ved afdestillation af 45 g blev, som det senere vises, afdampet 95–100% af de fleste aromastoffer.

Analyse af æblemost blev foretaget på samme måde som beskrevet ovenfor ved analyse af råsaft.

Head-space teknik og gaskromatografi

Af destillatet blev udtaget 20 ml, som blev overført til en 250 ml vaskeflaske indeholdende 5 g Na₂SO₄, 10 H₂O. Vaskeflasken blev anbragt natten over i et vandbad ved 40°C (se figur 1).

Ved udtagning af aromastofprøve blev vaskeflasken forbundet til et reservoir med 40°C varmt vand og med en metalforkolonne, der havde et volumen på 1 ml. Ved tilførsel af vand fra reservoiret steg væskestanden i vaskeflasken, og der blev uddrevet et bestemt volumen (228 ml) head-space til forkolonnen, hvor aromastofferne kondenserede (±196°C). Opsamlingen af head-space skete i løbet af ca. 2 minutter ved en jævn tilførsel af vand.

Forkolonnen blev derpå, som vist i figur 2, anbragt i forbindelse med en gasprøveventil, der var i forbindelse med separationskolonnen i gaskromatografen.

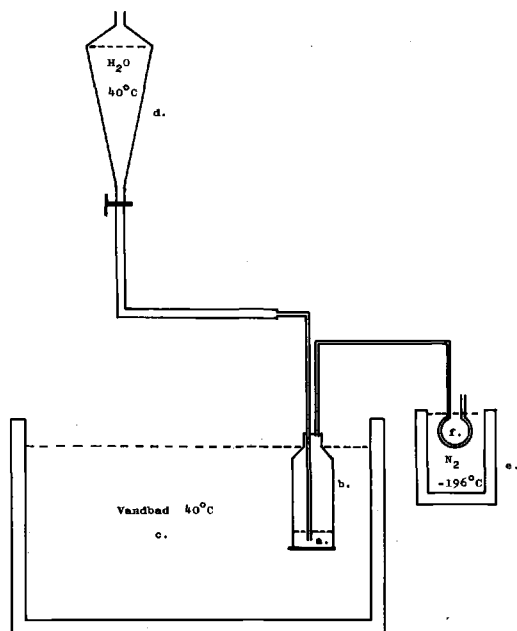


Fig. 1. Skematisk tegning af udstyr til opsamling af head-space a = aromadestillat, b = 250 ml vaskeflaske, c = vandbad, d = fortrængningsvand, e = dewar med flydende N₂, f = 1 ml forkolonne.

(Sampling of head-space for aromaanalysis a = aromadistillate, b = 250 ml washing bottle, c = water bath, d = reservoir with water, e = reservoir with N₂ (-196°C), f = column (1 ml).)

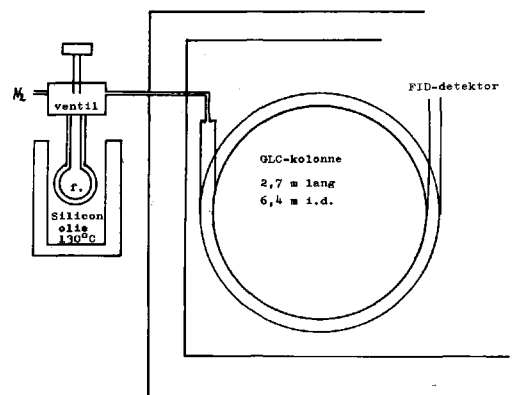


Fig. 2. Skematisk tegning, der viser, hvorledes aroma-prøven overføres til separationskolonnen i gaskromatografen.

(Injection of aroma samples to the gas chromatograph).

Ved neddykning af forkolonnen i 130°C varm siliconolie blev prøven opvarmet i 2 minutter. Ved åbning af ventilen blev prøven overført til separationskolonnen.

Der blev i alle tilfælde udført 2 parallelbestemmelser, således at der kunne beregnes gennemsnit for hver prøveudtagning af alle forsøgsled. I tabel 1 findes en oversigt over det benyttede udstyr og angivelser for indstillingen af dette.

Identifikation af aromastoffer

Der blev foretaget analyser på blandinger af syntetiske aromastoffer opløst i dichlormethan, som blev injiceret (1 μ l) direkte i gaskromatografen. Desuden blev der udført head-space analyser på aromadestillater, hvor der var tilsat syntetiske aromastoffer.

Retentionstiderne blev korrigeret efter en metode, der er beskrevet af Galanos & Kapoulas

Tabel 1. Gaskromatografisk udstyr og indstilling af dette.
(Gas Chromatographic equipment and details concerning the analysis)

Gaskromatograf med FID (gas chromatograph with FID)	Pye-Unicam, model 64
Integrator (integrator)	Hewlett Packard 3370 B
Recorder (1 mV) (recorder)	Phillips PM 8100
Kolonne (column)	glas, 2,7 m lang, 6,4 mm i.d.
Kolonnemateriale (column material)	UCON L.B-550-x diatomit C
Injektionstemperatur (injection temperature)	130°C
Detektor (detector)	F.I.D. ved 250°C
Kolonnetemperatur (column temperature)	10 min. v. 20°C, derpå 1°C min. ⁻¹ til 125°C og konstant til 180 min.
Bæregasstrøm (Nitrogen)	25 ml min. ⁻¹
Brint (hydrogen)	25 ml min. ⁻¹
Luft (air)	250 ml min. ⁻¹
Attenuator (attenuator)	20 · 10 ²
Toprepræsentation (top representation)	10
Resorderhastighed (resorder velocity)	2,5 mm min. ⁻¹

(1964) og Dhont et al. (1970). Metoden er hidtil blevet benyttet til korrektion af R_r-værdier fra papir- og tyndlagskromatografi.

Ved korrektionen, der er baseret på anvendelse af to referencestoffer (x og y), benyttes følgende udtryk:

$$R_c = aR + b$$

hvor R og R_c er henholdsvis den fundne og korrigerede retentionstid. Konstanterne a og b er defineret ved følgende udtryk:

$$a = \frac{R^{\circ}(x) - R^{\circ}(y)}{R(x) - R(y)}$$

$$b = R^{\circ}(x) - aR(x)$$

R₀ betegner retentionstiden i et valgt referencetekromatogram og R står for retentionstiden i det enkelte kromatogram. R_c(x) og R₀(x) er altså den samme i referencetekromatogrammet.

Da 1-butanol og t-hexenal findes i æbler, og da de elueres med passende retentionstider, blev de anvendt ved samtlige korrektioner af retentionstider.

Kvantitativ analyse

Til kvantitativ analyse anvendtes standardkurver, der blev udarbejdet for hvert stof med 2-methyl-1-butanol, som intern standard.

Kvalitativ analyse

For at få et indtryk af aromastoffernes sensoriske betydning blev udført en duftanalyse. Til dette formål var separationskolonnen forlænget med et tyndt metalrør (1/16"), der førte udenfor kolonneovnen. Derved blev det muligt at lugte til stofferne efterhånden som de blev elueret fra kolonnen. Duftanalysen blev udført af 3 personer, som ved diskussion fandt frem til ganske almindelige ord, som dækker aromastoffernes duft.

Statistiske metoder

Ved behandlingen af analyseresultaterne blev anvendt regressionsanalyse, variansanalyse og korrelationsanalyse. Disse metoder er beskrevet i den almindelige lærebogslitteratur om statistiske metoder (*Harsaae* 1966, *Kendall & Stuart* 1967-69, *Sandvad* 1970). Ved vurderingen af analyseresultaterne er der i alle tilfælde anvendt et signifikansniveau på 95 pct.

Æblemostfremstilling

Der blev anvendt tre metoder til æblemostfremstilling. Disse metoder, som er beskrevet af *Martinsson* (1975), bestod i princippet af følgende:

<i>Proces 1</i>	<i>Proces 2</i>
Formaling	Formaling
Varmedepektiniseri- ng 2 timer ved 54°C	Presning Depektiniseri- ng i 2 timer ved 54°C
Pasteurisering	Pasteurisering
<i>Proces 3</i>	
Formaling	
Presning	
Depektiniseri- ng i 8 timer ved 18°C	
Pasteurisering	

Resultater

Vakuumdestillation

Der blev udført et forsøg med bestemmelse af aromastof-koncentration i destillater fremstillet ved afdestillation af stigende mængder væske fra

saftprøverne. Aromastofkoncentrationen (c), der blev bestemt ved gaskromatografi, kan udtrykkes som en potensfunktion af den afdestillerede væskemængde (x),

$$c = be^{-\alpha x} \quad 1)$$

$$\ln(c) = \ln(b) - \alpha x \quad 2)$$

Idet α og b er konstanter, kan aromastofmængden (A) i alle destillater bestemmes ved integration,

$$A = \int_0^x be^{-\alpha x} dx \quad 3)$$

$$A = \frac{b}{\alpha} (1 - e^{-\alpha x}) \quad 4)$$

For $\alpha \rightarrow \infty$, svarende til fuldstændig væskeaf-dampning, findes

$$A = \frac{b}{\alpha} \quad 5)$$

Tabel 2. Resultater fra bestemmelse af afdampningsforløb for aromastoffer (α = regressionskoefficient, b = konstant, r = korrelationskoefficient)

(Results from determination of distillation curves for aroma substances (α = regression coefficient, b = constant, r = correlation coefficient))

Stof nr.	α	$\ln b$	r	A (10%)
1	.0373	13.8	-.983	97.6
2	.0075	13.5	-.630	52.7
3	.0482	10.2	-.951	99.2
4	.0388	11.0	-.902	97.9
5	.0145	14.2	-.936	76.5
6	.0093	12.8	-.842	60.6
7	.0134	14.7	-.871	73.8
8	.0397	12.0	-.901	98.1
9	.0345	12.0	-.983	96.8
10	.0289	11.5	-.961	94.4
11	.0381	15.0	-.952	97.8
12	.0340	15.2	-.951	96.7
13	.0227	15.0	-.938	89.6
14	.0535	14.5	-.997	99.5
15	.0394	14.8	-.947	98.1
16	.0264	11.2	-.929	92.8
17	.0384	12.8	-.955	97.8
18	.0284	15.2	-.947	94.1
19	.0360	13.2	-.968	97.3

Den procentdel af et aromastof, som er afdestilleret med en given væskemængde findes at være,

$$A\% = (1 - e^{-\alpha x}) 100 \quad (6)$$

I tabel 2 er vist et eksempel på, hvorledes der ved 10% væskeafdampning er afdestilleret over 90% af de fleste aromastoffer.

Ved brug af værdier i tabel 2 og udtrykket i 2) kan afdampningskurven for de enkelte stoffer konstrueres.

Identifikation af aromastoffer

I tabel 3 findes resultater fra beregning af middeltal for ukorrigerede og korrigerede retentionstider. Det ses, at der ved korrektion af retentionstiderne opnås en mindre spredning og dermed en nøjagtigere bestemmelse af disse.

Tabel 3. Middeltal (\bar{x}) og spredning (s) for retentionstider i minutter før og uden korrektion.

(Retention times in minutes (\bar{x}) and standard deviation (s) before and after correction)

	før korr.		efter korr.	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
ethylacetat	25,6	1,8	28,8	0,5
propanol	44,3	2,1	46,5	0,3
2-methyl-2-butanol	47,3	1,6	49,3	0,2
i-butanol	56,7	1,4	58,2	0,0
hexenal	62,5	1,1	63,7	0,1
ethyl-2-methylbutyrat	67,7	0,6	68,8	0,0
amylacetat	76,0	1,0	76,6	0,3
t-hexenal	79,2	0,9	79,5	0,0
amylalkohol	83,7	0,8	83,7	0,4

Af tabel 4 ses, at retentionstiderne var de samme uanset om der blev benyttet injektion af aromastoffer opløst i dichlormethan eller om stofferne blev tilsat aromadestillater og derpå bestemt ved head-space analyse.

I figur 3 er vist et typisk kromatogram, hvor navnene på de vigtigste aromastoffer er skrevet umiddelbart op ad den top, hvori de elueres fra gaskromatografikolonnen. Der er ialt 26 godt ad-

Tabel 4. Korrigerede retentionstider for syntetiske aromastoffer, der var opløst i CH_2Cl_2 eller tilsat destillater.

(Retention time for synthetical aroma substances in solution (CH_2Cl_2) and in aroma distillates)

Stof	Opløst i CH_2Cl_2 min.	Tilsat destillat min.
ethylacetat	29,4	27,8
propanol	46,5	47,1
2-methyl-2-butanol	49,3	49,0
methylbutyrat	-	49,0
i-butanol	58,2	58,2
1-butanol	63,1	-
capronaldehyd	63,3	63,1
butylacetat	-	65,3
ethyl-2-methylbutyrat	68,6	68,3
amylacetat	76,5	76,8
2-methyl-1-butanol	-	78,2
ethylvalerat	78,1	-
propylbutyrat	-	78,8
t-hexenal	79,5	79,5
amylalkohol	83,7	-
pentylacetat	-	86,8
butylbutyrat	-	97,4
hexanol	101,8	100,8
hexylacetat	-	100,7
hexyl-2-methylbutyrat	133,21	-
hexyl-butyrat	-	134,64

skilte toppe, hvoraf methanol, diacetyl, hexenal (capronaldehyd), ethyl-2-methylbutyrat og t-hexenal udgør den største mængde.

Kvantitativ analyse

I tabel 5 findes funktionsværdier til bestemmelse af aromastofkoncentrationen (c) ved benyttelse af følgende udtryk, hvor x er top-arealet og α regressionskoefficienten,

$$c = \alpha \cdot x + b \quad (7)$$

Nøjagtigheden for disse bestemmelser fremgår i nogen grad af de anførte korrelationskoefficienter (r).

For de vigtigste aromastoffer blev fundet variationskoefficienter af en størrelsesorden på 1,3-10,0 pct.

$$\left(\frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\right)$$

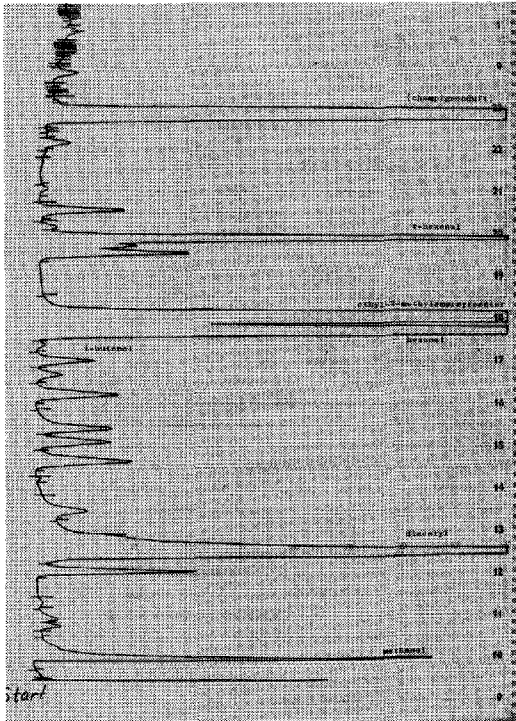


Fig. 3. Typisk gaskromatogram fra GLC analyse. (Typical chromatogram from GLC analysis).

Kvalitativ analyse

I tabel 6 findes resultater fra duftanalyse ved gaskromatografi af aromastoffer fra »Cox's Orange«. Af resultaterne ses, at det især er capronaldehyd, ethyl-2-methylbutyrat, butylacetat og t-hexenal, som bidrager til den egentlige æblearoma.

Eksempler på anvendelse af metoden

I tabel 7 findes resultater fra analyse for indhold af nogle aromastoffer i 4 æblesorter, der var lagret i 4 måneder. For hvert stof blev udført ensidig variansanalyse for at afgøre, om der var signifikant forskel på indholdet af aromastofferne i disse 4 æblesorter. Af tabellen ses, at der undtagen for capronaldehyd blev fundet signifikant forskel på indholdet af aromastoffer i de forskellige sorter.

Indholdet af tre stoffer med alkoholduft og et med champignonaroma er større i 'Golden Deli-

Tabel 5. Funktionsværdier til standardkurver (α = regressionskoefficient, b = konstant, r = korrelationskoefficient)

(Values to construction of standard curves (α = regression coefficient, b = constant, r = correlation coefficient))

Stof	α	b	r
Propanol	21,85	-0,07	0,995
i-butanol	8,71	-0,23	0,998
1-butanol	11,61	-0,46	0,992
2-methyl-1-butanol	5,28	-0,32	0,992
1-pentanol	6,32	-0,44	0,986
ethylbutyrat	1,21	0,14	0,993
butylacetat	1,07	0,20	0,997
ethyl-2-methylbutyrat	1,41	0,17	0,996
amylacetat	0,96	0,11	0,993
propylbutyrat	0,91	0,06	0,992
hexylacetat	1,03	-0,11	0,992
butylbutyrat	1,01	-0,02	0,991

cious' end i 'Mutsu'. Alle andre, herunder stoffer med duft som æbleestere og grønne æbler, findes i højere koncentration i 'Mutsu'. Dette betyder sandsynligvis, at 'Mutsu' har bedre aroma end 'Golden Delicious'. 'Spartan' indeholder mere end 'Golden Delicious' af alle aromastoffer. Tre stoffer, hvoraf kun æbleesteren og diacetyl har væsentlig betydning, findes i større mængder i

Tabel 6. Resultater fra duftanalyse ved gaskromatografi af aromastoffer i 'Cox's Orange'

(Results from sniff analysis of aroma substances from 'Cox's Orange')

R, min.	duft	stof
24,9	alkohol	
28,0	smør	diacetyl
58,2	alkohol	i-butanol
61,0	plastikmaling	-
63,0	grønne æbler	capronaldehyd
65,0	æbleester	butylacetat
66,2	æbleester	ethyl-2-methylbutyrat
76,7	plastikmaling	-
79,5	grønne æbler	t-hexenal
81,3	esteragtig	-
84,3	esteragtig	-
96,1	brødskorper	-
101,5	champignon	-

Tabel 7. Indhold af vigtige aromastoffer i 4 æblesorter, hvor indhold i 'Spartan' = 100 (Sp = 'Spartan', GD = 'Golden Delicious', Mu = 'Mutsu' og Co = 'Cortland')
(Content of important aroma substances in 4 apple varieties)

Duft	Stof	Sp.	G.D.	Mu.	Co.	Significans
alkohol	-	100	25,7	72,5	44,3	x
alkohol	-	100	32,3	3,0	149,5	x
alkohol	-	100	2,6	1,5	69,7	x
alkohol	-	100	17,3	28,5	26,0	x
smør	diacetyl	100	22,6	126,8	130,7	x
keton	-	100	0	108,0	0	x
alkohol	i-butanol	100	45,9	43,1	38,8	x
grønne æbler	capronaldehyd	100	1,3	68,1	81,2	-
ananas	-	100	53,9	62,4	122,2	x
æbleester	ethyl-2-methylbutyrat	100	92,6	116,2	65,7	x
æbleester	-	100	0	36,0	23,4	x
grønne æbler	t-hexenal	100	39,6	44,5	115,8	x
champignon	-	100	97,1	47,0	56,1	x

'Mutsu' sammenlignet med 'Spartan'. 'Cortland' og 'Mutsu' har forskelligt indhold af de fleste stoffer. I nogle tilfælde er koncentrationen størst i 'Cortland', og af andre stoffer er der mest i 'Mutsu'. Det er dog tydeligt, at indholdet af stoffer med duft som grønne æbler og ananas er størst i 'Cortland'.

Af tabel 8 ses, at der i æblemost fremstillet af æblesorten 'Ingrid Marie' blev fundet signifikant stigning i aromastofindholdet efterhånden som æblerne udvikledes på træerne. De anførte F-værdier er varianskvotienter, som blev bestemt ved ensidig variansanalyse for hvert stof.

Virkningen af 3 forskellige fremstillingsmeto-

Tabel 8. Relativt indhold af vigtige aromastoffer i æblemost, der blev fremstillet af 'Ingrid Marie', som var høstet på 4 forskellige tidspunkter.

(Relative content of important aroma substances in apple most of 'Ingrid Marie', harvested at 4 times)

	Plukkedato (date of harvest)				F
	1/10	6/10	16/10	23/10	
Capronaldehyd	15	77	91	100	15,8*
ethyl-2-methylbutyrat	40	88	77	100	36,2*
t-hexenal	20	77	79	100	4,3*

Tabel 9. Relativt indhold af aromastoffer i æblemost fremstillet ved brug af 3 forskellige processer.

(Relative content of important aroma substances in apple most prepared by 3 different methods)

	Procesmetode (process method)			
	1	2	3	F
methanol	100	7	23	9,99*
diacetyl	100	20	98	24,82*
capronaldehyd	100	488	1210	17,20*
ethyl-2-methylbutyrat	100	115	109	0,06
t-hexenal	100	310	517	32,11*

der (Martinsson 1975) på aromastofindholdet i æblemost fremgår af tabel 9. Aromastofindholdet er angivet som relativt indhold med værdien for fremstillingsmetode 1 sat til 100. Varianskvotienterne (F) er som tidligere beregnet ved ensidig variansanalyse for hvert stof.

Depektinisering ved 54°C gav et betydeligt lavere indhold af vigtige aromastoffer som capronaldehyd og t-hexenal. Indholdet af æbleesteren var uafhængigt af varmebehandlingen. Ved depektinisering før presning blev fundet et betydeligt større methanolindhold end hvis presningen udføres først. Dette skyldes, at der ved depektineringen sker en hydrolyse af esterbindinger mellem methanol og galakturonsyreresterne.

Ved analyse af æbler, som var lagret i indtil 5 måneder ved 3°C og derpå eftermodnet i indtil 12 døgn ved 20°C fandtes de resultater, som er angivet i tabel 10. Der blev udtaget prøver fra lageret med cirka 4 ugers mellemrum indtil 5 måneder efter lagringens start. Ved hver prøveudtagning blev der sat 4 partier til eftermodning i henholdsvis 0, 4, 8 og 12 døgn ved 20°C. Efter analyse for aromastoffer blev udført multipel regressionsanalyse efter følgende model, hvor y er aromastof-

koncentrationen, x_1 er antal døgn ved 3°C på lageret og x_2 er antal døgn til eftermodning ved 20°C.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (8)$$

De anførte b-værdier er regressionskoefficienter, der angiver, om aromastofindholdet aftager eller stiger under lagringen. Den multiple korrelationskoefficient anvendtes til vurdering af, om der er signifikant sammenhæng mellem aromastofkoncentrationen og lagringstid eller modningstid.

Tabel 10. Ændringer i aromastofindhold under lagring af 'Golden Delicious' og 'Cox's Orange' i 5 måneder ved 3°C og under eftermodning i indtil 12 døgn ved 20°C.

(Changes in content of aroma substances during cold storage of 'Golden Delicious' and Cox's Orange' in 5 months at 3°C and during maturing of the stored apples at 20 °C in 0-12 days)

	Regressionskoefficienter (regression coefficients)		Multipel korrelations- koefficient (Correlation coefficient) (R)
	Kølelager (cold storage)	Eftermodning (maturing)	
Golden Delicious:	b_1	b_2	
methanol	3,0*	26,9*	0,80*
diacetyl	20,4*	165,8*	0,80*
capronaldehyd	- 8,0*	196,2*	0,77*
ethyl-2-methylbutyrat	26,9*	139,9*	0,92*
t-hexenal	- 7,9*	- 1,4	0,85*
Cox's Orange:			
methanol	0,1	- 3,0	0,39
diacetyl	4,4*	18,8*	0,83*
capronaldehyd	-17,6*	20,0	0,63*
ethyl-2-methylbutyrat	12,5*	28,0	0,64*
t-hexenal	-10,6*	59,4	0,48*

Diskussion

Resultaterne af de udførte undersøgelser viser, at det ved gaskromatografiske head-space analyser på aromadestillater fra råsaft og most er muligt at bestemme indholdet af vigtige aromastoffer med en rimelig sikkerhed.

De vigtigste aromastoffer er, som det også blev fundet af Flath et al. (1967), hexanal (capronaldehyd), ethyl-2-methylbutyrat og t-hexanal.

Analysemetoden var nøjagtig nok til at påvise forskelle i aromastofindhold i 4 æblesorter, som

var lagret i 4 måneder. De fundne forskelle på indholdet af de ovenfor nævnte stoffer og en række alkoholer er uden tvivl af betydning for æblerens aroma.

Metoden kan også anvendes til analyse for aromadannelse under æblerens udvikling på træerne. Resultaterne viser, at der i 'Ingrid Marie' sker en betydelig forøgelse af aromastofindholdet i løbet af de sidste 3 uger af vækstperioden for æblerne. Dette forhold har interesse for råvarevalg til æblemøstfremstilling. Ved anvendelse af

umoden frugt vil produktets aroma blive for ringe, således at smagen domineres af sukker- og syreindholdet. Til æblemostfremstilling vil en veludviklet og moden frugt give langt den bedste aroma.

Således som det også er angivet af *Martinsson* (1975) kan metoden for fremstilling af æblemost være afgørende for indholdet af aromastoffer i det færdige produkt. Varm depektinisering eller anden varmebehandling kan medføre væsentlige tab af aromastoffer. Dette tab kan skyldes destruktion af aromastoffer eller destillation fra åbne steder i produktionslinien. Afdampning af 10 pct. af vandet i en æblesaft kan som det fremgår af tabel 2 medføre tab af over 90 pct. af aromastofindholdet.

Ændringer i aromastofindhold under lagring og eftermodning af æbler kan også påvises ved brug af metoden. De fundne resultater viser, at indholdet af methanol forøges i 'Golden Delicious', men ikke i 'Cox's Orange', når æblerne lagres og eftermodnes.

Indholdet af diacetyl tiltager betydeligt under lagring og eftermodning af begge sorter. Koncentrationen af capronaldehyd og t-hexenal aftager under lagringen, og der sker kun en forøgelse af capronaldehyd i 'Golden Delicious' under eftermodning.

Indholdet af ethyl-2-methylbutyrat tiltager under lagringen af begge sorter og under eftermodning af 'Golden Delicious'.

Disse tab af aromastoffer, som bidrager til den friske aroma ved æbler, giver en væsentlig nedgang i aromakvalitet. Æblerne vil få en mindre frisk aroma, som er mere esteragtig og eventuelt alkoholagtig eller fedtagtig, fordi der dannes alkoholer, diacetyl, methanol, butanol m.v., i den sidste del af lagringsperioden.

Litteratur

- Dhont, J.H., Vinkenborg, C., Compaan, H., Ritter, F.J., Labadie, R.P., Verweij, A. og Zeeuw, R.A. de* (1970). Application of R_F correction in thin-layer chromatography by means of two reference R_F values. – *J. Chromatography* 47, 376–381.
- Flath, R.A., Black, P.R. og Guadagni, P.G.* (1967). Identification and organoleptic evaluation of compounds in delicious apple. – *J. Agr. Food Chem.* 15, 29–35.
- Galanos, D.S. og Kapoulas, V.M.* (1964). The paper chromatographic identification of compounds using two reference compounds. – *J. Chromatography* 13, 128–138.
- Harsaae, E.* (1966). Statistisk forsøgsmetodik, Bd. 1–3. Teknisk Forlag, København.
- Kendall, M.G. og Stuart, A.* (1967–69). The advanced theory of statistics. Vol. 1–3. Griffin & Co., London.
- Martinsson, M.* (1975). Effekt av olika processteknik på kvaliteten av äpplejuice. – *Livsmedelsteknik* nr. 8, 1975, 338–341.
- Sandvad, K.* (1970). Variationsstatistik. Landbrugets Informationskontor. Tune.

Manuskriptet modtaget den 5. januar 1977.