

Ændringer i farvestofindhold under fremstilling af syltede rødbeder

Changes in content of colour substances during production of canned sweet-sour red beets

K. Kaack

Resume

Der omtales resultater fra modelforsøg med rødbedeeekstrakter, forarbejdningsforsøg i laboratoriet, målinger på prøver fra industrielle proceslinier og fra kromatografiske analyser. De vigtigste konklusioner af undersøgelserne blev følgende:

1. Varmebehandling under kogning af rødbeder medfører nedbrydning af betanin til 40–60% af indholdet i råvaren.
2. Indholdet af vulgaxanthiner kan forsvinde fuldstændigt.
3. Under pasteurisering kan også nedbrydes betanin, men dette vil i praksis være af meget ringe omfang.
4. Forøgelse af eddikesyrekoncentrationen medfører hurtigere betaninnedbrydning.
5. Sukker, salt og ascorbinsyre havde ingen virkning på betaninnedbrydningshastigheden.
6. Den hæmmende virkning af EDTA på nedbrydningshastigheden for betanin skyldes sandsynligvis at dette stof binder metalioner (Fe^{++} , Cu^{++} , Ni^{++}) der virker fremmede på nedbrydningen af betanin.

Nøgleord: rødbeder, forarbejdning, betanine

Summary

In this paper are given results from the following kinds of research:

1. Model experiments with raw beet extracts.
2. Experiments with production of canned sweet-sour red beets.
3. Sampling from industrial processing lines.

The most important conclusions are;

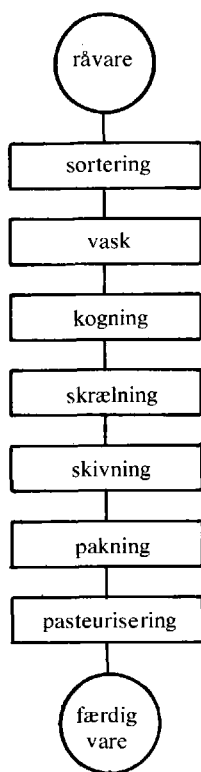
1. During cooking of the beets before slicing 40–60 per cent of the betanine is destroyed.
2. The content of vulgaxanthin is destroyed almost 100 per cent.
3. Betanin is destroyed during pasteurization, but only to a degree of about 10 per cent.
4. Increasing concentration of acetic acid results in decreasing content of betanine.
5. Sucrose, NaCl and ascorbic acid do not have any effect on the colour degradation.
6. EDTA decrease the effect of metal ions on degradation of betanine.

Key words: red beet, processing, betanine

Indledning

Tidligere undersøgelser (Kaack 1977) har vist at den industrielle forarbejdning af rødbeder medfører et tab af rødt farvestof (betanin) på omkring 60%. Formålet med de undersøgelser som be-

skrives i denne beretning har været at fremskaffe resultater til afgørelse af hvor i processen dette tab sker. Forarbejdningsprocessen kan beskrives ved følgende diagram.



Det er umiddelbart indlysende at der ikke sker væsentlige tab af farvestoffer ved sortering, vask eller skivning. Ved pakning sker en reduktion i farvestofkoncentrationen som er bestemt af forholdet mellem rødbedemængde og totalvolumen.

Der blev udført modellforsøg med ekstrakter af rødbeder, forarbejdningsforsøg i laboratoriet og foretaget analyser af prøver der var udtaget på tre industrivirksomheder.

Materialer og metoder

Modellforsøg

4-5 rødbeder blev formalet og dernæst ekstrahe- ret med destilleret vand. Ved fortynding med opløsninger af sukker, salt, eddikesyre osv. blev fremstillet forsøgsopløsninger med varierende sammensætning.

I teksten til tabellerne over forsøgsresultaterne er anført værdier for den varierede og de konstan- te forsøgsfaktorer. Den totale fortynding af rød- bedefarvestofferne ved modellforsøgene er i for-

hold til indholdet i industrielt forarbejdede rød- beder ca. 1:50.

Forsøgene blev udført ved anvendelse af et Beckman DB-G spektrofotometer, hvor kuvette- husets temperatur blev holdt konstant indenfor $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Straks efter fremstilling af forsøgsopløs- ningen blev denne overført til kuvetten i spektro- fotometeret, hvorefter temperaturen i opløsning- en steg til forsøgstemperaturen i løbet af 0,5-1 minut. Indholdet af rødt farvestof i modelopløs- ningen blev målt kontinuert ved 538 nm og ud- trykt i absorbance enheder. Målingerne viste, at farvestofferne nedbrydes efter en reaktion af første orden. Dette betyder, at logaritmen til far- vestofmængden (absorbance) er en retliniet funk- tion af forsøgstiden.

$$\ln a = m t + b$$

a = absorbance

m = reaktionskonstant

b = konstant

t = tiden i minutter

Reaktionskonstanten har enheden min^{-1} og er et udtryk for nedbrydningshastigheden. Derfor kan denne benyttes til vurdering af forsøgsfakto- rernes effekt. Da regressionskoefficienterne har størrelsesordenen $\div 0,040$ til $\div 0,100$ multiplicer- edes de alle med 1000. Dette medfører at høje værdier betyder hurtigere farvestofnedbrydning end lave værdier. Til vurdering af forsøgsfakto- rernes effekt blev foretaget regressions- og korrela- tionsberegning for sammenhængen mellem de transformerede m-værdier ($\div 10^3 \cdot m$) og de i for- søget benyttede værdier af den varierede forsøgs- faktor. Kaldes forsøgsfaktoren x blev der altså benyttet modeller med følgende udseende,
 $\ln (\div 10^3 m) = a \times x + b$

Forarbejdningsforsøg

Til kogeforsøg 1 blev benyttet rødbeder med en gennemsnitsvægt på 350 g (± 10 g). Der blev udtaget 50 rødbeder, som blev lagt i kogende vand. Temperaturen i midten af rødbederne blev målt med termoelement. Maksimumstemperatu- ren blev nået på 25 minutter.

I Kogeforsøg 2 blev udtaget 100 rødbeder på 200 g (± 5 g). Rødbederne blev delt i to partier til parallelkogninger.

Med passende tidsintervaller blev der i begge forsøg udtaget 5 rødbeder som blev skåret i skiver med en tykkelse på 0,5 cm. Efter omhyggelig blanding blev der udtaget 1000 g skiver, der blev anvendt til farvebestemmelse.

Til bestemmelse af varmebehandlingsens virkning under pasteurisering blev der i pasteuriseringsforsøg 1 benyttet rødbeder, der var kogt i 60 minutter, derpå afkølet, skrællet, skåret i skiver og pakket.

Lageopskriften var følgende:

	W/W%
eddikesyre	1
sukker	23
salt	1
Na-benzoat	0,1
vand	74,9

Efter pakning af hvert glas med 350 g rødbeder og 250 g 80°C varm lage blev glassene lukket, og derpå lagt ned i et vandbad ved 80°C. For hver 35 minutter blev der udtaget to glas, som straks blev afkølet i rindende vand.

Temperaturforløbet i midten af glassene blev målt med temoelement.

Pasteuriseringsforsøg 2 blev udført med holdetider på 30 minutter ved tre temperaturer på 65, 78 og 89°C. Ved brug af temperaturkurver for temperaturforløbet i midten af glassene blev beregnet total varmesum for opvarmnings-, holde- og køleperioden. Idet temperaturen hvert 5. minut blev kaldt t_{smin} blev varmesummen beregnet ved summation af $5 \times t_{smin}$ for hele behandlingstiden.

Der blev gennemført et forsøg med varmebehandling («blanchering») af rødbedeskiver i en stødpudeopløsning (pH 4,5) ved 75°C. Tyve portioner på 150 g rødbedeskiver blev nedsænket successivt i 5 minutter i et vandbad med 1,5 kg stødpudeopløsning.

Industrielle processer

Ved henvendelse til industrivirksomhederne blev disse anmodet om at udtage prøver af proceslinien på et tidspunkt, hvor denne arbejdede normalt.

Der blev udtaget råvare, kogte rødbeder, samt fire glas henholdsvis før og efter pasteuriseringen. I disse prøver blev indholdet af betanin be-

stemt, og der blev foretaget papirkromatografisk analyse.

Papirkromatografi

Prøver af lage fra industrielt forarbejdede rødbeder blev anbragt på Whatmann Nr. 3 (140 × 160 mm) kromatografipapir og derpå kromatograferet med 0,05 M. pyridiniumformiat som løbevæske. Efter kromatografering blev R_f -værdien beregnet for farvestofferne.

Kolonnekromatografi

Søjlekromatografisk adskillelse blev udført på en 2,6 × 34,0 cm kolonne med polyvinylpyrrolidone (Polyclar AT) som bærestof og 0,01 M acetatstødpude med pH 4,5 som elueringsvæske. Absorbance for farvestofferne blev målt kontinuert i en gennemløbskuvette på et spektrofotometer (Beckman DB-G) ved 470 eller 538 nm for henholdsvis gule og røde forbindelser. Som udtryk for mængden af farvestof blev benyttet arealet under elueringskurverne. Disse blev beregnet ved brug af Simpson's formel til matematisk integration.

Farvestofanalyser

Til bestemmelse af farvestofindhold formales m g rødbede i p ml destilleret vand. Efter henstand i 1 time blev filtreret og der blev udtaget q ml filtrat som blev fortyndet til t ml ($t > q$) ved brug af en 0,1 M fosfatstødpude pH = 6,0. Dernæst blev absorbance ved 538, 476 og 600 nm bestemt. Idet a, b og c var de hertil svarende talværdier blev absorbance for betanin (x), vulgaxanthin (y) og urenheder (z) ifølge Nilsson (1970) beregnet af følgende udtryk,

$$x = 1,095 (a - c)$$

$$y = b - (z + \frac{x}{3,1})$$

$$z = a - x$$

Da de molekyllære extinktionkoefficienter (E) for betanin og vulgaxanthin er henholdsvis 60500 og 25373 findes indholdet af farvestofferne at være givet ved følgende udtryk hvor f er fortyndingsfaktoren ($f = t \times p/q$)

$$\text{betanin:} \quad \text{mg/100g} = 0,9099 \cdot x f/m$$

$$\text{vulgaxanthin:} \quad \text{mg/100g} = 1,3333 \cdot y f/m$$

Resultater

Modelforsøg

Af tabel 1 ses at salt (NaCl) ikke havde virkning på reaktionskonstanten. Derfor blev resultaterne benyttet til beregning af usikkerheden på bestemmelse af reaktionskonstanter.

Efter beregning af spredning (s) og middeltal (x) blev variationskoefficienten fundet at være 3,31%.

Tabel 1. Reaktionskonstanter for betaninnedbrydning ved forskellige saltkoncentrationer. Sukker 20%, eddikesyre 1%, temperatur 80°C

(Reaction constants for betanin degradation at different concentrations of NaCl. Sugar 20%, acetic acid 1%, temperature 80°C)

	NaCl %				
	0	0,2	0,4	1,0	2,0
$-m \cdot 10^3$	102,1	96,1	101,5	93,0	95,4
	96,6	92,8	98,3	94,7	95,2
gns.	99,6	99,5	99,7	99,9	99,9

Virksomheden af eddikesyrekoncentrationen fremgår af tabel 2. Ved forøgelse af eddikesyrekoncentrationen fra 0,4 til 6,0% blev fundet en forøgelse af reaktionskonstanten på 1,7 gange. Anvendelse af regressionsanalyse gav følgende ligninger,

$$\ln(-m \cdot 10^3) = -0,31 [H^+] + 4,9 \quad r = -0,966$$

$$\ln(-m \cdot 10^3) = -63 \text{ pH} + 285 \quad r = -0,989$$

Tabel 2. Reaktionskonstanter for betaninnedbrydning ved forskellige eddikesyrekoncentrationer. Sukker 20%, NaCl 1%, temperatur 80°C

(Reaction constants for betanin degradation at different concentrations of acetic acid in model experiments. Sugar 20%, NaCl 1%, temperature 80°C)

	eddikesyre % (acetic acid %)				
	0,4	1,0	2,0	4,0	6,0
pH	3,28	3,04	2,84	2,59	2,46
$-m \cdot 10^3$	77,1	86,8	108,2	119,0	127,9

Hverken sucrose (10–30 w/w%) eller ascorbinsyre (0–1,0%) havde virkning på nedbrydningen af betanin.

Ved anvendelse af EDTA blev nedbrydnings-

konstanten formindsket. Dette fremgår af tabel 3, hvor det ses at 1,0% EDTA medførte at m-værdien faldt til 60,8% af værdien for kontrolledet. (0 EDTA)

$$\ln(-m \cdot 10^3) = -0,466 (\% \text{ EDTA}) + 4,425r = -0,897$$

Tabel 3. Reaktionskonstanter for nedbrydning af betanin ved forskellige EDTA-koncentrationer. Sukker 20%, salt 1%, eddikesyre 1%, temperatur 80°C
(Reaction constants for betanin degradation at different concentrations of EDTA. Sugar 20%, NaCl 1%, acetic acid 1%, temperature 80°C)

	% EDTA				
	0	0,1	0,4	0,7	1,0
$-m \cdot 10^3$	94,1	75,3	64,2	56,0	57,2

Virksomheden af EDTA kan måske skyldes at dete stof binder Fe^{++} som ifølge tabel 4 fremmer nedbrydningen af betanin.

Tabel 4. Reaktionskonstanter for betaninnedbrydning ved forskellige koncentrationer af $FeCl_2$
(Reaction constants at different concentrations of $FeCl_2$)

	% $FeCl_2$				
	0	0,04	0,08	0,12	0,2
$-m \cdot 10^3$	106,4	140,0	144,9	133,8	128,2

Af tabel 5 ses at forøgelse af temperaturen fra 58,8°C til 96,9°C gav en 5,3 gange større reaktionskonstant. Ved regressionsanalyse blev fundet en stærk korrelation mellem reaktionskonstant og den reciprokke værdi af den absolutte

Tabel 5. Reaktionskonstanter for betaninnedbrydning ved forskellige temperaturer. Sukker 20%, NaCl 1%, eddikesyre 1%

(Reaction constants for betanin degradation at different temperatures. Sugar 20%, NaCl 1%, acetic acid 1%, NaCl 1%)

	Temperatur °C (temperature °C)			
	58,8	73,5	82,9	96,9
$-M \cdot 10^3$	30,9	56,0	73,7	142,0

temperatur ($^{\circ}\text{K}$). Aktiveringsenergien blev fundet at være 9600 cal/mol.

$$\ln(-m 10^3) = -4821,63 \frac{1}{T} + 17,93 \quad r = -0,995$$

Forarbejdningsforsøg

Resultaterne fra kogeforsøg 1 er vist i tabel 6, hvoraf det ses at der sker en meget betydelig reduktion i indholdet af betanin når rødbederne koges. For eksempel nedbrydes 62% af betaninet ved kogning i 2 timer. Sammenhængen mellem betaninindhold og kogetid var følgende, mg betamin/100 g = $-0,4303 \cdot \text{min} + 79,90$
 $r = -0,982$

Tabel 6. Indhold af betanin efter kogning af rødbeder. (forsøg 1)

(Content of betanine after cooking of beets. (exp. 1))

	kogetid min.				
	(Cooking time, min.)				
	0	20	40	80	120
mg betamin/100 g	81,5	74,5	56,5	43,3	30,8

Resultater fra kogeforsøg 2 findes i tabel 7. Heraf ses også at der skete en betydelig reduktion i indhold af betanin og vulgaxanthin under kogningen. Af forholdet mellem vulgaxanthin og betanin

Tabel 7. Indhold af betanin og vulgaxanthin efter kogning af hele rødbeder ved to temperaturer

(content of betanine and vulgaxanthin after cooking of whole beets at two temperatures)

	Kogetid, min. (cooking time, min.)					
	$^{\circ}\text{C}$	15	30	45	60	75
mg betamin/100 g	90	76	68	63	55	49
	100	83	75	56	53	39
mg vulgaxanthin/100 g	90	28	20	15	14	12
	100	30	26	16	13	6
vulgaxanthin \cdot 100						
betanin	90	37	30	24	25	24
vulgaxanthin \cdot 100						
betanin	100	36	35	28	24	14

ses at det gule farvestof blev nedbrudt hurtigere end det røde farvestof.

Ved 100°C blev fundet følgende sammenhænge mellem farvestofindholdet og kogetid

$$\begin{aligned} \text{mg betamin/100 g} &= -0,738 \text{ min.} + 94,4 \\ &r = -0,984 \\ \text{mg vulgaxanthin/100 g} &= -0,418 \text{ min.} + 36,9 \\ &r = -0,977 \end{aligned}$$

Når kogte skiver af rødbeder lå ved 22°C skete der en stigning i indholdet af betanin og vulgaxanthin. Dette fremgår af tabel 8, hvor der er vist resultater fra lagring af kogte rødbedeskiver i laboratoriet.

For hver lagringstid blev der pakket 3 glas med kold luge. Ved forsøgets afslutning efter 21 timer, blev alle glas analyseret og der blev beregnet gennemsnit.

Tabel 8. Farvestofindhold i kogte rødbedeskiver (22°C)

(Content of colour substances in slices of cooked beets 22°)

	timer (hours)				
	0	1	2 $\frac{3}{4}$	5	21
mg betamin/100 g	74	84	81	86	89
mg vulgaxanthin/100 g	23	28	26	29	37

Resultater fra varmebehandling af skiver fra kogte rødbeder i en stødpude (pH 4,5) ved 75°C i 5 minutter fremgår af tabel 9. Som følge af udlugning og nedbrydning blev betaninindholdet reduceret med 23%.

Ændringen i betaninindhold ved pasteuriseringsforsøg 1 ses af tabel 10. Ved lineær regressi-

Tabel 9. Indhold af betanin før og efter varmebehandling (blanchering) af kogte rødbedeskiver, der blev ned-sænket i 75°C varm acetatstødpude (pH 4,5) i 5 minutter (Content of betanine in cooked slices of red beets before and after heating for 5 minutes in an acetate buffer (pH 4,5) at 75°C)

	betanin mg/100 g
før behandling (before heating)	62
efter behandling (after heating)	48

on blev fundet følgende sammenhæng mellem farvestofindhold og pasteuriseringstid.

$$\text{mg betanin}/100 \text{ g} = -0,1352 \text{ min.} + 48,7$$

$$r = -0,997$$

Tabel 10. Indhold af betanin efter pasteurisering af rødbeder ved 80°C

(Content of betanin after pasteurizing (80°C))

mg betanin/100 g	tid min. (time minutes)				
	0	35	75	135	180
	48,7	44,0	39,1	29,4	25,0

Resultater fra pasteuriseringsforsøg 2 fremgår af tabel 11 hvoraf det ses at der kun var en meget ringe effekt ved en betydelig forøgelse af varmesummen.

Tabel 11. Indhold af betanin efter pasteurisering ved tre temperaturer med 30 minutters holdetid

(Content of betanin after different heat treatments during pasteurizing at three temperatures)

temperatur °C (temperature °C)	65	78	89
varmesum (heat units)	2865	3790	5060
mg betanin/100 g	35,2	33,6	33,4

Industrielle processer

I tabel 12 findes resultater fra analyser af rå og kogte rødbeder som blev udtaget fra proceslinien

Tabel 12. Indhold af betanin efter kogning på tre industrivirksomheder (4 parallelbestemmelser)

(Content of betanin after cooking of beets at three industrial processing lines)

industrivirksomhed (processing line)	mg betanin/100 g	
	rå (raw)	kogte (cooked)
1	112,9	56,9
2	95,8	55,4
3	110,0	58,4
gns. (average)	106,2	56,9

på tre industrivirksomheder. Der forsvandt i gennemsnit 46,4% af betaninet under kogningen.

Af tabel 13 ses at der kun nedbrydes meget lidt betanin under den industrielle pasteuriseringsproces.

Tabel 13. Indhold af betanin efter pasteurisering på 3 industrivirksomheder

(Content of betanin after pasteurizing at three industrial processing lines)

industrivirksomhed (processing line)	mg betanin/100 g	
	ubehandlet (untreated)	pasteuriseret (pasteurized)
1	20,2	18,6
2	31,0	28,5
3	26,8	28,3
gns. (average)	26,0	25,1

Kromatografiske undersøgelser

Resultater fra papir- og søjlekromatografi findes i tabel 14, hvoraf det ses at der blev fundet to vulgaxanthiner, betanin og prebetanin i rødbederne. Desuden blev der fundet et uidentificeret stof i syltede rødbeder. Dette stof, som havde en R_f -værdi på 0,33 og et relativt elueringsvolumen på 1,40, kaldes i det følgende for NN.

Tabel 14. Rødbedefarvestoffernes visuelle farve, relative elueringsvolumen R_v - og R_f -værdi

(Colour substances in beets, their visual colour, relative elution volume R_v and R_f -value)

	farve (colour)	R_v	R_f
vulgaxanthin	gul (yellow)	0,87	0,97
betanin	rødviolet (red-violet)	1,00	0,90
vulgaxanthin	gul (yellow)	1,31	-
NN	rød (red)	1,40	0,33
prebetanin	rødviolet (red-violet)	1,75	-

Søjlekromatografisk adskillelse og bestemmelse af farvestofkoncentrationer udtrykt ved toparealer blev udført på prøver udtaget i produk-

tionslinien på tre industrivirksomheder. Der blev udført 4 parallelbestemmelser for hvert fabrikat. På resultaterne blev udført en variansanalyse og der blev beregnet gennemsnit, som er anført i tabel 15. Ved benyttelse af den angivne LSD-værdi kan ses, at fabrikat I indeholdt mindre betanin og mere NN end de to øvrige fabrikater.

Tabel 15. De gennemsnitlige koncentrationer (toparealer) af getanin og NN i tre industrifabrikater (*Content (peak areas) of red colour substances found and measured by column chromatography on Polyclar AT*)

Industri (industry)	Betanin (betanine)	NN (not identified)	% NN
I	1,53	0,14	9,1
II	2,43	0,10	4,1
III	2,78	0,11	3,9
LSD ₉₅	0,41	0,02	–

Under den industrielle forarbejdningsproces er vulgaxanthinerne blevet nedbrudt og der er blevet dannet et rødt farvestof med R_f på 0,33.

Diskussion

Resultater fra modellforsøg og fra kogeforsøg viste at varmebehandlingen medfører en meget betydelig reduktion i farvestofindholdet. Dette gælder især for vulgaxanthinerne der helt kan forsvinde og for betanin som efter kogning kan være reduceret til 40–60 procent af indholdet i råvaren.

Den kraftige reduktion i farvestofindhold under kogning kan ikke undgås, fordi det er nødvendigt med et vist omfang af varmebehandling for at få rødbederne møre.

Ved varmebehandling af rødbedeskiver, som var pakket i 1,5% saltlage, i 60 minutter ved 115 og 126°C fandt *Rice et al.* (1958) at absorbance for betanin faldt til 24% af værdien i råvaren. Vulgaxanthinet forsvandt ifølge *Rice et al.* (1959) i løbet af 10–20 minutter ved disse temperaturer. Af resultaterne i tabel 9 ses, at varmebehandling af kogte rødbedeskiver i acetatstødpude gav en betydelig reduktion i betaninindholdet.

Dannelsen af et rødt farvestof under forarbejdningen er ikke blevet beskrevet tidligere. Det er

sandsynligt at der blot er tale om en mindre ændring af betaninmolekylet.

Såfremt rødbederne afkøles grundigt efter kogningen vil farvestofnedbrydningen standse. De foreløbige resultater vedrørende ændringer under lagring af rødbedeskiver tyder på, at der kan ske en forøgelse af betanin- og vulgaxanthinindholdet. Dette kan måske skyldes at reducerede former af disse stoffer bringes tilbage på oxideret form ved iltens tilgang.

Under pasteurisering kan der også ske nedbrydning af betanin, men omfanget af nedbrydningen vil være meget begrænset i praksis. Dette skyldes at varmebehandlingen er meget begrænset selv om der opnås kommerciel sterilitet.

Ved forøgelse af eddikesyrekoncentrationen blev fundet en øget nedbrydningshastighed for betanin. Dette vil ikke betyde særlig meget i praksis da der først tilsættes eddikesyre ved pakning af de kogte skiver umiddelbart før pasteuriseringen.

Tilsætning af NaCl gav ikke en forøget betaninnedbrydning. Dette er i overensstemmelse med resultater som er fundet af *Weckel et al.* (1959). Der var heller ingen effekt af sucrose eller ascorbinsyre på betaninnedbrydningshastigheden. Tilsvarende resultater blev fundet af *Weckel et al.* (1959). Ved tilsætning af metalioner (Cu^{++} , Fe^{++} , Ni^{++}) fandt *Weckel et al.* (1959) en forøget nedbrydning af betanin under kogning. Tilsvarende fremgår det af tabel 4 at tilsætning af FeCl_2 gav en forøget nedbrydningshastighed. Denne effekt af metalioner kan måske forklare at EDTA havde en hæmmende virkning på nedbrydningshastigheden i modellforsøgene.

Litteratur

- Kaack, K.* (1977) Ændringer i rødbeders indhold af farvestoffer under vækst, forarbejdning og lagring. Tidsskrift for Planteavl, bd. 81: 165–170.
- Nilsson, T.* (1973) Pigment Content in Beetroot. Doktordisputats. Lantbrukshögskolan Alnarp Sverige.
- Rice, A.C.; Lusas, E.W. & K.G. Weckel* (1959). Effects of variables in processing on the color of canned beets.-Univ. Wis. Res. Bul. 218, 17–22.
- Weckel, K.G.; Lusas, E.W. & A.C. Rice* (1959). Effects of additives on color of canned beets. – Univ. Wis. Res. Bul. 218, 23–32.

Manuskript modtaget 25. februar 1977.