

Temperaturens indvirkning på sukkertab og kemiske omdannelser under opbevaring af fabrikssukkerroer

Influence of temperature on sugar loss and chemical transformations during storage of sugar beet

Erik Augustinussen¹⁾ og Erling Smed²⁾

Resumé

I 1972–76 gennemførtes 5 forsøg til belysning af temperaturens indflydelse på sukkertab og ændringer af den fabrikatoriske værdi under opbevaring af fabrikssukkerroer. Forsøgene blev udført i kølerum ved 6 temperaturer i området 1–20°C. Der benyttedes roer af sorten Monova, og forsøgsperioden var 56 døgn. Under opbevaringen lå roepøverne i perforerede plastposer.

Tabet af sukker (pol-sukker, beregnet ud fra roevægt og -pol) varierede i gennemsnit af de 5 forsøg fra 2,3 pct. ved 1°C til 16,3 pct. ved 20°C. Det daglige sukkertab pr. ton roer varierede mellem 70 g ved 1°C og 482 g ved 20°C. Tabet øgedes især stærkt mellem 11 og 20°C. Tabet af saccharose (beregnet ud fra ændring i roevægt og den for andre sukkerarters drejning korrigerede roepol) kunne vises at være noget større end pol-sukkertabet ved lave temperaturer og lidt lavere end pol-sukkertabet ved høje temperaturer. Inverteringen bidrog til saccharosetabet med fra 6 g pr. ton og døgn ved 1°C til 106 g ved 20°C. Udtrykt i relation til pol-sukkerindholdet steg sukkersaftens invertsukkerindhold fra 870 mg pr. 100 g sukker ved optagning til mellem 1133 mg i roer opbevaret ved 1°C og 6011 mg i roer opbevaret ved 20°C. Også her skete den største stigning i den øverste ende af temperaturintervallet. Raffinoseindholdet udviste en kraftig stigning ved 1°C, men forøgelsen aftog med stigende temperatur, og ved 15 og 20°C faldt raffinoseindholdet under opbevaringen. I.V. (impurity value) steg gennemsnitligt fra 4350 mg pr. 100 g sukker ved optagning til mellem 4527 mg ved 1°C og 6208 mg ved 20°C. Den største stigning lå mellem 11 og 20°C, væsentligst forårsaget af et stigende $\text{NH}_2\text{-N}$ -indhold.

Nøgleord: Opbevaring, sukkerrockvalitet, sukkerroer, sukkertab, temperatur, urenheder.

Summary

In 1972–76 five experiments were carried out to determine the effect of temperature on sugar losses and changes in concentrations of impurities during the storage of sugar beet.

The beet were stored in perforated plastic bags which were maintained at six temperatures ranging from 1° to 20°C. Monova was the variety used and the storage period was 56 days.

Sugar losses, calculated by multiplying the changes in polarisation by the weight of the beet, varied on average for the five experiments from 2.3% of the total sugar at 1°C to 16.3% of the total sugar at 20°C. The daily sugar losses per tonne of beet were calculated to range from 70 g at 1°C to 482 g at 20°C, with a marked increase in loss being found between 11° and 20°C.

The losses of sucrose, this time calculated by multiplying changes in polarisation which had been corrected for the rotations of other sugars by weight losses, were somewhat greater at low temperatu-

¹⁾ Roskilde Forsøgsstation, Ledreborg Allé 100, DK 4000 Roskilde.

²⁾ A/S De danske Sukkerfabrikker, Forsøgsstationen »Maribo«, DK 4960 Holeby.

res and slightly less at higher temperatures than the sugar losses calculated from the uncorrected polarisations and reported above. Daily losses of sucrose by inversion ranged from 7 g per tonne at 1°C to 106 g per tonne at 20°C.

The invert sugar content of the beet juice increased from 870 mg per 100 g of sugar at the time of lifting to 1133 mg per 100 g of sugar from beet stored at 1°C and up to 6011 mg per 100 g of sugar from beet stored at 20°C with again, as for sugar loss, a marked increase in inversion occurring in the higher range of temperatures. Raffinose concentration in the beet was found to increase considerably in storage at 1°C but this effect diminished with increased storage temperatures until at 15°C and 20°C raffinose concentration actually decreased during storage.

The I. V. (impurity value) increased on average from 4350 mg per 100 g of sugar in beet at the time of lifting to 4527 mg in beet after storage at 1°C and up to 6208 mg after storage at 20°C, with once again the greatest increase being found between 11° and 20°C. This increase was mainly due to an increase in $\text{NH}_2\text{-N}$.

Key-words: Impurities, loss of sugar, storage, sugar beet, sugar beet quality, temperature.

Indledning

En stor del af de sukkerroer, der her i landet dyrkes med sukkerrømstilling for øje, må henligge i kuler hos roedykkerne i en periode, før oparbejdning på fabrikkerne kan finde sted. Længden af denne periode afhænger blandt andet af vejrforholdene og fabrikernes kapacitet i forhold til den dyrkede roemængde. Dette forhold har betydning for roekampagnen, der gennem de senere år er forlænget fra gennemsnitlig 72 døgn i 1972 til 88 døgn i 1976.

Under opbevaringen falder mængden af hvidt sukker, som kan fremstilles af en given roemængde. Dette tab beror hovedsagelig på to forhold. Det ene er det direkte saccharosetab, der sker ved invertering og respiration. Det andet er en ophobning i sukkersaften af forskellige letopløselige forbindelser, hvis tilstedeværelse direkte eller indirekte øger tabet af saccharose til melassen (McGinnis 1971).

Sukkertabet under opbevaringen påvirkes af en række faktorer, hvoraf temperaturen er en af de vigtigste. En lang række undersøgelser (Vajna 1962, Bakermans 1963, Vukov 1971, Burba 1976) dels foretaget ved direkte bestemmelse af sukkertabet, dels indirekte ved måling af respirationen viser, at sukkertabet stiger med temperaturen, men tabenes art og mængde er meget varierende. Det hænger blandt andet sammen med, at respirationen og dermed sukkertabet også afhænger af roesort (Dambroth 1970, Wyse &

Dexter, 1971b), roestørrelse (Stout 1954, Vajna-Papp & Vajna 1955), tidsrum efter optagning (Stout 1957, Dilley et al. 1970, Oldfield et al. 1971) og flere andre faktorer. Sammenhængen mellem respirationshastighed og temperatur kan afbildes ved en s-formet kurve (Burba 1976), og i området op til ca. 12°C lader denne kurve sig gengive ved en eksponentialfunktion af formen $V_t = V_o \times e^{ct}$, hvor V_t er åndingen ved $t^\circ\text{C}$, V_o er åndingen ved 0°C og c er en konstant (Stout & Spikes 1957, Vajna-Papp 1958, Vajna 1962, Vukov 1971).

Det første trin i nedbrydningen af saccharose er en hydrolytisk spaltning til monosaccharider (invertering). Denne spaltning sker under medvirken af flere enzymsystemer, hvis aktiviteter varierer betydeligt under opbevaringen (Wyse 1974, Burba 1976). Ved lav temperatur forbruges de dannede monosaccharider næsten fuldstændigt ved respirationen, medens der ved højere temperatur kan ske en betydelig ophobning (McCready & Goodwin 1966). Vukov (1971) fandt også mellem temperatur og invertsukkerophobning en eksponentiel sammenhæng. Angreb af skimmel-svampe og bakterier kan fremskynde ophobningen af invertsukker (Wyse & Dexter 1971a, Bugbee et al. 1975).

Raffinosedannelse er en anden årsag til saccharosetab under lagringen. Raffinoseindholdet kan dog både stige og falde, stigning forekommer hyppigst ved lav temperatur, medens der som oftest sker nedgang ved højere temperatur

(McCready & Goodwin 1966). Ændring i raffinosekoncentrationen synes at afhænge af høsttidspunktet; Wyse & Dexter (1971a) fandt i tidligt høstede roer et lille indhold, men en stor ophobning under lagring, medens det omvendte gjaldt for sent høstede roer.

Af andre letopløselige forbindelser, der har betydning for sukkersaftens fabrikatoriske værdi, spiller de kvælstofholdige en særlig rolle i forbindelse med lagring, idet de både kan dannes og nedbrydes. Ændringerne i indholdet af fri aminosyrer blev undersøgt af Wyse & Dexter (1971a), der fandt, at indholdet i en række afprøvede roesorter udviste et fald, når de blev opbevaret ved 3°C, men en stigning, når de opbevarede ved 10°C. Indholdet ved høst var primært en funktion af den tilførte kvælstofmængde.

Selv om der tidligere er foretaget mange undersøgelser vedrørende temperaturens betydning for sukkerroeopbevaringen, viste et materiale indsamlet af Martens & Oldfield (1970), at kun få af disse var udført under mere praktiske forhold, og at der var store forskelle mellem resultaterne.

Da der herhjemme forventedes en forlængelse af opbevaringstiden i forbindelse med udvidelse af sukkerroearbejdet samt rationalisering af høst og fabrikation, påbegyndtes i 1972 de i nærværende beretning omtalte forsøg. De er gennemført i et samarbejde mellem Roskilde Forsøgsstation og A/S De danske Sukkerfabrikker, Forsøgsstationen »Maribo«, således at dyrkning og opbevaring af roerne har fundet sted ved Roskilde, og analysearbejdet er udført på Forsøgsstationen »Maribo«. Hovedsigtet med forsøgene har været

at undersøge temperaturens indflydelse på lagringstab. I to forsøg er det søgt klarlagt, om roerne tåler vask forud for opbevaring og om tabene kan nedsættes ved behandling af roerne med et svampemiddel. I et forsøg er målt roernes respiration ved 5 temperaturer.

Materiale og metoder

Forsøgsplan

Der er gennemført 5 forsøg med opbevaring ved følgende temperaturer:

- | | |
|--------|---------|
| 1. 1°C | 4. 11°C |
| 2. 5°C | 5. 15°C |
| 3. 8°C | 6. 20°C |

I 1975 og 1976 kombineredes temperaturforsøget med opbevaring af:

- Uvaskede roer
- Vaskede roer
- Vaskede roer, skyllet med et beskyttelsesmiddel mod svampe.

I alle forsøg var opbevaringsperioden 56 døgn.

Plantemateriale

Der benyttedes roer af sorten Monova, der er monogerm og triploid. Udsåning blev foretaget på de i tabel 1 nævnte datoer med en rækkeafstand på 55 cm og en frøafstand på 14 cm. Der foretoges en let udttynding. Gødning blev tilført i de i tabel 1 anførte mængder.

Roernes vækstvilkår var noget forskellige i de 5 år. Fremspiringen var god undtagen i 1974, hvor foråret var regnfattigt. Såvel 1972 som 1975 og 1976 var præget af mangel på nedbør, og i 1973

Tabel 1. Forskellige markdata
Various field data

	Tilførte gødningsstoffer, kg/ha <i>Applied fertilizers, kg/ha</i>						Sådato <i>Date of sowing</i>	Høstdato <i>Date of harvest</i>	Gns. roevægt, kg <i>Avr. beet weight, kg</i>
	N	K	P	Mg	Na	B			
1972	197	200	80			1,8	25/4	16/10	0,83
1973	189	200	80		156	1,8	27/4	2/10	0,78
1974	173	200	80	50	130	1,8	10/4	14/10	0,94
1975	170	165	32	20	28	2,3	2/5	13/10	0,72
1976	170	165	32	20	28	2,3	28/4	11/10	0,58

forekom tørkeperioder i juni-juli og august-september. Kun i 1974 faldt der tilstrækkelig nedbør i den egentlige vækstperiode. I 1972, 1974 og 1976 lå temperaturen omkring eller under normalen, undtagen i enkelte perioder med hedebløge. I 1973 vekslede det mellem varme og kolde perioder, og i 1975 var hele vækstsæsonen præget af høje temperaturer, der i begyndelsen af august steg til rekordagtige højder. Udbyttet af sukker i rod blev højt i 1972 og 1974, middel i 1973 og lavt i 1975 og 1976.

Roerne blev aftoppet med aftoppejern i en sådan højde, at bladene netop fulgte topskiven. Optagning skete med en 2-rk. Holbæk-optager med læsseelevator. Før afvejning af prøver blev roerne vasket helt rene for jord med koldt vand under højt tryk.

Det i 1975 og 1976 anvendte svampemiddel var Tecto 40 FL., hvis virksomme stof er 2-(4-thiazolyl)-benzimidazol. Midlet blev leveret af fa. Merch, Sharp & Dohme, Marielundvej 46 C, 2730 Herlev. De benyttede koncentrationer var 400 ppm aktivt stof i 1975 og 1500 ppm i 1976.

Opbevaring

Der blev afvejet 5 prøver a ca. 35 kg pr. forsøgsled + 5 prøver til umiddelbar analyse. Alle prøver i et forsøg havde samme antal roer og samme vægt. Hver opbevaringsprøve fyldtes i en plasticpose, der lukkedes foroven, men var perforeret med 4 huller (diameter 1 cm). Poserne var anbragt i trækasser. Roerne i forsøgsleddene 1-4 opbevarede i kølerum, hvor temperaturen blev reguleret med ca. ½ grads nøjagtighed. Til forsøgsleddene 5 og 6 anvendtes rum uden kølemulighed, hvilket i enkelte tilfælde medførte, at temperaturen blev højere end planlagt. I 1973 blev temperaturen for lav i forsøgsled 5. For at undgå, at roerne i forsøgsled 1 på noget tidspunkt skulle blive udsat for temperaturer under 0°C, viste det sig nødvendigt at holde gennemsnitstemperaturen lidt højere end planlagt. Roernes temperatur blev kontrolleret ved hjælp af modstandstermometre, der var anbragt imellem roerne i kasserne. De gennemsnitlige temperaturer er anført i tabel 2. I tabeller og figurer er for overskuelighedens skyld anført de i planen nævnte, tilstræbte temperaturer.

Tabel 2. Målte gennemsnitstemperaturer, °C

Actual storage temperatures, averages °C

Tilstræbt temperatur, °C
Temperature aimed at, °C

	1	5	8	11	15	20
1972	1,1	5,0	7,9	10,7	16,5	20,8
1973	1,5	5,1	8,1	10,7	13,4	20,4
1974	1,5	5,2	8,4	10,7	14,9	20,4
1975	1,9	5,1	8,4	11,0	15,1	20,8
1976	1,7	4,7	7,9	10,7	15,4	19,8
Gns. Mean	1,5	5,0	8,1	10,8	15,1	20,4

Analysen

Efter opbevaring i 8 uger blev roerne bedømt for spiring og svampeangreb, hvorefter prøverne blev vejjet og savet (Forsøgsstationen »Maribo«). I roemosen bestemtes tørstofindhold ved tørring af ca. 100 g roemos i ventileret tørreskab i et døgn ved 100°C. I en koldtvandsekstrakt efter Sachs-Le Docte (Brown & Zerban 1955) foretoges måling af polarisation (den ved hjælp af polarimeter estimerede sukkerprocent, i det følgende

kaldet roepol eller pol). I en koldtvandsekstrakt klaret ved dialyse måltet glucose (Bergmeyer *et al.* 1970, modificeret for autoanalyser SMA), invertsukker (Technicon 1971), Na og K (Technicon 1971), NH₂-N (Smed 1971, modificeret for autoanalyser SMA), P (Technicon 1971), samt i 1975 og 1976 raffinose (Schiweck & Büsching 1975, modificeret for analyse af digestionssaft på autoanalyser II). Målingerne gennemførtes på Forsøgsstationen »Maribo«s kemiske laborato-

rium, der til polarisationsmålinger anvendte et automatisk polarimeter, Bendix ETL/NPL, med 20 mm gennembløbskuvette og til de øvrige analyser en Technicon SMA 12/60 autoanalyser.

Den ved polarisationsmålingen aflæste roepol svarer ikke til den sande saccharoseprocent, men er en fiktiv størrelse, der udtrykker den målte drejning som saccharose. Et rigtigere udtryk for saccharoseindholdet er søgt beregnet ud fra polarisationen ved korrektion for de andre målte sukkerarters drejninger. Den således fremkomne størrelse, der i det følgende betegnes saccharo-

seprocenten, har ikke kunnet korrigeres for drejning fremkaldt af ikke-saccharider.

Ved opstilling af korrektionsformlen er forskellen mellem målt invertsukker og glucose regnet som fruktose, og endvidere er der taget hensyn til, at fruktose i invertsukkerbestemmelsen giver 1,3 gange kraftigere farvereaktion end glucose. I øvrigt er benyttet de af McGinnis (1971) opgivne specifikke drejninger. Idet raffinose, glucose og invertsukker er udtrykt i procent af roepol, og idet koefficienterne er forholdene mellem hver enkelt sukkerarts og saccharoses specifikke drejninger, fås følgende formel:

$$\begin{aligned} \text{pct. sacc.} &= \text{roepol} \times \frac{100 - 1,85 \times \text{raff.} - 0,8 \times \text{gluc.} + 1,3 \times \frac{\text{inv.} - \text{gluc.}}{1,3}}{100} \\ &= \text{roepol} \times \frac{100 - 1,85 \times \text{raff.} - 1,8 \times \text{gluc.} + 1,0 \times \text{inv.}}{100} \end{aligned}$$

Ved beregning af skøn over saccharoseindholdet i de 3 første år er benyttet et gennemsnit af raffinoseindholdet i 1975 og 1976.

Det i tabel 6 anførte invertsukkerindhold er målt på glucosebasis uden korrektion, medens der ved de i tabel 7 viste beregninger af nettosukkerstoffer er foretaget korrektion for ovennævnte forskel i farvereaktionen under invertsukkerbestemmelsen.

Et mål for mængden af skadelige ikke-saccharider er givet med størrelsen I.V. (impurity value), som er beregnet efter formlen:

$$\text{I.V.} = 2,5 \cdot K + 3,5 \cdot \text{Na} + 10 \cdot \text{NH}_2\text{-N},$$

hvor K, Na og NH₂-N er målt i mg pr. 100 g polysukker (Carruthers & Oldfield 1962, Carruthers et al. 1963). Enheden for I.V. bliver således også mg pr. 100 g pol-sukker (mg/100S). Ved benyttelsen af formlen forudsættes, at de til natrium og kalium knyttede anioner (chlorid, lactat m.fl.) har en gennemsnitlig ækvivalentvægt på 58 samt at aminosyrene (glutaminsyre m.fl.) gennemsnitligt har en ækvivalentvægt på 140.

Respirationsmålinger

Roernes ånding blev målt i en opstilling, hvor luft

med normalt CO₂-indhold (0,03 pct.) passerede gennem roeprøverne, og hvor den afgivne CO₂-mængde beregnedes på grundlag af CO₂-koncentrationsforøgelsen og den passerende luftmængde. Roerne (100 kg pr. forsøgsled) var anbragt i 2 plasticrør (højde 150 cm, diameter 32 cm), der var forsynet med studse og forbundet i serie med plasticslange. Luft ude fra blev først tempereret og befugtet og dernæst suget igennem roeprøverne ved hjælp af en membranpumpe (Thomas, U.S.A.). Luftstrømmen målt med flowmeter (Heinrichs, BRD). CO₂-koncentrationen i luften før og efter passage af roeprøverne målt med infrarød absorption (URAS 2, Hartmann & Braun, BRD).

Resultater

Temperaturforsøg

Vandtab og svampeangreb. Under opbevaringen var luftskiftet i roeprøverne stort set begrænset til at foregå gennem de 4 huller i plasticfolien, men til trods herfor foregik der dog en vis fordampning af vand fra roerne. Da variationen mellem årene ikke var særlig stor, er væggtabene ved de enkelte temperaturer beregnet som gennemsnit for alle forsøg.

I tabel 3 er det totale vægttab beregnet i forhold til roernes vægt ved forsøgets begyndelse. En del af vægttabet stammer fra tørstofsvind som følge af åndingen. Ved beregning af vandtabet er der taget hensyn til, at der ved den respiratoriske omsætning af tørstof (her regnet som saccharose)

dannes en vandmængde svarende til ca. 58 pct. af det omsatte tørstof. Det fremgår af tabellen, at vandtabet var ubetydeligt ved temperaturer under 15°C, men derefter steg stærkt med stigende temperatur. Ved 20°C bar de fleste roer præg af udtørring.

Tabel 3. Vægttab i pct. af roernes vægt ved opbevaringens begyndelse. Gns. af 5 forsøg
Decrease in weight of the beets during the period of storage, percentage of original weight. Mean of five exp.

	Tilstræbt temperatur Temperature aimed at					
	1°C	5°C	8°C	11°C	15°C	20°C
Totalt vægttab	0,86	1,02	1,52	1,86	3,04	8,30
<i>Decrease in total weight</i>						
Heraf tørstof	0,38	0,53	0,64	0,78	1,28	2,13
<i>Decrease in dry matter</i>						
Vandtab	0,70	0,80	1,25	1,53	2,50	7,40
<i>Loss of water¹⁾</i>						

¹⁾ Water produced by respiration included.

Angreb af skimmel og råd på roerne varierede en del fra år til år. De kraftigste rådagreb forekom i 1972 og 1974, medens der kun var ubetydelige angreb i 1975 og 1976. Temperaturen indvirkede stærkt på angrebsgraden. Ved 1°C var der i intet af årene råd og kun en ubetydelig belægning af skimmel (fortrinsvis *Botrytis cinerea*) på sårlader. Ved 5°C var der de fleste år en smule råd ved sår og afknækkede rodspidser, men kun svage skimmelbelæggninger. Rådagrebet voksede

med stigende temperatur, og ved 20°C var roerne overfladisk angrebet på sårladerne i de fleste år, medens enkelte roer havde dyberegående råd, og næsten alle roer havde skimmelbelægning, især på aftopningsflade og rodspids.

Tab af pol-sukker og tørstof. I tabel 4 ses de gennemsnitlige tab af pol-sukker i de 5 forsøg. Tabene er øverst angivet i g pr. ton roer og døgn og i nederste linie i pct. af den oprindelige pol-sukker-

Tabel 4. Tab af pol-sukker ved opbevaring i 56 døgn
Loss of sugar at storage for 56 days

	Tilstræbt opbevaringstemperatur Storage temperature aimed at						
	1°C	5°C	8°C	11°C	15°C	20°C	LSD ₉₅
	g · ton ⁻¹ · døgn ⁻¹			g · ton ⁻¹ · day ⁻¹			
1972	98	130	158	234	386	555	
1973	51	108	120	164	209	358	
1974	122	147	173	208	309	721	
1975	45	61	94	115	187	410	
1976	33	42	88	106	179	364	
Gns. Mean 1972-76	70	98	127	165	254	482	70
	Pct. Percentage						
Gns. Mean 1972-76	2,3	3,3	4,3	5,6	8,6	16,3	2,3

mængde. Tabene var størst i 1972 og 1974, medens de lå noget lavere og på næsten samme niveau i de 3 øvrige år. Der var en ret tydelig sammenhæng mellem svampeangrebets størrelse i de enkelte år og tabsniveauet.

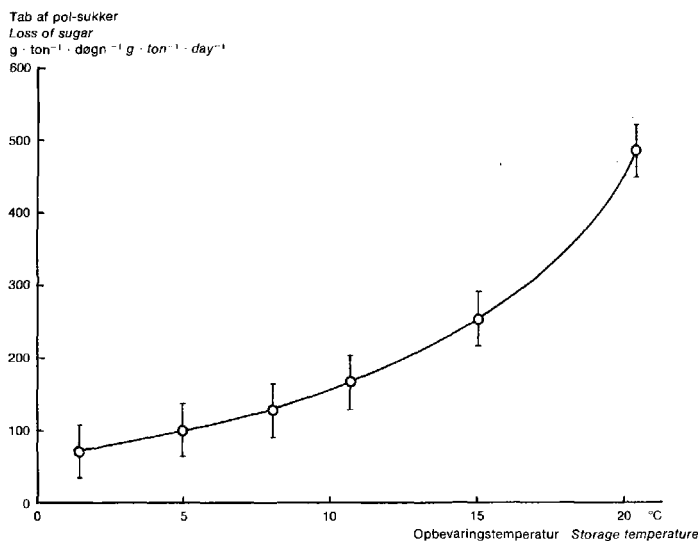
Der var i alle forsøg et progressivt stigende tab af tørstof og sukker med stigende temperatur. Foruden ånding og svampevækst har spiring bidraget til dette forløb. Ved 1°C var spirene små og uden nævneværdig betydning for tabets størrelse. Med stigende temperatur blev spiringen kraftigere, men da spirene ved de højeste tempe-

raturer rådnede bort i løbet af opbevaringsperioden, var en egentlig opgørelse ikke mulig.

Pol-sukkertabene målt i g pr. ton roer og døgn varierede gennemsnitligt fra 70 ved 1°C til 482 ved 20°C. Rundt regnet skete der en fordobling af tabet for hver gang, temperaturen steg 8°C, hvilket fremgår af figur 1. Den bedste gengivelse af kurvens forløb opnås med en polynomial ligning:

$$y = 52,365 + 12,54 x - 0,94 x^2 + 0,07 x^3,$$

hvor y er det daglige pol-sukkertab i g pr. ton roer og x er temperaturen i °C.



Figur 1. Tab af pol-sukker i gennemsnit af 56 døgn i relation til opbevaringstemperaturen. De lodrette streger angiver $\pm$ spredningen. Gns. af 5 forsøg, 1972–1976.

Loss of sugar on average for 56 days in relation to storage temperature. The vertical bars indicate $\pm$ standard error. Avr. for 5 experiments, 1972–1976.

Af hensyn til sammenligning med tidligere resultater er der også beregnet et eksponentielt udtryk for kurven, og det viste sig, at ligningen

$$V = 61 \cdot 10^{0,0408 \cdot t},$$

hvor v er det daglige pol-sukkertab i g pr. ton roer, og t er temperaturen i °C, følger kurven ret godt op til ca. 15°C.

Under opbevaringen skete der en betydelig nedgang i polen, som vist i tabel 5. Ved 5°C var det gennemsnitlige fald ca. 0,4 procentenheder og ved 20°C ca. 1,5 procentenheder, men der var nogen årsvariation. Faldet i pol-sukkerprocent

reduceredes i nogen grad af det samtidige vandtab, der næsten helt var i stand til at eliminere nedgangen i tørstofprocent (tabel 5, nederste linie).

De enkelte saccharider. Indholdet af invertsukker i digestionssaften før og efter roernes opbevaring er i tabel 6 angivet i forhold til indholdet af pol-sukker. I de 5 år var indholdet ved høst ret forskelligt, idet det varierede fra 643 mg/100S i 1972 til 1247 i 1976. Efter opbevaring lå indholdet nogenlunde på samme niveau ved hver af de lave temperaturer, men varierede noget ved de høje. I

Tabel 5. Roepol og tørstofprocent ved høst og efter opbevaring i 56 døgn
Polarisation and dry matter percentage at harvest and after storage for 56 days

	Ved høst At harvest	Efter opbevaring ved After storage at					
		1°C	5°C	8°C	11°C	15°C	20°C
1972.....	17,85	17,39	17,22	17,10	16,74	16,28	15,77
1973.....	16,18	16,02	15,71	15,78	15,46	15,21	15,21
1974.....	16,16	15,60	15,65	15,49	15,13	14,81	13,55
1975.....	16,18	16,18	16,04	15,93	15,97	15,78	15,47
1976.....	16,66	16,58	16,48	16,42	16,36	16,09	15,74
Gns. Mean 1972-76	16,61	16,35	16,22	16,14	15,93	15,63	15,15
Pct. tørstof Dry matter percentage							
Gns. Mean 1972-76	23,88	23,72	23,60	23,62	23,49	23,33	23,72

gennemsnit af alle forsøg steg indholdet exponentielt med temperaturen op til 11°C efter ligningen

$$y = 6,2 \cdot 10^{0,0476 \cdot t},$$

hvor y er den daglige invertersukkertilvækst i g pr. ton roer, og t er temperaturen i °C. Fra 11°C og opefter var stigningen meget stærkere. Glucose-

indholdet varierede på tilsvarende måde, men på et lavere niveau.

Raffinoseindholdet, der kun er bestemt i 1975 og 1976, fremgår af tabel 6 nederst. Ved høsttidspunktet var indholdet noget højere i 1975 end i 1976, 479 mod 279 mg/100S. Ved 1°C skete der under opbevaringen en betydelig ophobning, medens ophobningen i de øvrige forsøgsled blev jo

Tabel 6. Indhold af invertersukker, glucose og raffinose ved høst og efter opbevaring i 56 døgn, mg pr. 100 g pol-sukker

Content of invertersugar, glucose and raffinose at harvest and after storage for 56 days, mg per 100 g of sugar

	Ved høst At harvest	Efter opbevaring ved After storage at					
		1°C	5°C	8°C	11°C	15°C	20°C
Invertsukker <i>Invertisugar</i>							
1972.....	643	1431	1492	1741	2639	4587	7651
1973.....	769	1190	1218	1536	1436	1907	3351
1974.....	785	949	1330	1374	1534	2599	8610
1975.....	907	995	1118	1232	1295	1766	5419
1976.....	1247	1098	1193	1240	1364	1796	5026
Gns. <i>Mean</i> 1972–76	870	1133	1270	1425	1654	2531	6011
Glucose							
1972.....	257	587	585	587	734	1366	2151
1973.....	510	742	743	870	824	1020	1814
1974.....	522	624	857	829	1002	1263	4748
1975.....	574	579	639	688	712	895	2678
1976.....	754	746	788	802	839	1004	2619
Gns. <i>Mean</i> 1972–76	523	656	722	755	822	1110	2802
Raffinose							
1975.....	479	1076	766	568	402	227	189
1976.....	279	1187	935	727	490	255	184
Gns. <i>Mean</i> 1975–76	379	1132	851	648	446	241	187

Tabel 7. Forøgelse (+) og tab (-) af tørstof og sukkerstoffer under opbevaring i 56 døgn, g pr. ton roer og døgn. Gns. af 5 forsøg

Increase (+) and decrease (-) in dry matter and sugar during storage for 56 days, g per ton of beet and days. Mean of 5 experiments

	Tilstræbt temperatur, °C <i>Temperature aimed at, °C</i>					
	1	5	8	11	15	20
Invertsukker, kort. <i>Invertsugar</i> ...	+ 6	+ 10	+ 13	+ 18	+ 37	+106
Raffinose <i>Raffinose</i>	+ 22	+ 14	+ 8	+ 1	- 4	- 6
Saccharose <i>Saccharose</i>	-106	-118	-134	-158	-235	-449
Sukkerstoffer, netto <i>Sugar, net</i> ...	- 78	- 94	-113	-139	-202	-349
Tørstof <i>Dry matter</i>	- 66	- 93	-114	-140	-228	-380
Pol-sukker <i>Pol-sugar</i>	- 70	- 98	-127	-165	-254	-482

mindre, desto højere temperatur. Ved 15 og 20°C skete endog et fald i raffinoseindholdet.

I tabel 7 er anført de gennemsnitlige ændringer i indholdet af invertsukker, raffinose og saccharose, målt i g pr. ton roer og dag. Endvidere er beregnet nettotabet af sukkerstoffer, og til sammenligning er anført tabet af tørstof og pol-sukker, alt omregnet til samme vægtenhed. Raffinoseindholdet er dog som tidligere nævnt kun baseret på målinger i 2 år. Det ses, at det reelle tab af saccharose ved de lave temperaturer er noget større end det beregnede pol-sukkertab lader formode, hvilket skyldes ophobningen af det stærkt højredrejende raffinose. Derimod er saccharosetabet mindre end pol-sukkertabet ved de højere temperaturer, hvor der forekommer et raffinosestab. Omdannelse til andre sukkerarter betyder forholdsvis mest for saccharosetabet ved højeste og laveste temperatur. Der er god overensstemmelse mellem nettotabet af sukkerstoffer og tørstofabet ved temperaturer op til 11°C, me-

dens tørstofabet er størst ved de to højeste temperaturer.

Øvrige urenheder. Indholdet af de skadelige, ikke-sukkerstoffer i sukkersaften, er anført i tabel 8. Da forholdet mellem indholdet ved de enkelte temperaturer var ret nær ens for alle årene, er kun gennemsnitstallene angivet. Indholdet af kalium varierede fra 761 mg/100S i 1975 til 888 i 1976. Natriumindholdet var mindst i 1975 med 55 mg/100S og størst i 1973 med 105 mg/100S. Aminokvælstofindholdet varierede mellem 138 mg/100S i 1974 og 262 i 1972. Som det ses af tabel 8 steg kalium- og natriumindholdet ved alle temperaturer. Ved de 5 laveste temperaturer var forøgelsen næsten ens og ret lille, medens den var større ved 20°C. Disse stigninger i mængderne målt i forhold til sukkeret skyldes dog det aftagende sukkerindhold. For aminokvælstoffets vedkommende var der derimod tale om en reel stigning i indholdet.

Tabel 8. K, Na, NH₂-N, I.V. (impurity value) og P i sukkersaften, mg pr. 100 g pol-sukker. Gns. af 5 forsøg
K, Na, NH₂-N, I.V. (impurity value) and P in sugar-beet juice, mg per 100 g of sugar. Mean of 5 exp.

	Ved høst At harvest	Efter opbevaring ved <i>After storage at</i>					
		1°C	5°C	8°C	11°C	15°C	20°C
K	831	870	882	883	876	892	949
Na	78	92	90	93	94	95	110
NH ₂ -N	200	203	232	252	265	296	345
I.V.	4350	4527	4840	5053	5169	5522	6208
P, uorg. <i>Inorganic</i>	79	95	104	110	115	122	156

De nævnte ændringer i de 3 stofgrupper betød, at den beregnede impurity value udviste en svag stigning ved 1°C og øgedes jævnt med stigende temperatur op til 15°C. Ved 20°C var I.V.-værdien over 40 pct. højere end for de nyhøstede roer.

Indholdet af uorganisk fosfat i sukkersaften målt i forhold til pol-sukkerindholdet steg noget under opbevaringen, og jo mere desto højere temperaturen var. Specielt ved 20°C var indholdet højt.

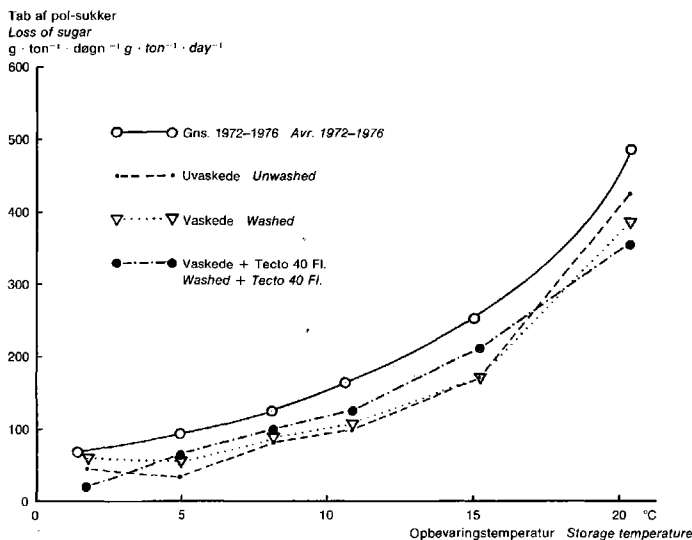
Forsøg med vask og behandling med svampe-middel

Forsøget gennemførtes i 1975 og 1976 kombineret med temperaturforsøget. Anledningen var et ønske om at kunne gennemføre forsøgene uden forstyrrende svampeangreb.

I 1975 havde de uvaskede roer temmelig meget skimmel på aftopningsfladen og andre sårflader selv ved de laveste temperaturer. På de vaskede roer var der mindre skimmel end på de uvaskede ved temperaturerne fra 5 til 11°C, men omtrent samme udbredelse som på de uvaskede ved 1°C

og ved de 2 højeste temperaturer. På de vaskede og tectobehandlede roer var der ingen skimmel ved 1°C og meget lidt ved temperaturerne op til 11°C. Også ved de to højeste temperaturer var der tydeligt mindre udbredelse af skimmel end i de to øvrige forsøgsled. Råd fandtes stort set kun ved 20°C. I de ikke-tectobehandlede forsøgsled var der 1,7 pct. råd, medens der i de tectobehandlede roer kun var ca. 0,5 pct. råd. Disse forskelle i svampeangreb var dog ikke nok til at give signifikante udslag i sukkertabet.

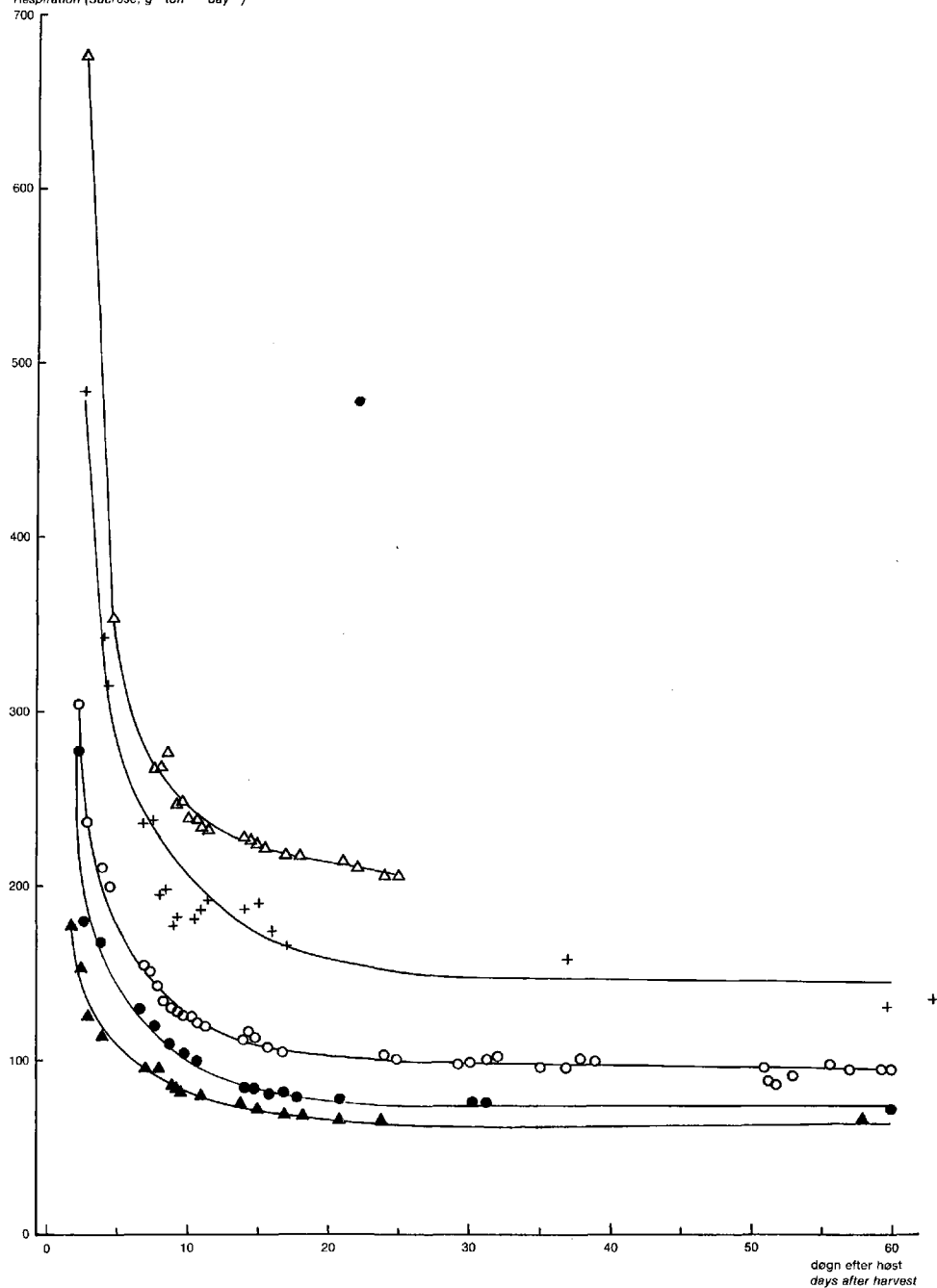
I 1976 kunne der trods en kraftigere dosering af Tecto 40 Fl. ikke spores en tilsvarende forskel på udbredelse af skimmel, der dog heller ikke dette år var særlig kraftig, men kun fandtes på sårflader. Der var ikke signifikante forskelle for nogen af de målte størrelser mellem de tre behandlingsmåder. I figur 2 er vist de gennemsnitlige tab af pol-sukker i de to år sammenlignet med gennemsnittet for samtlige 5 år. Tabene i de 2 år ligger lavere end gennemsnittet, hvilket stemmer med, at svampeangrebene generelt var lavere i de pågældende år.



Figur 2. Tab af pol-sukker i gennemsnit af 56 døgn i uvaskede, vaskede samt vaskede + tectobehandlede roer. Gns. af 2 forsøg, 1975 og 1976. Til sammenligning gns. af 5 forsøg, 1972-1976.

Loss of sugar on average for 56 days in unwashed beets, washed beets, and washed beets sprayed with 400 ppm (1975) or 1500 ppm (1976) Tecto 40 Fl. Avr. for experiments, 1975 and 1976. For comparison the averages for 5 experiments with washed beets, 1972-1976, are inserted.

Ånding (Saccharose, g · ton⁻¹ · døgn⁻¹)
 Respiration (Sucrose, g · ton⁻¹ · day⁻¹)



Figur 3. Variationer i åndingshastigheden med temperatur og opbevaringstid, 1976. Udskilt CO₂ omregnet til saccharose.

Variations in respiration rate with temperature and time of storage, 1976. CO₂ evolved expressed as sucrose.

Respirationsmålinger

Gennem flere år foretoges der respirationsmålinger sideløbende med de regulære opbevaringsforsøg. I 1976 omfattede disse målinger uvaskede roer opbevaret ved temperaturer fra 1 til 15°C. Resultaterne er vist i figur 3, idet respirationen er angivet som den mængde saccharose, der svarer til den afgivne kuldioxyd. Det ses, at respirationen straks efter roernes optagning var meget høj, men at den hurtigt aftog, og i løbet af ca. 14 dage nåede ned på et konstant niveau, hvor den holdt sig gennem den resterende forsøgsperiode. Målingerne ved 15°C blev af tekniske årsager afbrudt efter ca. 3 ugers forløb, men senere målinger antydede en stigning efter ca. 6 uger. En stigning på dette tidspunkt kan være forårsaget af en ret kraftig spiring. Sammenligninger mellem de ud fra respirationsmålingerne beregnede saccharosetab og de ved opbevaringsforsøgene målte tørstofstab viser ret god overensstemmelse, når usikkerheden vurderes ud fra, at respirationsmålingerne kun har omfattet 100 kg roer ved hver temperatur.

Diskussion

Det tab, der sker under opbevaring af sukkerroer, kan vurderes ud fra forskellige synspunkter. Skønt pol-sukkertabet kun er et fiktivt begreb, vil det være det, som dyrkeren umiddelbart interesserer sig for, fordi roepolen lægges til grund for afregningen. Set i en større sammenhæng må det dog være nedgangen i udbyttet af hvidt sukker, som er afgørende. Og her spiller især det direkte saccharosetab under lagringen og tabet til melassen en rolle.

Størsteparten af saccharosetabet må antages at hidrøre direkte fra ånding og spiredannelse. Den forholdsvis gode overensstemmelse mellem netosukkertabet og tørstofstab (tabel 7) støtter antagelsen af, at det praktisk taget udelukkende er sukker, der nedbrydes ved åndingen. De små afvigelser ved 15 og 20°C kan skyldes usikkerhed på målingerne, men kan også hidrøre fra, at ikke-sukker i et vist omfang tjener som åndingssubstrat. Analyserne viser, at proteinstoffer nedbrydes ved disse temperaturer, idet mængden af fri aminosyrer øges, og deamineret indgår disse let i

åndingskæden. Frigivelse af ammoniak kan ligeledes bidrage til tørstoftabet. Endvidere refererer Vukov (1971) undersøgelser, der viser en nedbrydning af pentosaner og pektinstoffer i løbet af opbevaringen.

Wyse & Dexter (1971b) fandt i forsøg udført ved 5°C, at det til den udviklede CO₂-mængde svarende saccharosetab langt overgik nedgangen i indholdet af saccharider, hvorimod såvel de i 1976 udførte respirationsmålinger som undersøgelser foretaget af Barr *et al.* (1940) samt Barbour & Wang (1961) støtter antagelsen om, at sukkerarter er langt det vigtigste åndingssubstrat.

Sammenhængen mellem temperaturen og det gennemsnitlige, daglige pol-sukkertab udviser et forløb, der med god tilnærmelse er eksponentielt op til ca. 15°C, hvorefter det stiger kraftigere. Dette er i overensstemmelse med Vukovs resultater og delvis med Vajna-Papp's (1958), men i nærværende undersøgelse er niveauet lavere og stigningen med temperaturen mindre stejl. En mulig årsag er, at tabene kan være beregnet over forskellige perioder af opbevaringen. Som åndingsmålingerne i 1976 og tidligere undersøgelser (Stout 1957, Oldfield *et al.* 1971) viser, er åndingsintensiteten størst lige efter optagning og falder til et lavere, nærmest konstant niveau i løbet af ca. 14 dage. Jo kortere periode det gennemsnitlige tab beregnes over, desto større vil dette være.

Et andet forhold, der synes at kunne spille ind, er styrken af et eventuelt svampeangreb. I 1974 var der et tydeligt sammenfald mellem kraftige angreb og store tab, men det lykkedes ikke i de to følgende år at få afklaret, om denne fejlkilde kan elimineres ved at undlade vask eller behandle roerne med et svampehæmmende middel. Det naturlige angreb var i begge år for lavt til at fremkalde eventuelle forskelle. Vask af roerne forud for lagring synes i visse tilfælde at kunne skade roerne, idet Dambroth (1970) fik betydeligt større rådgang i vaskede end i uvaskede roer. Derimod kunne Gaskill (1950), Wiklicky (1964) og Schiweck (1970) ikke påvise forskel i tabene hos vaskede og ikke vaskede roer.

Tab af saccharose ved omdannelse til andre sukkerarter havde forholdsvis størst betydning

ved lave temperaturer (1–5°C), hvor raffinose-dannelsen var stor, og ved høje temperaturer (20°C), hvor inverteringen var kraftig.

Ændringerne i raffinoseindholdet fulgte stort set samme mønster som i tidligere undersøgelser (McCready 1966, Wyse & Dexter 1971a), nemlig stigning ved lav temperatur og fald ved høj temperatur. Balancepunktet mellem op- og nedgang var ca. 9°C i 1975 og ca. 14°C i 1976 og lå dermed højere end hos Wyse & Dexter (1971a), der fandt uforandret raffinoseindhold ved 4,5°C. Balancetemperaturen er muligvis afhængig af raffinoseindholdet ved lagringens begyndelse, idet dette var højt i 1975 og lavt i 1976. Denne formodning støttes af de beregninger, som Vukov (1971) foretog på grundlag af en række litteraturangivelser: ved lavt raffinoseindhold i roerne var der tendens til stigning under lagringen, og ved højt indhold var der tendens til fald.

Modsat raffinoseindholdet steg invertsukker-mængden mest ved de høje temperaturer, men forblev næsten uforandret ved lav temperatur. Tidligere forsøg (McCready 1966, Wyse & Dexter 1971a) har vist samme tendens. Den ret store forskel mellem de enkelte års invertsukkerdannelse hænger muligvis sammen med skimmelan-greb og spiring. Wyse & Dexter (1971a) fandt en lignende årsvariation og påviste, at områder af roer med mug eller begyndende råd indeholdt særlig meget invertsukker, ligesom spiring fremmede dannelsen. I nærværende undersøgelse var stigningen ved høj temperatur særlig stærk i 1972 og 1974, hvor rådan-greb var mest udbredt.

Den gennemsnitlige invertsukkertilvækst steg eksponentielt med temperaturen op til ca. 11°C, hvorefter stigningen blev stærkere. Et lignende forhold fandt Vukov (1971) ved bearbejdning af en række litteraturangivelser, dog var exponential-koefficienten noget lavere, men niveauet noget højere end i nærværende arbejde. Denne forskel kan foruden svampe og spiring skyldes tidsrum-met for målingerne, idet tilvæksten i mængden af invertsukker stiger med tiden, i hvert fald i de første ca. 100 dage (Wyse & Dexter 1971a, Vukov 1971). Den meget kraftige ophobning ved tempe-raturer over ca. 11°C skyldes måske som påpeget

af Vukov (1971) den med temperaturen stigende udtørring.

Omdannelsen af saccharose til andre sukker-arter medfører ikke blot et direkte saccharosetab, men kan også forårsage et øget sukkertab til melassen. For monosaccharidernes vedkommende beror det på, at de under fabrikationsprocesserne omdannes til organiske syrer, der nødvendiggør en neutralisation med natriumkarbonat. Ifølge Reinefeld *et al.* (1974) tabes 1 mol sukker for hvert mol natriumkarbonat, der tilsættes. Raffi-nosen holder sig stabil under processerne og ak-kumuleres i melassen. Wyse & Dexter (1971b) anslår sukkertabet til 1,6 dele pr. 1 del raffinose.

Indholdet af kalium, natrium og aminokvælstof øgedes tilsyneladende under opbevaringen, men for kalium og natrium skyldtes stigningen ude-lukkende faldet i sukkerindholdet. Aminokvæl-stofindholdet var uforandret ved 1°C, men øgedes reelt ved de højere temperaturer. I modsætning hertil fandt Dexter *et al.* (1966) et fald i indholdet ved både 1,7°C og 13°C og antog, at det skyldtes syntese af nye enzymer og proteinstoffer. I en senere undersøgelse omfattende flere sorter (Wy-se & Dexter 1970a) faldt NH₂-N-indholdet i de fleste sorter ved 3°C, medens der generelt skete en stigning ved 10°C. Aminosyrerne forringer li-gesom de af invertsukkeret dannede syrer den nyttige alkalitet (Andersen & Smed 1964), samti-dig med, at melassedannelsen forøges (Reinefeld *et al.* 1974).

Konklusion

Under opbevaring af sukkerroer spiller tempe-raturen en afgørende rolle for sukkertabet. Såvel det direkte sukkertab forårsaget af ånding og in-vertering som koncentrationen af skadelige stof-fer i sukkersaften stiger progressivt med stigende temperatur. Raffinose er det eneste stof, hvis koncentration forøges mindre ved høj end ved lav temperatur, men set i relation til de andre stoffers tilvækst med stigende temperatur er dette uden betydning.

Sukkerroer bør derfor opbevares ved så lav temperatur som muligt uden dog at få frost, og temperaturen bør ikke overstige 8°C. Især bør det

undgås, at der i kulerne sker lokale ophedninger, f.eks. ved at ventilationen hindres af jord og bladrester. Endvidere bør roer til opbevaring behandles skånsomt, idet sår ofte danner udgangspunkt for svampeangreb og fremmer invertering.

Litteratur

- Andersen, E. & E. Smed (1964): The chemical composition of sugar beets and the effective alkalinity and the sugar loss in molasses CITS, Paris, 1963, 395-406.
- Bakermans, W.A.P. (1963): Bewaring van voederbieten. Deel II. Versl. landbouwk. Onderz. 69.6.
- Barbour, R.D. & C.H. Wang (1961): Carbohydrate metabolism of sugar beets. Respiratory catabolism of mono and disaccharides. J.Am.Soc. Sug. Beet Technol. 11: 436-442.
- Barr, C., E.M. Guinn & R.A. Rice (1940): A preliminary report on the effect of temperature and beet conditions on respiration and loss of sugar from beets in storage. Proc.Am.Soc. Sug.Beet Technol. 2(1): 52-65.
- Bergmeyer, H.V., E. Bernt, F. Schmidt & H. Stork (1970): Methoden der enzymatischen Analyse, 2nd edition, Verlag Chemie, Weinheim, p. 1163-68.
- Brown, C.A. & F.W. Zerban (1955): Physical and Chemical Methods of Sugar Analysis, 3rd edition, John Wiley and Sons, New York, p. 365-368.
- Bugbee, W.M., D.F. Cole & G. Nielsen (1975): Microflora and invert sugars in juice from healthy tissue of stored sugar beets. Applied Microbiology 29(6) 780-781.
- Burba, M. (1976): Atmung und Saccharosestoffwechsel lagernder Zuckerrüben. Z. Zuckerind. 26: 647-658.
- Carruthers, A. & J.F.T. Oldfield (1962): Methods for the assessment of beet quality. Proceedings of the XIth session of the CITS, September 1960, p. 224-248.
- Carruthers, A., J.F.T. Oldfield & H.J. Teague (1963): Beurteilung der Rübenqualität. Z. Zuckerind. 13(1) 23-31.
- Dambroth, M. (1970): Untersuchungen zum Lagerverhalten gewaschener und ungewaschener Zuckerrüben in Abhängigkeit von Genotyp, Temperatur und Ernteverfahren. Zucker 23(6) 167-172.
- Dexter, S.T., M.G. Frakes & Grant Nichol (1966): The effect of low, medium and high nitrogen fertilizer rates on the storage of sugar beet roots at high and low temperatures. J.Am. Soc. Sug. Beet Technol. 14(2): 147-159.
- Dexter, S.T., M.G. Frakes & R.E. Wyse (1970): A method of evaluating the processing characteristic of sugar beets, based on juice constituents: A prescription of beet quality. J. Am. Soc.Sug.Beet Technol. 16(2): 128-135.
- Dilley, D.R., R.R. Wood & P. Brimhall (1970): Respiration of sugar beets following harvest in relation to temperature, mechanical injury and selected chemical treatment. J.Am.Soc. Sug. Beet Technol. 15(8): 671-683.
- Forsøgsstationen »Maribo«: Kort introduktion til arbejdet på Kemisk Laboratorium, Forsøgsstationen »Maribo«.
- Gaskill, J.O. (1950): Progress report on the effects of nutrition, bruising and washing upon rotting of stored sugar beets. Proc.Am. Soc.Sug. Beet Technol. 6: 680-685.
- Martens, M. & J.F.T. Oldfield (1970): Storage of sugar beet in Europe; report of an I.I.R.B. enquiry. J.Int.Inst. Sugar Beet Res. 5(2): 102-128.
- McCready, R.M. & J.C. Goodwin (1966): Sugar transformations in stored sugar beets. J.Am.Soc.Sug.Beet Technol. 14(3): 197-205.
- McGinnis, R.A. (1971): Beet - Sugar Technology, 2nd edition, Beet Sugar Development Foundation, Fort Collins, Colorado 80521.
- Oldfield, J.F.T., J.V. Dutton & B.J. Houghton (1971): Deduction of the optimum conditions of storage from studies of the respiration rates of beet. Int. Sugar J. 73(875/876): 326-330, 361-365.
- Reinefeld, E., A. Emmerich & G. Baumgarten sowie C. Winner & V. Beiss (1974): Zur Voraussage des Melasse Zuckers aus Rübenanalysen. Zucker 27(1): 2-15.
- Schiweck, H. (1970): Vergleichende Lagerungsversuche zwischen gewaschenen und ungewaschenen Zuckerrüben. Zucker 23 (19): 559-567.
- Schiweck, H. & L. Büsching (1975): Die enzymatische Bestimmung des Raffinosegehaltes in Zuckerfabriksprodukten über die bei der Spaltung entstehende Galactose mit Hilfe von Galactosedehydrogenase. Zucker 28(5): 242-243.
- Smed, E. (1971): Amino- and Ammoniumnitrogen in Sugar Beet Extract by Autoanalyzer II. Technicon Skandinavisk Symposium, Stockholm.
- Stout, M. (1954): Some factors that affect the respiration rate of sugar beets. Proc.Am.Soc.Sug.Beet Technol. 8(part 2): 404-409.
- Stout, M. (1957): Respiratory losses from sugar beets soon after harvest. J.Am.Soc.Beet Technol. 9(4): 350-353.
- Stout, M. & D.J. Spikes (1957): Respiratory metabolism of sugar beets. J.Am.Soc.Sug.Beet Technol. 9(6): 469-475.
- Technicon Instruments Corporation (1971): Reagent Data Handbook for the Technicon SMA 12/60. System, Technical Publication No. THO-0160-10, Tarrytown, New York 10591, XI Glucose, p. 11-1 to 11-3, XII Inorganic Phosphate, p. 12-1 to 12-4 and XVIII Sodium (Na⁺) and Potassium(K⁺), p. 18-1 and 18-2.

- Vajna, S. (1962):* Zuckerrübenlagerung. Verlag Dr. Albert Bartens, Berlin, Nicolasse, p. 37–40.
- Vajna-Papp, M. (1958):* Atmungsversuche mit rheinischen Zuckerrüben. *Z. Zuckerind.* 8(8): 377–382.
- Vajna-Papp, M. & S. Vajna (1955):* Die Atmung der gerodeten Zuckerrübenwurzel während der Lagerung. *Acta Agron. Hung.* 5(1/2): 1–29.
- Vukov, K. (1971):* Zusammenfassende Wertung der Temperatureinflüsse bei der langfristigen Lagerung von Zuckerrüben. *Zucker* 24(20): 626–631.
- Wiklicky, L. (1964):* Lagerung von gewaschenen Rüben. *Z. Zuckerind.* 14: 503–508.
- Wyse, Roger (1974):* Enzymes involved in the postharvest degradation of sucrose in *Beta vulgaris* L. root tissue. Short comm., *Plant Physiol.* 53: 507–508.
- Wyse, R.E. & S.T. Dexter (1971a):* Effect of agronomic and storage practices on raffinose, reducing sugar, and amino acid content of sugar beet varieties. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 16(5): 369–383.
- Wyse, R.E. & S.T. Dexter (1971b):* Source of recoverable sugar losses in several sugar beet varieties during storage. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 16(5): 390–398.

Manuskript modtaget den 5. april 1978.