

Respiration og sukkertab i to sorter af fabrikssukkerroe under opbevaring

Respiration and loss of sugar in two varieties of industrial sugar beet during storage

Erik Augustinussen¹⁾ og Erling Smed²⁾

Resumé

To fabrikssukkerroesorter, Monova og Marimono, beregnet for henholdsvis tidlig og sen høst, blev sammenlignet med hensyn til respiration og sukkertab gennem fire ugers opbevaring efter tre optagningstider.

Generelt var invertsukkerdannelsen og det totale sukkertab større, jo senere roerne blev høstet, men respirationen var i gennemsnit af 4-ugers perioden ens ved alle høsttidspunkter. Der var ikke signifikante forskelle mellem sorterne vedrørende respiration og sukkertab, og for at udnytte den genetiske variation i respirationshastighed, der findes i sukkerroer, bør der sandsynligvis foretages en forædlingsmæssig udvælgelse herfor.

Respirationen var straks efter optagning høj – 350–450 g sukker/t roer/døgn – for derefter i løbet af den følgende uge at falde til godt 100 g sukker/t roer/døgn og forblive på dette niveau de følgende uger.

Nøgleord: Sukkerroe, sort, opbevaring, respiration.

Summary

Two industrial sugar beet varieties, Monova and Marimono, for early and late harvest, respectively, were compared with regard to respiration and sugar loss during four weeks' storage after three dates of lifting.

Generally the development of invert sugar and the total sugar loss were larger the later the roots were harvested, however, respiration did not differ irrespective of harvest date.

Regarding respiration and sugar loss there were no significant differences between the varieties, and to utilize the genetic variation existing in sugar beet a breeding selection probably should be made.

Immediately after lifting the respiration was high – 350–450 g sugar/t roots/day – whereafter it decreased in the next week to a little more than 100 g sugar/t roots/day, and at this level it remained in the following weeks.

Key words: Sugar beet, variety, storage, respiration.

¹⁾ Statens Forsøgsstation, Roskilde

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

Indledning

Levering af sukkerroer til sukkerfabrikkerne finder normalt sted i en 3-måneders periode fra sidst i september til hen imod nytår. De første roer bliver således taget op ca. 1½ måned før maksimalt sukkerudbytte er opnået, medens de sidste roer ofte må opbevares 1½–2 måneder i kule før levering. For at mindske tabet ved tidlig levering er der ved forædling skabt sorter, der tidligt giver et stort sukkerudbytte, medens andre sorter til gengæld har en større daglig tilvækst gennem den sidste del af vækstsæsonen. Da det af udenlandske undersøgelser (1, 6) fremgår, at der er stor variation i roesorters respiration, kunne det tænkes, at de tidlige sorter på grund af en hurtigere afmodning havde et lavere respirationstab under opbevaring end de senere sorter. For at afprøve denne formodning er der udført fire forsøg med to sorter af fabrikssukkerroe: Monova, der anvendes ved tidlig optagning og Marimono, der er beregnet på sen høst. For at se, om forholdet mellem de to sorters respirationshastigheder skulle ændre sig igen i høstperioden, er der foretaget målinger på tre tidspunkter med ca. 1 måneds intervaller.

Forsøgene er udført i et samarbejde mellem Roskilde forsøgsstation, der har forestået dyrkning, opbevaring og respirationsmålinger, og A/S De danske Sukkerfabrikker, Forædlingsstationen »Maribo«, der har udført analysearbejdet.

Materiale og metoder

Forsøgsplan

A. Monova

B. Marimono

1. Optagning i sidste uge af september
2. – 4 uger senere end 1
3. – 4 – – 2

Opbevaring: 4 uger ved 8°C.

Plantemateriale

Roerne blev udsået med en rækkeafstand på 55 cm og en frøafstand på ca. 14 cm. Der foretoges en let udtynding. Der tilførtes pr. ha 800 kg PK 0–4–21 med Mg og natriumkalkammonsalpeter svarende til 120 kg N. Roerne blev aftoppet med

Tabel 1. Optagningstidspunkter.
Dates of lifting.

	Forsøgsled <i>Treatment</i>		
	1	2	3
1980	24/9	22/10	19/11
1981	23/9	21/10	18/11
1982	30/9	28/10	24/11
1983	30/9	26/10	16/11

aftoppejern og taget op med en 2 rk. Holbæk-optager med læsseelevator. Tidspunkterne for optagning fremgår af tabel 1. Før afvejning af prøver blev roerne vasket skånsomt i en specialbygget tromlevasker. Der blev afvejet otte prøver à 45 kg til opbevaring + otte prøver til analyse straks pr. kombination. Fire prøver anbragtes i cylindriske PVC-beholdere (højde 150 cm, diameter 32 cm) til respirationsmåling, medens fire prøver opbevarede i plasticforede trækasser. Respirationsmålingerne blev udført ved 8°C som tidligere beskrevet (2).

Analysen

Efter opbevaring i 4 uger blev roerne bedømt for spiring og svampeangreb, hvorefter prøverne blev vejede og savet (Forædlingsstationen »Maribo«). Prøverne blev analyseret for indhold af tørstof, sukker (målt ved polarisation og i det følgende kaldet pol eller roepol), K, Na, NH₂-N, P, glucose, invertsukker og raffinose efter metoder som tidligere beskrevet (2). Desuden analyseredes for saccharose som beskrevet af *Scoenrock* og *Costesso* (4). Den størrelse, som i (2) blev betegnet saccharose, og som beregnes på grundlag af pol ved korrektion for indhold af glucose, invertsukker og raffinose, benævnes i det følgende korrigeret pol (K-pol).

$$\text{K-pol} = \text{Pol} \times \frac{100 - 1,85 \times R - 1,8 \times G + 1,0 \times I}{100}$$

hvor R = raffinose, G = glucose og I = invertsukker, alle udtrykt i % af pol.

Resultater og diskussion

Mellem 1. og 2. optagningstidspunkt skete for begge sorters vedkommende en betydelig stigning i roernes indhold af tørstof og sukker, medens der mellem 2. og 3. optagningstidspunkt skete en lille nedgang (tabel 2, øverste halvdel). Monova havde gennemgående et lidt højere indhold af tørstof og sukker end Marimono. Glucose-

og invertsukkerindholdet var ens ved alle optagningstidspunkter, medens raffinoseindholdet steg kraftigt fra første til sidste optagning. Kalium- og natriumindholdet faldt en smule mellem 1. og 2. optagningstidspunkt, medens aminokvælstofindholdet var uforandret. Den beregnede impurity value (I.V.) var en smule lavere ved 2. og 3. end ved 1. optagning.

Tabel 2. Koncentration af tørstof, sukkerarter og letopløselige forbindelser i to sukkerroesorter ved optagning og efter fire ugers opbevaring. Gns. af fire forsøg, 1980-83.

Concentration of DM, sugar and easily soluble compounds in two sugar beet varieties at lifting and after four weeks storage. Mean of four trials, 1980-83.

Optagningstidspunkt Date of lifting	Monova			Marimono		
	1	2	3	1	2	3
Ved optagning At lifting						
Tørstof, %	23,56	24,47	24,26	23,37	24,22	23,98
DM						
Pol-sukker, %	17,01	17,63	17,55	16,86	17,51	17,47
Pol-sugar						
Saccharose, %*)	17,19	17,56	17,50	17,03	17,47	17,46
Glucose, mg/100S	308	342	330	303	328	313
Invertsukker -	554	555	569	543	540	588
Invertsugar						
Raffinose -	353	564	705	331	501	705
K -	824	799	786	853	799	793
Na -	72	56	55	70	56	57
NH ₂ -N -	107	104	108	120	109	118
I.V. -	3386	3224	3235	3571	3274	3359
P, uorg. -	138	116	115	135	116	116
P, inorganic						
Efter opbevaring i 4 uger After storage in 4 weeks						
Tørstof, %	23,34	24,15	24,23	23,05	23,89	24,04
DM						
Pol-sukker, %	16,69	17,36	17,19	16,54	17,19	17,12
Pol-sugar						
Saccharose, %*)	16,76	17,31	17,39	16,91	17,27	17,20
Glucose, mg/100S	472	469	582	470	460	671
Invertsukker, -	795	812	933	794	805	1001
Invertsugar						
Raffinose -	526	504	478	537	560	425
K -	842	789	803	871	808	816
Na -	67	58	60	66	59	59
NH ₂ -N -	117	111	133	124	125	139
I.V. -	3509	3278	3540	3647	3477	3635
P, uorg. -	140	124	127	137	122	127
P, inorganic						

*) Gns. af 3 år, 1981-83

Mean of 3 years, 1981-83

Tabel 3. Vægt-, tørstof- og sukbertab eller -tilvækst under opbevaring i fire uger. Gns. af fire forsøg, 1980-83.
Weight-, DM- and sugar loss or -increase during storage for four weeks. Mean of four trials, 1980-83.

Optagningstidspunkt Date of lifting	Monova			Marimono		
	1	2	3	1	2	3
Vægttab, % <i>Weight loss</i>	0,45	0,92	1,44	0,54	0,90	1,42
Tørstoffab, % <i>DM loss</i>	1,31	2,19	1,56	1,88	1,99	1,19
Polsukbertab, % <i>Pol-sugar loss</i>	2,24	2,54	3,49	2,46	2,65	3,27
Korr. polsukbertab, g/t/d <i>Corr. pol-sugar loss</i>	162	151	176	174	165	185
Glucosetilvækst, g/t/d <i>Glucose increase</i>	9	7	15	9	8	20
Invertsukbertilvækst g/t/d <i>Invertsugar increase</i>	14	16	21	14	16	23
Raffinosetilvækst, g/t/d <i>Raffinose increase</i>	11	-4	-14	12	3	-18
Sukbertab, netto, g/t/d <i>Sugar loss, net</i>	137	139	169	148	146	180
Respirationstab, g/t/d <i>Respiration loss</i>	155	159	149	159	161	152

Efter opbevaring i 4 uger var roerne gennemgående sunde (fri for svampeangreb) og havde bladspirer på 1-2 cm. Roernes tørstofindhold var under opbevaringen reduceret ganske lidt, medens polsukkerindholdet var faldet med 0,3-0,4%-enheder (tabel 2, nederste halvdel). Glucose- og invertsukkerindholdet steg noget under opbevaringen, mest i de sidst optagne roer. Raffinoseindholdet steg i de tidligt optagne roer og faldt i de sidst optagne, helt i overensstemmelse med Wyse og Dexters iagttagelser (5). Medens K og Na-indholdet kun steg relativt som følge af fald i sukkerindholdet, viste $\text{NH}_2\text{-N}$ -indholdet en lille reel stigning, der var størst i de sidst optagne roer. Gennemgående var stigningen af de uønskede stoffer (invertsukker, raffinose, K, Na, $\text{NH}_2\text{-N}$) langt mindre i denne undersøgelse end i en tidligere (2), hvor opbevaringstiden var 2 måneder.

Det samlede vægttab under opbevaringen steg fra ca. 0,5% i roer fra første optagning til knap 1,5% i roer fra sidste optagning (tabel 3). Da størsteparten udgøres af fordampning af vand, må

denne proces foregå lettere i ældre end i yngre roer. Polsukbertabet varierede fra knap 2,5% ved 1. optagning til hen mod 3,5% i roer fra 3. optagning og var ens for de to sorter. Nettosukbertabet pr. t roer og døgn steg også fra 1. til 3. optagning, medens respirationstab stort set var ens ved alle tre optagningstider. Forskellen mellem nettosukbertab og respirationstab kan dels skyldes målefejl, dels omdannelse af sukker til andre organiske forbindelser. Der var ikke væsentlige forskelle mellem de to sorter, hverken med hensyn til respirationshastighed eller omdannelse af kemiske forbindelser under lagringen. I en hollandsk undersøgelse (3) var der heller ikke signifikante forskelle mellem fem sorters respirationshastigheder, og det må derfor konstateres, at der ikke er fundet genetisk variation blandt kommercielle sukkerroesorter med hensyn til tørstoffab som følge af respiration under opbevaring. I de amerikanske undersøgelser (1, 6) var der tale om hybrider, der var udvalgt for lav respiration, og som blev sammenlignet med forældresorterne.

Respiration
g saccharose/t roer/døgn
g sucrose/t beets/day

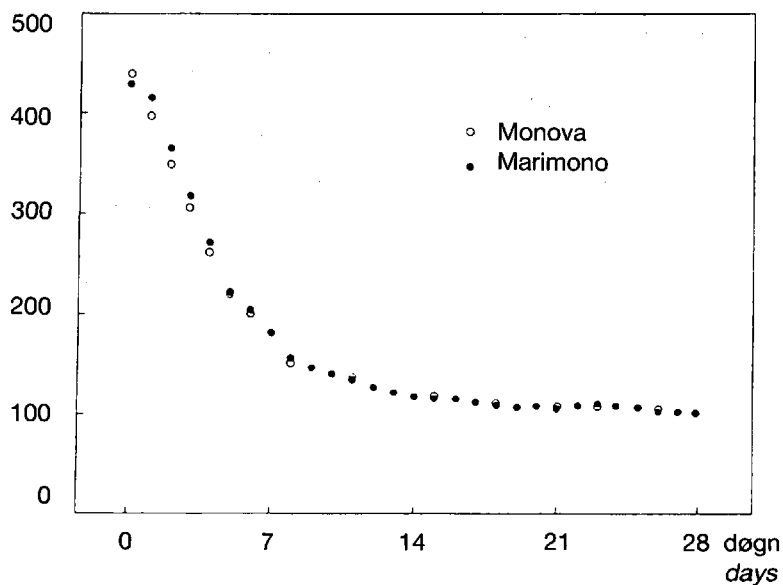


Fig. 1. Respiration ved 8°C i 28 døgn efter optagning 29/9 1983.
Respiration at 8°C during 28 days after lifting 29 Sept., 1983.

Respiration
g saccharose/t roer/døgn
g sucrose/t beets/day

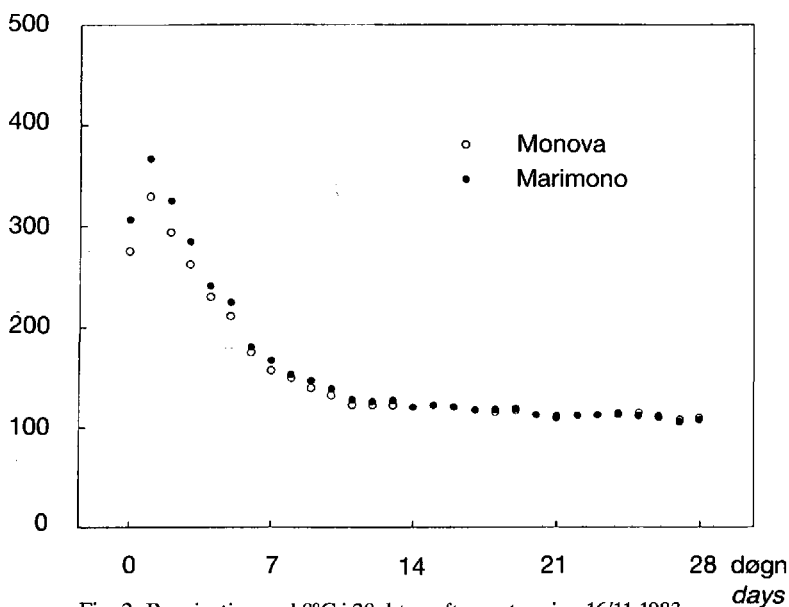


Fig. 2. Respiration ved 8°C i 28 døgn efter optagning 16/11 1983.
Respiration at 8°C during 28 days after lifting 16 Nov., 1983.

Respirationen var straks efter roernes optagning høj og faldt derpå i løbet af 2–3 uger til et konstant niveau (fig. 1). Medens respirationen ved 1. optagning altid var størst ved 1. måling, steg den ved 3. optagning lidt og kulminerede efter 1–2 dages forløb (fig. 2). Årsagen til denne forskel kan være, at roerne er kommet ind i forsøget med forskellig temperatur, men kan også ligge i roernes forskellige modenhed. Slutniveauet var nær det samme for alle optagningstider og begge sorter, nemlig svarende til godt 100 g sukker pr. ton roer og døgn.

Litteratur

1. Akeson, W. R. & Widner, J. N. 1981. Differences among sugarbeet cultivars in sucrose loss during storage. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 21, 80–91.
2. Augustinussen, E. & Smed, E. 1979. Temperaturen indvirkning på sukkertab og kemiske omdannelser under opbevaring af fabrikkssukkerroer. *Tidsskr. Planteavl* 82, 549–563.
3. Koster, P. B., Raats, P. & Jorritsma, J. 1980. The effect of some agronomical factors on the respiration rates of sugar beet. I. I. R. B. 43e congrès d'hiver, Bruxelles, février 1980, pp. 109–125.
4. Schoenrock, K. W. R. & Costesso, D. 1975. The spectral photometric determination of sucrose in sugar beets and sugar beet products via specific enzyme systems. *J. Am. Soc. Sug. Beet Technol.* 18, 349–359.
5. Wyse, R. E. & Dexter, S. T. 1971. 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, 369–383.
6. Wyse, R. E., Theurer, J. C. & Doney, D. L. 1978. Genetic variability in post-harvest respiration rates and sugarbeet roots. *Crop Sci.* 18, 264–266.

Manuskript modtaget den 25. februar 1987.