

## METODY OCENY PORÓWNAWCZEJ WYNIKÓW TECHNOLOGICZNYCH PRZY PRZEROBIE BURAKÓW RÓŻNEJ JAKOŚCI

*Konstanty Vukov*

Instytut Badawczy Przemysłu Cukrowniczego  
Budapeszt, Węgry

Często dokonuje się porównania wskaźników technologicznych różnych cukrowni, np. współczynników filtracji i sedymentacji, własności chemicznych i fizycznych soków rzadkich i gęstych, wydajności cukru białego i strat w melasie. Porównania takie mogą prowadzić do zupełnie fałszywych wniosków, jeżeli nie uwzględni się zmiennej jakości surowca. Dotyczy to również porównania wyników pracy jednej cukrowni w kolejnych latach, a nawet porównania wyników w różnych okresach tej samej kampanii.

Na podstawie składników, których zawartość oznaczono analitycznie w soku buraczanym i soku surowym, opracowaliśmy kryteria w postaci wskaźników umożliwiających porównanie poprzednio wspomnianych wyników pracy cukrowni, ze znacznym zredukowaniem błędów wynikających z różnej jakości surowca. Zastosowaliśmy wskaźniki do obliczania cukru białego i straty cukru w melasie z danych analitycznych buraków, soku surowego i soku gęstego; na ich podstawie wyprowadziliśmy wnioski wskazujące, w jakiej mierze wydajność cukru białego i strata w melasie zależą od składu buraków lub od metody otrzymywania i oczyszczania soków.

### WSKAŹNIKI ZWIĄZANE Z FILTRACJĄ I SEDYMENTACJĄ OSADÓW

Praca dekantatorów i filtrów w dużym stopniu zależy od zawartości inwertu i koloidów w soku surowym. Zawartość inwertu w soku surowym stanowi pewną informację o przyszłej zawartości niecukrów utrudniających filtrację i sedymentację. Na tej podstawie zawartość związków

redukujących w soku surowym (określoną jako inwert) można wziąć za podstawę do obliczenia wskaźników dotyczących filtracji i sedymentacji [5]. Użyto następujących oznaczeń:

$i_n$  — zawartość inwertu, g/100 cm<sup>3</sup> soku surowego,

$s$  — zawartość suchej substancji, g/100 g soku surowego (°Bx),

$F_k$  — współczynnik oporu filtracji według Brieghel-Müllera, s.cm<sup>-4</sup>,

$S_k$  — współczynnik sedymentacji, cm/min.

Wartość wskaźników określonych tymi symbolami oraz ich zakres wahań są następujące:

wskaźnik filtracyjny

$$F_i = \frac{F_k}{10 i_n}$$

poniżej 1,0 — ocena

dobra

powyżej 2,0 — ocena

zła

wskaźnik sedymentacyjny

$$S_i = \frac{S_k}{10,5 - 10 i_n - 0,25 s}$$

powyżej 1,5 — ocena

dobra

poniżej 1,0 — ocena

zła

W przeciętnych cukrowniach te wartości wskaźników mogą służyć za wytyczne, według których ocenia się poprawność pracy i skuteczność zmian wprowadzanych do procesu technologicznego.

#### WSKAŹNIKI ZWIĄZANE Z USUNIĘCIEM NIECUKRÓW

Od dawna jako typowy wskaźnik stosuje się efekt oczyszczania soku. Wymowa tego wskaźnika jest jednak ograniczona, jeżeli polaryzacji i stężenia soków nie oznacza się ze szczególną dokładnością [4].

O łącznej zawartości niecukrów w soku surowym można wnosić z sumy trzech głównych niecukrów: popiołu konduktometrycznego, inwertu i zawartości aminokwasów. Jeżeli łączną ilość niecukrów w soku rzadkim podzielimy przez tę sumę, to otrzymamy cenne informacje o stopniu usunięcia niecukrów w trakcie oczyszczania soków. Stosunek tych wartości nazwaliśmy wskaźnikiem niecukrów  $k_{nc}$ . Równoczesne określenia efektu oczyszczania i wskaźnika niecukrów mówią o wiele więcej o łącznej ilości usuniętych niecukrów niż sam tylko efekt oczyszczania.

Podczas oczyszczania soków sole potasu i sodu, tzw. popiół alkaliczny, są usuwane tylko w niewielkim stopniu, głównie przez adsorpcję. Składniki te są szczególnie ważne ze względu na melasotwórczość. Wyniki

oznaczeń popiołu konduktometrycznego w burakach i sokach prawie całkowicie zależną od ilości soli metali alkalicznych [1, 9], może więc on służyć za podstawę wskaźnika oceny buraków i soku surowego. *Wskaźnikiem popiołu*  $k_{pp}$  określamy zawartość popiołu alkalicznego w soku rzadkim przeliczoną na jednostkę zawartości popiołu konduktometrycznego w burakach lub soku surowym.

Zawartość soli wapniowych w soku rzadkim zależy w znacznym stopniu od ilości inwertu i aminokwasów w soku surowym [7] a następnie od zawartości w nim kwasu mlekowego i kwasów lotnych.

Do utworzenia wskaźnika soli wapniowych wybraliśmy jedynie sumę ilości inwertu i aminokwasów w soku surowym, ponieważ nie dysponujemy odpowiednimi metodami analitycznymi do masowego oznaczania bezazotowych kwasów organicznych. Sumując zawartość inwertu i aminokwasów posługujemy się wartościami równoważnikowymi, przy czym w przypadku inwertu chodzi o liczbę równoważników kwasów powstających wskutek alkalicznego rozkładu inwertu (około 0,125 wali z 1 g inwertu). Tak utworzony *wskaźnik soli wapniowych*  $k_{sw}$  reaguje bardzo silnie na różne warianty i odchylenia technologii oczyszczania soków. Jest on więc bardzo dogodnym kryterium oceny sposobu oczyszczania soków.

Oprócz poprzednio podanych, zastosujemy następujące oznaczenia literowe (ilości w % nb.):

- $nc_s$  — ilość niecukrów w soku surowym,
- $nc_{rz}$  — ilość niecukrów w soku rzadkim,
- $nc_g$  — ilość niecukrów w soku gęstym,
- $Cz_s$  — czystość soku surowego,
- $Cz_g$  — czystość soku gęstego,
- $pp_s$  — ilość popiołu konduktometrycznego w soku surowym,
- $i_s$  — ilość inwertu w soku surowym,
- $a_s$  — ilość azotu aminowego w soku surowym,
- $pp_g$  — ilość popiołu konduktometrycznego w soku gęstym,
- $CaO_g$  — ilość soli wapniowych w soku gęstym.

Posługując się tymi oznaczeniami można zdefiniować w następujący sposób wskaźniki oceny i podać ich wartości skrajne:

Efekt oczyszczania (%):

$$e = 100 \left( 1 - \frac{nc_g}{nc_s} \right) = \left( 1 - \frac{Cz_s \cdot (100 - Cz_g)}{Cz_g \cdot (100 - Cz_s)} \right) \cdot 100$$

ponad 35 — ocena  
dobra  
poniżej 30 — ocena  
zła

wskaźnik niecukrów

$$k_{nc} = \frac{nc_g}{pp_s + i_s + 6,25 a_s}$$

poniżej 1,3 — ocena  
dobra  
powyżej 1,7 — ocena  
zła

wskaźnik popiołu

$$k_{pp} = \frac{pp_g - 1,8 \text{ CaO}_g}{pp_s}$$

poniżej 0,75 — ocena  
dobra  
powyżej 0,85 — ocena  
zła

wskaźnik soli wapniowych

$$k_{sw} = \frac{\text{CaO}_g}{28} : \left( \frac{i_s}{125} + \frac{a_s}{14} \right)$$

poniżej 0,10 — ocena  
dobra  
powyżej 0,30 — ocena  
zła

Wskaźniki te, podobnie jak wymienione poprzednio, mogą służyć za kryteria oceny pracy cukrowni.

#### WSKAŹNIKI ZWIĄZANE Z TERMOSTABILNOŚCIĄ SOKU RZADKIEGO

Nazwą termostabilności określamy zespół zjawisk, które prowadzą do mniejszej wrażliwości soku rzadkiego na wzrost zabarwienia i zanik alkaliczności w wyparce i w warnikach. Ta skłonność zależy przede wszystkim od definitywnej alkaliczności soków, od ich zawartości inwertu i początkowego zabarwienia. Dlatego termostabilność zależy od zawartości popiołu alkalicznego, inwertu i azotu aminowego w soku surowym.

Definitywna alkaliczność soku rzadkiego ( $\text{pH}_g$ ) jest to wartość mierzona w temperaturze pokojowej, jaką osiąga sok po końcowej saturacji i całkowitym możliwym wykrystalizowaniu węglanu wapniowego. W cukrowniach nie stosujących siarkowania następuje to zwykle po pierwszym, najwyżej drugim dziale stacji wyparnej, nawet jeżeli saturacja końcowa nie jest prowadzona w punkcie alkaliczności optymalnej.

W przypadku gdy ilość azotu aminowego w soku surowym nie przekracza 0,024% nb. obowiązują następujące zależności statystyczne [7]:

$$\text{pH}_g = 9,9 - 15c$$

natomiast przy wyższej zawartości azotu aminowego:

$$\text{pH}_g = 8,6 - 5c,$$

gdzie:

$$c = \frac{\text{CaO}_g}{pp_g}$$

Wartości liczbowe  $c$  można wyznaczyć na podstawie wskaźnika popiołu alkalicznego  $k_{pp}$  oraz wskaźnika soli wapniowych  $k_{sw}$  opierając się na znanej zawartości popiołu, inwertu i azotu aminowego w soku surowym. Gdy ilość azotu aminowego w soku surowym przekracza 0,024% nb., wówczas

$$\text{pH}_g = 9,9 - \frac{420 k_{sw} (i_s/125 + a_s/14)}{k_{pp} \cdot pp_s + 50,4 k_{sw} (i_s/125 + a_s/14)}$$

natomiast przy zawartości powyżej 0,024% nb.

$$\text{pH}_g = 8,6 - \frac{140 k_{sw} (i_s/125 + a_s/14)}{k_{pp} \cdot pp_s + 50,4 k_{sw} (i_s/125 + a_s/14)}$$

Za pomocą tych wskaźników można ocenić, w jakim stopniu definitywna alkaliczność soku rzadkiego zależy od składu buraków, a w jakim od metody oczyszczania soków.

Wieninger i Kubadinow opracowali pojęcie współczynnika alkaliów [8], który może być oszacowany z tych równań przy odpowiednich założeniach i ograniczeniach.

Zabarwienie i zawartość inwertu w sokach rzadkich i gęstych zależą przede wszystkim od zawartości inwertu w soku surowym. Można więc do oceny stacji oczyszczania soków zastosować jako kryteria stosunki tych wielkości:

wskaźnik inwertu w soku rzadkim

$$k_i = \frac{i_{rz}}{i_s}$$

poniżej 0,15 — ocena  
dobra  
powyżej 0,25 — ocena  
zła

wskaźnik inwertu w soku gęstym

$$k_{ig} = \frac{i_g}{i_s}$$

poniżej  $k_i + 0,05$  —  
ocena dobra  
powyżej  $k_i + 0,10$  —  
ocena zła

wskaźnik zabarwienia soku rzadkiego

$$f_{rz} = \frac{^{\circ}\text{St}_{rz}}{i_s}$$

poniżej 10 — ocena  
dobra  
powyżej 20 — ocena  
zła

wskaźnik zabarwienia soku gęstego

$$f_g = \frac{^{\circ}\text{St}_g}{i_s}$$

poniżej 20 — ocena  
dobra  
powyżej 30 — ocena  
zła

#### WSKAŹNIKI ZWIĄZANE Z WYDAJNOŚCIĄ CUKRU BIAŁEGO I STRATĄ CUKRU W MELASIE

Do oceny wpływu, jaki właściwości buraka i jakość soku surowego a także skład soku gęstego wywierają na straty cukru w melasie, posłużyliśmy się korelacjami między tymi stratami a analitycznie oznaczonymi składnikami buraka, soku surowego i soku gęstego. W każdym przypadku porównywano rzeczywistą stratę cukru w melasie z wartościami obliczonymi z poszczególnych korelacji.

Skład soku surowego różni się od składu buraków o tyle, że zależy od działalności mikrobiologicznej i enzymatycznej oraz ilości soli wprowadzonych z wodą zasilającą ekstraktor. W składzie soku gęstego odzwierciedla się z kolei wpływ pracy stacji oczyszczania i zagęszczania soków.

Na Węgrzech od ponad 10 lat posługujemy się następującym wzorem do obliczenia straty cukru w melasie [6]:

$$S_{m(b)} = 0,65 pp_b + 1,71 i_b + 1,7$$

gdzie:

- $S_{m(b)}$  — strata cukru w melasie, obliczana ze składu buraków, ‰ nb.,
- $pp_b$  — popiół konduktometryczny w burakach, ‰,
- $i_b$  — zawartość inwertu w burakach, ‰.

Rozrzut tak obliczonych wartości wynosi około  $\pm 0,15\%$  nb.

Zawartość niecukrów i popiołu alkalicznego w soku gęstym Silin [3] i Schneider wraz z współpracownikami [2] uważają za miarę straty cukru w melasie.

Na podstawie wzorów Silina wyprowadziliśmy równanie, które zgadzało się ze stosowanymi metodami analitycznymi i składem melasu normalnego [6]. Wówczas za melas normalny uważano melas nasycony w  $40^{\circ}\text{C}$  o stężeniu  $82^{\circ}\text{Bx}$  (oznaczanym bezpośrednio), co odpowiadało

lepkości około 44 P. Dzisiejsza nowoczesna aparatura produktowni pozwala na pracę z melasem o stężeniu wyższym o  $1,5^{\circ}\text{Bx}$  i takie stężenie melasu uważamy za normalne. Metoda oznaczania stężenia suchej substancji przy rozcieńczeniu 1:1 daje w porównaniu z dawniejszym pomiarem bezpośrednim wyniki mniej więcej o  $1,5^{\circ}\text{Bx}$  wyższe i odpowiednio różne współczynniki czystości, dlatego obecna postać dawnego wzoru wygląda jak następuje:

$$S_{m(g)} = 2,7 A_g + 0,68 nc_g$$

gdzie:

$S_{m(g)}$  — strata cukru w melasie, obliczona ze składu soku gęstego, % nb.,

$A_g$  — ilość popiołu alkalicznego w soku gęstym, % nb.,

$nc_g$  — zawartość niecukrów w soku gęstym, % nb.

Z powyższego wzoru wyprowadzono, posługując się odpowiednio dobranymi wartościami wskaźnika niecukrów i wskaźnika popiołu, następujący wzór do obliczania straty cukru w melasie na podstawie analizy soku surowego:

$$S_{m(s)} = 2,7 pp_s + i_s + 5,3 a_s.$$

Jeżeli porównać rzeczywiste straty w melasie z wartościami obliczonymi z trzech powyższych wzorów:  $S_{m(b)}$ ,  $S_{m(s)}$  i  $S_{m(g)}$ , to można rozstrzygnąć, w jakim stopniu stratę cukru w melasie spowodowały: skład buraka, skład soku surowego i skład soku gęstego.

#### LITERATURA

1. Carolan R.: Intern. Sugar J., 1953, t. 55, s. 122
2. Schneider F., Emmerich A., Reinefeld E. i in.: Zucker, 1961, t. 14, s. 208, 234, 307; C.R. 11e Assemblée Gén. CITS, Frankfurt, 1960, s. 170
3. Silin P. M.: C.R. 12e Assemblée Gén. CTIS, Paryż, 1963, s. 253
4. Vavrinecz G.: Ztschr. Zuckerind. Böhmen u. Mähren, 1943—1944, t. 67, s. 46
5. Vigh A., Vukov K.: Cukoripar, 1967, t. 20, s. 163; Gaz. cukr., 1967, t. 75, s. 290
6. Vukov K., Bárány L.: Cukoripar. Kut. Közl., 1962, t. 7, s. 18
7. Vukov K.: Cukoripar, 1968, t. 21, s. 16; Sucr. Belge., 1968, t. 87, s. 407
8. Wieninger L., Kubadinow N.: C.R. 14e Assemblée Gén. CITS, Bruxelles, 1971, s. 523; Zucker, 1971, t. 24, s. 599
9. Wiklund O.: Socker Handlingar II, 1951, t. 7, s. 25

*К. Буков*

## МЕТОДЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА

### Резюме

Если сравнивать коэффициенты фильтрации и седиментации, а также физические и химические свойства очищенных соков и сиропов, то различия химического состава исходных диффузионных соков приводят к ошибочной оценке эффективности технологических процессов. Компоненты диффузионного сока — такие как зола, аминный азот, инвертный сахар и несахары — могут составлять основу для определения числовых показателей, благодаря которым можно без больших погрешностей сравнивать эффекты технологических процессов.

С помощью таких показателей, основанных на содержании некоторых компонентов свеклы, очищенного сока и сиропа, можно сравнивать выход белого сахара в мелассе. Показатели дают возможность получить информации о влиянии, какое на потери сахара в мелассе оказывает работа цеха сокодобывания, цеха очистки сока и варочно-кристаллизационного отделения.

*H. Vukov*

## METHODS FOR THE COMPARATIVE EVALUATION OF PROCESSING RESULTS WITH REGARD TO QUALITY DIFFERENCES IN SUGAR BEET

### Summary

If the filtration and settling coefficients as well as certain chemical and physical features of thin and thick juices are compared, differences in the chemical composition of the original beet raw juices might lead to wrong technological conclusions. Raw juice constituents, like the ash, amine nitrogen, invert sugar and nonsugar content, may be used to compute index numbers ensuring a comparability of the processing techniques subject to relatively small errors.

Also white sugar recovery and the sugar losses in molasses originating from different beets are comparable by means of index numbers based on certain constituents of the beet as well as of the raw and thick juices. These index numbers are of a certain information value with regard to the effects of juice extraction, purification and sugar end work on the sugar losses in molasses.