



*XXXII Pokampanijna Konferencja Techniczno-Surowcowa*

# **Jakość surowca w technologii cukru**

***dr inż. Radosław Gruska***



*Stowarzyszenie Techników Cukrowników, Warszawa, NOT, 13-14 luty 2020*



***Jest zdefiniowana przez sumę wszystkich właściwości buraków dostarczonych do fabryki, które wpływają na ekstrakcję i uzysk cukru białego.***

*Winner, 1976*



## Czym jest wartość technologiczna?

**Właściwości biologiczne**

*(odmiana, morfologia)*

+

**Właściwości chemiczne**

*(zawartość cukru i niecukrów)*

+

**Właściwości fizyczne**

*(zanieczyszczenia, uszkodzenia, właściwości mechaniczne)*



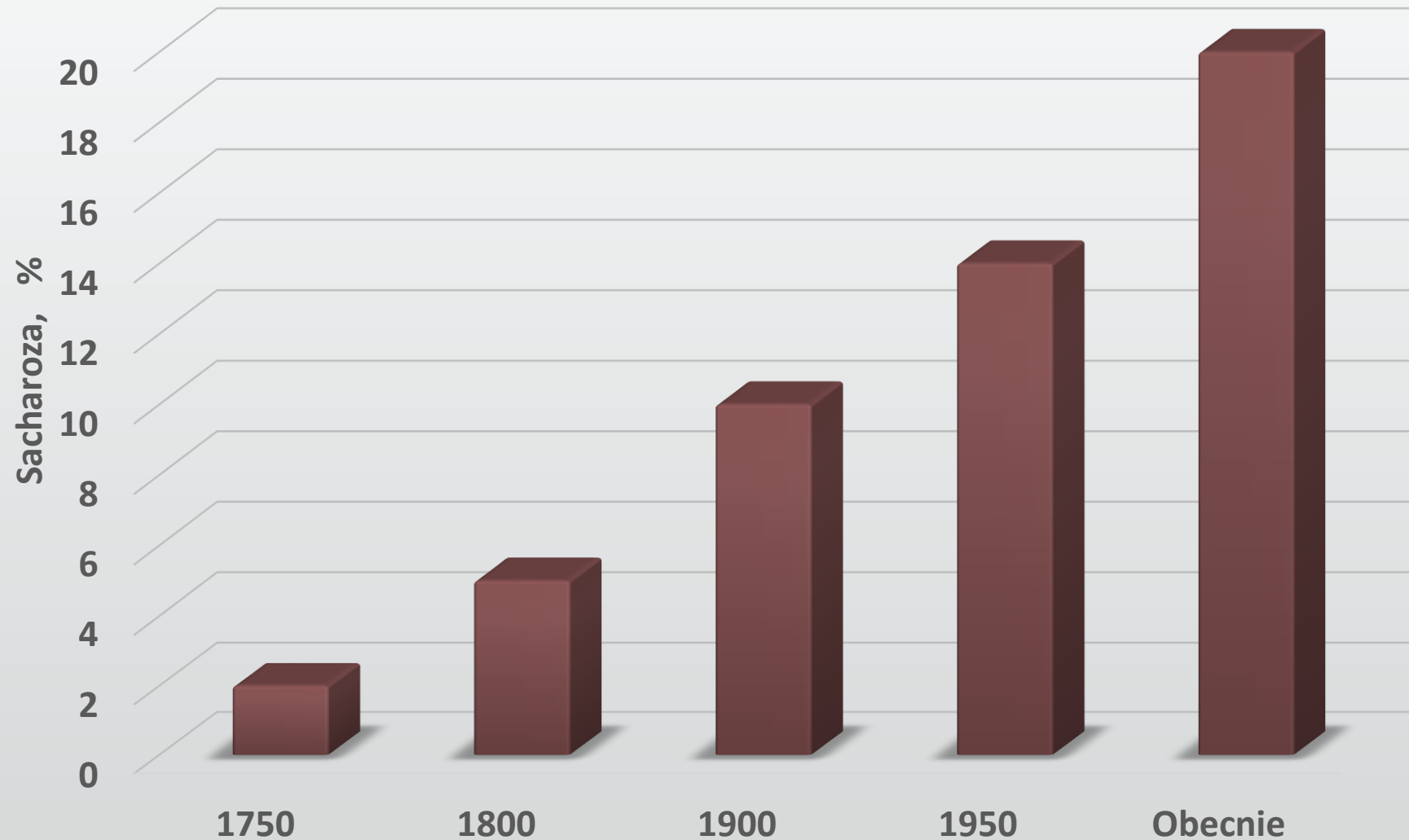
# Właściwości chemiczne

*(zawartość cukru i niecukrów)*



## Właściwości chemiczne: sacharoza

**Im więcej sacharozy, tym lepiej!**





## Właściwości chemiczne: sacharoza

Wpływ pogody na dobowe straty sacharozy podczas przechowywania.

Parametry	Korzystny przebieg pogody	Niekorzystny przebieg pogody
<b>Dobowe straty cukru, % nb.</b>	<b>0,028</b>	<b>0,040</b>
Dobowe straty masy, %	0,046	0,065
Spadek czystości soku surowego, %	1,77	3,95
Ilość korzeni porażonych przez grzyby kopcowe, %		
w stopniu słabym	4,2	46,8
w stopniu średnim	1,2	10,2
w stopniu silnym	0,2	8,9



## Właściwości chemiczne: sacharoza

Wpływ zabiegów technicznych na wyniki przechowywania.

Parametry	Pryzma kontrolna	Pryzma wentylowana mechanicznie	Pryzma wentylowana mechanicznie i nawilżana
Straty masy, %	0,087	0,072	0,057
<b>Straty cukru, % nb.</b>	<b>0,032</b>	<b>0,022</b>	<b>0,019</b>
Ilość buraków porażonych przez grzyby kopcowe, %, w stopniu:			
— słabym	46,5	36,0	32,7
— średnim	0,5	-	-
— silnym	-	-	-



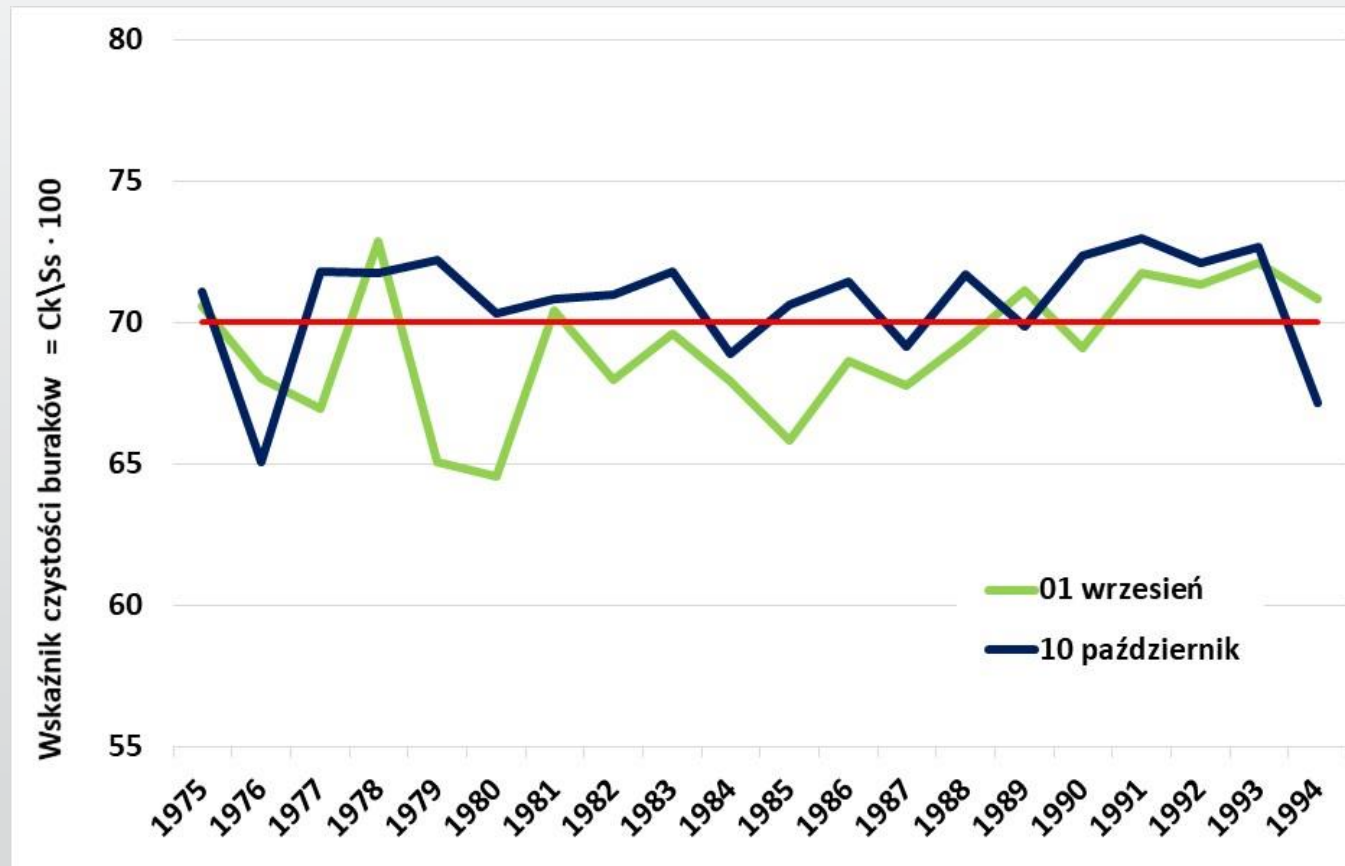
## Właściwości chemiczne: woda

- Umożliwia ekstrakcję.
- Bierze udziału w reakcjach hydrolizy i uwodnienia:
  - rozkład inwertu
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{R}\cdot\text{CONH}_2 \rightarrow \text{R}\cdot\text{COOH} + \text{NH}_3$
- Bardzo dobry rozpuszczalnik (dla sacharozy: 66,7% w 20°C, 78,7% w 80°C).
- $\text{H}_2\text{O} + \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \xrightarrow{(\text{H}^+ \text{ lub inwertaza})} \text{glukoza} + \text{fruktoza}$
- Powstawanie związków barwnych.



## Właściwości chemiczne: woda

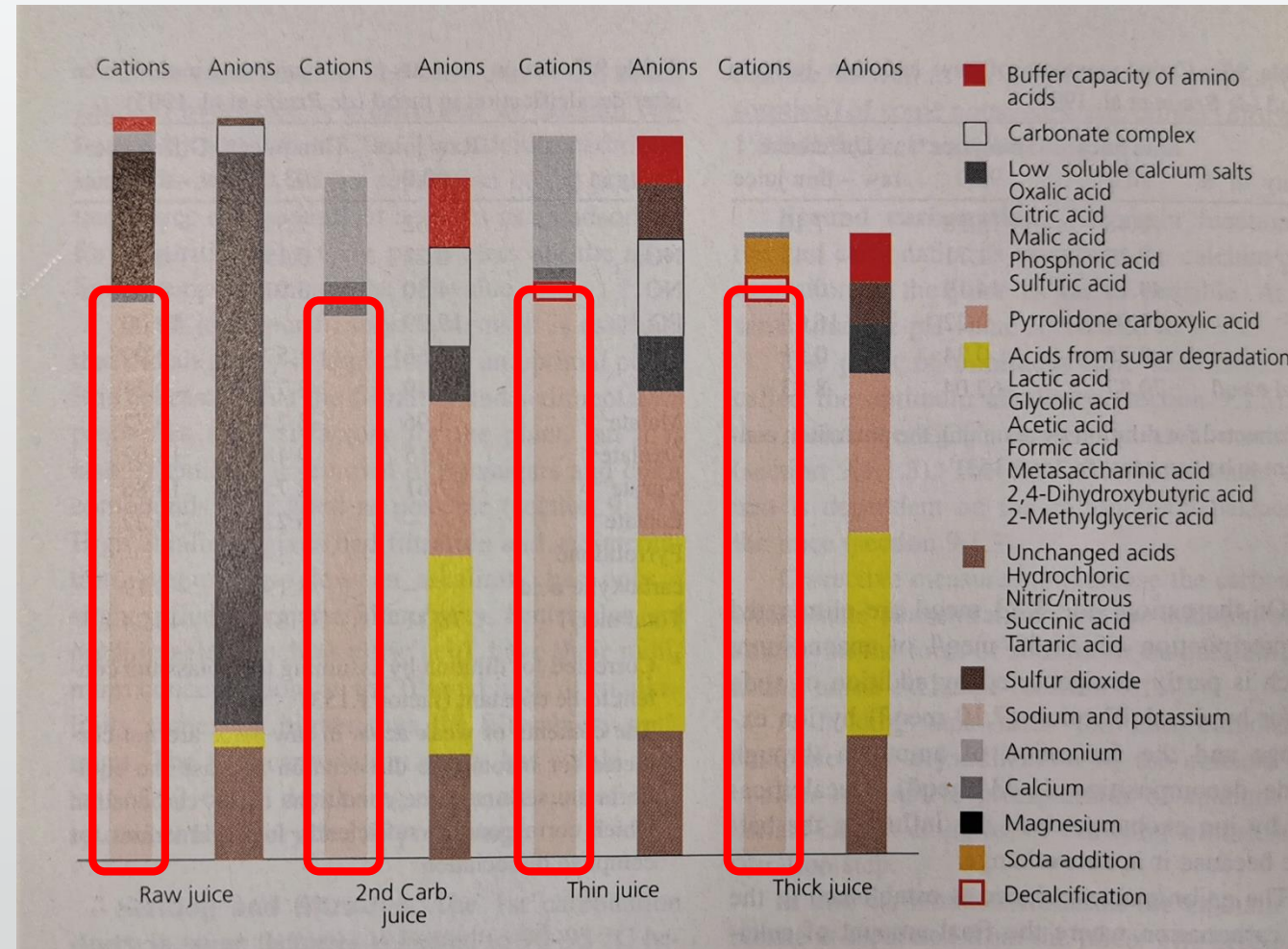
- „Optymalna” zawartość wody: 73 ÷ 76% (sucha substancja 24 ÷ 27%).
- Zbyt duża ilość wody: buraki są kruche, łamliwe, trudno otrzymać prawidłową krajanekę.
- *Wskaźnik czystości buraków* ( $Ck \backslash Ss \cdot 100$ ) powinien wynosić 70 i więcej.



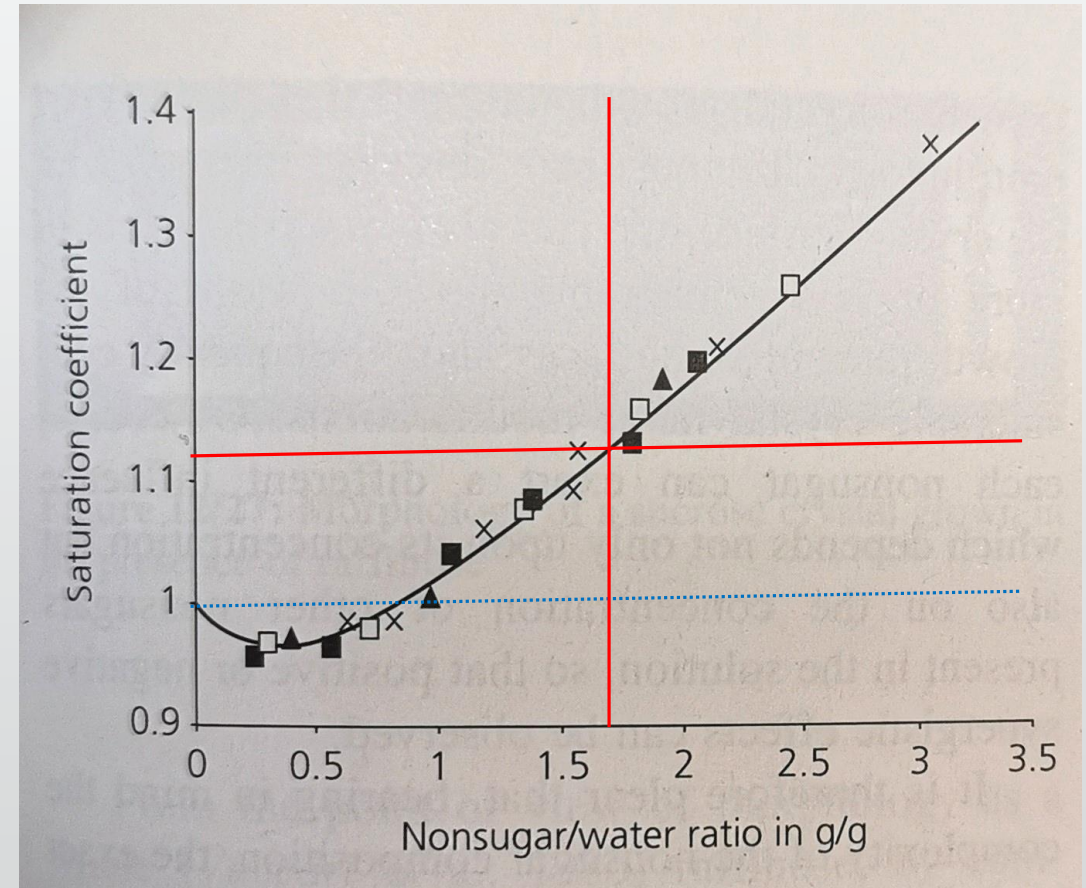
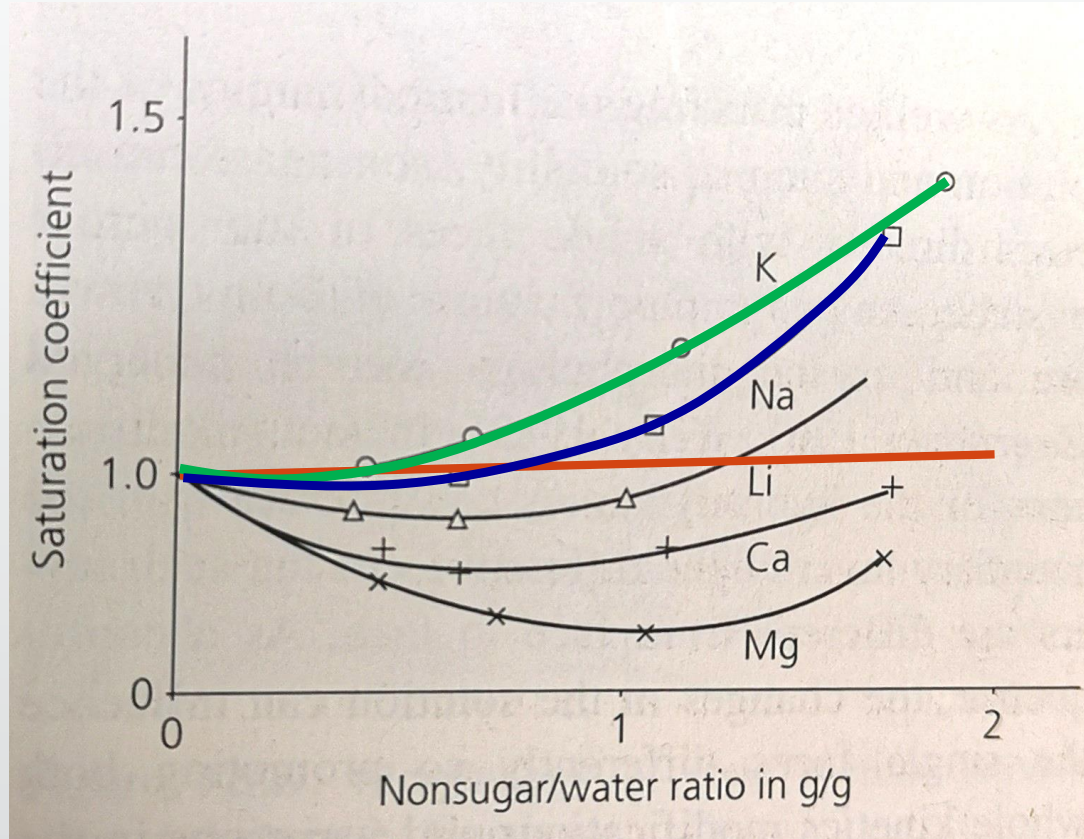


## Właściwości chemiczne: popiół

Rozpuszczalny popiół w burakach, to suma niecukrów organicznych w skład której wchodzi głównie kationy:  $K^+$  (ok. 0,3%),  $Na^+$  (ok. 0,05%),  $Ca^{2+}$  (ok. 0,06%),  $Mg^{2+}$  (ok. 0,03%).



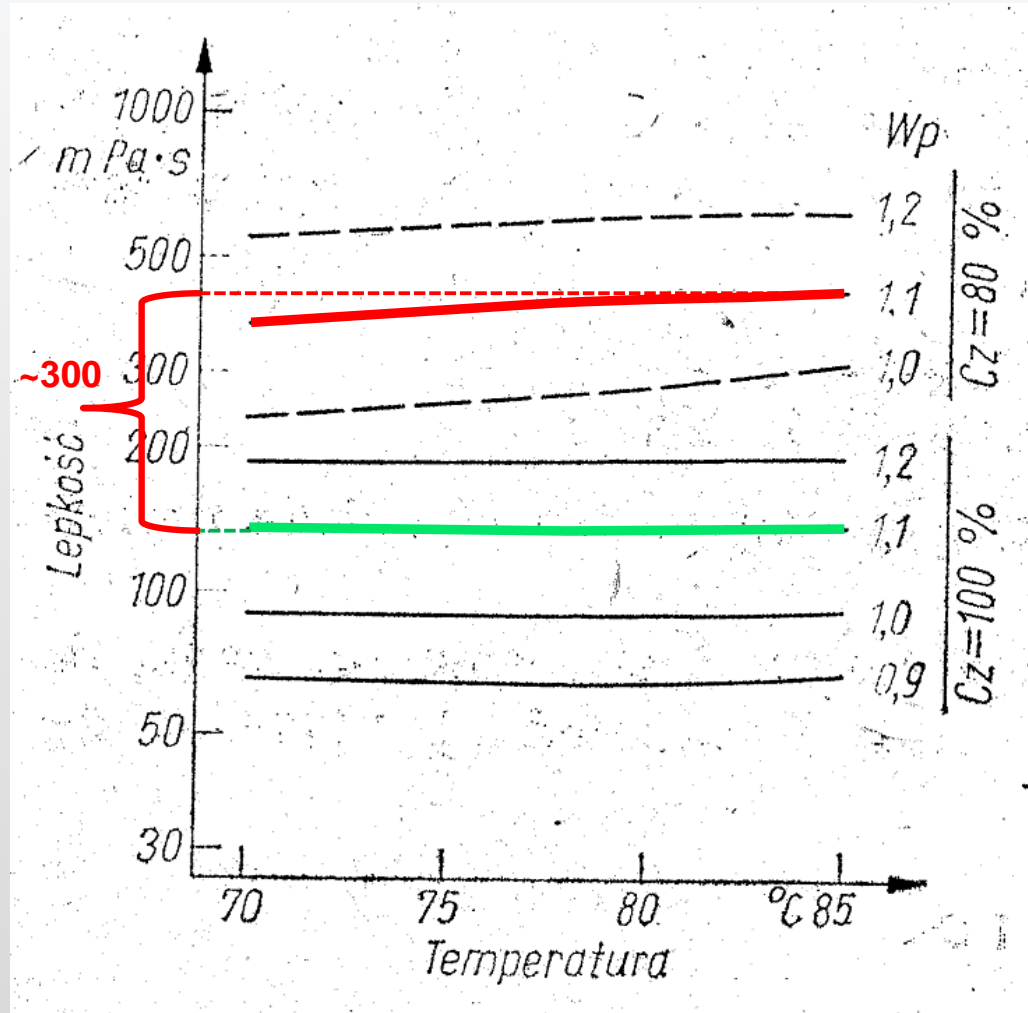
Dlaczego popiół jest szkodliwy?





# Właściwości chemiczne: popiół

## Dlaczego popiół jest szkodliwy?



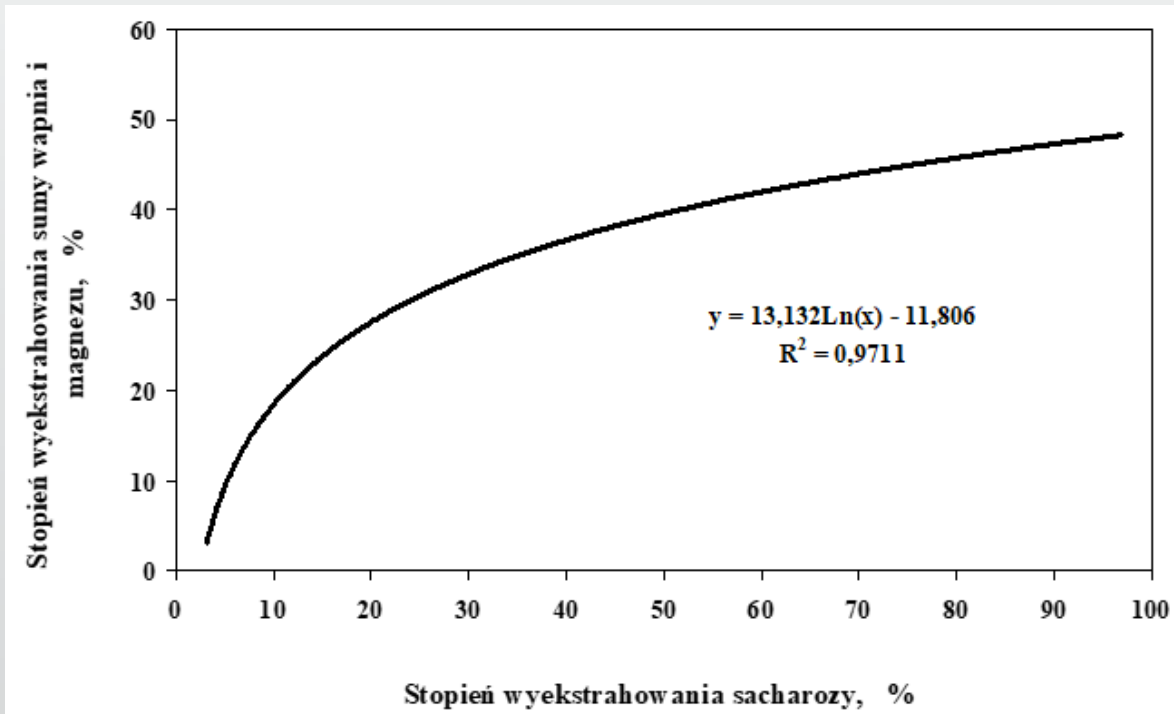
1. Niecukry mają różną zdolność do wiązania wody: im mniej cząsteczek wody wiąże dany niecukier, tym wykazuje większą zdolność do zwiększania rozpuszczalności sacharozy:  $K^+ > Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ .
2. Małe jony o symetrycznej budowie (np.  $K^+$ ), łatwo tworzą asocjacje z sacharozą zastępując, a nawet zwalniając wodę hydratacyjną, dzięki czemu w roztworze znajduje się więcej wolnych cząsteczek wody, które umożliwiają rozpuszczenie dodatkowych porcji sacharozy.
3. Niecukry, powodując wzrost rozpuszczalności sacharozy (w stosunku do roztworów czystych) sprawiają, że po uzyskaniu wymaganego do krystalizacji przesylenia, silnie rośnie lepkość roztworu, co pogarsza warunki krystalizacji.
4. W szacunkach można posługiwać się tzw. „wskaźnikiem popiołowym”, który określa stosunek zawartości cukru do zawartości popiołu rozpuszczalnego w korzeniu. Korzystny jest wówczas, gdy zawartość Ck jest wyższa przynajmniej 40-krotnie od zawartości popiołu.



## Właściwości chemiczne: popiół

Ograniczanie ilości **sodu** i **potasu** w sokach poprzez regulację stopnia ekstrakcji:

1. Po ekstrakcji powyżej 95% sacharozy (zawartość cukru w wyśłodkach np. 0,3% nb.) stopień ekstrakcji potasu i sodu sięga 90%.
2. Po ekstrakcji 93 – 95% sacharozy (do zawartości cukru w wyśłodkach od 0,5 do 1% nb.), z krajanki do soku surowego przechodzi 70 – 85% potasu i sodu.





## Właściwości chemiczne: azot $\alpha$ -aminokwasowy

Aminokwas	Zawartość w soku surowym	
	g/100 kg buraków	%
Glutamina	220	52.1
Kwas $\gamma$ -aminomasłowy	28	6.6
Asparagina	26	6.2
Kwas asparaginowy	24	5.7
Seryna	21	5.0
Alanina	18	4.3
Leucyna	16	3.8
Kwas glutaminowy	15	3.6
Tyrozyna	10	2.4
Treonina	10	2.4
Izoleucyna	10	2.4
Walina	9	2.1
Lizyna	5	1.2
Prolina	4	0.9
Fenylalanina	4	0.9
Glicyna	2	0.5

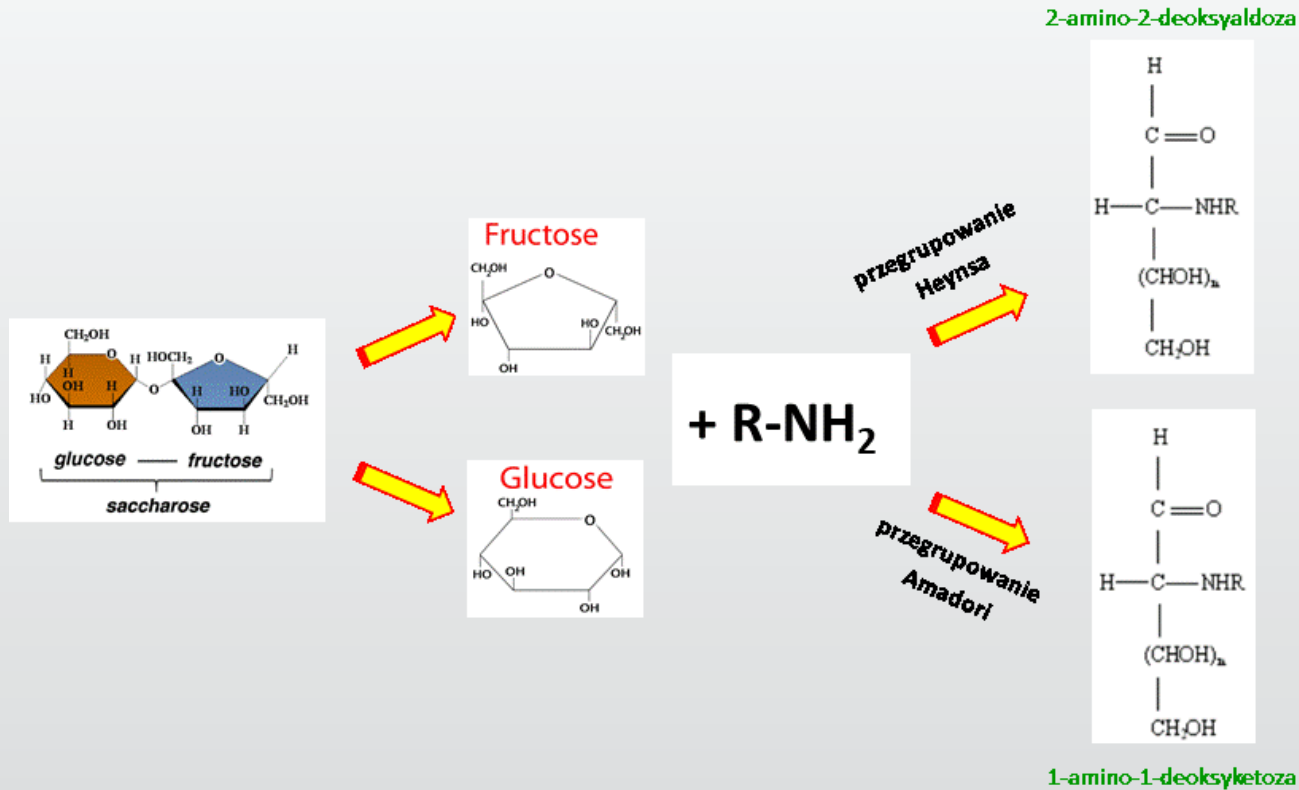
- Nie zwiększają strat cukru w melasie w tak dużym stopniu jak popiół, ale ich duża ilość sugeruje niekorzystne zmiany składu buraków: zawartość Ck w burakach powinna być ok 800 razy wyższa od zawartości azotu  $\alpha$ -aminokwasowego.
- Wszystkie aminokwasy obecne w soku surowym są rozpuszczalne w roztworach alkalicznych i nie wytrącają się w postaci osadu w procesie oczyszczania (nieznaczne ilości mogą być jedynie adsorbowane na osadzie).
- Ponieważ aminokwasy reagują z  $\text{Ca}^{2+}$ , a powstające związki są rozpuszczalne w warunkach alkalicznych, to prowadzi to do pozornego zużycia wapna w procesie oczyszczania.



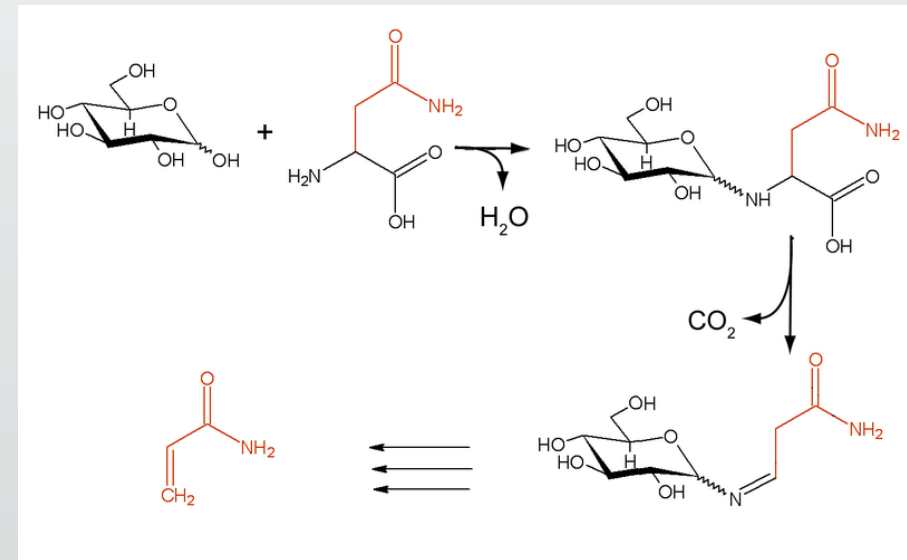
# Właściwości chemiczne: azot $\alpha$ -aminokwasowy

Główna szkodliwość aminokwasów polega na reagowaniu z inwertem i **tworzeniu substancji barwnych**.

Związki te, zwane melanoidynami powstają głównie w reakcjach Maillarda.

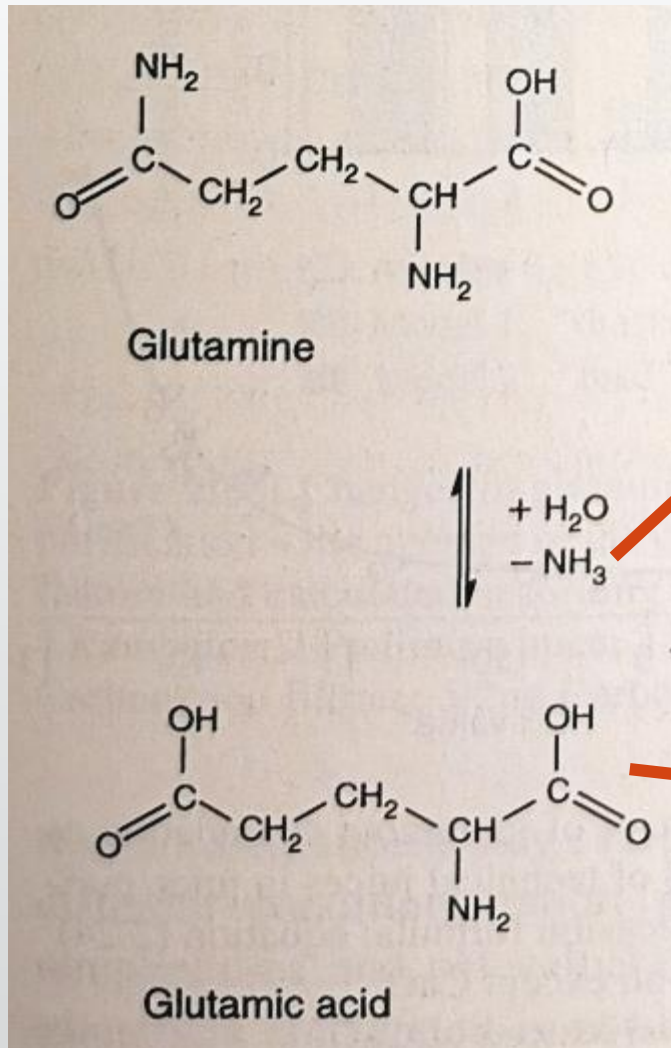


Znanym przykładem reakcji Maillarda może być konwersja asparginy w akrylamid:



*kwasy  $\gamma$ -aminomasłowe, lizyna  $\rightarrow$  kwas asparaginowy  $\rightarrow$  prolina  $\rightarrow$  fenyloalanina  $\rightarrow$  leucyna  $\rightarrow$  **kwas glutaminowy**  $\rightarrow$  glicyna  $\rightarrow$  alanina, walina*

Amidy aminokwasowe, rozkładane np. w procesie zagęszczania, powodują **zanik alkaliczności**.



1. Lotny amoniak (NH<sub>3</sub>) opuszcza sok razem z oparami.

2. Kwas glutaminowy pozostaje w soku.



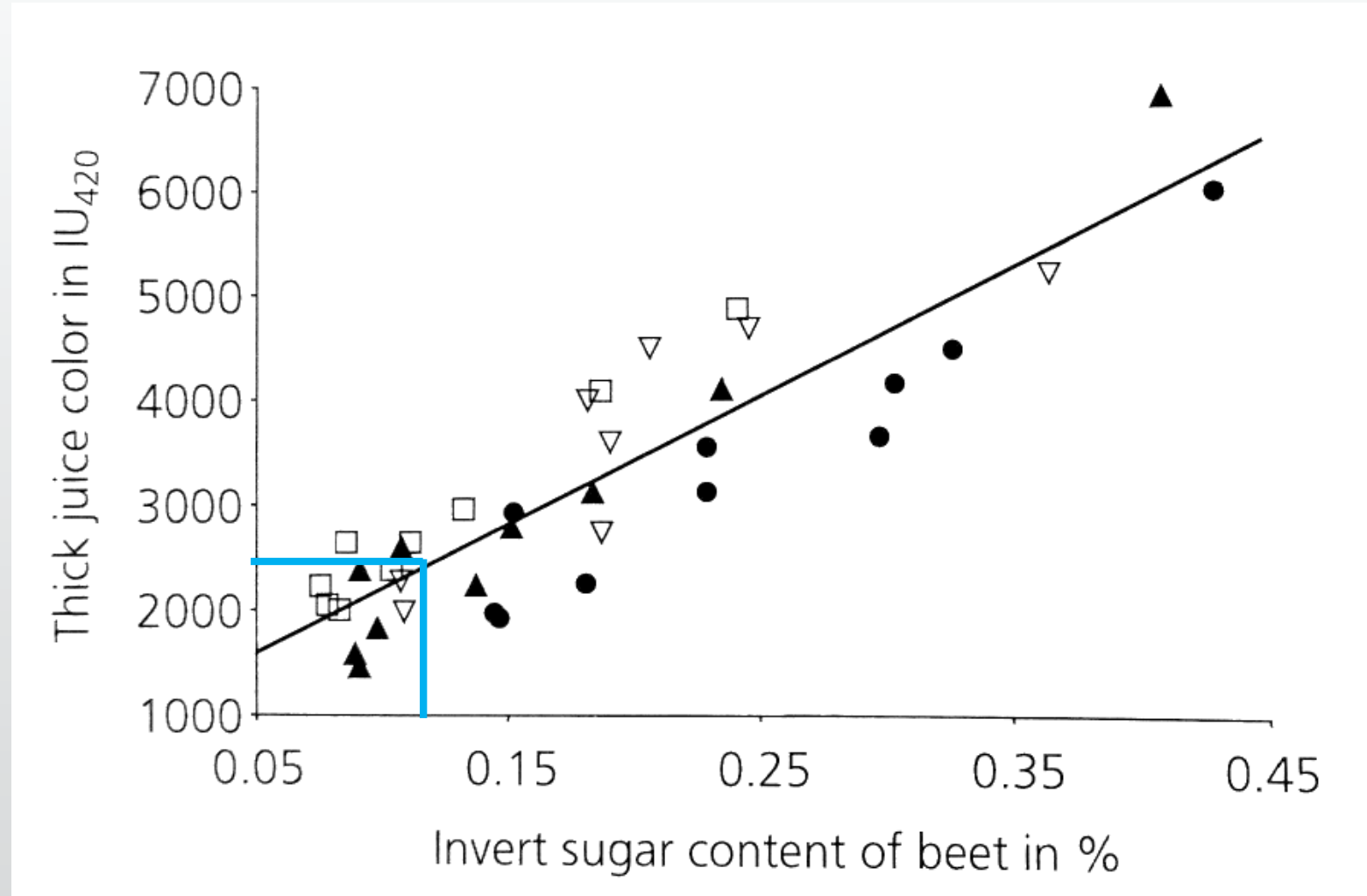
## Właściwości chemiczne: związki redukujące

- Składnikami związków redukujących są (g/100 g sacharozy):
  - glukoza: ok. 0,68,
  - fruktoza: ok. 0,32,
  - galaktoza: ok. 0,17,
  - śladowe ilości arabinozy i kwasu galakturonowego.
- W nadmiernej ilości inwert powoduje przede wszystkim **wzrost zawartości soli wapniowych** oraz **przyrost zabarwienia**.
- Z punktu widzenia technologii cukru, korzystne jest, gdy zawartość sacharozy w buraku jest 100 – krotnie wyższa, niż zawartość inwertu (inwert: nie więcej, niż 1,0 g/100 g Ck).



## Właściwości chemiczne: związki redukujące

### Wpływ inwertu na zabarwienie soku (gęstego)





## Właściwości chemiczne: związki redukujące

### Wpływ inwertu na zabarwienie soku (gęstego)

- Przyjmuje się, że 1 mg inwertu na 1 kg suchej substancji podnosi zabarwienie soku o 1,3 IU<sub>420</sub>.
- Najistotniejsze znaczenie dla zawartości inwertu ma proces **nawapniania głównego** – należy go prowadzić w dostatecznie wysokiej temperaturze aby umożliwić całkowity rozkład inwertu i amidów.

*Wg literatury, do zupełnego rozkładu 0,13% inwertu wystarcza temperatura 80°C i czas 10 min, ale przy zawartości 0,44% inwertu rozkłada się on w tych warunkach tylko w 92%. Dopiero przy podniesieniu temperatury do 90°C i przedłużeniu czasu do 15 min osiąga się 100% rozkładu.*

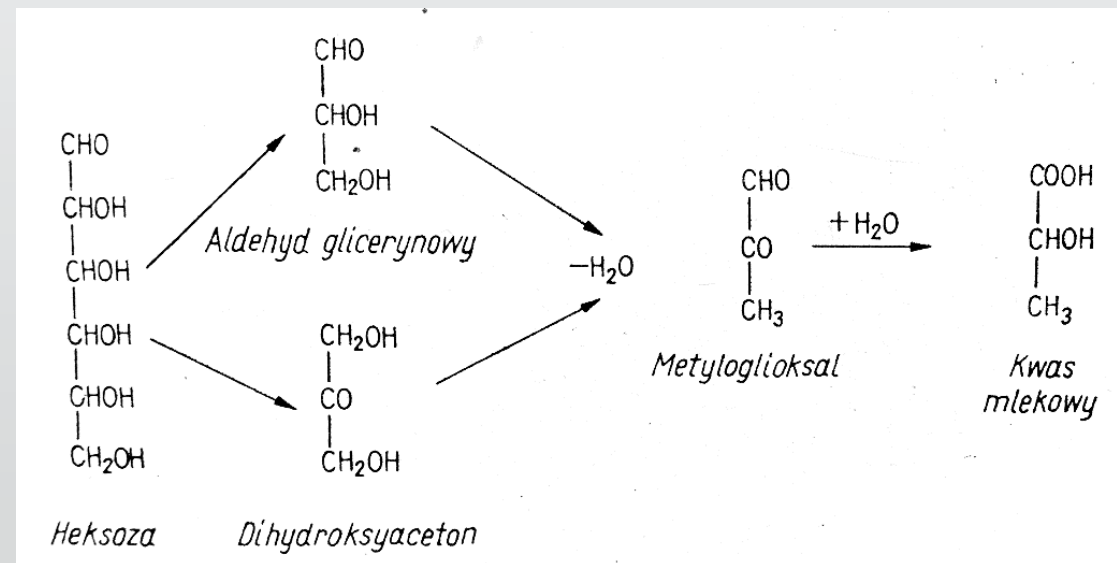


## Właściwości chemiczne: związki redukujące

### Wpływ inwertu na zawartość soli wapniowych (alkaliczność soków)

Jeśli alkaliczność soku rzadkiego, przeliczoną na 100 cz. suchej substancji, porównać z alkalicznością soku gęstego, to zwykle otrzymuje się różnicę wskazującą na zanik alkaliczności. Potwierdzają to również pomiary pH, które pokazują niższe wartości w soku gęstym.

Jedną z przyczyn obniżania się alkaliczności soków może być rozkład inwertu prowadzący do powstania związków o charakterze kwasowym, które jednocześnie tworzą (rozpuszczalne) sole wapniowe.





## Właściwości fizyczne

(zanieczyszczenia, uszkodzenia, *właściwości mechaniczne*)



## Właściwości fizyczne: właściwości mechaniczne

1. **Wytrzymałość na ściskanie:** maksymalne naprężenie, jakie materiał może wytrzymać w warunkach działania obciążenia zgniatającego.
2. **Wytrzymałość na rozerwanie:** obciążenie lub siła rozciągająca konieczna do rozerwania materiału.
3. **Opór krajania:** praca zużyta na krajanie tkanki.
4. **Moduł sprężystości (moduł Younga):** wielkość określająca sprężystość materiału. Wyraża charakterystyczną dla danego materiału, zależność względnego odkształcenia liniowego materiału od naprężenia, jakie w nim występuje w zakresie odkształceń sprężystych.

Właściwości mechaniczne	Buraki
Wytrzymałość na ściskanie, MN/m <sup>2</sup>	2,0 ÷ 2,5, <3,0 (Nowicki)
Wytrzymałość na rozerwanie, MN/m <sup>2</sup>	≤ 1,2
Opór krajania, kJ/m <sup>2</sup>	0,8 ÷ 1,4 0,5 ÷ 0,8 (Kubiak)
Moduł sprężystości, MN/m <sup>2</sup>	4,0 ÷ 9,0

Vukov K.: Physics and chemistry of sugar-beet in sugar manufacture. Amsterdam 1977, Elsevier Scientifics Publishing Company.

Nowicki W, inni: Gaz. Cukr. 1977, 85, 8.

Kubiak J.: Wpływ niektórych czynników chemicznych na współczynnik dyfuzji sacharozy przez tkankę buraka cukrowego oraz wytrzymałość tkanki na ścinanie. Gaz. Cukr. 1986, 94, 1-4..



Właściwości mechaniczne mają znaczenie podczas:

- **transportu i mycia korzeni** (wytrzymałość na ściskanie i rozerwanie, **moduł sprężystości**),
- **krajania korzeni** (opór krajania, **moduł sprężystości**),
- **ekstrakcji krajanki** (wytrzymałość na ściskanie, **moduł sprężystości**),
- **wyżymania wyśłodków** (wytrzymałość na ściskanie, **moduł sprężystości**).



## Właściwości fizyczne: właściwości mechaniczne

Moduł sprężystości, MN/m <sup>2</sup>	Opis korzeni	Stan korzeni	Zawartość wody w stosunku do zawartości początkowej, %
7 – 14	kruche	świeże	96 – 100
4.2 – 7.0	sprężyste	przesuszone	90 – 96
1.8 – 4.2	miękkie	zwiędłe	80 – 90
< 1.8	bardzo miękkie	bardzo zwiędłe	< 80

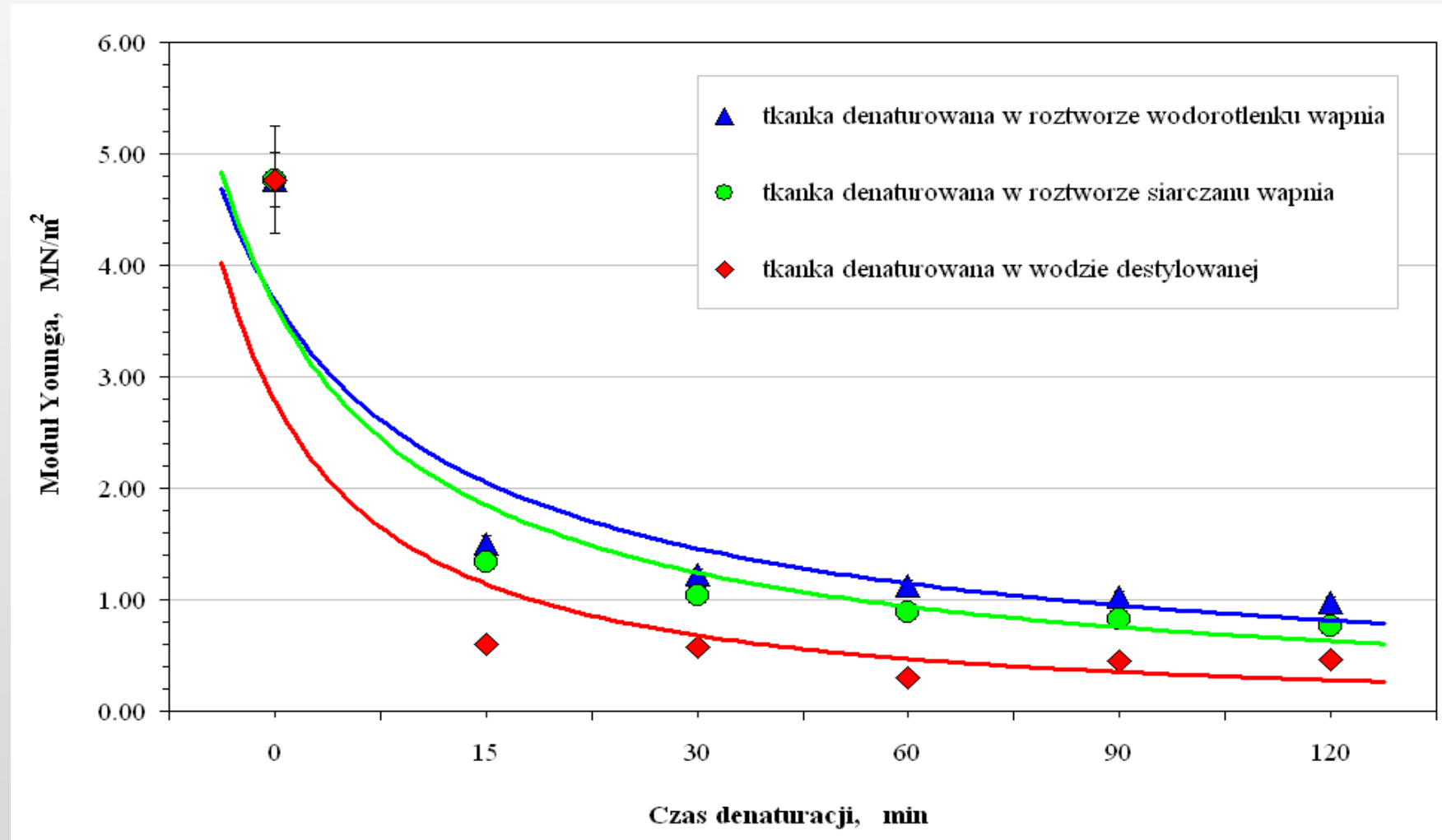


Możliwy wpływ na właściwości mechaniczne podczas ekstrakcji krajanki buraczanej:  
dodatek związków o charakterze kwaśnym, zasadowym lub obojętnym:

- formalina (HCHO), kwas trichlorooctowy ( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ),
- związki zawierające kation dwuwartościowy ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ),
- związki zawierające kation trójwartościowy ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Al(OH)}_3$ ).

## Moduł Younga

Dodatek  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  (20-40 mgCaO/100g krajanki)





## Wartość technologiczna: podsumowanie

- Wartość technologiczna buraka jest pojęciem wielowymiarowym i określa wszystkie możliwe cechy buraków mające wpływ na proces technologiczny.
- Wiedza o tym, jak poszczególne cechy wpływają na proces technologiczny pozwala prowadzić go w sposób optymalny, aby straty cukru były jak najmniejsze.
- Jednocześnie należy mieć na uwadze, że przerób surowca o pogorszonej wartości technologicznej, zawsze będzie prowadził do wzrostu ilości melasu i strat cukru w melasie, nawet mimo wzorowo prowadzonych procesów ekstrakcji, oczyszczania i krystalizacji.



*XXXII Pokampanijna Konferencja Techniczno-Surowcowa*

**Dziękuję za uwagę**



*Stowarzyszenie Techników Cukrowników, Warszawa, 13-14 luty 2020*