

BADANIA KONDUKTOMETRYCZNYCH WŁASNOŚCI SOKÓW Z PUNKTU WIDZENIA OPTYMALIZACJI PROCESU II KARBONATACJI

B. G. Susorow, B. E. Jeremienko, K. F. Herbut

Wszechzwiązkowy Instytut Naukowo-Badawczy Przemysłu Spożywczego
Kijów, ZSRR

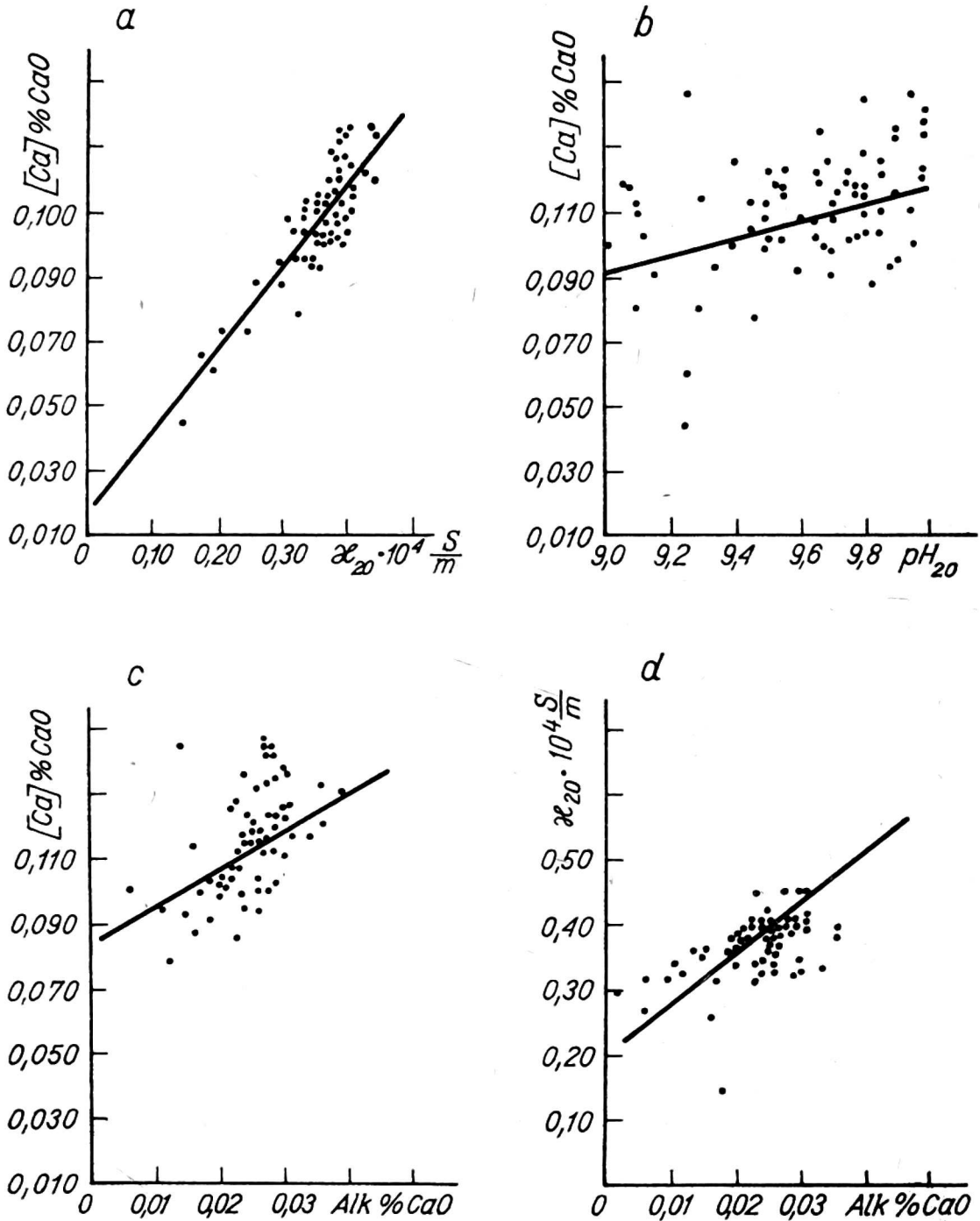
Sterowanie procesem technologicznym II karbonatacji odbywa się obecnie ręcznie lub automatycznie w zależności od pH, którego wartość zadaną wyznacza laboratorium na podstawie miareczkowego oznaczenia optymalnej alkaliczności. Wskutek wahań składu soku I karbonatacji częstość zmian alkaliczności optymalnej w warunkach fabrycznych przewyższa znacznie częstość jej oznaczeń laboratoryjnych.

Przy kontroli procesu II karbonatacji najbardziej słuszne byłoby posługiwanie się pomiarami stężenia soli wapniowych. Badanie nad oznaczaniem soli wapniowych w soku za pomocą fotometru płomieniowego prowadzili w skali laboratoryjnej i fabrycznej S. Zagrodzki i H. Zaorska oraz W. A. Cyruł. Wyniki potwierdziły zasadniczo możliwość kontroli stężenia Ca^{2+} w soku II karbonatacji metodą fotometrii płomieniowej, ale równocześnie wykazały, jak skomplikowane jest to oznaczenie. W związku z tym nasuwa się problem wyboru pośredniej metody kontroli II karbonatacji.

Aby ocenić pośrednie wskaźniki, autorzy wykonali obserwacje własności soku poddanego karbonatacji aż do osiągnięcia minimalnej zawartości wapnia. Wyniki przeanalizowano na maszynie cyfrowej.

Na rys. 1 przedstawiono pola korelacji i linie regresji zależności stężenia wapnia od konduktancji elektrolitycznej, od alkaliczności (miareczkowej) i od pH.

Charakterystyki statyczne procesów II karbonatacji wyznaczone przez maszynę cyfrową metodą najmniejszych kwadratów przedstawiono w tab. 1 w postaci równań regresji i współczynników korelacji, obrazujących ścisłość związków między bezpośrednimi i pośrednimi wskaźnika-



Rys. 1. Pola korelacji i linie regresji funkcji

a — sole wapniowe w funkcji konduktancji, b — sole wapniowe w funkcji pH_{20} ,
 c — sole wapniowe w funkcji alkaliczności, d — konduktancja w funkcji alkaliczności

mi składu soku. Z analizy otrzymanych równań i wykresów można wnosić, że zawartość wapnia najściślej jest skorelowana z konduktancją ($r = 0,768$).

Jako pośrednią metodą oznaczania stężenia soli wapniowych dla optymalizacji można posłużyć się pomiarami konduktancji soku II karbonatacji.

Oprócz tych zależności regresyjnych badaliśmy zgodność minimum konduktancji z minimalną zawartością soli wapniowych.

Tabela 1

Wyniki statystycznej analizy procesów II saturacji

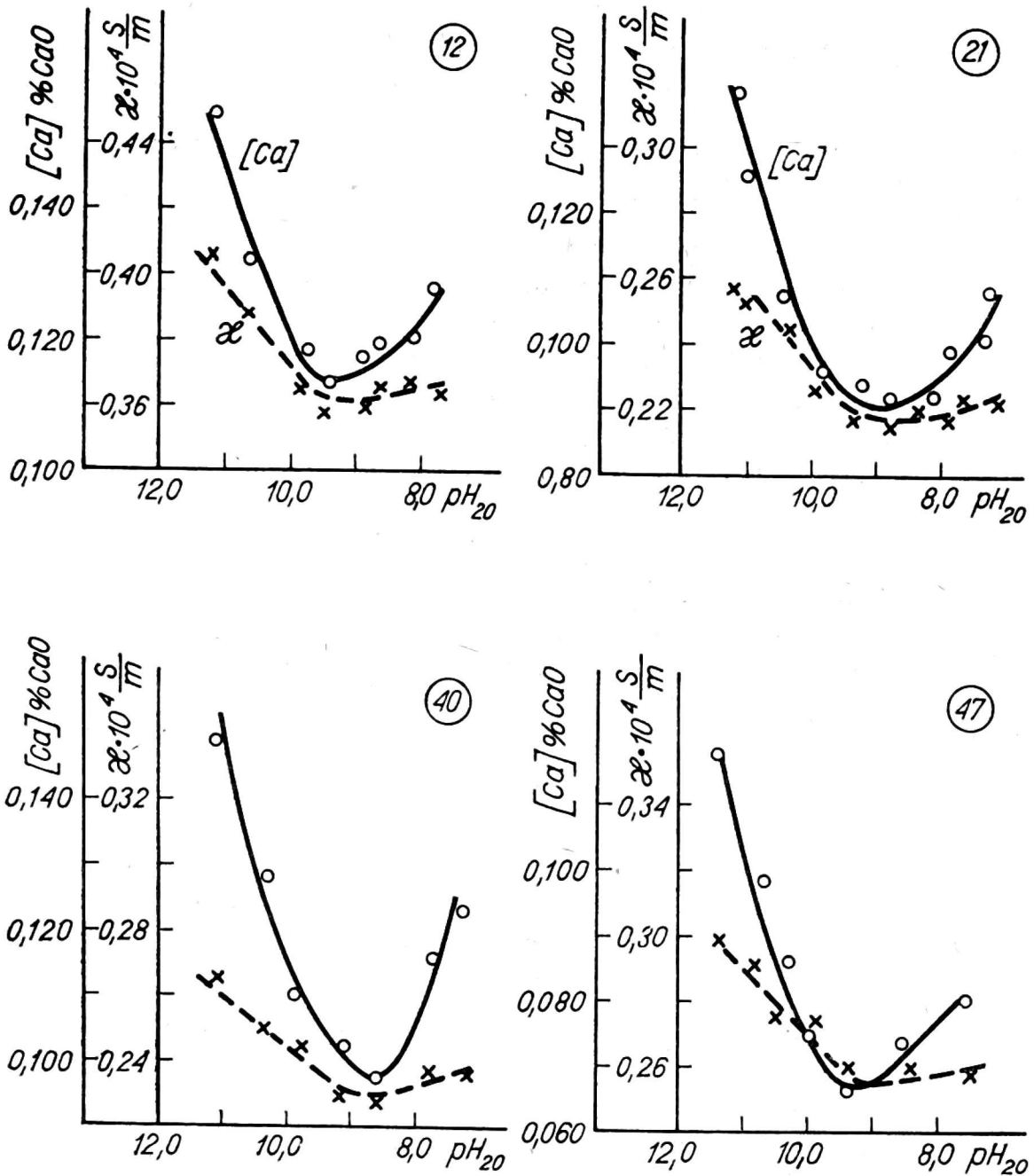
Równanie regresji liniowej	Współczynnik korelacji
$[Ca] = 0,2504\kappa_{20} + 0,0166$	0,768
$[Ca] = 1,7500 \text{ Alk} + 0,0677$	0,652
$[Ca] = 0,0250 \text{ pH}_{20} - 0,1330$	0,453
$\kappa_{22} = 0,0708 \text{ pH}_{20} - 3,08$	0,418
$\text{pH}_{20} = 23,0300 \text{ Alk} + 9,0270$	0,535
$\kappa_{20} = 5,8280 \text{ Alk} + 0,2310$	0,706
$\text{Alk} = 0,0160 \text{ pH}_{20} - 0,1180$	0,560

Emmerich i Madi (RFN) w 1960 r. stwierdzili różną zależność konduktancji soku I karbonatacji od stężenia soli wapniowych podczas nasycenia go gazem karbonatacyjnym. Na tej podstawie doszli do wniosku, że niemożliwe jest wykorzystanie tego parametru do kontroli procesów II karbonatacji.

W naszych badaniach na ten temat okazało się, że jest możliwe kontrolowanie i regulowanie optymalnego punktu II karbonatacji. W doświadczalnej Cukrowni Jagotino zainstalowano laboratoryjny zestaw do pomiaru zmian wskaźników składu soku I karbonatacji podczas nasycenia go gazem. Do doświadczeń sączono sok I karbonatacji, utrzymywano temperaturę 85°C i nasycano gazem w laboratoryjnym karbonatorze zaopatrzone w mieszadło.

Na początku i w trakcie doświadczenia wyznaczano pH, konduktancję, alkaliczność miareczkową i zawartość soli wapniowych. Wykonano ok. 60 prób z sokami pochodzącymi z różnych okresów przerobu buraków rozmaitej jakości. Na rys. 2 i 3 przedstawiono kilka wyników doświadczeń laboratoryjnych i fabrycznych. Jak widać na wykresach, istnieje jednoznaczna zależność stężenia soli wapniowych i konduktancji od pH w analizowanych próbkach soku, również w minimalnym punkcie krzywej zawartości soli wapniowych. Górny odcinek krzywej (do wartości ok. 10,5 pH) odpowiada procesowi I karbonatacji, dolna część wykresu — procesowi II karbonatacji. Przebieg krzywej konduktancji ze spadkiem alkaliczności spowodowanym dodawaniem gazu wykazuje minimum w zakresie, w którym także zawartość soli wapniowych osiąga minimum.

Na pierwszy rzut oka wydaje się niezrozumiałe istnienie minimum konduktancji w zakresie 8,8—9,6 pH (alkaliczność 0,015—0,25‰ CaO). Wydawałoby się, że minimum powinno wystąpić w punkcie zobojętnienia, kiedy usuwa się całkowicie jony Ca^{2+} . Chociaż doświadczenia prowadzono w temperaturze 85°C, można przyjąć, że proces zobojętniania, za-

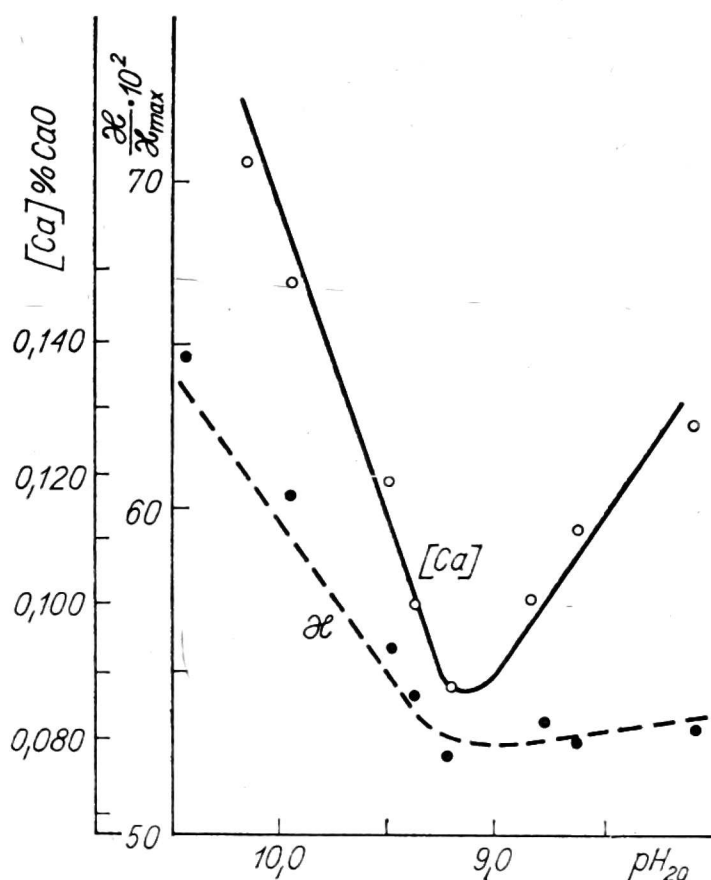


Rys. 2. Zawartość soli wapniowych $[Ca]$ i konduktancja κ (na gorąco) w zależności od stopnia odsaturowania w warunkach laboratoryjnych

chodzi z tworzeniem się wodorowęglanu wapniowego, mającego duży udział w konduktancji właściwej (tab. 2).

Potwierdzeniem, że powstaje wodorowęglan wapniowy, jest znaczny przyrost konduktancji po przekroczeniu minimum, przy równoczesnym małym wzroście zawartości soli wapniowych. Zjawisko to obserwuje się także w przypadku niewielkiego poziomu alkaliczności naturalnej soku, a więc znacznej zawartości węglanów metali alkalicznych.

Aby sprawdzić naszą tezę o wpływie powstawania wodorowęglanu wapniowego na obecność wyraźnego minimum konduktancji podczas wprowadzania znacznych ilości gazu, poddaliśmy karbonatacji próbkę 3 l filtrowanego soku I karbonatacji w zestawie laboratoryjnym, przy równoczesnym intensywnym wrzeniu soku ogrzewanego elektrycznie mocą



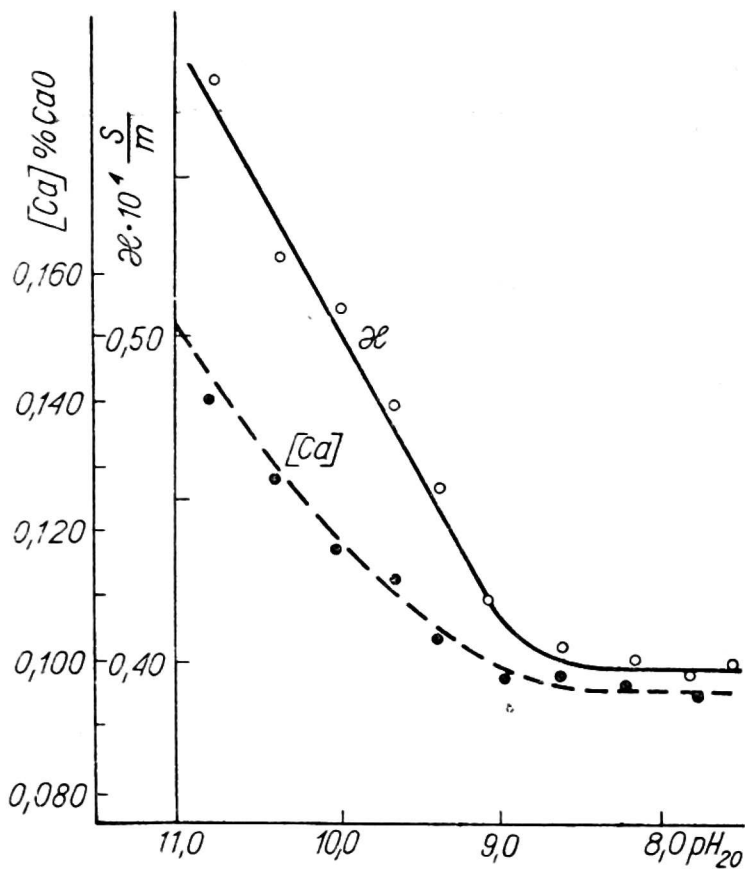
Rys. 3. Zależność zawartości soli wapniowych [Ca] i konduktancji względnej soku od wartości pH₂₀

Tabela 2
 Udziały cząstkowe anionów sumarycznej konduktancji

Jon	Udział $\mu\text{S}/\text{cm}$
Chlorki	27,3
Siarczany	3,7
Węglany	0,0
Wodorowęglany	20,7

3000 W. Wprowadzano do soku ok. 43 kcal/min. W tym doświadczeniu podczas karbonatacji soku konduktancja spadała aż do momentu minimum soli wapniowych i następnie pozostawała niezmienną wskutek rozkładu wodorowęglanów przez intensywne wrzenie roztworu (rys. 4).

Jak dowodzą rys. 2 i 3, przejściu węglanów w wodorowęglany towarzyszy słabo zaznaczone minimum soli wapniowych, ale wyraźne minimum konduktancji. Ten właśnie punkt należy uważać za optimum II karbonatacji, ponieważ odpowiada mu najmniejsza zawartość soli wapniowych powodujących zarastanie wyparki, a wartość pH mieści się w zakresie najmniejszego rozkładu cukrów w następnych etapach przerobu. Punkt ten zapewnia też zubożenie kwasów organicznych powstają-



Rys. 4. Zależność zawartości soli wapniowych $[Ca]$ i konduktancji soku od pH_{20} , podczas saturacji II w temperaturze wrzenia

cych w procesie zagęszczania soku, zaś najmniejsza wartość konduktancji odpowiada najslabszej korozji powierzchni grzejnych.

Zawartość soli wapniowych i położenie minimum konduktancji w zależności od pH i alkaliczności soku nie są stałe i zmieniają się ze zmianami składu soku I karbonatacji (rys. 5). Stała jest natomiast zgodność minimum konduktancji z minimalną zawartością soli wapniowych w soku.

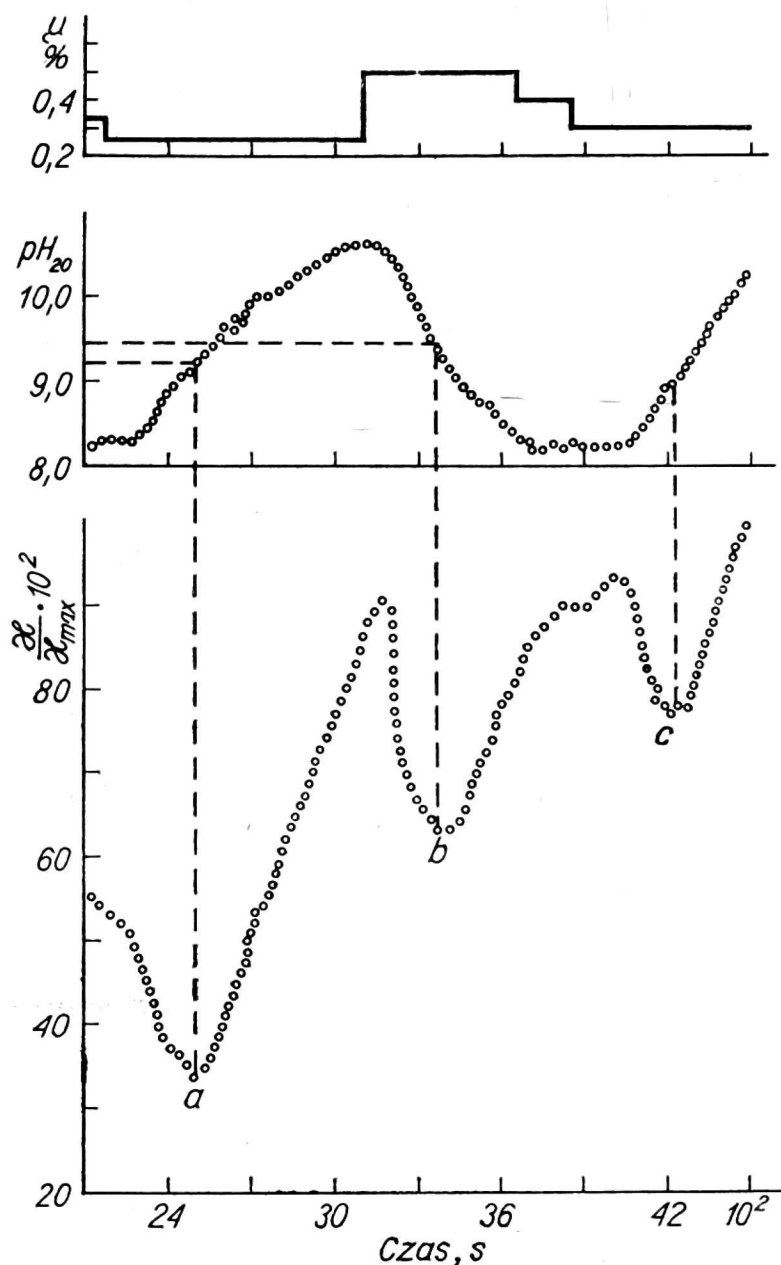
Wyniki pracy były podstawą do opracowania konduktometrycznej metody wyznaczania minimalnej zawartości soli wapniowych i optymalizacji procesu II karbonatacji.

WNIOSKI

1. Laboratoryjne i fabryczne badania konduktancji soków po karbonatacji wykazały, że istnieje określona zależność między konduktancją, pH, alkalicznością a zawartością soli wapniowych w tych sokach. W zakresie I karbonatacji istnieje liniowa zależność między konduktancją a pH i alkalicznością soku. W zakresie II karbonatacji zanika liniowa zależność między konduktancją, a pH i konduktancja przechodzi przez wyraźne minimum.

2. Wartości pH odpowiadające minimalnej konduktancji soku II karbonatacji (alkaliczność miareczkowa — 0,015—0,025% CaO) mieszczą się w zakresie 8,8—9,6 pH.

Położenie minimum we współrzędnych pH — κ jest zmienne, ale we



Rys. 5. Zmiany pH_{20} i względnej konduktancji soku przy różnym dopływie gazu saturacyjnego do kotła

współrzędnych $pH - Ca$ odpowiada mu zawsze punkt obniżenia zawartości soli wapniowych do najmniejszych wartości.

3. Przy zobojętnianiu soku gazem w kotle II karbonatacji do punktu optymalnej alkaliczności, spada jego konduktancja. Dalsze wprowadzenie gazu prowadzi w zwykłych warunkach do powstawania wodorowęglanu wapniowego, którego udział w konduktancji soku jest duży. W wyniku tego rośnie konduktancja soku i nieznacznie wzrasta stężenie jonów Ca^{2+} .

4. Na podstawie badań konduktancji soku podczas karbonatacji i stwierdzenia zgodności minimum konduktancji z minimalną zawartością soli wapniowych opracowano automatyczny układ optymalizacji procesu II karbonatacji.

Б. Г. Сусоров, В.Е. Еременко, К. Ф. Гербут

**ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОКОВ С ТОЧКИ
ЗРЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА II-ОЙ САТУРАЦИИ**

Резюме

Лабораторные и заводские исследования кондуктации соков после сатурации показали возможность кондуктометрического контроля процесса I-ой сатурации. В соках с большим содержанием кальциевых солей оптимальную щелочность II-ой сатурации можно контролировать как минимум кондуктации сока. На этой основе была разработана автоматическая система оптимизации процесса II-ой сатурации.

B. G. Susorov, B. E. Yeremenko, K. F. Herbut

**CONDUCTOMETRIC INVESTIGATION OF JUICES AND THE OPTIMUM POINT
CONTROL OF THE II CARBONATATION**

Summary

Laboratory and factory scale investigations of juice conductivity proved the possibility of conductometric control of the II carbonatation process. In juices containing high amount of lime salts, the optimum alkalinity can be detected as a minimum of conductivity. An automatic system for optimum control of the II carbonatation is suggested.