Przerób buraków cukrowych długotrwałego przechowywania*

Walter Hein, Hans Bauer, Florian Emerstorfer

Na skutek zmian ekonomicznych w europejskim przemyśle cukrowniczym mających miejsce w ciągu ostatnich dziesięciu lat większość producentów cukru stanęła przed koniecznością zwiększenia czasu trwania kampanii cukrowniczych, co stworzyło wyjątkowo złożone warunki do realizacji stosowanych procesów technologicznych. W Austrii rozpoczęto dwuletni projekt optymalizacji niektórych etapów procesu oczyszczania soków. Projekt obejmuje opracowanie systemu automatycznego określenia optymalnego, końcowego punktu pH saturacji I, optymalizację dozowania reagentów alkalizujących, a także stosowanie wytrąconego lub zmielonego węglanu wapnia (WWW-PCC ang./ZWW) i dekstranazy. Powyższe działania mające na celu poprawę wskaźników filtracji soków na etapie oczyszczania, są stosowane dla podtrzymywania wysokiej wydajności cukrowni. Po krótkim przeglądzie wyników wyżej wymienionych działań, autorzy informują o obiektywnym sposobie określenia stopnia uszkodzenia buraków cukrowych, który był w centrum uwagi w drugim roku projektu. W tej części pracy dokonano też porównania wyników otrzymanych za pomocą systemu analizy obrazu i przemysłowego detektora płomieniowo- jonizacyjnego (FID).
Słowa kluczowe: czas trwania kampanii cukrowniczej, oczyszczanie soków, punkt wytrącenia, reagenty alkalizujące, PCC, dekstranaza, właściwości filtracyjne.

1. Wprowadzenie

Zmiany na rynku cukru w trybie Europe w połowie ostatniej dekady zmieniły również warunki w przemyśle cukrowniczym Austrii, ponieważ zwiększenie czasu trwania kampanii cukrowniczych doprowadziło z kolei do zwiększenia średniego czasu przechowywania buraków cukrowych. Oprócz tego, zwiększenie okresu przechowywania buraków miało decydujący wpływ na ich przerób. Pewne aspekty tych zmian były badane w ZFT- ośrodku badawczym (cukrowni Tulln, Austria) w ramach dwuletniego finansowania projektu. Najważniejsze wyniki tego projektu omówiono w niniejszym artykule. Tym niemniej niezbędne jest krótkie wprowadzenie w celu klasyfikacji tych wyników w tak wieloaspektowej dziedzinie, jaką jest jakość. Ważne procesy zachodzące w procesie produkcyjnym mają określoną kolejność: przede wszystkim należy skupić się na bezpośrednich stratach cukru z powodu procesu oddychania buraków. Oprócz tego, cukry proste glukoza i fruktoza gromadzą się w trakcie przechowywania buraków cukrowych, dlatego że rozkład sacharozy jest procesem zachodzącym szybciej, niż jej rozkład podczas oddychania. W szczególności, podczas długiego przechowywania w niesprzyjających warunkach (okresy zamrażania, odtajania) tkanki buraków cukrowych poddawane są negatywnemu oddziaływaniu: buraki cukrowe stają się miękkie i niektóre składniki ściany komórkowej takie jak pektyna, ulegają rozpuszczeniu.

*'Referat przedstawiony na 2 konferencji Europejskiego Stowarzyszenia Technologii Cukru (ESST) w Bratysławie, Słowacja, 30 maja - 1 czerwca 2011 r.

Oprócz tego, działanie mikroorganizmów w uszkodzonym surowcu buraczanym jest przyczyną gromadzenia się różnych produktów przemiany [1].

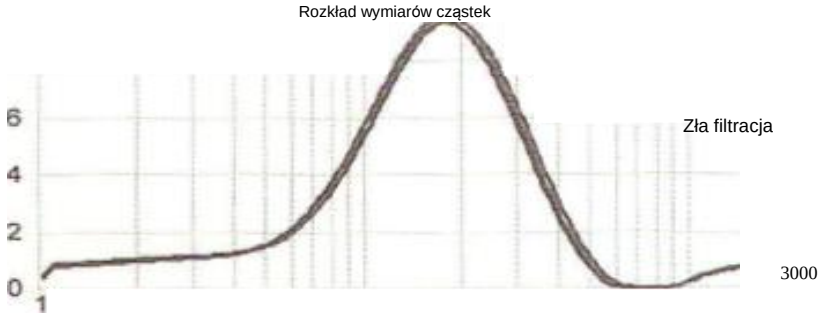
Powyższe procesy wywierają znaczący wpływ na produkcję cukru. Procesy zachodzące w czasie oddychania uważa się za bezpośrednią przyczyną strat cukru i stanową wobec tego problem ekonomiczny. Znacznie bardziej złożone są zagadnienia, wywoływane gromadzeniem się cukru inwertowanego (glukoza, fruktoza), dlatego że bezpośrednim stratom cukru towarzyszą straty pośrednie. Istotnym wymaganiem stabilności termicznej soków w procesie produkcji jest rozkład chemiczny cukru inwertowanego podczas oczyszczania soku.

Jednakże kwasy organiczne, które tworzą się podczas oczyszczania soków, podnoszą zawartość niecukrów, i w taki sposób obniżają wydajność cukru. Żeby przeciwdziałać temu zjawisku, niezbędnym jest stosowanie reagentów alkalizujących, co oznacza dodatkowe koszty i dodatkowe wprowadzenie niecukrów do procesu. Wskutek tego zwiększają się potencjalne możliwości tworzenia się substancji barwnych w sokach, które nie mogą być całkowicie zahamowane poprzez nawiew powietrza na głównej defekacji. To z kolei prowadzi do obniżenia jakości cukru białego i do podniesienia kosztów energii zużywanej na krystalizację, co jest niezbędne dla utrzymania jakości cukru.
Towarzyszące stratom w strukturze buraków cukrowych, powodowanych więdnięciem, a także okresami przemarzania i odtajania w okresie przechowywania, składniki ścian komórek (na przykład, pektyna) rozpuszczają się, i w ten sposób nie tylko powiększa się ilość niecukrów, ale także znacznemu pogorszeniu ulegają wskaźniki filtracji soków. W większości przypadków powoduje to spadek wydajności cukru z buraków i wydłużenie czasu trwania kampanii cukrowniczej ze wszystkimi znanymi problemami. Zazwyczaj sytuację można poprawić zwiększając zużycie mleka wapiennego. Jednakże powoduje to wzrost kosztów (dodatkowe zużycie kamienia wapiennego i koksu). Powyższy przegląd można zakończyć informacją o problemach, związanych z czynnościami życiowymi mikroorganizmów i wytwarzanymi przez nie produktami przemiany materii. Przy tym, oprócz kwasów organicznych i alkoholi, tworzą się polisacharydy takie jak dekstran i lewan. Biorąc pod uwagę fakt, że sacharoza przyczynia się do tworzenia się niecukrów oznacza to także pośrednie straty cukru. Po pierwsze, i przede wszystkim, dekstran wywiera negatywny wpływ na wskaźniki filtracji soków ze wszystkimi wyżej wymienionymi wadami. Dlatego też, aby sprowadzić do minimum negatywne oddziaływanie, niezbędne jest zwiększenie ilości mleka wapiennego i zużycia reagentów alkalizujących.
W przypadku dekstranu stosowanie dekstranazy może być sposobem na poprawę sytuacji. Jednakże powoduje to również wzrost kosztów.

Stężenie: 0,0241 % ob..		Średnia obj.		Powierzchnia - 0,332 m^2/g	
Szerokość:	3,495	wielkość D [4,3]:	78,333 µm	właściwa-	
Typ		Równomierność			
rozkładu -objętościowy		formy	1,81	D [3,2]:	18,081 µm

10 100 . Rozmiar cząstek µm

II saturacja, 22.10.0913:23:48, czwartek, 22 październ 2009 r. 09:13:15
II saturacja, 22.10.0913:23:48, czwartek, 22 październ 2009 r. 09:14:00
II saturacja, 22.10.0913:23:48, czwartek, 22 październ 2009 r. 09:14:46



10 100 Rozmiar cząstek µm

II saturacja ,03.12.09 13:00, czwartek, 03 grudnia 2009 r. 13:23:48
Ii saturacja, 03.12.09 13:00, czwartek, 03 grudnia 2009 r. 13:24:34
II saturacja, 03.12.,09 13.00. czwartek, 03 grudnia 2009 r. 13:25:19

Stężenie:	0,0153 % ob..	Średnia obj.		Powierzchnia - 0,607 m^2/g	
Szerokość:	2,302	wielkość D [4,3]:	42,196 µm	właściwa-	
Typ		Równomierność			
rozkładu -objętościowy		formy	1,94	D [3,2]:	9,879 µm

Rys.1.Rozkład rozmiarów cząstek węglanu wapnia pod względem rozmiarów w różnych okresach kampanii

Na podstawie powyższego schematu, bada się zdolności filtracyjne soku, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów filtracji po saturacji II, które ograniczały wydajność cukrowni w ostatnich latach.

2. Analiza wskaźników filtracyjnych soku saturacji II

W idealnym przypadku kryształy węglanu wapnia po saturacji II powinny być czyste i posiadać cząsteczki jednakowych wymiarów. Filtrowany sok powinien być klarowny i posiadać niską lepkość.
W praktyce kryształy często mają różne rozmiary, a także z różny skład granulometryczny. Sok nie zawsze jest w pełni przeźroczysty, to jest bez cząstek zawiesiny; lepkość może zamieniać się w zależności od obecności dekstranu i lewanu. W związku z tym należy uwzględniać różne aspekty oczyszczania soków. Aby otrzymać klarowny sok, co w szczególności jest wymagane, kiedy stosuje się dekantatory dla oddzielenia zawiesiny po saturacji I, właściwe stosowanie flokulantów jest ważnym czynnikiem dla ścisłego podtrzymywania optymalnego punktu sedymentacji.
Na ważne właściwości takie, jak rozmiar kryształów i skład granulometryczny wpływa także szereg różnych czynników [2,3]. Do tych czynników należą: dokładny czas późniejszych procesów czy lepkość roztworu, która, z kolei, zmienia się w zależności od zawartości dekstranu i lewanu i dodatku reagentów alkalizujących. Pozytywny wpływ na właściwości filtracyjne soków można osiągnąć za pomocą defekacji, rozkładu polisacharydów, optymalnego zużycia reagentów alkalizujących i dodawania zmielonego (ZWW) lub wytrąconego węglanu wapnia (PCC-WWW) w postaci kryształów zaszczepiających lub materiału pomocniczego do filtrowania.
Powyższe czynniki były badane w ciągu trwającego dwa lata projektu w warunkach Austrii. Projekt był podzielony na pięć etapów:

- automatyczne, ciągłe określanie optymalnego punktu sedymentacji dla saturacji I;
- optymalne wprowadzenie reagentów alkalizujących;
- optymalny czas procesów/reakcji po saturacji II;
- wykorzystanie zmielonego (ZWW) lub wytrąconego osadu węglanu wapnia (WWW);
- optymalne dawkowanie dekstranazy;

Zanim zostaną zaprezentowane wyniki poszczególnych etapów i ich analiza, celowym jest rozpatrzenie wyników doświadczeń, które ilustrują zależność między właściwościami filtracyjnymi i wymiarami kryształów.
Na rys. 1 przedstawiono wyniki uzyskane w trakcie eksperymentów które obrazują zależność między właściwościami filtracyjnymi a rozkładem wielkości kryształów tak przy wysokich, jak i przy niskich wskaźnikach filtracji. Przy dobrej filtracji średnie wymiary kryształów były w przybliżeniu dwa razy większe od wymiarów obserwowanych w okresach złej filtracji. Oprócz tego, udział (niepożądanych) małych cząstek był znacznie mniejszy.

3. Optymalny punkt końcowy pH saturacji I

Według opinii autorów ścisłe przestrzeganie optymalnego punktu końcowego pH saturacji I jest podstawowym czynnikiem dla prawidłowej oceny efektywności wszystkich kolejnych działań. Wstępne projekty, włączając w to opracowanie prototypu do automatycznego określenia optymalnego punktu końcowego pH saturacji I i wersja nadająca się do zastosowania przemysłowego, a także rezultaty, otrzymane podczas pracy tego urządzenia były zaprezentowane na konferencji Europejskiego Stowarzyszenia Technologii Nauki i Technolgii (ESST) w Berlinie. Wyniki były opublikowane niedawno [4].

Tak zwana przemysłowa wersja urządzenia pokazana jest na rys. 2. Poniżej przedstawiono krótki opis konstrukcji i sposobu jej działania.

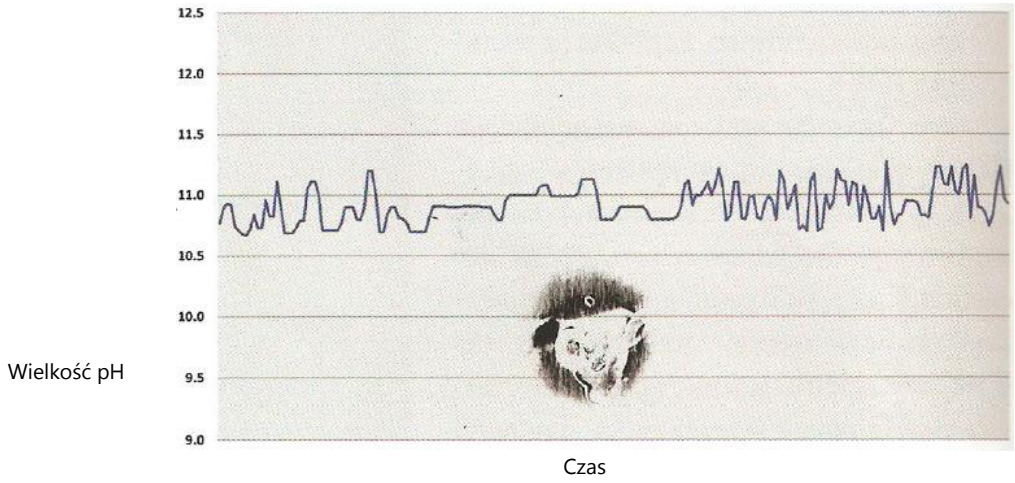
Rys.2. Przemysłowa wersja urządzenia do automatycznego punktu końcowego saturacji I

Na podstawie wyników obserwacji za pomocą klasycznych metod laboratoryjnych stwierdzono, że optymalny punkt sedymentacji zmienia się wyraźnie w trakcie kampanii i opracowano konstrukcję prototypu. Szybko zrozumiano, że określenie punktu końcowego pH po saturacji I jest bardziej obiecującym podejściem, niż określenie optymalnego punktu sedymentacji, dlatego, że łatwiej jest pracować z sokiem defekowanym i gazem saturacyjnym, niż z sokiem dyfuzyjnym i wapnem.
W zasadzie aparat jest wykorzystywany do prowadzenia szeregu reakcji saturacji przy różnych wielkościach pH w zakresie od 10,4 do 11,2 w celu oceny wskaźników sedymentacji soku. Z tego powodu logicznie jest dokonywać pomiaru mętności dekantatu po określonym czasie sedymentacji a nie szybkości opadania –osadzania się granicy rozdziału sok-

zawiesina.

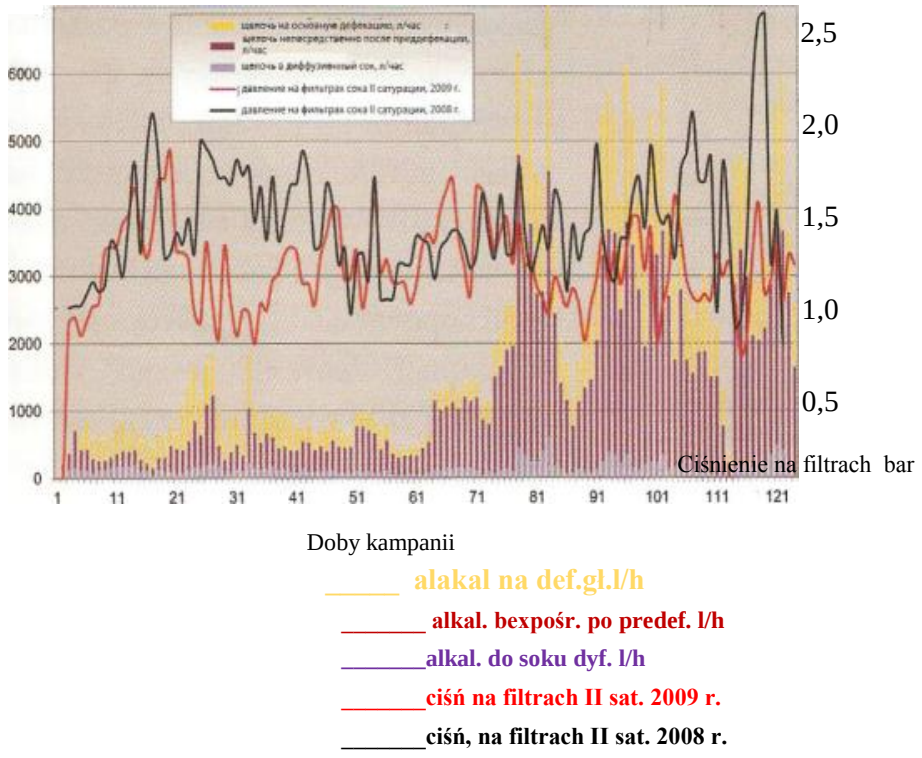
Wszystkie etapy procesu, a także kolejne etapy oczyszczania, przeprowadza się w trybie automatycznym; czas wykonania jednej analizy wynosi około godzinę. Mimo całej złożoności procesu, zdołano skonstruować urządzenie, niewymagające skomplikowanej obsługi. Prototyp ten pracował nieprzerwanie w czasie kampanii cukrowniczej 2009/2010. Otrzymane wyniki były wykorzystane przez obsługujący personel jako wielkości informacyjne dla ustalenia parametrów pracy cukrowni.

Jednakże w niektórych przypadkach uwzględniana była tylko tendencja w celu zmiany nastaw, chociaż faktyczna zmiana była w rzeczywistości mniejsza , niż określona przez urządzenie. W ostatnim etapie kampanii przeprowadzono pomyślne próby tak zwanej wersji przemysłowej (rys. 3). Urządzenie od razu zostało zaakceptowane przez personel cukrowni i zapewniało otrzymywanie cennych informacji, dotyczących optymalnego punktu saturacji I.



Rys. 3. Wyniki etapu prób wersji przemysłowej urządzenia do automatycznego określenia punktu końcowego pH saturacji I

NaOH l/h



Rys. 4. Zużycie reagenta alkalizującego (NaOH) w kampanii 2009 r., ciśnienie na filtrach II saturacji II (kampanie w latach 2008 i 2009)

4. Optymalne zużycie reagentów alkalizujących

Podobnie do rozpatrzonych wyżej zagadnień można powołać się na wcześniej przeprowadzone badania w ZFT. Ich wyniki zostały przedstawione na 1 Konferencji Europejskiego Stowarzyszenia Nauki i Technologii (ESST) w Rotterdamie, a także opublikowane [5]. Projekt koncentrował się na wykorzystaniu alkaliczności efektywnej dla regulowania ilości dodawanych alkalizujących reagentów

W celu określenia alkaliczności naturalnej opracowano niezawodny i niewymagający skomplikowanej obsługi system. System ten pozwala na określenie alkaliczności naturalnej na podstawie określanej miareczkowaniem twardości i zasadowości soku po saturacji I i, uwzględniając ilość filtrowanego soku, przygotowuje rekomendacje dotyczące dozowania niezbędnej ilości reagenta alkalizującego. Na podstawie dyskusji w «Sudzucker Group», we wspomnianym wyżej referacie już uwzględnia się potrzebę oddzielnego wprowadzenia niezbędnej ilości NaOH, ponieważ dodawanie dużej ilości reagenta alkalizującego zaraz po saturacji II doprowadza do tworzenia się drobnych kryształów i

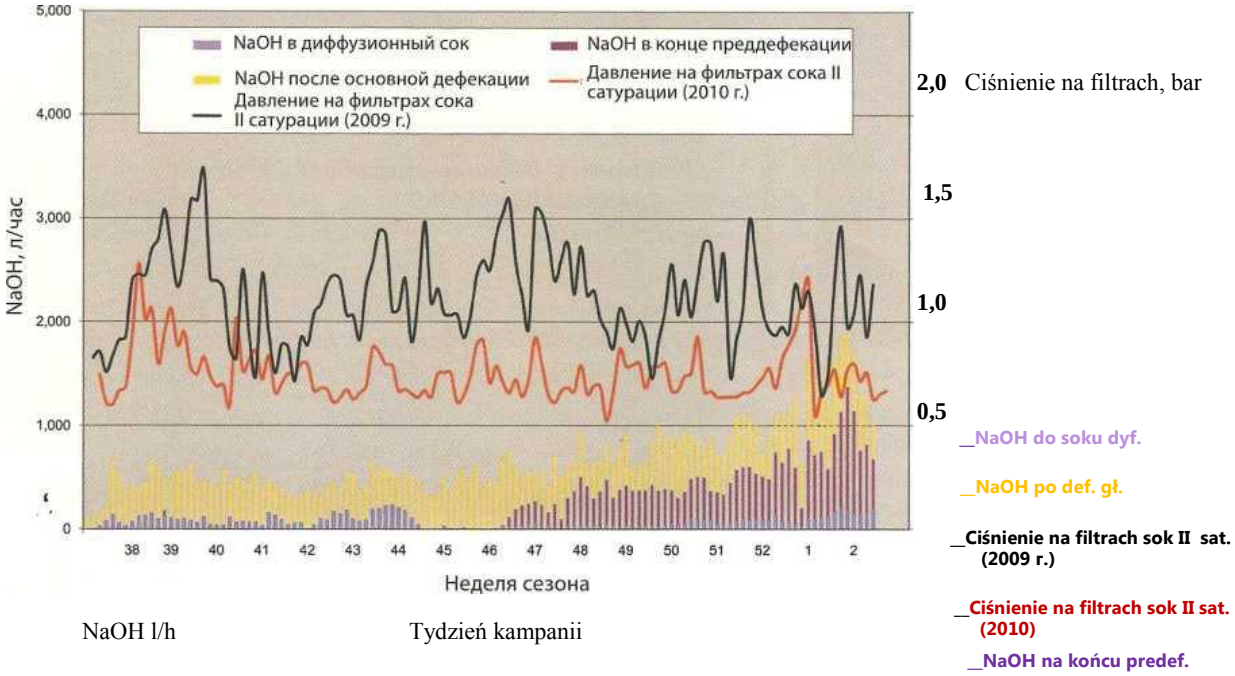
pogorszenia filtracji. W cukrowni Tulln rozpoczęto badania nad dozowaniem ogólnej ilości NaOH w trzech różnych punktach schematu technologicznego.

W kampanii 2010/2011 NaOH dodawano do soku dyfuzyjnego, po defekacji wstępnej, praktycznie razem z mlekiem wapiennym na główną defekację i przed saturacją II. Kontrola i regulowanie ilości dodawanego NaOH była dokonywana na różnych zasadach w każdym punkcie dozowania. Dodawanie NaOH do soku dyfuzyjnego dokonywano na podstawie pomiaru pH, i celem było utrzymanie wartości pH w granicach 6,2. W porównaniu z innymi cukrowniami, pH soku dyfuzyjnego w cukrowniach w Austrii jest zazwyczaj niższe - szczególnie, kiedy przetwarzane są nadpsute buraki cukrowe- jest to uwarunkowane pracą z kontrolowanym zainfekowaniem.

Dawkowanie NaOH w tym miejscu nie tylko powoduje zmianę alkaliczności, ale też chroni podgrzewacze soku dyfuzyjnego i rurociągi przed korozją.

Ilość NaOH dodawana przed defekacją główną obliczano na postawie zawartości glukozy w soku, która była określana w laboratorium cukrowni. Podczas obliczeń uwzględniano tylko współczynnik 1,5 na powstawanie cukru inwertowanego i założenie, że z jednej cząsteczki monosachardów otrzymuje się 1,9 cząsteczek kwasów organicznych. Ilość reagentów alkalizujących przed saturacją II była następnie obliczana na podstawie alkaliczności naturalnej soku po saturacji I. W tym przypadku były wykorzystywane inne opracowania ZFT, które sprawdzały się w cukrowniach w ciągu ostatnich lat (określenie twardości LISA; określenie zasadowości ALKA, program obliczeń OPAL). System ze stopniowym dozowaniem NaOH w trzech punktach zastosowano już w kampanii 2009/2010. Na rys. 4 wskazano konkretne punkty dozowania, a także ciśnienie na filtrach soku po saturacji II. Dodatkowo pokazano ciśnienie na filtrach w kampanii 2008/2009, które prawie zawsze było wyższe, niż w kampanii 2009/2010.

Ilustracja ta nie jest ścisłym porównaniem naukowym, ale oparta jest na fakcie, że w kampanii 2009/2010 jakość buraków cukrowych była niższa, a zawartość cukru inwertowanego wyższa, niż w kampanii 2008/2009. Skuteczność działań było potwierdzone w cukrowni Tulln. Doświadczenia porównawcze, oparte na schemacie wyjściowym dodawania zasadniczej części reagentów alkalizujących przed saturacją II, mogły być prowadzone tylko do momentu pierwszego podniesienia się ciśnienia na filtrach.



Rys. 5. Zużycie reagentów alkalizujących (NaOH) w kampanii 2010 r., ciśnienie na filtrach II saturacji (kampanie w latach 2009 i 2010)

Na rys. 5 pokazano warunki kampanii 2010/2011, kiedy jakość buraków cukrowych była znacznie lepsza, niż w latach ubiegłych. Było to widoczne nawet w końcu kampanii. Z rysunku widać, że punkt dozowania po defekacji wstępnej nie był wykorzystywany do połowy kampanii i, że w ostatniej fazie kampanii dodawano tylko niemalże o połowę mniej w porównaniu z ilością podawaną w latach poprzednich. Odpowiednio, ciśnienie na filtrach saturacji II było także znacznie niższe. System był także zastosowany w kampanii 2010/2011 w cukrowni Leopoldsdorf i pracował bez jakichkolwiek problemów. Tak więc, możliwości systemu można poznać tylko wtedy, gdy jest przerabiany surowiec złej jakości.

5. Optymalny czas przebiegu procesu po saturacji II

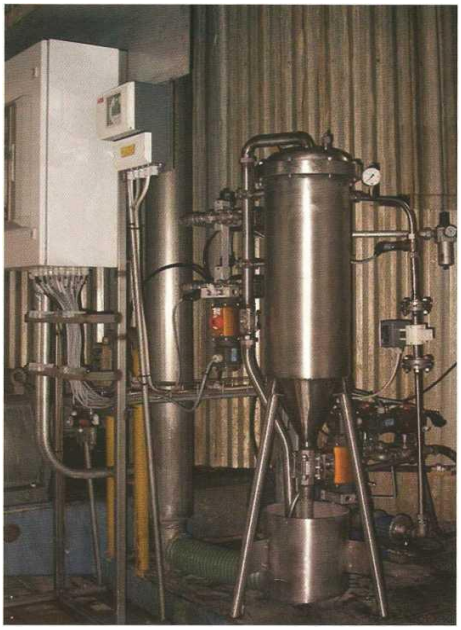
Doświadczenia przeprowadzone w tym konkretnym zakresie stanowią przykład tego, że wiedza teoretyczna i praktyczne wdrożenie mogą bardzo mocno różnić się od siebie. Informacje zawarte w literaturze pokazują, że niezbędnym jest utrzymywanie ogólnego czasu procesu po saturacji II nie mniej niż 30 minut [2,3]. Już jednak proste obliczenia na początku projektu pokazały, że ogólny czas dla procesu w cukrowni Tulln, której wydajność dobowa wynosi 13000 t buraków cukrowych, wynosi tylko 19 minut.

Przed oceną wzajemnych zależności pomiędzy czasem przebywania i procesami fizyko-chemicznymi, przeprowadzono serię prób w celu wyjaśnienia na ile takie działania mogą wpłynąć na rezultaty praktyczne. Urządzenie doświadczalne składało się z dwóch pilotażowych filtrów świecowych, które były także wykorzystywane dla wariantu oczyszczania soku LIMOS,

opracowanego dla cukrowni z dekantatorami [6,7]. Jeden z filtrów świecowych był zamontowany bezpośrednio za urządzeniem do przeprowadzenia procesu rekrystalizacji (rys. 6).
Drugi filtr pilotażowy był wyposażony w dodatkowy zbiornik dla procesu rekrystalizacji w celu zabezpieczenia dodatkowego czasu dla procesu, wynoszącego 34 minuty. To dosyć złożone podejście dało możliwość realizacji równoległych prób bez względu na jakość buraków cukrowych i faktycznych wskaźników pracy cukrowni.

Wykorzystując urządzenie doświadczalne, określano twardość w różnych momentach po saturacji II w obu przypadkach: na filtrze pilotażowym bez dodatkowego czasu na rekrystalizację i na filtrze pilotażowym z dodatkowym rekrystalizatorem. Na rys. 7 przestawiono uzyskane wyniki tych pomiarów.
We wszystkich pomiarach w warunkach przemysłowych, a także w warunkach eksperymentalnych, dokładnie ustalono obniżenie twardości, wywołane przez dodatkowy czas procesu fizyko-chemicznego. Średnie wartości dodatkowego wytrącenia wapnia w warunkach procesu przemysłowego (19 minut) wynosiły około 1° dH, podczas gdy dla urządzenia pilotażowego z dodatkowym czasem procesu 34 minuty - 0,6° dH.

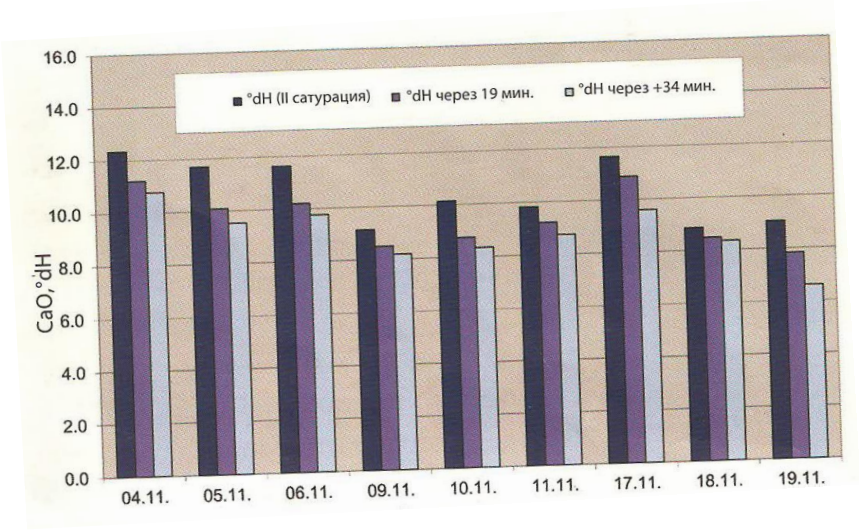
Co ciekawe, że nie stwierdzono różnic, dotyczących wskaźników filtracji podczas prowadzenia prób w czasie do 12 godzin. Jednakże do chwili obecnej nie wdrożono do praktyki produkcyjnej stosownego urządzenia (o pojemności 250-300 m3 i systemu rurociągów) w celu zwiększenia czasu procesu dojrzewania. Według danych Centrum ZFT podkreśla się, że nawet stosunkowo mała ilość węglanu wapnia w przypadku, kiedy wykrystalizowuje się on na tkaninie filtracyjnej, od razu wywołuje problemy z filtracją. Wysiłki mające na celu obniżenie przesycenia węglanem wapnia są także ściśle związane są z kolejnym etapem projektu.



Rys. 6 Filtr pilotażowy ze środkami automatyzacji

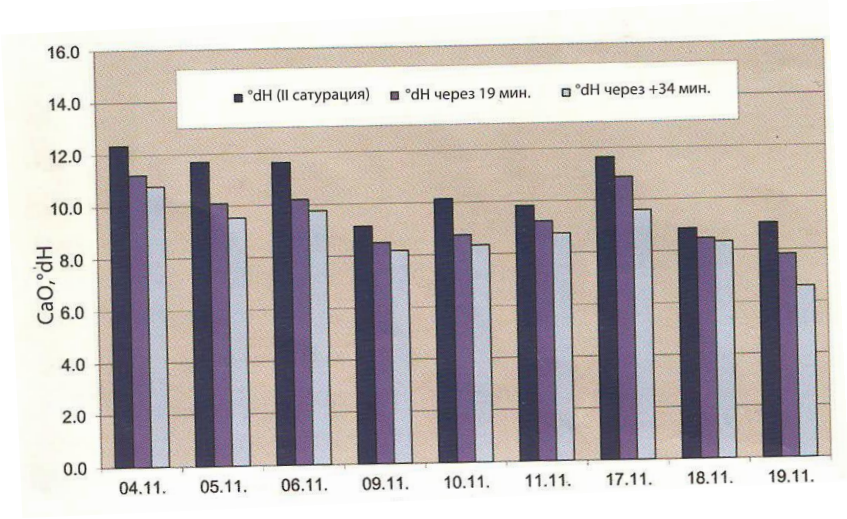
6. Zastosowanie węglanu wapnia w postaci osadu lub w postaci rozdrobnionej

Zgodnie z informacjami zawartymi w literaturze działania mające na celu polepszenie wskaźników filtracji są znane od jakiegoś czasu [8-11]. Sposób polega na zastosowaniu wytrąconego lub zmielonego $CaCO_3$, albo jako wspomagającego materiału filtrującego, albo jako kryształów zaszczepiających. W pierwszym przypadku wymagane są duże kryształy o jednakowych wymiarach. W drugim przypadku potrzebne są drobne kryształy, które sprzyjają szybkiemu obniżeniu nasycenia w celu tworzenia się dużych i jednorodnych kryształów.



■ dH(II saturacja)
■ dH przez 19 min
■ dH przez+ 34 min

Rys.7. Wytrącanie $CaCO_3$ przy kolejnej reakcji



■ Saturacja II
■ Czas reakcji
■ Dod. czas reakcji 34 min.

Rys.8. Wytrącanie $CaCO_3$ przy kolejnej reakcji z użyciem wytrąconego węglanu wapnia jako kryształów szczepiących

Do rozpoczęcia niniejszego projektu w cukrowni Tulln prowadzono doświadczenia z wykorzystaniem świeżo wytrąconego $CaCO_3$(PCC) dla poprawy filtracji soku po saturacji II. Jednakże wymiary urządzenia były za małe do otrzymania niezbędnej ilości $CaCO_3$ z odpowiednimi wymiarami kryształów.

Analogicznie do działań mających na celu zwiększenie czasu rekrystalizacji, opisanych w poprzednim rozdziale niniejszego artykułu, pomyślne wyniki prób na urządzeniu pilotażowym są wykorzystywane jako podstawa do wdrożenia w praktyce przemysłowej. Oznacza to rekonstrukcję aparatu saturacji z byłego «Brunszwickiego schematu oczyszczania soków» w cukrowni Tulln, który był wykorzystywany w istniejącym «tradycyjnym schemacie oczyszczania soków» jako zimna defekacja wstępna. W kampanii 2009/2010 prace koncentrowały się na próbach wykorzystania $CaCO_3$ w jako kryształów zaszczepiających. Doświadczenia były przeprowadzone w skali przemysłowej. Kryształy węglanu wapnia stosowano w formie zawiesiny bezpośrednio po saturacji II**.** Urządzenie doświadczalne opisane w poprzednim rozdziale, które stosowano do ilościowej oceny wpływu zwiększenia czasu rekrystalizacji: dwa filtry świecowe, pracujące równolegle, na które podawano ten sam sok saturacji II, przy czym jeden z filtrów był wyposażony w dodatkowy zbiornik reakcyjny (rys. 6) . Doświadczenia te były wykorzystywane także dla określenia wskaźników filtracji i obniżenia twardości (dodatkowe strącenie $CaC0_3$). Wyniki pokazano na rys. 8. We wszystkich doświadczeniach zaobserwowano pewne obniżenie twardości, które jest tym większe im dłuższy jest czas przebiegu procesu. Jednakże porównując uzyskane wyniki z wynikami, otrzymanymi bez dodatku $CaCO_3$ jako kryształów zaszczepiających, faktycznie nie zaobserwowano różnic. Z drugiej strony, obniżenie twardości w warunkach przemysłowych wynosiło około 1° dH. Kosztem dodatkowego czasu procesu rekrystalizacji miało miejsce dodatkowe obniżenie twardości o 0,6° dH. Biorąc pod uwagę fakt, że nie zaobserwowano poprawy właściwości filtracyjnych po dodaniu kryształów $CaCO_3$, pozytywny efekt tego przedsięwzięcia nie został dowiedziony.

Doświadczenia związane ze stosowaniem tych produktów w charakterze pomocniczego materiału filtracyjnego dały podobne wyniki. Doświadczenia były prowadzone na urządzeniu pilotażowym, co oznacza dodawanie produktu do soku, przy wejściu do zbiornika rekrystalizacji przed doświadczalnym filtrem świecowym. Na drugi filtr podawano ten sam sok i otrzymane wartości porównywano. Żaden z wykorzystywanych produktów nie polepszył właściwości filtracyjnych , co potwierdzałoby się wolniejszym narastaniem ciśnienia na filtrze w porównaniu z równoległą filtracją.

W niektórych przypadkach zaobserwowano, że powyższe działania pogarszały własności filtracyjne. Analizując wymiary kryształów udowodniono, że rzeczywiście miało to miejsce w przypadku produktów z kryształami bardzo małych wymiarów.

Biorąc pod uwagę powyższe rezultaty w kampanii 2010/2011, główną uwagę zwrócono na doświadczenia z materiałami przemysłowymi o dużych kryształach w celu ich zastosowania jako pomocniczego materiału filtracyjnego. Skutek był określany na podstawie zwiększenia ciśnienia na filtrach. Jak już wspomniano, w ostatniej kampanii jakość buraków cukrowych była szczególnie wysoka. Wskutek tego nie zanotowano problemów z filtracją zarówno na

filtrach przemysłowych, jak i na filtrach eksperymentalnych. Przeprowadzenie doświadczeń z produktem nie było także możliwe w czasie nocnych zmian w ostatnim tygodniu kampanii, ponieważ warunki w dalszym ciągu pozostawały korzystne. Można więc sądzić, że dodawanie produktów z cząstkami o wymiarach 10-15 µm nie pogarsza własności filtracyjnych. Z uwzględnieniem tego ostatniego aspektu zostały zaplanowane dalsze doświadczenia w ramach danego projektu.

7. Optymalne zastosowanie dekstranazy

Również ostatnia część projektu, w której omawia się optymalne stosowanie dekstranazy, bazuje na wewnętrznych roboczych doświadczeniach. Jeszcze na początku lat 1990 opracowania centrum badawczego ZFT były związane z optymalnym wykorzystaniem enzymu dekstranazy. Wyniki opublikowano w 2008 r. [12].

Poprzednie badania były bardzo ważne w końcu kampanii 2009/2010. Stosując sprawdzoną i wypróbowaną metodę rozpylenia rozcieńczonego roztworu enzymu na powierzchni buraków cukrowych, które są podawane transporterem taśmowym do zbiornika buraków nad krajalnicami buraków (rys. 9), było możliwe osiągnięcie znacznej poprawy własności filtracyjnych soków przy zużyciu enzymu wynoszącym tylko 2 mg/kg buraków cukrowych. W ten sposób było możliwe potwierdzenie wyników w warunkach przemysłowych. Jednak w związku z wysokimi kosztami enzymu należało potwierdzić wyniki analityczne

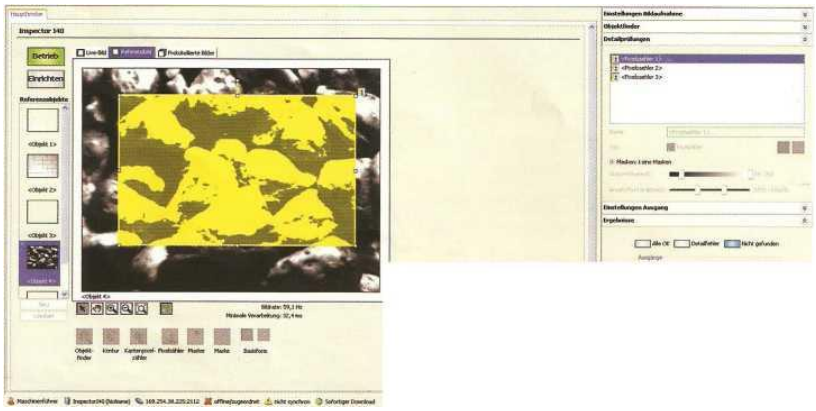
Tabl.1. Wyniki oznaczenia izomaltozy w próbkach soku dyfuzyjnego

Data	Czas	Zużycie dekstranazy mg/kg	Zawartość izomaltozy, mg/kg
23.01.2010	17:00		
23.01.2010	18:00	1,4	106
23.01.2010	19:00	1,4	110
23.01.2010	20:00	1,4	100
24.01.2010	03:00	1,4	58
24.01.2010	04:00	Bez dodawania	63
24.01.2010	05:00	Bez dodawania	55
24.01.2010	06:00	Bez dodawania	52
24.01.2010	07:00	1,4	43
24.01.2010	08:00	1,4	53

Było to możliwe przez oznaczenie dekstranu, jak również produktu jego rozkładu - izomalotozy. W Tabl. 1 zestawiono wyniki oznaczeń analitycznych przy zastosowaniu i bez zastosowania dekstranazy w końcu kampanii 2009/10.
W ramach metodyki laboratoryjnej nadmiar dekstranazy dodawano do próbki soku dyfuzyjnego i określono zawartość izomaltozy przed i po dodaniu enzymu. W przypadkach, w których sok dyfuzyjny zawierał dekstran, zawartość izomaltozy wzrasta ze względu na rozpad dekstranu przez działanie dodanej dekstranazy.

W tych przypadkach, kiedy początkowa zawartość izomaltozy była wysoka, można stwierdzić, że zastosowanie dekstranazy w warunkach przemysłowych dawało efekt. Różnice w określonych próbkach soku dyfuzyjnego traktowanych dekstranazą i bez dodatku dekstranazy wykorzystuje się się dla oceny skuteczności w zastosowaniu przemysłowym. W końcu kampanii 2009/10 obserwowane oba wyżej rozpatrzone przypadki.
Wysoki koszt enzymu również powodował poszukiwania obiektywnego kryterium dla zastosowania tego środka. Tak więc w ostatnim okresie testowano analizator obrazu, który został użyty w celu określenia udziału korzeni buraków ciemno zabarwionych. Udział pikseli szaro-zabarwionych w celu określenia wartości granicznej może być ustawiony przez użytkownika.
Rys. 9 pokazuje czujnik zainstalowany nad przenośnikiem taśmowym buraków.

Rys.9. Czujnik dla analizy obrazu, zamontowany nad taśmowym transporterem buraków



Rys.10. Wyniki uzyskane przy pomocy analizatora obrazu

Na rys.10 przedstawiono niektóre wyniki uzyskane w ostatniej kampanii cukrowniczej. Opierając się na obserwacjach, że surowcowi buraczanemu złej jakości często towarzyszy nieprzyjemny zapach spowodowany obecnością lotnych kwasów organicznych, przeprowadzono także próby z użyciem detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID). W poprzednich doświadczeniach urządzenie to dawało różne wyniki dla świeższych buraków cukrowych i buraków cukrowych po odtajaniu, a także dla krajanki buraczanej, która była magazynowana przez noc. Czujnik ten został zamontowany nad transporterem taśmowym krajanki buraczanej (rys. 11).

Rys. 11. Czujnik FID, rozmieszczony nad transporterem taśmowym krajanki buraczanej

Z powodu wysokiej jakości surowca buraczanego, który był przetwarzany również w końcu kampanii cukrowniczej, nie było możliwości dokonanie oceny praktycznych zalet obu systemów. Jednakże była możliwość zgromadzenia doświadczeń, dotyczących nadzoru i obsługi technicznej. Z tego punktu widzenia zastosowanie analizatora obrazu wydaje się lepszym rozwiązaniem. Badania będą kontynuowane w kampaniach w latach 2011/2012

8. Podsumowanie

Wyniki danego projektu kolejny raz pokazały, że w określonych warunkach należy stosować szereg działań , które w sumie mogą pomóc poprawić sytuację - jedne w większym, inne w mniejszym stopniu. Oprócz tego, niezbędne jest uwzględnienie, czy w danych okolicznościach będzie uzasadnione poniesienie stosownych kosztów.

W danym konkretnym przypadku można było w całości zastosować system dla automatycznego określenia optymalnego punktu końcowego pH saturacji I. Otrzymane za pomocą tego systemu wyniki rzeczywiście dostarczyły wartościowych informacji dotyczących tego ważnego parametru, co także jest podstawowym czynnikiem we wszystkich pozostałych działaniach związanych z oczyszczaniem soku.

Oprócz tego, dowiedziono efektywności oddzielnego wprowadzania reagentów alkalizujących na różnych etapach oczyszczania soku w dwóch cukrowniach austriackich, a stosowany złożony system regulowania przyczyniał się do powodzenia prac wdrożeniowych. Chociaż dowiedziono, że zwiększenie czasu procesu ma wyraźny wpływ na końcową zawartość soli wapnia, to jeszcze fakt ten nie został praktycznie wykorzystany w cukrowni. Do chwili obecnej nie zastosowano z powodzeniem węglanu wapna w postaci osadu lub zmielonego. Warunki otrzymywania węglanu wapna z osadu do zastosowania w warunkach przemysłowych były nie do przyjęcia. Otrzymywane ilości były niewystarczające do zastosowania jako pomocniczego materiału filtrującego, a stosowanie jako kryształów zaszczepiających nie przyniosło żadnego efektu. W szczególności doświadczenia z produktem przemysłowym nie były uwieńczone powodzeniem także z powodu bardzo dobrej jakości buraków cukrowych w kampaniach cukrowniczych w latach 2010/2011. Natomiast użycie dekstranazy było bardzo skuteczne. Pozwoliło również wykorzystać doświadczenia, nabyte kilka lat wcześniej. Dalsza optymalizacja, dotycząca obiektywnego określenia stopnia zepsucia buraków cukrowych za pomocą analizatora obrazu lub detektora płomieniowo-jonizacyjnego, z powodzeniem rozpoczęta, będzie kontynuowana w kolejnej kampanii cukrowniczej.

Literatura

1) *Poel van der, P.W.; Schiweck, //. / Schwarz, T.* (2000): Zuckertechnologie. Ruben- und Rohr-zuckerherstellung. Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin
2) *Kraus, W.; Stark, Th; Ajdari Rad,* M; *Mauch, W.* (1997): Untersuchungen zur optimalen Kolloid- fallung in der Vorkalkung. Zuckerind. 122, 91-99
3) *Kram, W.; Cronewitz, Th; Mauch, W.* (1999): Untersuchungen zur Fallung und Abtrennung von Nichtsaccharosestoffen in der Saftreinigung. Zuckerind. 124, 11-18
4) *Hein, W; Bauer,* /7,; *Emerstorfer, F.* (2011): Auto mated determination of the optimal end point of the 1 st carbonatation. Sugar Industry/Zuckerind. 295
5) *Rosner, G H e i n , W; Emerstorfer, F.* (2009): Auto mated determination of the optimal end point of the I carbonatation. Sugar Industry / Zuckerind. 295
6) *Hein, W.; Rosner, G. (2005):* Bericht über die Kampagne 2004 - Agrana Österreich. Zuckerind. 130,299-304
7) *Hein, W.; Rosner, G.; Pollach, G.* (2007): Savings in processing aids - Developments within Agrana/Zuckerforschung Tulin. Sugar Industry / Zuckerind. 132, 91-99
8) *Oldfield, J.F.T.; Dutton, H.J.; Teague, H.J.; Williams, E.L. (1975):* Effect of dextran on 2 nd carbonatation filtration. Proc. CITS, 229-249
9) *Burroughs, RA.; Wones, S. (2001):* The effect of particle size on Dorr first and second carbonatation filtration. Zuckerind. 126, 820-824
10) *Burroughs, P.A.; Wones, S.J.* (2003): The effect of frost damaged beet and other factors on Dorr 2 ni carbonatation juice particle size distribution. Int. Sugar J. 105, 342-349 11
11) *Nurmi, H.* (2008): Experiences in using precipitated calcium carbonate at Danisco Sugar. Sugar Industry / Zuckerind. 133, 508-511 12
12) *Hein, W.; Rosner G.; Emerstorfer, F.* (2008): Measures to prevent operational disturbances caused by dextran Dextran. Sugar Industry / Zuckerind. 133, 135-143

Adres autoröw:

Walter Hein, Hans Bauer, Florian Emerstorfer, Zuckerforschung Tulin GmbH, Josef-Reither-Stralie 21-23, 3430 Tulin, Austria; e-mail: Walter.Hein@zuckerforschung.at, Hans.Bauer@zuckerforschung.at, Florian. Emerstorfer@zuckerforschung.at