

# Uticaj parametara ekstrakcije na kvalitet suvih rezanaca šećerne repe

Branislav V. Bogdanović<sup>1</sup>, Zita I. Šereš<sup>2</sup>, Julianna F. Gyura<sup>2</sup>, Marijana B. Sakač<sup>3</sup>,  
Dragana M. Simović-Šoronja<sup>2</sup>, Aleksandra Č. Mišan<sup>3</sup>, Biljana S. Pajin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fabrika šećera Šajkaška, Žabalj, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija

<sup>3</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad, Srbija

## Izvod

Vođenje procesa ekstrakcije pod određenim uslovima utiče na kvalitet ekstrahovanih rezanaca i na efekte njihove dalje prerade, te je u okviru ovog rada ispitan uticaj parametara ekstrakcije šećera iz šećerne repe (vrednost pH, vreme, temperatura, koncentracija ekstragensa) i sredstava za zakišeljavanje vode za ekstrakciju (sulfatna kiselina, vodonik-peroksid) na kvalitet suvih rezanaca. Sa aspekta kvaliteta proizvoda ekstrakcije, najpovoljniji rezultati dobijaju se kada se ona izvodi pri vrednosti pH 5,5 u trajanju od 1 h, na 70 °C, primenom sulfatisane vode za ekstrakciju uz dodatak 5% vodonik-peroksida. Pod tim uslovima ne dolazi do promene mehaničkih, fizičkih i hemijskih osobina ekstrahovanih rezanaca. Svetloća suvih rezanaca se povećava za 7 jedinica, što predstavlja bitno poboljšanje njihovog kvaliteta, s obzirom na to da se tamni rezanci sve teže plasiraju na tržištu.

**Ključne reči:** šećerna repa, ekstrakcija, suvi rezanci, dekolracija.

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

NAUČNI RAD

UDK 66.061.3:664.1:633.63

Hem. Ind. 67 (2) 269–275 (2013)

doi: 10.2298/HEMIND120412067B

Konvencionalna tehnologija ekstrakcije šećera iz šećerne repe se uspešno primenjuje u svetu duže od stotinu godina, a izvodi se nakon toplotne denaturacije tkiva slatkih rezanaca repe. Tehnološki cilj denaturacije na temperaturi 70–75 °C je omogućavanje transporta saharoze kroz tkivo u vodu za ekstrakciju [1]. Ekstrakcija na povišenoj temperaturi rezultira višestrukim promenama ćelijske strukture i razgradnjom biljnog tkiva. Ne uništava se samo ćelijska membrana, već i ćelijski zid menja svoju hemijsku strukturu tokom reakcije hidrolitičke degradacije, a menjaju se i elastične osobine rezanaca. Sa povećanjem temperature u ekstrakcionom soku dospeva pored saharoze sve više nesaharoznih materija koje pogoršavaju kvalitet soka i otežavaju naknadni proces njegovog prečišćavanja [2]. Kao posledica toga, ekstrakcionom sokom u fazi prečišćavanja zahteva veliku količinu kreča [3] i brojne operacije da bi se dobio retki sok zadovoljavajućeg kvaliteta [4].

Poslednjih godina situacija se na svetskom tržištu energije, a naročito kod nas, bitno promenila, tako da se u industriji šećera, koja važi za velikog potrošača energije, ulažu napor za smanjenje troškova proizvodnje, odnosno energije kao elementa proizvodnje. Sve izraženiji zahtev za što kvalitetnijim i jeftinijim proizvodom nameće privredi da balansira između dve neophodnosti, između smanjenja troškova proizvodnje i ostvarivanja visokog kvaliteta proizvoda. To je slučaj ne samo sa šećerom kao finalnim proizvodom, već i sa suvim

rezancima kao sporednim proizvodom procesa prerade šećerne repe.

Tokom prerade jedne tone šećerne repe proizvede se oko 250 kg presovanih, ekstrahovanih rezanaca sa sadržajem vode od oko 75–80% [5], koji su polisaharidne strukture (65–80%/sm) izgrađene primarno od celuloze (40%/sm), hemiceluloze (30%/sm) i pektina (30%/sm) [6]. Ovaj proizvod je u našoj zemlji skoro potpuno namenjen hrani za životinje [7,8], ali njegov sastav sugeriše i neke druge interesantne alternative kao što je proizvodnja prehrambenih vlakana [9], pektina [10], etanola [11], papira [12] i deterdženata [13].

U svakoj kampanji prerade šećerne repe, proizvede se velika količina ekstrahovanih rezanaca (u Evropskoj uniji oko  $14 \times 10^6$  t/sm) koje je preporučljivo konzervirati sušenjem [14]. Jedan od mogućih pravaca smanjenja utroška energije je upravo njena ušteda u procesu termičke dehidratacije rezanaca konvencionalnim sušenjem, što čini jednu trećinu ukupne potrošnje energije u fabrici šećera. Mehanička dehidratacija u odnosu na termičku, zahteva manju potrošnju energije po jedinici mase vode koju treba ukloniti, te se stoga teži postizanju što većeg sadržaja suve materije u presovanim rezancima [7]. S druge strane, zakišeljavanje vode za ekstrakciju rezultira ekstrahovanim rezancima koji se bolje presuju i sokom sa manjim sadržajem nesaharoznih materija. Kisela sredina tokom trajanja postupka ekstrakcije se održava sumpor(IV)-oksidom ili sulfatnom kiselinom, ali je i upotreba vodonik-peroksida poznata u svetskoj naučnoj javnosti [15].

Vođenje procesa ekstrakcije utiče na kvalitet presovanih rezanaca i na efekte njihove dalje prerade, te je u okviru ovog rada ispitan uticaj parametara ekstrakcije šećera iz šećerne repe i sredstava za zakišeljavanje

Prepiska: Z.I. Šereš, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Srbija.

E-pošta: zitas@tf.uns.ac.rs

Rad primljen: 12. april, 2012

Rad prihvaćen: 11. jun, 2012

vode za ekstrakciju (sulfitna kiselina, vodonik-peroksid) na kvalitet suvih rezanaca.

## EKSPERIMENTALNI DEO

### Materijal

U eksperimentima su korišćeni slatki rezanci šećerne repe poreklom iz tehnološkog postupka fabrike šećera "Šajkaška", Žabalj.

Pri ekstrakciji šećera iz slatkih rezanaca je korišćena voda za ekstrakciju čiji je pH podešen na željenu vrednost korišćenjem komercijalno dostupnog vodonik-peroksida, čiji je sadržaj određen perganometrijskom metodom i iznosio je 22,6% [16], ili primenom rastvora sulfitne kiseline dobijenog uduvavanjem sumpor (IV)-oksid gasa u vodu, uzetog u fabrici "Šajkaška", Žabalj na mestu njegovog ulaska u ekstraktor (vrednost pH rastvora pH 5,5).

Za održavanje bazne sredine u eksperimentima je korišćen rastvor natrijum-hidroksida p.a., koncentracije 10 M, a za neutralizaciju koncentrovana hlorna kiselina p.a., 36,2%.

### Metodi

Kapacitet zadržavanja vode i rastvorljivost suvih rezanaca šećerne repe u vodi su određeni po metodi Stauffer-a [17].

Svetloća suvih rezanaca šećerne repe je određena metodom Thibault, Renard, Guillon [18] na tristimulusnom fotoelektričnom kolorimetru (Chroma meter CR-400, Minolta co. Ltd, Japan) nakon što su ona samlevena i prosejana.

Karakteristike međufaznih produkata su određene po jednoobraznim metodima za laboratorijsku kontrolu postupka proizvodnje šećera [19].

### Laboratorijski postupak ekstrakcije

Ekstrakcija slatkih rezanaca šećerne repe pri laboratorijskim uslovima se odvija na način koji simulira kontinualnu industrijsku ekstrakciju. Proces ekstrakcije se realizuje u četiri posude u koje se na početku eksperimenta stavi po 200 g slatkih rezanaca šećerne repe. U posudu I se na rezance doda  $260 \text{ cm}^3$  (130% računato na repu) vode za ekstrakciju pripremljene shodno uslovima ispitivanja (definisano sastava, odabrane vrednosti pH, zagrejane na željenu temperaturu), potom se ona stavi u vodeno kupatilo prethodno zagrejano na radnu temperaturu, gde se uz povremeno mešanje (svakih 90 s) obavlja ekstrakcija šećera u vremenskom intervalu koja je četvrtina ukupnog vremena trajanja ekstrakcije. Nakon isteka predviđenog vremena, tečna faza se odvoji preko sita od delimično ekstrahovanih rezanaca i prenese u posudu II napunjenu slatkim rezancima, gde se ponavlja ekstrakcije na već opisan način. Tečna faza nakon ekstrakcije uvek prelazi u sledeću

posudu, dok se istovremeno u I dodaje sveže pripremljena voda za ekstrakciju. Iz posude IV izlazi tečna faza koja je bila u kontaktu sa rezancima u ukupno predviđenom intervalu vremena (ekstrakcioni sok), a iz posude i ekstrahovani rezanci šećerne repe. Izvođenje protivstrujne ekstrakcije se nastavlja, sve dok se ne završi ekstrakcija šećera iz rezanaca šećerne repe i u posudi IV. Ekstrakcioni sok se skuplja za dalju analizu, a ekstrahovani rezanci, iz svih posuda, se integrišu i podvrgavaju izdvajanju vode u dva stepena. U prvom stepenu mehaničkim putem, tj. presovanjem na laboratorijskoj presi, a drugom termički, sušenjem u laboratorijskim uslovima u konvektivnoj sušnici, na temperaturi od  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  u trajanju od 24 h. Suvi rezanci se prvo grubo usitne na mlinu čekićaru, a zatim fino samelju na mlinu sa piruetom (tip WZ-1 „Spolem“, proizvođač ZBPP, Bydgoszoz, Poljska). Poslednja faza obrade je frakcionisanje prosejavanjem na planskom situ (tip SZ-1, proizvođač ZBPP, Bydgoszoz Poljska) gde se izdvaja frakcija sa česticama manjim od  $150 \text{ }\mu\text{m}$  za dalju analizu [20].

## REZULTATI I DISKUSIJA

Uticaj vrednosti pH na osobine rezanaca ekstrahovanih rastvorom vodonik-peroksida je ispitivan na tri vrednosti pH, uz primenu tri koncentracije peroksidnih jona, na temperaturi od  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Rezultati ispitivanja osobina suvih rezanaca dobijenih nakon ekstrakcije vodonik-peroksidom dati su u tabeli 1, a predstavljaju srednju vrednost od tri ponavljanja.

Ekstrakcija na pH 5,5 ne dovodi do promene kapaciteta zadržavanja vode (KZV), pri eksperimentima izvedenim sa vodonik-peroksidom u koncentraciji od 5 i 10%, dok koncentracija od 20% izaziva povećanje tog parametra za 100 g vode po 100 g rezanaca. Na pH 8,5 vrednosti kapaciteta zadržavanja vode ostaju na tom povećanom nivou, dok se pri koncentraciji od 20% i trajanju ekstrakcije od 2 h registruje porast vrednosti čak i do 300 g vode po 100 g rezanaca. Kapacitet zadržavanja vode izmeren tokom ekstrakcije na pH 11,0 pokazuje tendenciju porasta sa povećanjem koncentracije vodonik-peroksida i produženjem vremena trajanja ekstrakcije. Nakon ekstrakcije od 2 h, dobijaju se suvi rezanci čiji kapacitet zadržavanja vode prelazi vrednost od 1500 g vode po 100 g rezanaca, a ta vrednost je dvostruko veća od vrednosti izmerenih na pH 5,5 i 8,5.

Rastvorljivost suvih rezanaca ekstrahovanih vodonik-peroksidom na vrednosti pH 5,5 i pH 8,5 ne zavisi od primenjene koncentracije ekstragensa, ali pokazuje tendenciju povećanja u zavisnosti od trajanja tretmana. Na vrednosti pH 11,0 dolazi do izražaja i uticaj koncentracije peroksida na rastvorljivost i ona se poveća dva do tri puta. Najveća je rastvorljivost suvih rezanaca tretiranih vodonik-peroksidom koncentracije 20%, te nakon 2 h ekstrakcije iznosi u proseku 11,3 g po 100 g vode.

Tabela 1. Osobine suvih rezanaca šećerne repe dobijenih nakon ekstrakcije vodonik-peroksidom na 70 °C  
 Table 1. Characteristics of dried sugar beet pulp after extraction by hydrogen peroxide at 70 °C

Uslovi ekstrakcije	5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			10% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			20% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
	t / h								
	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2
pH 5,5									
Kapacitet zadržavanja vode %	650	646	638	648	658	645	757	752	760
Rastvorljivost u vodi, g/100 g	3,7	4,5	5,1	3,6	4,4	5,2	3,8	4,7	5,5
Svetloća	67,8	67,5	68,1	67,6	69,7	69,4	67,8	69,6	69,9
pH 8,5									
Kapacitet zadržavanja vode %	758	759	761	767	763	762	763	768	1052
Rastvorljivost u vodi, g/100g	3,6	4,6	5,4	3,8	4,5	5,3	3,7	4,7	5,6
Svetloća	67,8	71,6	71,8	68,8	73,0	73,2	69,9	72,9	73,2
pH 11,0									
Kapacitet zadržavanja vode %	1192	1276	1514	1296	1403	1539	1393	1487	1550
Rastvorljivost u vodi, g /100g	4,7	5,4	6,9	5,6	6,7	10,2	6,7	9,9	11,3
Svetloća	68,9	69,8	70,7	72,5	73,7	73,8	72,8	73,9	74,2

Pri ekstrakciji šećera iz slatkih rezanaca vodonik peroksidom na pH 5,5, tek se kao posledica ekstrakcije duže od 1 h registruje povećanje svetloće za 2–3 jedinice. Porastom pH sredine i koncentracije peroksidnih jona povećava se i svetloća suvih rezanaca za 5–7 jedinica, i to najviše do nivoa od 74 jedinica. Smanjenje intenziteta boje suvih rezanaca je i u baznoj sredini uslovljena vremenom, tj. prvo se odigraju promene u strukturi ekstrahovanih rezanaca kojima se obezbeđuje dostupnost onih delova molekula koji reaguju sa peroksidnim jonima prevodeći obojene u neobojene komponente.

Dok rezanci šećerne repe ekstrahovani vodonik-peroksidom pri pH 5,5 i pH 8,5 zadržavaju svoje karakteristične mehaničke osobine, kod rezanaca ekstrahovanih pri pH 11,0, kao posledica izmenjenog hemijskog sastava i mikrostrukture, dolazi do vidljivih promena u makrostrukтури. Ovi ekstrahovani rezanci su smanjene čvrstoće, jako hidratirani, pod dejstvom i najmanje sile gube oblik. Delimičnom razgradnjom celuloze i lignina, rezanci postaju porozniji što omogućava intenzivniju penetraciju vode i povećanje kapaciteta zadržavanja vode [21]. Promene u mikrostrukтури ekstrahovanih rezanaca, koje su praćene segmentiranjem, najverovatnije linearnih delova makromolekula, ogledaju se u po-

rastu rastvorljivosti suvih rezanaca.

Uticao vrednosti pH vrednosti na osobine suvih rezanaca ekstrahovanih sulfitnom kiselinom je ispitivan pri istim vrednostima pH, trajanju tretmana i temperaturi kao što je izvedeno sa vodonik-peroksidom. Primenjena je koncentracija sulfitne kiseline, i to ona najniža iz prethodne serije ispitivanja pri kojoj se uticaj parametara jasno odrazio na diferencijaciju karakteristika vlakana (10%). Rezultati ispitivanja osobina suvih rezanaca dobijenih nakon ekstrakcije sulfitnom kiselinom su dati u tabeli 2.

Kapacitet zadržavanja vode ne pokazuje zavisnost od vremena tretmana pri eksperimentima izvedenim na pH 5,5 i pH 8,5. Na pH 8,5 dobijeni su suvi rezanci koji vezuju za 25 g više vode po 100 g rezanaca u odnosu na rezance ekstrahovane u kiseljoj sredini. Kapacitet zadržavanja vode izmereni tokom ekstrakcije na pH 11,0 pokazuju tendenciju porasta u funkciji vremena, ali samo neznatno prelaze vrednost 900 g vode po 100 g rezanaca. Ta vrednost je manja za 600 g vode po 100 g rezanaca u odnosu na rezance tretirane vodonik-peroksidom pri istim uslovima.

Rastvorljivost suvih rezanaca dobijenih u postupku ekstrakcije sulfitnom kiselinom pokazuje tendenciju povećanja u zavisnosti trajanja tretmana na svim vred-

Tabela 2. Osobine suvih rezanaca šećerne repe dobijenih nakon ekstrakcije na 70 °C sulfitnom kiselinom (10%)  
 Table 2. Characteristics of dried sugar beet pulp after extraction at 70 °C by sulphurous acid (10%)

Uslovi ekstrakcije	pH 5,5			pH 8,5			pH 11,0		
	t / h								
	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2
Kapacitet zadržavanja vode %	664	667	672	692	685	693	764	828	918
Rastvorljivost u vodi, g /100g	5,8	6,9	7,0	6,1	7,3	8,7	5,9	7,6	8,8
Svetloća	65,0	67,0	67,2	64,9	67,8	68,0	65,1	69,0	68,9

nostima pH. Vrednosti rastvorljivosti dobijene na pH 8,5 i na pH 11,0 pokazuju podudarnu funkcionalnu zavisnost od vrednosti pH sredine. Rastvorljivost suvih rezanaca ekstrahovanih sulfitnom kiselinom se kreće u opsegu od 5,8 do 8,8 g/100 g vode, dok je maksimalna vrednost manja za 2,5 g/100 g vode od rastvorljivosti rezanaca ekstrahovanih vodonik-peroksidom.

Uticaj sulfitnih jona na osobine ekstrahovanih rezanaca se ogleda i u njihovoj dekolraciji. Prve merljive promene intenziteta boje se javljaju nakon tretmana dužem od 1 h, kada se svetloća suvih rezanaca povećava za 2–3 jedinice na pH 5,5 i 8,5. Porast baznosti do pH 11,0 ima za posledicu povećanje svetloće suvih rezanaca za 4 jedinice i to do vrednosti 69, ali se ne dostiže svetloća dobijena peroksidnim jonima.

Rezanci ekstrahovani sulfitnom kiselinom pri pH 5,5 i 8,5 ne menjaju svoje mehaničke osobine. Oni rezanci koji su tretirani na pH 11,0 postaju mekši i hidratirani kao posledica promena njihovog hemijskog sastava.

Uticaj temperature na osobine suvih rezanaca ekstrahovanih vodonik-peroksidom i sulfitnom kiselinom pri koncentraciji 10% je ispitivan u funkciji vremena. Primljena je vrednost pH 11,0, na kojoj su u prethodnim eksperimentima registrovane najizraženije promene fizičko-hemijskih osobina rezanaca. Eksperimenti su izvedeni na temperaturama: 60, 70 i 80 °C. Rezultati su prikazani u tabeli 3.

Na temperaturi od 80 °C, kao posledica intenzivne razgradnje vodonik-peroksida dolazi do razvoja velike količine pene koja onemogućuje realizaciju ekstrakcije duže od 1,5 h.

Vrednosti kapaciteta zadržavanja vode pokazuju tendenciju porasta u funkciji vremena i temperature. Rezanci tretirani sulfitnom kiselinom tek nakon ekstrakcije od 2 h na 80 °C dostižu vrednosti kapaciteta zadržavanja vode rezanaca ekstrahovani vodonik-peroksidom 1 h na 60 °C. Kapacitet zadržavanja vode je u oba slučaja nivoa 2000 g vode po 100 g rezanaca.

Povećanje temperature pri ekstrakciji sa vodonik-peroksidom i sulfitnom kiselinom utiče na rastvorljivost suvih rezanaca u smislu njenog povećanja u zavisnosti od trajanja ekstrakcije. Primena najekstremnijih parametara ekstrakcije udvostručuje rastvorljivost suvih rezanaca.

Povećanjem temperature ekstrakcije ne raste svetloća suvih rezanaca, ali su promene u strukturi utoliko izraženije ukoliko je temperatura ekstrakcije veća, a dejstvo peroksidnog ili sulfitnog jona duže.

Dugotrajna ekstrakcija sulfitnom kiselinom izaziva manju, a vodonik-peroksidom efikasniju razgradnju tkiva šećerne repe menjajući time fizičke i hemijske osobine rezanaca, pretvarajući ih u matriks koji mnogo efikasnije vezuje vodu.

U završnoj fazi ispitivanja izvedeni su eksperimenti uporedne ekstrakcije šećera iz šećerne repe čistom vodom i rastvorom sulfitne kiseline bez i sa dodatkom 5% vodonik-peroksida u trajanju od 1 h, na temperaturi 70 °C. Analizirani su i proizvodi ekstrakcije, a rezultati su prikazani u tabeli 4.

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je preporučljivo dodavanje vodonik-peroksida u sulfitsanu vodu za ekstrakciju, s obzirom na to da se time ne menja sastav i struktura ekstrahovanih rezanaca i da povoljno utiče na svetloću suvih rezanaca, koja se povećava za oko 6 jedinica. Dobijeni rezultati ukazuju na to da ekstrakcija šećera iz slatkih rezanaca šećerne repe u laboratoriji dobro simulira pogonske uslove. Na bazi toga, može se pretpostaviti da će primena ovih parametara u realnom tehnološkom postupku garantovati povoljne promene u karakteristikama suvih rezanaca.

## ZAKLJUČCI

Ekstrakcija šećera iz slatkih rezanaca šećerne repe vodonik-peroksidom pri vrednosti pH 5,5–8,5 ima za posledicu povećanje svetloće suvih rezanaca za oko 5–7 jedinica, pri čemu se mehaničke osobine i kapacitet za-

Tabela 3. Uticaj temperature na osobine suvih rezanaca šećerne repe dobijenih nakon ekstrakcije vodonik-peroksidom ili sulfitnom kiselinom na pH 11,0

Table 3. The influence of the temperature on the characteristics of dried sugar beet pulp after extraction by hydrogen peroxide or sulphurous acid at pH 11.0

Uslovi ekstrakcije	60 °C			70 °C			80 °C		
	t / h								
	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2
10% Vodonik-peroksid									
Kapacitet zadržavanja vode %	1297	1399	1541	1538	1706	1931	1932	2063	-
Rastvorljivost u vodi, g /100g	5,5	6,6	10,1	6,7	7,4	11,1	7,5	13,1	-
Svetloća	72,5	73,7	73,8	72,3	73,5	74,7	72,3	75,8	-
10% Sumporasta kiselina									
Kapacitet zadržavanja vode %	774	838	928	934	1149	1228	1120	1225	1314
Rastvorljivost u vodi, g /100g	5,8	7,5	8,7	8,9	10,8	11,0	11,2	12,4	12,8
Svetloća	65,1	69,0	68,9	65,3	68,8	69,0	65,2	69,1	68,7

Tabela 4. Karakteristike međuproizvoda postupka ekstrakcije sulfitnom kiselinom ili smešom sulfitne kiseline i vodonik-peroksida (70 °C, 1 h)

Table 4. The characteristics of intermediate products obtained by extraction of sulphurous acid or by mixture of sulphurous acid and hydrogen peroxide (70 °C, 1 h)

Međuproizvodi i njihove karakteristike	Sastav vode za ekstrakciju		
	Voda	Sulfitna kiselina	Sulfitna kiselina + 5% vodonik-peroksid
	Voda za ekstrakciju		
Vrednost pH	7,8	5,5	5,5
	Slatki rezanci repe		
Sadržaj suve materije, %	21,4	22,4	22,8
Sadržaj saharoze °S	15,4	15,1	15,3
	Ekstrakcioni sok		
Sadržaj suve materije, °Bx	10,8	10,8	11,2
Sadržaj saharoze, °S	9,6	9,7	10,0
Koeficijent čistoće	88,9	89,8	89,3
Vrednost pH	6,4	6,3	5,6
	Ekstrahovani rezanci		
Sadržaj suve materije, °Bx	7,6	7,9	7,4
Sadržaj saharoze, °S	1,6	1,4	1,2
	Presovani rezanci repe		
Sadržaj suve materije, %	11,3	11,9	13,4
	Suvi rezanci repe		
Sadržaj suve materije, %	87,5	87,6	87,8
Kapacitet zadržavanja vode, %	565	622	631
Rastvorljivost, g /100g	6,0	5,8	4,9
Svetloća	58	66	73

državanja vode rezanaca ne menja. Rastvorljivost suvih rezanaca u vodi ne zavisi od primenjene koncentracije ekstragensa, ali pokazuje tendenciju povećanja u zavisnosti od trajanja ekstrakcije.

Rezanci ekstrahovani na pH 11,0 smanjene su čvrstoće, jako hidratirani, pod dejstvom sile gube oblik, vezuju veću količinu vode smanjujući time efekat njihovog presovanja. Promene u mikrostrukturi su najverovatnije praćene segmentiranjem linearnih delova makromolekula i ogledaju se u povećanju kapaciteta zadržavanja vode i porastu rastvorljivosti suvih rezanaca za dva do tri puta. Pod istim uslovima ekstrakcije sulfitna kiselina izaziva slične, ali relativno blaže promene karakteristika ekstrahovanih i suvih rezanaca šećerne repe od vodonik-peroksida.

Povećanje temperature ekstrakcije vodonik-peroksidom i sulfitnom kiselinom ne utiče na svetloću suvih rezanaca, ali su promene u strukturi utoliko izraženije ukoliko je temperatura ekstrakcije veća, a dejstvo peroksidnog ili sulfitnog jona duže.

Sa aspekta kvaliteta proizvoda ekstrakcije se najpovoljniji rezultati dobijaju kada se ona izvodi pri pH 5,5 u trajanju od 1 h, na 70 °C, primenom sulfitisane vode za ekstrakciju uz dodatak 5% vodonik-peroksida. Pod ovim uslovima ne dolazi do značajnije razgradnje tkiva repe, ne menjaju se fizičke, hemijske i mehaničke osobine

ekstrahovanih rezanaca. Svetloća suvih rezanaca se povećava za 7 jedinica, što predstavlja bitno poboljšanje njihovog kvaliteta, s obzirom na to da se tamni rezanci sve teže plasiraju na tržištu.

#### Zahvalnica

Rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Projekat TR 31014).

#### LITERATURA

- [1] M. Asadi, Beet-Sugar Handbook, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2007.
- [2] P.W. van der Poel, H. Schiweck, T. Schwartz, Sugar Technology - Beet and Cane Sugar Manufacture, Dr. Albert Bartens, Berlin, 1998.
- [3] K. Loginova, E. Vorobiev, O. Bals, N. Lebovka, Pilot study of countercurrent cold and mild heat extraction of sugar from sugar beets, assisted by pulsed electric fields, J. Food Eng. **102** (2011) 340–347.
- [4] K. Loginova, M. Loginov, E. Vorobiev, N. Lebovka, Better lime purification of sugar beet juice obtained by low temperature aqueous extraction assisted by pulsed electric field, LWT-Food Sci. Technol. **46** (2012) 371–374.
- [5] A. Koppa, P. Pullammanappallil, Single-stage, batch, leach-bed, thermophilic anaerobic digestion of spent

- sugarbeetpulp, *Bioresource Technol.* **99** (2008) 2831–2839.
- [6] R. Sun, S. Hughes, Fractional extraction and physico-chemical characterization of hemicelluloses and cellulose from sugar beet pulp, *Carbohydr. Polym.* **36** (1998) 293–299.
- [7] S. Šušić, S. Petrov, G. Kukić, V. Sinobad, P. Perunović, B. Koronšovac, Đ. Bašić, *Osnovi tehnologije šećera, Industrija šećera Jugoslavije „Jugošećer“, Beograd, 1994.*
- [8] M. Mojtahedi, M. Danesh Mesgaran, Effects of the inclusion of dried molassed sugarbeet pulp in a low-forage diet on the digestive process and blood biochemical parameters of Holstein steers, *Livest. Sci.* **141** (2011) 95–103.
- [9] J. Gyura, Z. Šereš, M. Sakač, B. Pajin, D. Šoronja Simović, A. Jokić, in C. T. Hertsburg (Ed.), *Sugar beet crops: Growth, fertilization & yield*, Nova Publishers, New York, 2010, pp. 43–83.
- [10] S. Levigne, M.-C. Ralet, J.-F. Thibault, Characterisation of pectins extracted from fresh sugar beet under different conditions using an experimental design, *Carbohydr. Polym.* **49** (2002) 145–153.
- [11] Y. Zheng, Ch. Yu, Y.-Sh. Cheng, Ch. Lee, Ch. W. Simmons, T. M. Dooley, R. Zhang, B. M. Jenkins, J. S. VanderGheynst, Integrating sugar beet pulp storage, hydrolysis and fermentation for fuel ethanol production, *Appl. Energ.* **93** (2012) 168–175
- [12] G. Vaccari, G. Mantovani, E. Dosi, C. Nicolucci, A. Monegato, Paper manufacture using beet pulp and factory waste lime, *Int. Sugar J.* **99** (1997) 532–536.
- [13] S. Petit, R. Ralainirina, S. Favre, R. De Baynast, World Patent 02092, 1993.
- [14] H. S. Altundogan, N. Bahar, B. Mujde, F. Tumen, The use of sulphuric acid-carbonization products of sugar beet pulp in Cr(VI) removal, *J. Hazard. Mater.* **144** (2007) 255–264.
- [15] C. Accorsi, I. Galban, Decolorization of beet sugar juices with hydrogen peroxide, *Int. Sugar J.* **95** (1993) 399–405.
- [16] J. Gyura, J. Jakovljević, Lj. Lević, Application of sulphite ions in decolouration of intermediate products in sugar production, *Acta Period. Technol.* **28** (1997) 15–29.
- [17] C.E. Stauffer, in B.S. Kamel, C.E. Stauffer (Eds.), *Advances in Baking Technology*, Blackie Academic & Professional, London, 1993, pp. 371–397.
- [18] J.-F. Thibault, C. Renard, F. Guillon, Physical and chemical analysis of dietary fibers in sugar beet and vegetables, Springer-Verlag, Berlin, 1994, pp. 23–55.
- [19] E. Reinefeld, F. Schneider, *Analytische Betriebskontrolle der Zuckerindustrie*, Dr. Albert Bartens, Berlin, 1983, pp. 4–9 (B 1.2.3.), 1–5 (B 1.4.1.), 1–4 (B 1.6.1.), 2–4 (B 1.7.3.).
- [20] J. Gyura, Z. Šereš, M. Sakač, A. Mišan, Physico-chemical characteristics of filler additives from sugarbeet for application in the production of bread and cookies, *Sugar ind.* **134** (2009) 593–600.
- [21] J. Gould, B. Jasberg, G. Cote, Structure-function relationships of alkaline peroxide-treated lignocellulose, *Cereal Chem.* **66** (1989) 213–217.

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF EXTRACTION PARAMETERS ON THE QUALITY OF DRIED SUGAR BEET PULP

Branislav V. Bogdanović<sup>1</sup>, Zita I. Šereš<sup>2</sup>, Julianna F. Gyura<sup>2</sup>, Marijana B. Sakač<sup>3</sup>, Dragana M. Simović-Šoronja<sup>2</sup>, Aleksandra Č. Mišan<sup>3</sup>, Biljana S. Pajin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Sugar plant "Šajkaška", Žabalj, Serbia*

<sup>2</sup>*University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad, Serbia*

<sup>3</sup>*University of Novi Sad, Institute of Food Technology, Novi Sad, Serbia*

(Scientific paper)

The growing demand for better quality and cheaper products requires the industry to balance between the need to reduce production costs and the need to ensure a high quality product. This is the case with dried sugar beet pulp as a byproduct of sugar refining process. One of the possibilities to reduce energy consumption is savings in the process of thermal dehydration in the process of the conventional drying of pulp. Pulp drying takes up one third of the total energy consumption in a sugar factory. Acidification of water extraction results in pulp that could be pressed better, and on the other hand, in juice with less non-sucrose compounds. Keeping the extraction process under certain conditions directly affects the quality of the extracted pulp and further processing. This paper examines the impact of the extraction parameters of sugar from sugar beet and agents of acidification for water extraction (sulphurous acid, hydrogen peroxide) on the quality of dried sugar beet pulp. Extraction of sugar from sugar beet cosettes by hydrogen peroxide at pH 5.5 to 8.5 does not cause changes in mechanical properties of sugar beet cosettes and in water retention coefficient, but increases the brightness of dried sugar beet pulp for about 5–7 units. The solubility in water does not depend on the applied concentration of extracting agents, but increases with the duration of the extraction. Sugar beet pulp samples extracted at pH 11.0 have reduced strength, they are highly hydrated, and under force they lose their shape, binding a larger amount of water thus reducing the effect of their pressing. The changes in microstructure were probably accompanied by segmenting the linear parts of macromolecules and are reflected in the increase of water retention capacity and increase the solubility of dried sugar beet pulp by two to three times. Under the same conditions of extraction, sulphurous acid produces similar but relatively mild changes in the characteristics of extracted and dried sugar beet pulp compared to conditions when hydrogen peroxide is used. From the point of the quality of the product of extraction, the most favorable results were obtained when the extraction was carried on at pH 5.5 for a period of 1 h at 70 °C, using water for extraction with sulphurous acid with the addition of 5% hydrogen peroxide. Under these conditions no significant degradation of sugar beet tissue was detected, as well as no change in the physical, chemical and mechanical properties of the extracted pulp. However, there was an average increase of lightness of dried noodles for about 7 units, which represents a significant improvement of their quality, since there is difficult to sell on the market the dried sugar beet pulp with increased colour.

**Keywords:** Sugar beet • Extraction • Dried pulp • Decolourization