

Avtorja prispevka:

Maja Paš, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101,
1000 Ljubljana, Slovenija, maja.pas@bf.uni-lj.si

Peter Raspor, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana,
Slovenija, peter.raspor@bf.uni-lj.si

Kvasna biomasa – uporaben stranski proizvod živilske industrije

Izvleček

Kvasno biomaso, ki je stranski proizvod pivovarske industrije, lahko po ustrezni obdelavi uporabimo kot pekovski ali krmni kvas ali kot celostni prehranski dodatek, s katerim izboljšamo biološko vrednost drugih živil. Minerali v obliki umetnih dodatkov k hrani so pogosto neučinkoviti ali toksični in so manj primerni kot organska prehranska dopolnila – na primer z minerali obogatena kvasna biomasa. V raziskavi smo med preučevanimi kvasovkami izbrali najprimernejšo s stališča maksimalnega prirasta in akumulacije železa v kvasni biomasi. S kvasovko *Kluyveromyces marxianus* smo postavili in optimizirali bioproces za proizvodnjo z železom obogatene kvasne biomase. Z referenčno faktorielno metodo smo določili izkoristljivost mikroelementov iz testne krme za laboratorijske podgane. Rezultati so pokazali, da je biološka dostopnost železa iz kvasne biomase boljša kot iz anorganskega vira železa (Fe-sulfata). Kvasovke *K. marxianus* bi se zaradi dobre bioakumulacije železa, varnega statusa in možnosti asimilacije laktoze iz odpadkov mlekarske industrije lahko uporabljale za proizvodnjo kvasne biomase, obogatene z železom.

Ključne besede: odpadki, stranski proizvodi, živilstvo, kvasna biomasa, minerali

Yeast biomass - usable by-product from food industry

Summary

*Yeast biomass is as a by-product in brewing industry and could be used as food or feed yeast or as a complex dietary supplement to improve nutritional value of other foods. Artificial supplements often proved to be ineffective, toxic and are less suitable when compared to organic dietary supplements, such as mineral enriched yeast biomass. In present research different yeast strains were tested for maximal growth and accumulation of iron in yeast biomass. Yeast *Kluyveromyces marxianus* was chosen and further used in optimization of bioprocess for iron enriched yeast biomass production. The bioavailability of microelements from the feed for laboratory rats were determined by reference factorial method. The results showed higher biological availability of iron from yeast biomass comparing to inorganic iron source (Fe-sulphate). Yeast *Kluyveromyces marxianus* has a good potential to be used for production of iron enriched yeast biomass, since it's GRAS status, ability to assimilate lactose from dairy waste products and good iron bioaccumulation capacity.*

Key words: waste, by-products, food industry, yeast biomass, minerals

1 Uvod

Živilska industrija ponuja številne odpadke in stranske proizvode, ki povzročajo obremenitev okolja, neustrezno ravnanje z njimi pa lahko privede do tragičnih dogodkov, ki se odražajo na zdravju in življenju prebivalstva.

Izhajajoč iz dobrih praks, ki so poznane v tradicionalnih živilskih procesih, lahko najdemo številne možnosti za postavitve zaprtega procesa in s tem minimiziramo onesnaževanje. Metode sodobne biotehnologije ponujajo organizme z novimi potenciali, kar še poveča spekter predelave odpadkov oz. uporabe sekundarnih surovin iz živilsko predelovalne industrije. Z izkoriščanjem biotehnološkega potenciala mikroorganizmov in encimov lahko nekatere odpadke oplemenitimo do prehranske, številne pa do krmne primernosti.

Upoštevanje okoljevarstvenega vidika v proizvodnji hrane je nujno potrebno, pri tem pa je potrebno povezati in hkrati enakovredno obravnavati različne cilje: visoka kakovost in varnost proizvoda, visoka učinkovitost proizvodnje ter vključitev okoljevarstvenih ukrepov v razvoj proizvoda in v proizvodnjo hrane. Evropska živilska industrija se sooča z vedno bolj rigoroznimi predpisi, ki urejajo odlaganje in predelavo stranskih proizvodov in odpadkov. Predvsem gre za strožja merila za škropljenje zemlje, odlaganje odpadkov v zemljo ter proizvodnjo stabilnih in mikrobiološko neoporečnih končnih proizvodov. (Kosseva, 2009)

V živilski industriji je pri ravnanju z odpadki najbolj zaželena rešitev t.i. zaprta tehnologija ("zero-point discharge"), kjer vse procesne odpadke sproti porabimo in tako ne odhajajo v okolje. Tako ne pride do kontaminacije okolja z osnovnimi surovinami, z njihovimi neizkoriščenimi deli ali z vodo. Poleg tega je možno nekatere odpadne snovi oz. stranske produkte, ki nastanejo, ponovno porabiti in predelati v proizvode z dodano vrednostjo. Odpadkov iz živilske industrije torej ne smemo obravnavati dobesedno kot odpadni material, ampak kot surovino za proizvodnjo novih proizvodov, t.j. sekundarno surovino.

V nadaljevanju prispevka so opisane različne možnosti uporabe kvasne biomase, stranskega proizvoda predvsem v fermentacijski industriji. Podrobneje je predstavljena raziskava, v kateri je bila kvasna biomasa obogatena z železom in uporabljena kot dodatek krmi za poskusne živali.

2 Možnosti uporabe odpadne kvasne biomase

Kvas se je že skozi stoletja uporabljal v zelo različnih oblikah kot sestavni del človekove prehrane. Raziskave delovanja kvasovke *Saccharomyces cerevisiae* v proizvodnji piva, vina in kruha se sicer nadaljujejo, kljub temu pa se odkrivajo nove vloge kvasovk v novih proizvodih. Na področju bioaktivnosti in funkcionalnosti kvasnih proizvodov ostaja še veliko neodkritega. (Fleet, 2007)

V pivovarstvu uporabljajo kvasovke spodnjega vrenja – t.i. lager kvasovke (*Saccharomyces pastorianus*) in kvasovke zgornjega vrenja – t.i. ale kvasovke (*Saccharomyces cerevisiae*). Kvasovke zgornjega vrenja ostanejo na vrhu fermentacijskih tankov, medtem ko kvasovke spodnjega vrenja med fermentacijo flokulirajo na dno konusnih fermentacijskih tankov. Kvasovke spodnjega vrenja delimo tudi glede na način njihove flokulacije in sicer v praškaste in flokulentne kvasovke. V primeru praškastih kvasovk ostanejo celice razpršene v mediju in flokulirajo na dno tankov proti koncu fermentacije, flokulentne kvasovke pa tvorijo flokule in sedimentirajo na dno tankov hitreje. (EBC, 2000)

Po zaključeni fermentaciji kvasno biomaso ločijo od mladega piva, shranijo pri nizkih temperaturah in uporabijo za naslednjo fermentacijo. V večini pivovarn starter kulturo

kvasovk ponovno uporabijo 5 do 20-krat; število zaporednih uporab določa kombinacija konstantne kakovosti končnega proizvoda in praksa proizvodnje. (Powell in sod., 2003)

Biomasa kvasovk je vir prehransko pomembnih snovi, zato jo lahko uporabimo za različne namene. V nadaljevanju so predstavljeni najpogostejši načini uporabe odpadne kvasne biomase.

2.1 Enocelični proteini

Kvasovke vsebujejo do 60% proteinov, ki jih imenujemo enocelični proteini (SCP – "single cell proteins"). Uporaba kvasnih proteinov je varna, saj imajo mnoge kvasovke status GRAS ("generally recognised as safe"), celice se hitro razmnožujejo, kvasna biomasa pa je dobro prebavljiva in ima uravnoteženo sestavo. Po odstranitvi nukleinskih kislin je kvasna biomasa primeren prehranski dodatek ali pa je uporabna kot krmni kvas. Enocelični proteini se uporabljajo kot živalska krma ali kot prehranski dodatek. Prehranska vrednost mikrobne biomase je povezana predvsem z vsebnostjo proteinov, aminokislin, lipidov, vitaminov in nukleinskih kislin.

Kvasna biomasa kot prehransko dopolnilo lahko predstavlja:

- kompleksni (celostni) prehranski dodatek, s katerim izboljšamo biološko vrednost drugih živil, saj vsebuje visokovredne aminokisline, širok spekter mineralov in vitamine B-kompleksa
- vir določene hranilne snovi, s katero smo biomaso predhodno obogatili in jo na nek način koncentrirali v kvasu. Tak primer je z minerali obogatena kvasna biomasa.

(Bélafi-Bakó, 2007; Bose in sod., 1995)

2.2 Ojačevalci arome (okusa)

Razgrenjen odpadni pivski kvas se uporablja za proizvodnjo produktov, ki izboljšajo aromo živil, to so kvasni ekstrakt, kvasni avtolizat in nukleotidi (predvsem 5'-GMP in 5'-IMP).

Kvasni ekstrakt je koncentrirana, v vodi topna snov, pridobljena iz kvasovk s hidrolizo celičnih sestavin, predvsem proteinov.

Avtolizat je razgrajen kvas po procesu avtolize, ki poleg topnih snovi vsebuje tudi netopne frakcije celičnih sten. V primerjavi s kvasnim ekstraktom ima avtolizat manjvreden aromatski profil, a zaradi vsebnosti delov celičnih sten bolje veže vodo.

5'-ribonukleotide pridobivamo z encimsko hidrolizo RNA iz kvasnih celic.

(Batič in Raspor, 1994)

2.3 Encimi

Iz avtolizata pekovskih kvasovk lahko pridobimo encim invertazo, ki katalizira reakcijo pretvorbe saharoze v glukozo in fruktozo ali rafinoze v fruktozo in melobiozo. Encim je uporaben pri proizvodnji glukoznega in fruktoznega sirupa, bonbonov itd. Na podoben način pridobimo iz kvasovk *Kluyveromyces marxianus* encim laktazo, ki katalizira hidrolizo laktoze v glukozo in galaktozo in se uporablja predvsem za zmanjšanje vsebnosti laktoze v mlečnih izdelkih. (Nagodawithana, 1991)

2.4 Celične stene kvasovk

Celične stene kvasovk lahko enostavno pridobimo po avtolizi celic kvasovk ali po encimski ali fizikalni razgraditvi celic. Celična stena je kompleksen celični organel, ki vsebuje ogljikove hidrate in proteine, odlikuje jo velika zmožnost adsorpcije, na primer proteinov in toksinov. Po dodajanju preparatov celičnih sten kvasovk živalski krmi so ugotovili, da so oligosaharidi manani iz celičnih sten izboljšali delovanje imunskega sistema živali. Prav tako naj bi manani preprečevali kolonizacijo patogenih bakterij v prebavnem traktu živali.

Novejša dognanja glede oligosaharidov glukanoz iz celičnih sten kvasovk, ki so se v osnovi uporabljali predvsem za vezanje vode in izboljšanje reoloških lastnosti, kažejo, da glukani stimulirajo imunski sistem, zmanjšujejo holesterol v krvi, delujejo protitumorno, adsorbirajo mikotoksine. (Fleet, 2007)

2.5 Z minerali obogatena kvasna biomasa

Z minerali obogatena kvasna biomasa je uporabna kot naravni kompleksen prehranski dodatek, ki vsebuje več prehransko pomembnih snovi.

Kvasovke so evkariotski mikroorganizmi, ki za normalno rast in razmnoževanje potrebujejo minerale, tako makro- kot mikro-elemente. Vezavo in akumulacijo mineralov v celicah regulirajo glede na prisotnost mineralov v okolju in skladno s svojimi metabolnimi potrebami. Na prisotnost mineralov v svojem okolju se kvasovke odzovejo z različnimi procesi, ki vključujejo transportne mehanizme, biosorpcijo na/v celice, vezavo v ekstracelularne tvorbe, precipitacijo in oksidoredukcijske reakcije (Blackwell in sod., 1995; Krauter in sod., 1996).

Omenjene lastnosti kvasovk lahko izkoristimo in z optimiziranjem parametrov dosežemo akumulacijo večjih količin določenega minerala v "organski obliki" (na primer vezanega na organske molekule, kot so proteini) v kvasnih celicah. Tako pridobljena kvasna biomasa je vir bioakumuliranih mineralov in jo lahko uporabimo kot povsem naravni dodatek k prehrani.

Ko kvasne celice vežejo mineral, se celična stena razgradi, celica lizira in celični proteolitični encimi razgradijo dolgoverižne proteine. Tako ni več prisotnih potencialno alergeni dolgoverižnih molekul, zato se je uporaba kvasa pokazala kot varna celo pri ljudeh in živalih občutljivih na kvas. (<http://www.animushealth.com/>)

Tabela 1 prikazuje povprečno mineralno sestavo običajnega in z minerali obogateneega pekoveškega kvasa.

Tabela 1: Sestava običajnega in z minerali obogateneega pekoveškega kvasa

mineral	vsebnost minerala v običajnem kvasu (µg/g)	vsebnost minerala v obogateneem kvasu (µg/g)
Zn	150	500–5000
Fe	80	100–10000
Si	30	1000–6000
Cu	27	500–1000
Al	20	500–1500
Mn	20	300–1200
Co	3	200–500
F	1	50–100
I	1	20–80
Ni	1	100–300
V	0,05	1000–1500
Mo	0,04	200–12000
Se	0,04	100–6000
B	<0,5	10–20
Cr	<0,07	100–500
Li	<0,01	10–100

Vir: Janzsó in sod., 1993

3 Akumulacija Fe v kvasnih celicah in uporaba z železom obogatene kvasne biomase kot prehranskega dopolnila za poskusne živali

3.1 Namen raziskave

Namen raziskave je bil razvoj postopka za pripravo novega, varnega vira organsko vezanega železa, ki bi ga lahko uporabili kot dodatek krmilom ali hrani ter testiranje tega prehranskega dopolnila na poskusnih živalih.

Z užitjem hrane, ki vsebuje zadostno količino zelenega minerala, še nismo nujno pokrili potreb po njem. Razumevanje potovanja mineralov iz prebavnega trakta v telo nam daje informacijo o njihovi biorazpoložljivosti. Od te je odvisna količina aktivnega minerala, ki bo na voljo organizmu. Poleg tega so minerali običajno integralni del živila. Interakcije mineralov z različnimi komponentami hrane določajo, kakšna bo razpoložljivost minerala in njegova aktivnost. Optimalne količine zaužitih mineralov so torej v določeni meri odvisne tudi od matrike živila.

Proces pridobivanja "food state" vitaminov, mineralov in elementov v sledih, ki jih telo prepozna kot hrano ne kot kemikalije, so razvili pred 30 leti (ReNature™). Hranilne snovi v takšni obliki so bolj izkoristljive, njihova absorpcija je mnogo večja. Med "food state" vitamine, minerale, elemente v sledih sodijo tudi minerali v kvasu. (<http://www.animushealth.com/>)

Železo ima pomembno vlogo v mnogih biokemijskih reakcijah. Njegova sposobnost, da sprejme oz. odda elektrone, je ključna pri reakcijah oksidativne fosforilacije v dihalni verigi. V telesu živali in ljudi je več kot 60% železa vezanega na hemoglobin v eritrocitih, ki skrbi za prenos kisika iz pljuč v tkiva in ogljikovega dioksida v nasprotno smer. Do 20% železa je vezanega v mišično barvilo mioglobin, ki nastaja v mišicah, okrog 20% železa pa je v obliki depoja v jetrih. V majhnih količinah je železo prisotno v mnogih encimih. Prosto železo katalizira nastajanje prostih radikalov, ki lahko poškodujejo beljakovine ali DNK, zato je telo razvilo sistem, ki preprečuje nastajanje prostega železa v telesu. V telesu železo potuje vezano na transferine. Celice se oskrbujejo z njim po treh poteh:

- neprestano kroženje železa iz kataboliziranih eritrocitov
- na novo absorbirano železo (iz hrane)
- sproščanje rezerv železa iz jeter.

Glavno mesto absorpcije za železo, ki ga organizem zaužije, je v dvanajstniku in v tankem črevesu.

3.2 Materiali in metode

Preučevali smo kvasovke *Candida intermedia*, *Kluyveromyces marxianus* in *Saccharomyces cerevisiae*. Med njimi smo izbrali najprimernejšo s stališča maksimalnega prirasta in akumulacije Fe v kvasni biomasi. Kot vir železove spojine smo uporabili Fe(III)-citrat.

Pri prenosu bioprocesa v večje merilo smo s kvasovko *Kluyveromyces marxianus* postavili in optimizirali proces za proizvodnjo z Fe obogatene kvasne biomase. V bioreaktorju z delovnim volumnom 100 l smo optimizirali sestavo gojišča, vnos kisika in vrednost pH.

Z referenčno faktorielno metodo smo določili izkoristljivost mikroelementov iz testne krme. Krmni mešanici, ki je bila sestavljena iz kazeina, pšeničnih otrobov, sončničnega olja, apnenca, NaCl, KCl, celuloze in premiksa, smo dodali različne količine z Fe obogatene kvasne biomase, tako da je krma vsebovala 20, 35 in 50 mg železa. V kontrolno krmno mešanico smo dodali 50 mg Fe v obliki Fe-sulfata monohidrata, kot anorgansko obliko, ki se standardno dodaja v krmne mešanice za laboratorijske podgane. Živali so dobivale obrok v poltekoči obliki. Bilančni poskus je trajal 5 dni.

3.3 Rezultati in razprava

Iz dobljenih rezultatov smo ugotovili, da imajo največji potencial za bioakumulacijo železa med izbranimi sevi kvasovke *Kluyveromyces marxianus*. Pri 10 mM koncentraciji Fe(III)-citrata v gojišču je bila dosežena največja bioakumulacija in sicer 34 mg Fe/g suhe

biomase. Večanje koncentracije Fe(III)-citrata v kemijsko definiranem gojišču ni imelo večjega vpliva na bioakumulacijo železa v kvasni biomasi. (Paš in sod., 2007)

Rezultati optimizacije bioprocesa za proizvodnjo z železom obogatene kvasne biomase so pokazali, da maksimalno količino proizvedene biomase in akumuliranega železa dosežemo v bioprocesu, kjer smo uporabili gojišče, ki je vsebovalo 50 g/l glukoze in 9 g/l NH_4SO_4 , kot vir železa pa smo uporabili 20 mM Fe(III)-citrata. Optimalna vrednost pH je bila nad 3, pO_2 pa nad 50 %.

Z analizo sestave z železom obogatene kvasne biomase smo dobili rezultate, prikazane v tabeli 2.

Tabela 2: Sestava z železom obogatene kvasne biomase

sestavina oz. izmerjeni parameter	vsebnost snovi
surove beljakovine	536,8 g/kg
brezdušični izvleček	332,9 g/kg
surov pepel	82,0 g/kg
baker	42,2 mg/kg
surove maščobe	38,3 g/kg
železo	19,0 g/kg
fosfor	16,7 g/kg
cink	15,1 mg/kg
surove vlaknine	10,1 g/kg
kalij	8,3 g/kg
mangan	5,1 mg/kg
natrij	4,6 g/kg
kalcij	0,8 g/kg
magnezij	0,3 g/kg

V bilančnem poskusu pridobljeni rezultati so pokazali, da glede količine zaužite krme in prirasta ni bilo večjih razlik med različnimi skupinami živali. Živali so v povprečju pojedle 11 g suhe snovi krme/dan in povprečen dnevni prirast je bil 2 g/dan (Tabela 3). Tako smo dokazali, da do 60 % manjše količine organsko vezanega železa iz kvasne biomase ne zmanjšajo prirasta živali v primerjavi z obrokom s klasičnim anorganskim dodatkom železa.

Tabela 3: Telesna masa živali, zaužita krma in prirasti

	Kvasna biomasa 50 mg Fe	Kvasna biomasa 35 mg Fe	Kvasna biomasa 20 mg Fe	Kontrola Fe-sulfat
Začetna telesna masa (g)	107,9 ± 14,1	103,9 ± 14,7	110,3 ± 9,4	103,6 ± 13,2
Končna telesna masa (g)	118,3 ± 13,2	114,3 ± 14,3	120,5 ± 8,4	113,7 ± 12,4
Zaužita krma (g SS/dan)	10,89 ± 0,54	10,87 ± 0,90	11,34 ± 0,57	11,08 ± 0,57
Prirast (g/dan)	2,09 ± 0,29	2,09 ± 0,18	2,03 ± 0,28	2,02 ± 0,19
g krme za g prirasta (g/g)	5,3 ± 1,0	5,2 ± 0,7	5,7 ± 1,2	5,5 ± 0,5

Prebavljivost beljakovin, biološka vrednost in neto beljakovinski izkoristek so v obeh skupinah živali, ki so dobivale največ kvasne biomase v krmo (35 in 50 mg) nekoliko manjši

kot v kontrolni skupini in v skupini z najmanjšo vsebnostjo kvasne biomase v krmi. Po drugi strani pa je prirast na gram suhe biomase malo večji, torej so živali malo več priraščale na g zaužitih beljakovin kot v kontrolni skupini in v skupini z najnižjo vsebnostjo kvasne biomase in s tem tudi železa. Kljub temu lahko zaključimo, da ni bistvenih razlik v presnovi dušika, saj se skupine med seboj ne razlikujejo značilno v nobenem od parametrov kakovosti beljakovin.

Na podlagi količin zaužitega železa in z blatom izločenega železa smo izračunali navidezno prebavljivost železa, ki je bila pri vseh treh poskusnih skupinah podobna (46 %) in statistično značilno večja kot pri kontrolni skupini (38 %).

Ugotovili smo rahel trend manjšega izločanja železa pri manjši količini zaužitega železa. Poleg tega so podgane pri krmljenju z z železom obogateno kvasno biomaso izločile s sečem značilno manj železa kot pri kontrolni skupini.

Bilanca železa je pokazala značilne razlike med poskusnimi skupinami. Največ železa je ostalo v telesu živali, ki so ga tudi največ zaužile in najmanj v tisti skupini, kjer je bilo najmanj zaužitega železa (najmanjša vsebnost železa v krmi). Na podlagi bilance železa smo izračunali biološko dostopnost železa, t.j. delež železa, ki je ostalo v telesu od zaužitega. Rezultati za poskusne skupine (dodatek z Fe obogatene kvasne biomase) so si med seboj podobni in znašajo okrog 41 %, medtem ko je rezultat za kontrolno skupino, ki je imela v krmni mešanici Fe-sulfat, statistično značilno manjši (26 %). Zaključimo lahko, da je biološka dostopnost železa iz kvasne biomase boljša kot iz Fe-sulfata monohidrata, ki smo ga uporabili v kontrolni krmni mešanici.

4 Zaključek

Kmetijsko-živilska industrija se sooča s številnimi težavami, kot so vedno večje zahteve po bio-energiji, omejena razpoložljivost vode, zmanjševanje kmetijskih površin, podnebne spremembe, na drugi strani pa naraščajoča svetovna populacija sili v čimvečjo proizvodnjo hrane. Prav tako so zahteve potrošnikov vedno večje. Potrošnik želi kakovostno in varno hrano po čim bolj ugodni ceni, pojavljajo se tudi zahteve po razvrščanju hrane v posebne skupine, npr. organsko pridelana hrana, hrana brez gensko spremenjenih organizmov, hrana, ki ni preizkušena na živalih. Načrtovalci tehnološkega postopka proizvodnje živila ali surovine za področje živilstva morajo upoštevati tudi okoljevarstveni vidik in v tehnologijo vključiti postopke za ravnanje z odpadki, ki morajo biti gospodarni in okolju prijazni. (Kosseva, 2009)

Uravnotežena in raznolika prehrana praviloma zagotavlja vsa hranila, ki so potrebna za normalen razvoj človeka in ohranjanje zdravja, v količinah, določenih in priporočenih na podlagi splošno sprejetih znanstvenih dognanj. Spremembe družbeno-ekonomskega položaja v Skupnosti in način življenja različnih skupin prebivalstva pa so pripeljale do različnih prehranskih potreb in do sprememb prehranjevalnih navad. To pa je nato vplivalo na spremembe energijskih in prehranskih potreb ter na vnos nekaterih vitaminov in mineralov pri različnih skupinah prebivalstva, ki je nižji od priporočenega vnosa v različnih državah članicah. Poleg tega napredek na tem področju kaže na to, da bi bil vnos nekaterih hranil za ohranjanje optimalnega zdravja in dobrega počutja lahko višji od trenutno priporočenega. (UREDBA (ES) št. 1925/2006)

V kontekstu zgoraj omenjenih ugotovitev predstavlja obogatitev odpadne kvasne biomase in uporaba v prehrani dobro večplastno rešitev, saj upoštevamo okoljevarstveni vidik (uporabimo kvasno biomaso kot sekundarno surovino), hkrati pa obogatimo prehrano z biološko aktivnimi učinkovinami in jo uravnotežimo.

Rezultati v prispevku opisane raziskave kažejo, da bi se kvasovke *Kluyveromyces marxianus* ZIM 1867, zaradi dobre biakumulacije železa, varnega statusa in možnosti

asimilacije laktoze iz odpadnih produktov mlekarske industrije, lahko uporabljale za produkcijo kvasne biomase, obogatene z železom.

Literatura in viri

- Batič, M., Raspor, P. 1994. Kvasna biomasa kot aditiv. V: Aditivi: dodatki - tehnologija - zdravje. 16. Bitenčevi živilski dnevi in 1. simpozij živilcev Slovenije, Bled, 9. in 10. junij 1994. Raspor, P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 23-33.
- Bélafi-Bakó, K. 2007. Enzymatic extraction and fermentation for the recovery of food processing products. V: Waldron, K. (ur.). Handbook of waste management and co-product recovery in food processing. Vol. 1. Cambridge, Woodhead Publishing Limited: 198-216.
- Blackwell, K.J., Singleton, I., Tobin, J.M. 1995. Metal cation uptake by yeast: a review. Applied Microbiology and Biotechnology, 43: 579–584.
- Bose, H., Moulin, G., Galzy, P. 1995. Production of microbial biomass. V: Biotechnology: Enzymes, biomass, food and feed. Vol. 9. Reed G., Nagodowithana T.W. (ur.). Weinheim, VCH: 169-220.
- EBC. 2000. Fermentation & maturation: Manual of good practise. Zoeterwoude, EBC-European Brewery Convention; Nürnberg, Fachverlag Hans Carl: 187 str.
- Fleet, G.H. 2007. Yeasts in foods and beverages: impact on product quality and safety, Current Opinion in Biotechnology, 18:170–175.
<http://www.animushealth.com/>
- Janzsó, B., Suhajda, A., Pais, I. 1993. Yeasts enriched with micro-elements. V: Food Technology International Europe. Turner, A. ur., Hong Kong, Sterling Publications Ltd.: 173–177.
- Kosseva, M.R. 2009. Processing of food wastes. Advances in Food and Nutrition Research, 58: 57-136.
- Krauter, P., Martinelli, R., Williams, K., Martins, S. 1996. Removal of Cr(VI) from ground water by *Saccharomyces cerevisiae*. Biodegradation, 7: 277–286.
- Nagodawithana, T.W. 1991. Products and uses of yeast and yeastlike fungi. V: Handbook of applied mycology, vol. 3: Foods and feeds. Arora, D.K., Mukerji, K.G., Marth, E.H. (ur.). New York, Marcel Dekker, Inc.: 553–603.
- Paš, M., Piškur, B., Šuštarčič, M., Raspor, P. 2007. Iron enriched yeast biomass - a promising mineral feed supplement. Bioresource technology, 98, 8: 1622–1628.
- Powell, C. D., Quain, D. E., Smart, K. A. 2003. The impact of brewing yeast cell age on fermentation performance, attenuation and flocculation. FEMS Yeast Research, 3: 149-159.
- UREDBA (ES) št. 1925/2006 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 20. decembra 2006 o dodajanju vitaminov, mineralov in nekaterih drugih snovi živilom 30.12.2006 L 404/26 Uradni list Evropske unije SL.