



Prof.dr.sc.Duška Ćurić

Kemijske, biokemijske i reološke promjene u proizvodnji proizvoda iz žitarica



Izazovi na koje treba odgovoriti u proizvodnji

- Poznavanje kemijskog sastava sirovina na molekularnom nivou
 - Razumijevanje koloidnih procesa koji se događaju tijekom proizvodnje
- Razumijevanje kemijskih i biokemijskih procesa pri određenim procesnim uvjetima
 - Poznavanje metoda za mjerenje, predviđanje i kontrolu svojstava proizvoda
- Rad na razvoju novih tehnologija ili primjeni novih tvari koje mogu poboljšati kakvoću proizvoda
 - **Osigurati zdravstvenu ispravnost proizvoda**



Proizvodnja kruha

Osnovne sirovine za proizvodnju kruha

- Brašno
- Kvasac
- Sol
- Voda



Osnovni sastojci:

- Gluten
- Tvari topljive u vodi
- Škrob
- Lipidi

Dobar volumen proizvoda moguće je dobiti samo kada je korištena optimalna količina osnovnih sirovina i dodataka, pri odgovarajućim uvjetima procesa!

Zamjesivanje → Razvoj tijesta → Fermentacija → Pečenje

Zamjesivanjem se postiže:

•Vlaženje čestica brašna (potpuna hidratacija proteina glutena i oštećenih granula škroba), stvaranje kohezivnog i elastičnog tijesta uz pomoć lipida brašna. Zamjesivanjem su u tijesto ugrađeni i mjehurići zraka

Unutar tjestane mase raspoređene su tvari topljive u vodi:

albumini, globulini, topljivi pentozani (arabinoksilani), glikoproteini



Biokemijski procesi u proizvodnji proizvoda iz žitarica

Procesi, aditivi i pomoćne sirovine

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Fermentacija

- **bakterije mlječne kiseline**
 - primjer: kiselo tijesto (prirodno kiseljenje ili dodatak kiselog tijesta)
 - dodatak različitih substrata kao što su žitarice, grožđice, voće, mlijeko
- **alkoholna fermentacija**
 - upotreba kvasaca (*Saccharomyces* vrste, *Deccera species*, *Zymomonas mobilis*)
 - primjer: dodatak kvasnog predfermenta
 - različiti supstrati (*Triticum durum*, *Secale cereale*, *Triticum spelta* i drugi)

Enzimi

- **biljnog podrijetla**
 - proklijale žitarice
 - specijalne vrste grahorica
- **mikrobnog podrijetla**
 - amilaze, ksilanaze, proteaze, heksoza-oksidade, lipaze, ...
- **imobilizirani enzimi**
 - mikroenkapsulacija
 - primjer: kontrola procesa fermentacije

Sirovine podrijetlom iz GMO

- enzimi
- sojino brašno
- lecitin
- sojino ulje
- ulje kukruzne klice
- Vitamini
- Voćne kiseline
- rižino brašno/škrob
- krumpirovo bašno/škrob

Osnovne sirovine

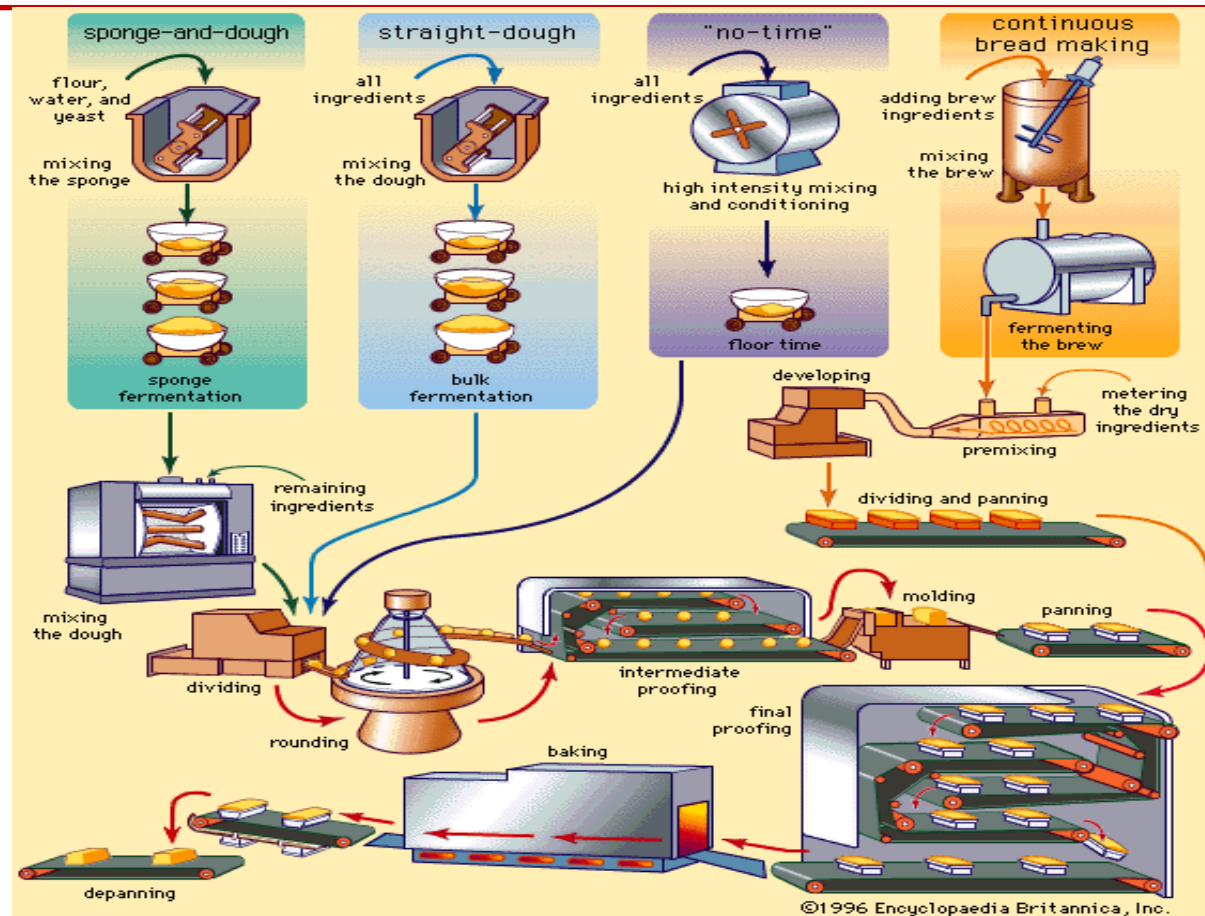
- Brašno pšenice
- Brašno raži

Pomoćne sirovine

- Sva ostala brašna i sve druge sirovine koje se smiju koristiti u proizvodnji prehrambenih proizvoda



Procesi proizvodnje kruha i peciva



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

- **Postupak uz premjesivanje (ili Straight dough bulk fermentation)**-proces u kome se tijesto neposredno nakon miješanja prije dijeljenja odmara najmanje 1 sat
- **Postupak uz dodatak predfermenta (ili Sponge and dough process)**- proces u kojem se dio brašna i vode podvrgava fermentaciji 5 ili više sati i tek nakon toga dodaje u krušni zamjes sa preostalom količinom brašna, vode i drugih sastojaka
- **Brzi postupak (ili no time process)** -brzi procesi u kojima odmaranje tijesta nakon zamjesa traje kraće od 1 sat- Uobičajeni postupak u RH
- **Kontinuirani postupak (ili Continuous bread making)** -Proces u kojem se primjenjuje mehanički postupak razvoja tijesta-intenzivno zamjesivanje dijela tekućeg predfermenta sa ostalim sirovinama, nakon čega odmah slijedi dijeljenje



Procesi proizvodnje kruha-Recepture i uvjeti proizvodnje

(prilog predavanju)

Brew bread-kruh u koji je dodan tekući predferment

Proizvodnja bijelog kruha iz kalupa

Ingredient	Sponge/Dough ^{b,c}		Straight Dough ^d	Straight No-Time Dough ^e	Brew Bread ^f
	Sponge	Dough			
Flour ^a	70.0	30.0	100.0	100.0	100.0
Brew	...	...	...	...	35.0
Water	40.0	24.0	64.0	65.0	32.0
Yeast, compressed	3.0	...	2.5	3.5	...
Salt	...	2.0	2.0	2.0	1.4
Sugar or sweetener solids	...	8.5	8.0	6.0	7.0
Shortening	...	3.0	2.75	2.75	2.75
Yeast food	0.5	...	0.5	0.6	0.5
Nonfat dry milk or milk replacer	...	2.0	2.0	2.0	2.0
Fungal protease	0.5	...	0.25	0.5	...
L-Cysteine, ppm	...	...	...	40.0	...
Potassium bromate, ppm	...	...	15.0	30.0	30.0
Ascorbic acid, ppm	...	...	...	60.0	...
Vinegar (100 grain)	...	...	...	0.5	...
Monocalcium phosphate ^h	...	...	...	0.25	...
Mono- and diglycerides, hydrate	...	0.5	0.5	0.75	0.5
Dough strengtheners	...	...	...	...	0.25
Calcium propionate	...	0.2	0.2	0.2	0.2

^aSource: Kulp and Dubois (1982); used by permission.

^bValues are percentages, based on flour, except as otherwise noted.

^cThe sponge-dough ratio is 70:30. The sponge is mixed for 1 min at low speed and 3 min at high speed at 77° F (25° C) and fermented for 3–5 hr at 86° F (30° C). The dough is mixed for 1 min at low speed and 10–12 min at high speed at 80° F (27° C); rested for 15–20 min; divided into 18-oz (515-g) pieces for 1-lb (454-g) loaves; rounded and given a 7-min rest period; sheeted, shaped, and panned; proofed for 55 min at 107° F (42° C) and 85% relative humidity; and baked for 18 min at 445° F (230° C).

^dOne-step process. The dough is mixed for 1 min at low speed and 15–20 min at high speed at 86° F (30° C) and fermented for 2 hr at 86–95° F (30–35° C) and 85% relative humidity. This procedure is used by retailers or for specialty breads.

^eThe dough is mixed for 1 min at low speed and 15–18 min at high speed at 82° F (28° C) and proofed for 55 min at 107° F (42° C) and 85% relative humidity.

^fBrew ingredients are dispersed by high-speed agitation for 5 min at 82° F (28° C). The brew is fermented (with low agitation) for 1.5 hr at 88–92° F (31–33° C) and added to the dough ingredients. The process then continues like the sponge-dough process. The brew consists of 80.95% water, 7.75% sweetener solids, 8.0% compressed yeast, 3.8% salt, and 0.2–0.5% buffer (calcium carbonate plus ammonium sulfate); 35% of this brew is added to the dough.

^gAbout 11.2–11.7% protein and 0.44–0.46% ash, enriched according to U.S. standards (14% mb).

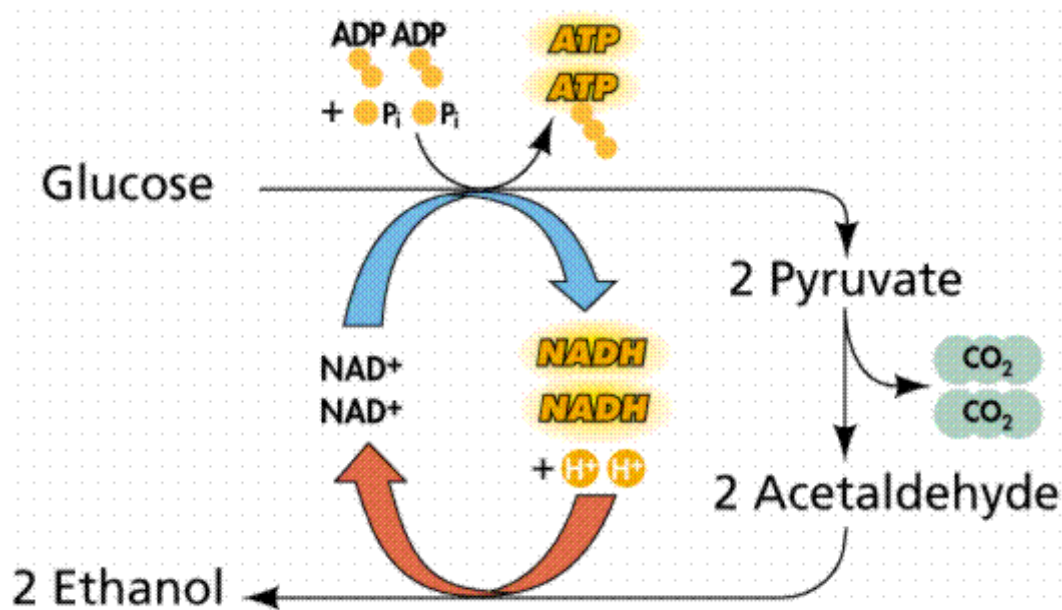
^hUsed instead of vinegar.

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Fermentacija

Fermentacija je proces anaerobne respiracije mikroorganizama (tj. kvasaca)
Alkoholna fermentacija je serija biokemijskih reakcija u kojima je glukoza preko piruvata konvertirana u etanol i CO₂.



Faktori koji utječu na intenzitet fermentacije:

- Vrsta kvasca
- Temperatura
- pH
- Konc.šećera
- Tvari rasta/supstrat

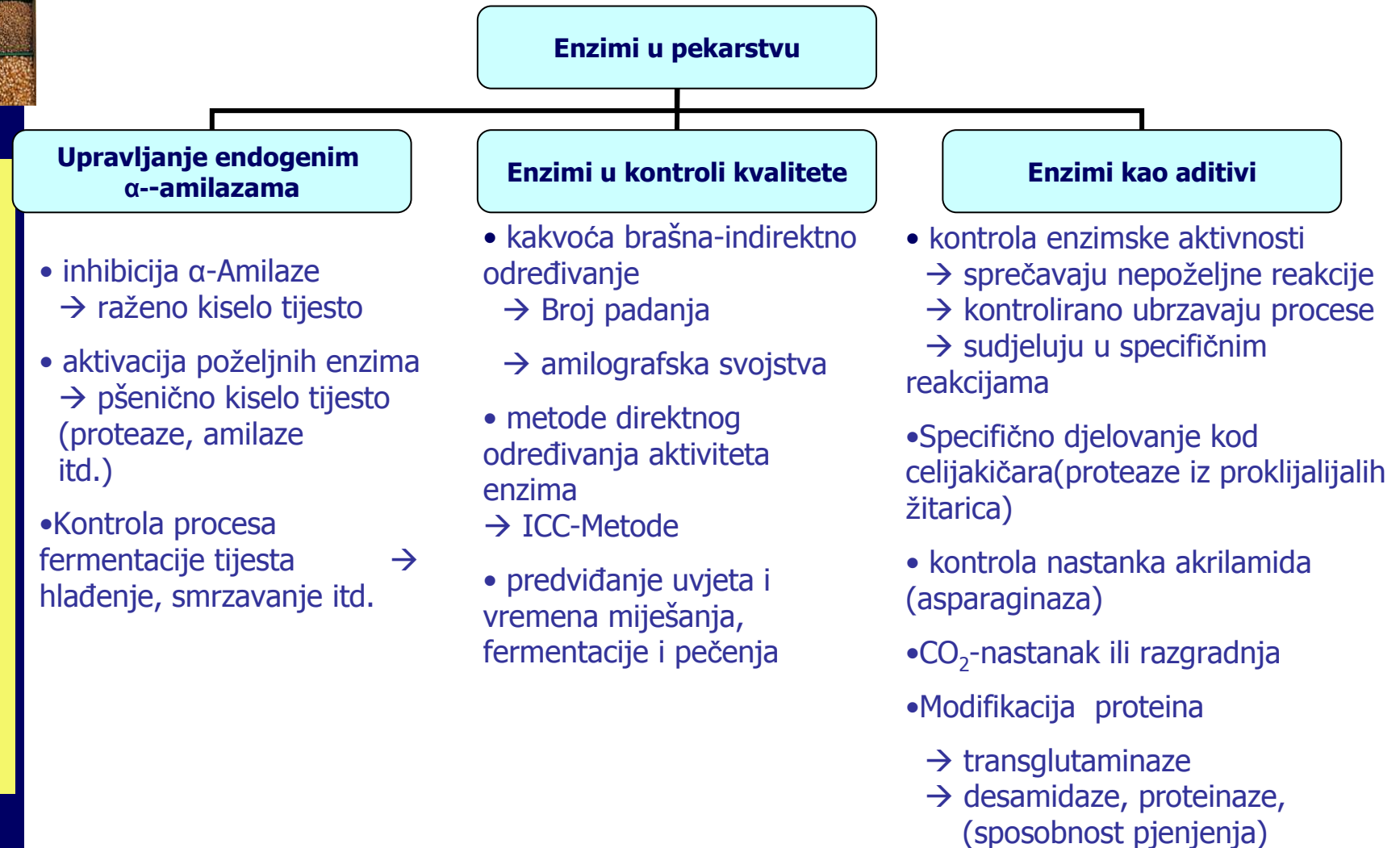


Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Uloga enzima u pekarstvu

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla





Pregled i uloga enzima u proizvodnji

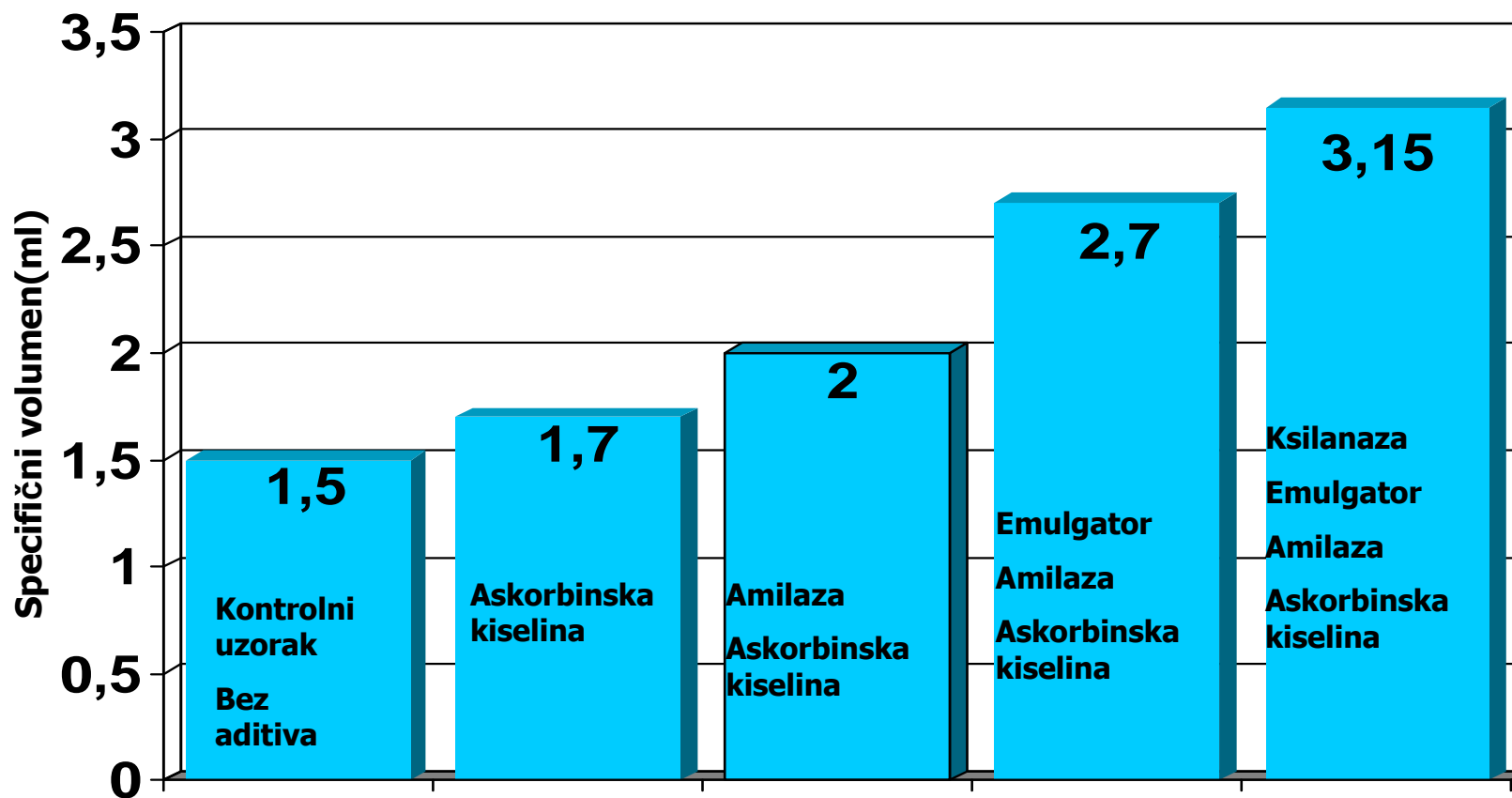
Utjecaj enzima na tijesto i proizvode

Efekt	Enzimi
<i>Poboljšavaju razvoj tijesta</i>	Ksilanaze, Glukozaoksidaze, Peroksidaze
<i>Spriječavanje ljepljivosti tijesta</i>	Ksilanaze
<i>Poboljšavaju stabilnost i toleranciju tijesta</i>	Ksilanaze
<i>Povećavaju volumen</i>	Amilaze, Ksilanaze
<i>Odgovorni za boju i okus</i>	Amilaze, Proteaze, Peptidaze
<i>Produljuju svježinu i trajnost proizvoda</i>	Amilaze, Ksilanaze, Lipaze

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Dodatak različitih poboljšivača na specifični volumen pekarskih proizvoda ($\times 10^3$)



Proteini glutena i način njihovog umrežavanja

Klasifikacija i svojstva proteina glutena

Group	HMW		MMW		LMW		
	HMW Subunits		ω-Gliadins		α-Gliadins	γ-Gliadins	LMW Subunits
	x-Type	y-Type	ω 5	ω 1,2			
$M_r \times 10^{-3}$ (SDS-PAGE) ^a	104–124	90–102	66–79	55–65	32	38–42	36–44
$M_r \times 10^{-3}$ (sequence) ^b	83–88	67–74	44–55 ^c	34–44 ^c	28–35	31–35	32–39
Number of amino acid residues	770–827	627–684	n. a.	n. a.	262–298	272–308	281–333
Content of gluten proteins	4–9%	3–4%	3–6%	4–7%	28–33%	23–31%	19–25%
Number of cysteine residues	4	7	0	0	6	8	8
μmol Cys/g flour	0.3	0.3	0	0	6.0	6.7	5.0

^a Result of electrophoresis.

^b Calculated from the amino acid sequence..

^c Determined with MALDI-TOF mass spectrometry.

n. a. not analyzed

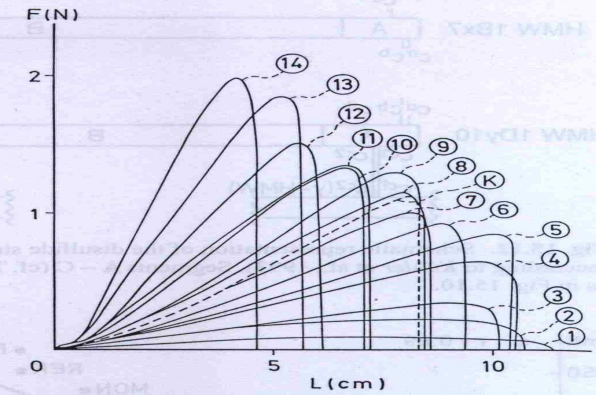
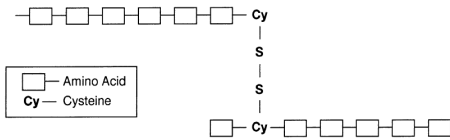


Fig. 15.14. Tensile tests of glutes with varying content of gliadin (gluten K from retail wheat flour was extracted with 70% aqueous ethanol. The extracted gliadin and the remaining glutenin were freeze dried, remixed in different proportions, and then hydrated. Gliadin content of the glutes: K) 33.9%, 1) 55.9%, 14) 22.6%; the gliadin contents of the other samples are in between, according to Kim et al., 1988)

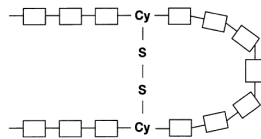
Utjecaj proteina glutena na rastezljivost tijesta

Prehrambene tehnologije namirnica biljnog podrijetla

Inter

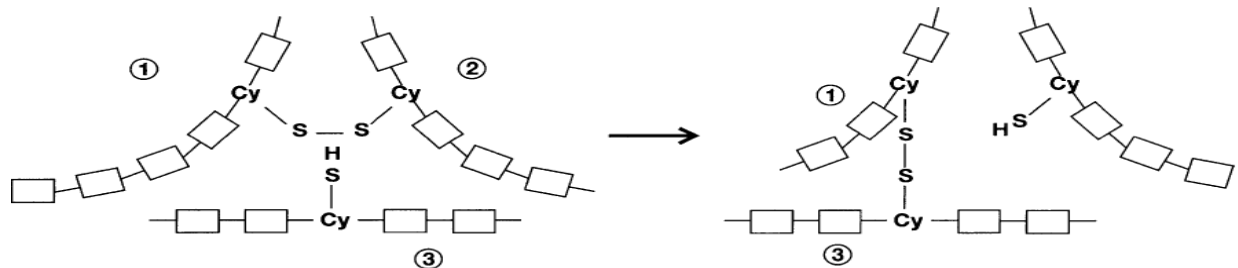


Intra



Prikaz disulfidnih veza u proteinima glutena

Prikaz nastanka disulfidnih veza u proteinima glutena





Askorbinska kiselina-učvršćenje glutena,povećava volumen proizvoda

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Table 15.42. Effect of additives on the rheological properties of wheat dough

Additive (0.15 $\mu\text{mol/g}$ flour)	Resis- tance to extension (%)	Exten- sibility ^a (%)
Control (without additive)	100	100
Cysteine	63	106
Glutathione (reduced form)	56	105
L-threo-Ascorbic acid	147	58
D-erythro-Ascorbic acid	122	86
L-erythro-Ascorbic acid	118	93
D-threo-Ascorbic acid	94	88
L-threo-Dehydroascorbic acid	145	56

^a Relative values.

Enzim
Oksidaza AK

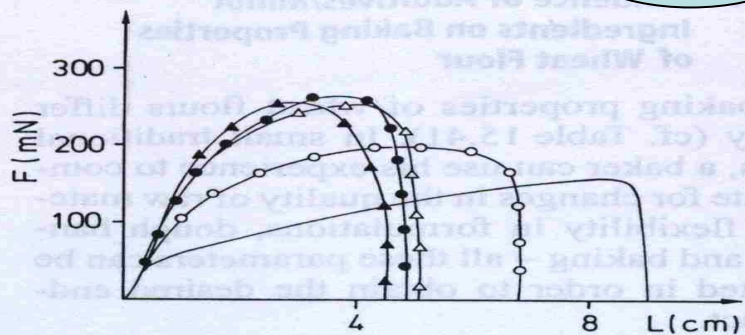


Fig. 15.31. Rheological properties of wheat dough as a function of different concentrations of added L-threo-ascorbic acid (Asc) (according to Kieffer, unpublished).

Tensile tests with dough made of 10 g of flour of the variety Flair. Addition of Asc (mg/kg): 20 ($\circ-\circ$), 40 ($\bullet-\bullet$), 80 ($\blacktriangle-\blacktriangle$), 160 ($\triangle-\triangle$). Control without additive: —.

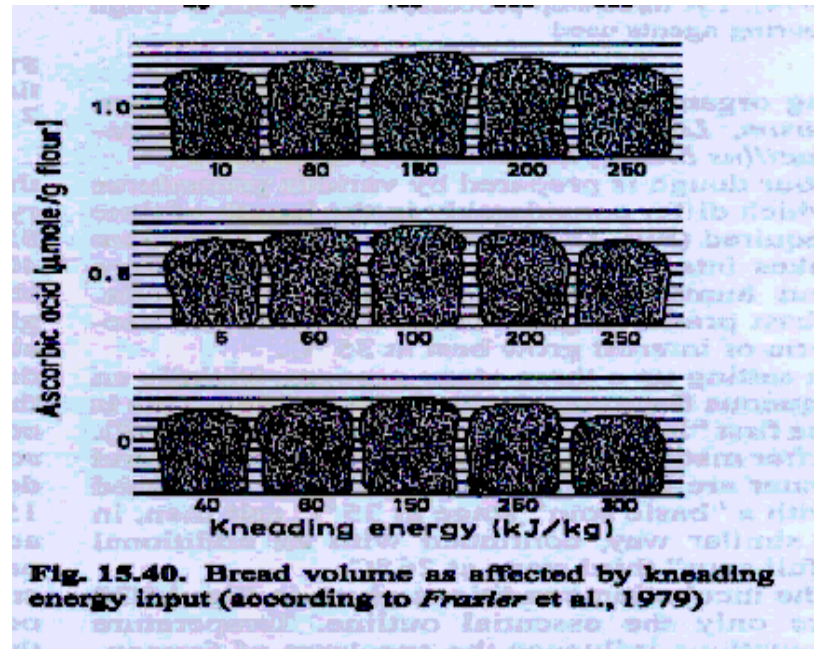


Fig. 15.40. Bread volume as affected by kneading energy input (according to Frasier et al., 1979)

Streoizomeri askorbinske kiseline i njihov utjecaj na otpor i rastezljivost tijesta, te volumen kruha u prisustvu oksidaze askorbinske kiseline iz tijesta

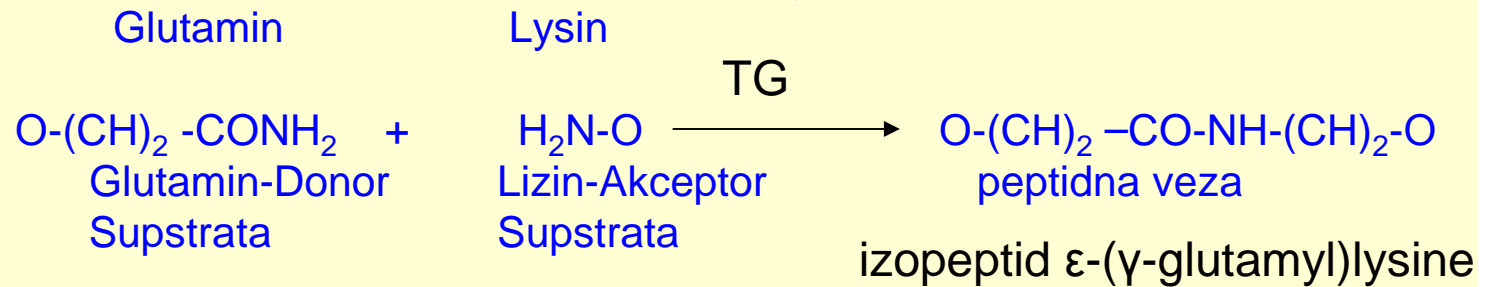
- Oksidacija vodotopljivog cisteina
- Disulfidno povezivanje vodotopljiv proteina i glutenina-slabljenje glutena
- Disulfidno povezivanje gluteninskih podjedinica-povećanje elastičnosti



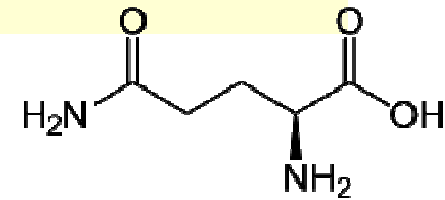
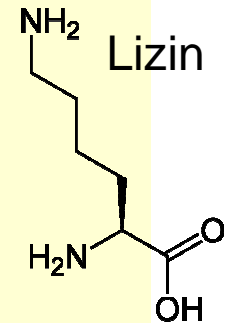
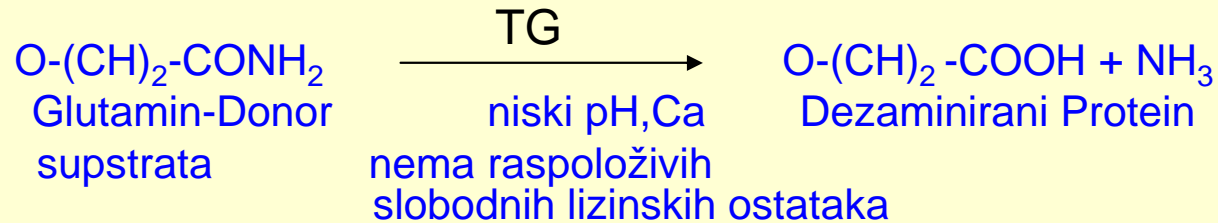
Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Reakcije proteina glutena koje katalizira transglutaminaza (TG)

Umrežavanje



Inducirana dezaminacija



Primjena:

- **Proizvodnja tjestenine**
- **Proizvodnja proizvoda iz pseudo-cerealija**
- **Proizvodna proizvoda za celijakičare**
- **ekstruzija**
- **fermentacija**
- **Zamjena za emulgator**
- **Povećava sposobnost pjenjenja proteina glutena**



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Utjecaj dodatka transglutaminaze na kakvoću kruha- volumen proizvoda

- Proizvodnja pšeničnog kruha uz dodatak predfermenta
- Transglutaminaza dodana u kvasni predferment
- Bolje zadržavanje plina
- Bolja obradivost tijesta
- Poboljšana mekoća
- Veća elastičnost sredine
- Povećan volumen



bez TG
u predfermentu

sa TG
u predfermentu

Pjenjenje proteina glutena



Problem:

Proteini glutena nemaju sposobnost stvaranja pjene
Zato se za proizvodnju kolača (tj. biskvita) trebaju koristiti brašna sa niskim udjelom glutena velike rastezljivosti. Dodatno, potrebno je dodati u recepturu emulgatore koji će dodatno razrijediti gluten

Moguće rješenje:

Upotreba proteolitičkih enzima i transglutaminaza
(razgradnja i dezaminacija proteina doprinose sposobnosti pjenjenja)

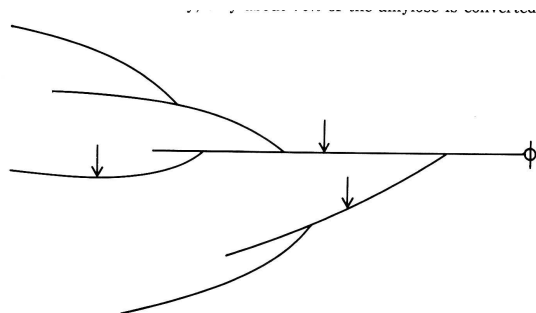
Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



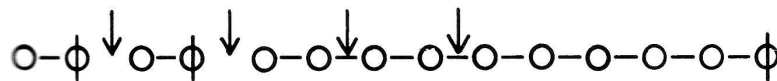


Uloga i način djelovanja amilaza (α -amilaze; β -amilaze)

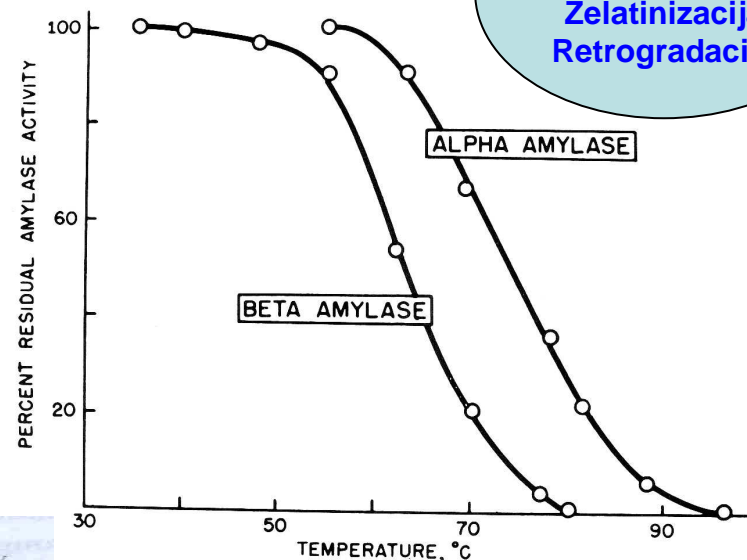
Uloga škroba:
 Absorpcija vode
 Želatinizacija
 Retrogradacija



Djelovanje α -amilaze



Djelovanje β -amilaze



Utjecaj temperature na aktivnost α i β -amilaza

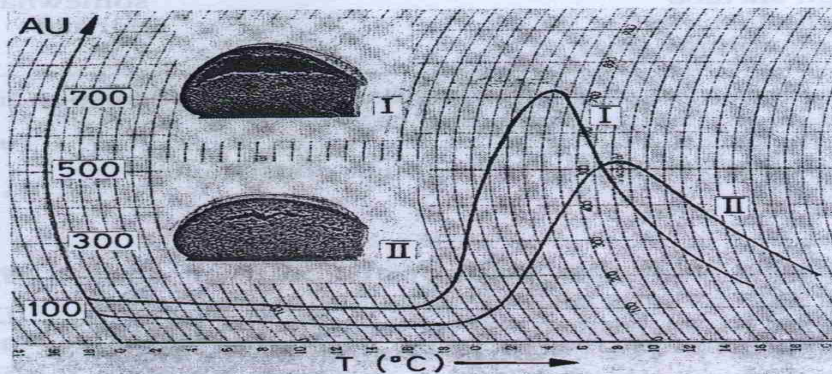


Fig. 15.30. Amylograms of two rye flours (according to H. Stephan, 1976)

	Gelatiniza- tion maxi- mum (peak)	Gelatiniza- tion temperature	α -Amylase activity
Flour I	720 AU	67°C	high
Flour II	520 AU	73.5°C	low

AU: amylogram units.

Prehrambene tehnologije namirnica
 biljnog podrijetla

Podrijetlo amilaza koje se koriste u pekarstvu i utjecaj na kakvoću proizvoda

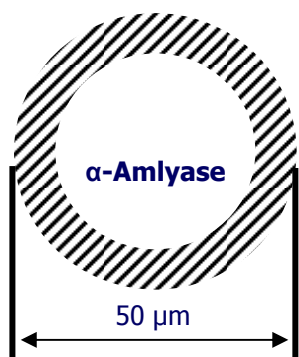
α -Amylase preparation	Origin	Activity ^a (units)	White bread	
			Volume (ml)	Crumb pores structure
Without addition			2,400	average average
Wheat malt		140	2,790	good good
		560	3,000	good good
		1,120	2,860	average good
<i>Aspergillus oryzae</i>		140	2,750	very good very good
		560	2,900	good good
		1,120	2,950	average average
<i>Bacillus subtilis</i>		7	2,600	good good
		35	2,600	good average
		140	2,640	poor very poor

^a α -Amylase units in 700 g flour.

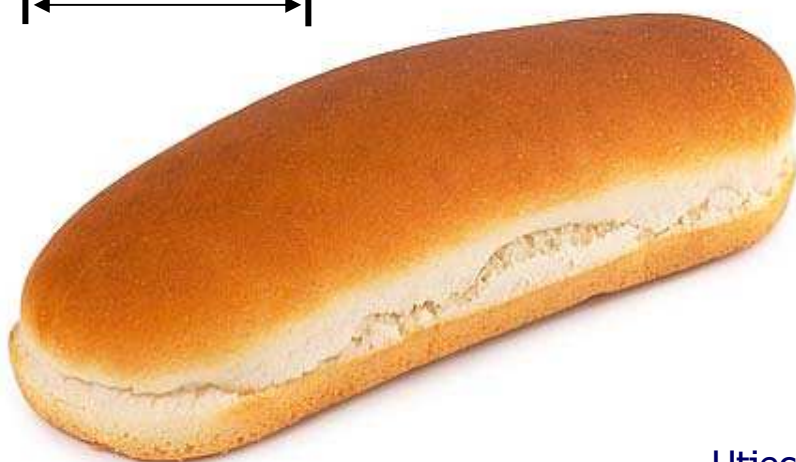


Proizvodnja CO₂ pri željenoj temperaturi-prolongirana fermentacija

“kontrolirani nastanak CO₂”

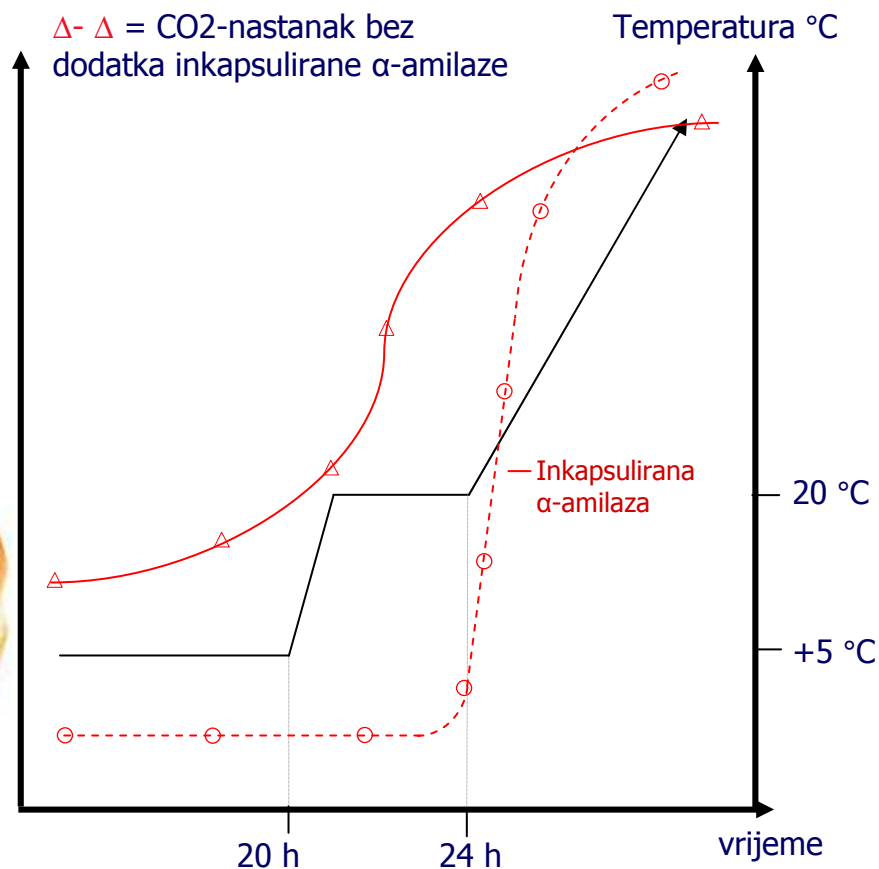


O-O
Nastanak CO₂ uz dodatak inkaps. α-amilaze



Prehrambene tehnologije namirnica
bilinao nodriietla

- kontrolirano povećanje volumena
- optimirani uvjeti čuvanja
- manje rada
- izbjegnuta nekontrolirana fermentacija
- veći volumen proizvoda



Utjecaj dodatka inkapsulirane α-amilaze u zamjes na fermentaciju tijesta koja se čuvaju u hladnjaku-tijesta sa prolongiranom ili odgođenom fermentacijom



Prehrambena vlakna, ksilanaze, arabinaze i galaktozidaze

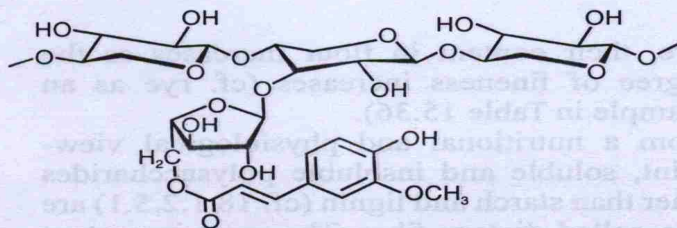
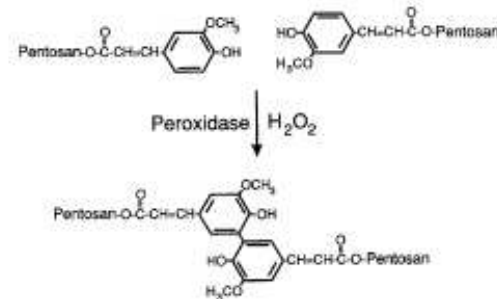


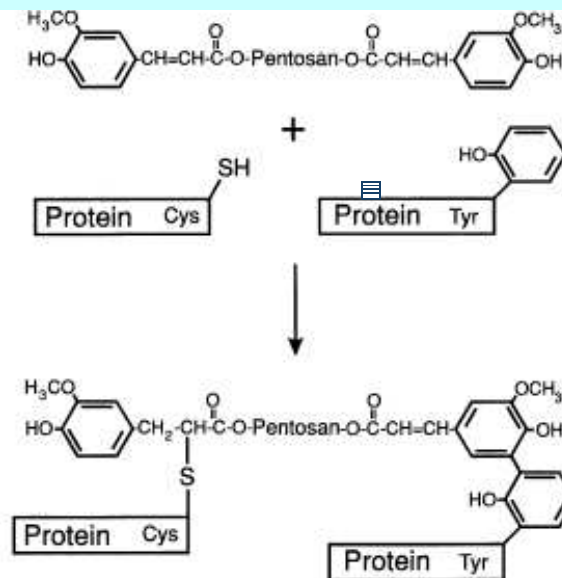
Fig. 15.17. A section of the structure of a water soluble arabinoxylan from wheat. A xylose in the (1 → 4)-β-xylan section is linked in position 3 with a 5-O-*trans*-feruloyl-α-L-arabinofuranose.

Struktura vodotopljivih pentozana brašna

- Pentozani pšeničnog brašna su uglavnom izgrađeni od pentoza (80%) i to d-ksiloze i d-arabinoze. Glavni lanac je izgrađen od ksiloze-**ksilani**, dok je u bočnom lancu najčešće arabinoza, rjeđe glukoza ili manoza (65%)
- Osim ksilana pristna je i značajna količina **arabinogalaktana**, sa galaktozom u glavnom i arabinozom u bočnom lancu. U skupinu vodotopljivih vlakana ulaze arabinoksilani koji sadrže ferulinsku kiselinu. Oni utječu na reologiju tijesta jer stvaraju viskozne otopine.
- Ksilanaze, arabinaze i galaktozidaze** cijepaju netopljive pentozane i tako utječu na reologiju tijesta.

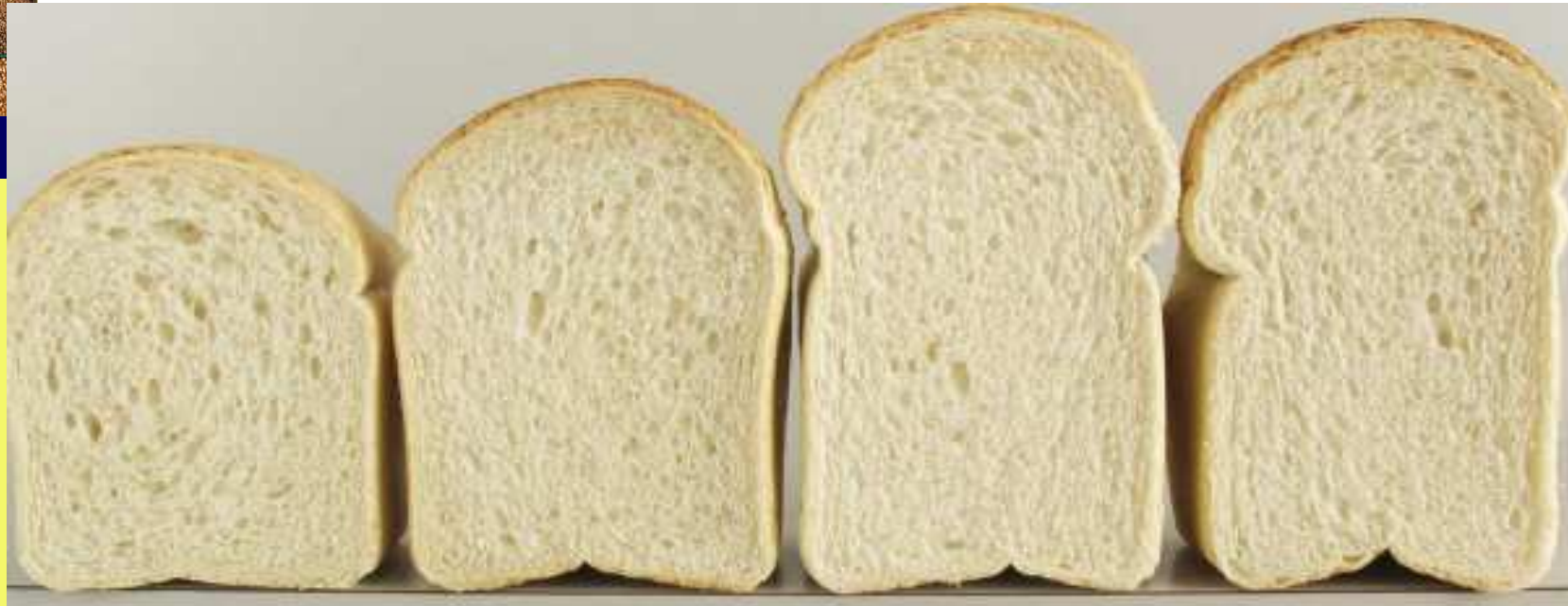


1. Oksidativno povezivanje arabinoksilana preko ferulinske kiseline



2. Reakcije vodotopljivih pentozana sa proteinima brašna (umrežavanje preko cisteina i tirozina)

Prehrambene tehnologije namirnica biljnog podrijetla



Standard

Amilaza/Ksilanaza

25ppm Lipaze

0,3% Datem

Utjecaj dodatka lipida i lipaza na volumen i strukturu sredine bijelog kruha iz kalupa proizvedenog direktnim postupkom(Novozymes 2006)

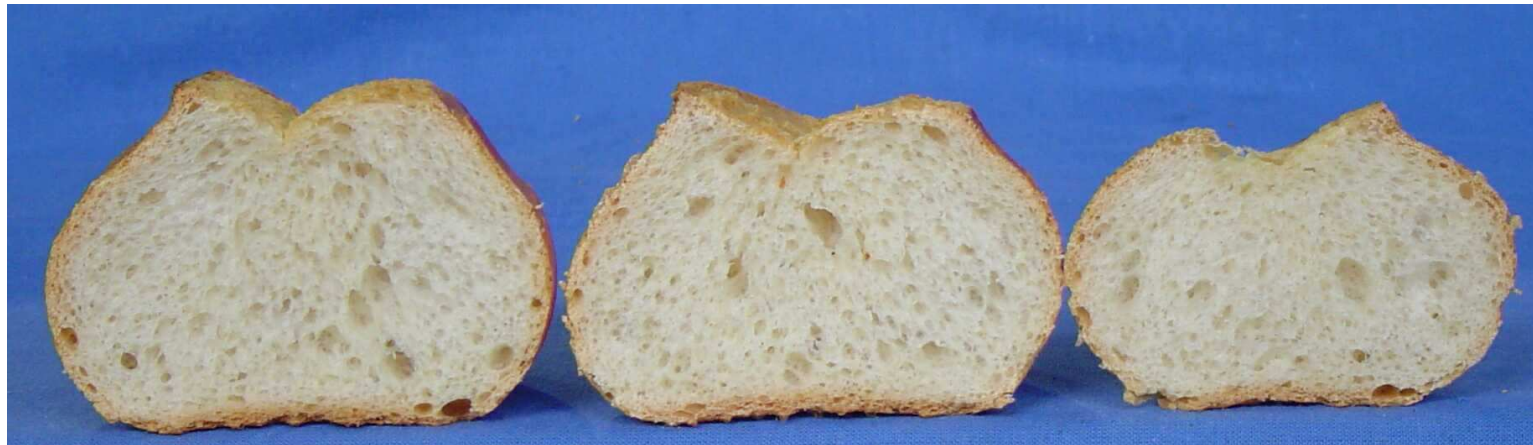


Spriječavanje oštećenja glutenske mreže tijekom smrzavanja predfermentiranih tijesta koja sadrže CO₂

Problem: CO₂-topljivost se povećava sa smanjenjem temperature (pH se smanjuje) i smrzavanjem tijesta

Riješenje: Enzimska razgradnja CO₂ sa **karbo-anhidrazom** neposredno nakon fermentacije a prije smrzavanja

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



**Pecivo sa 4%
poboljšivača
(Standardni-Formel)**

**Karbo-
anhidraza
+2 %
poboljšivača**

**Pecivo sa 4 %
poboljšivača**

nefermentirano smrznuto

fermentirano smrznuto

fermentirano smrznuto 21



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Kontrolirana produkcija CO₂-tijesto za pizzu koja se čuva u hladnom lancu



Problem:

- U kvasnim nepečenim tijestima koja se nalaze u hladnom lancu dolazi do nekontrolirane i nepoželjne produkcije CO₂ što povećava volumen proizvoda i skraćuje trajnost proizvoda

Riješenje:

- Koristiti enzime koji utječu na kontroliranu produkciju CO₂
- Takvi proizvodi su "spremni za pečenje" odmah nakon zagrijavanja na odgovarajuću temperaturu pri kojoj enzimi kataliziraju produkciju CO₂ iz ugljične kiseline
- Pakirati se mogu u manje zahtjevnu ambalažu

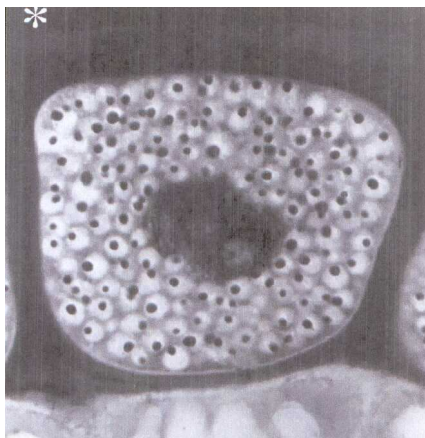
Prednosti:

- CO₂ – ne nastaje u fazi dok je proizvod u hladnom lancu
- CO₂-brza produkcija na temperaturi zagrijavanja
- Jednostavnije pakiranje





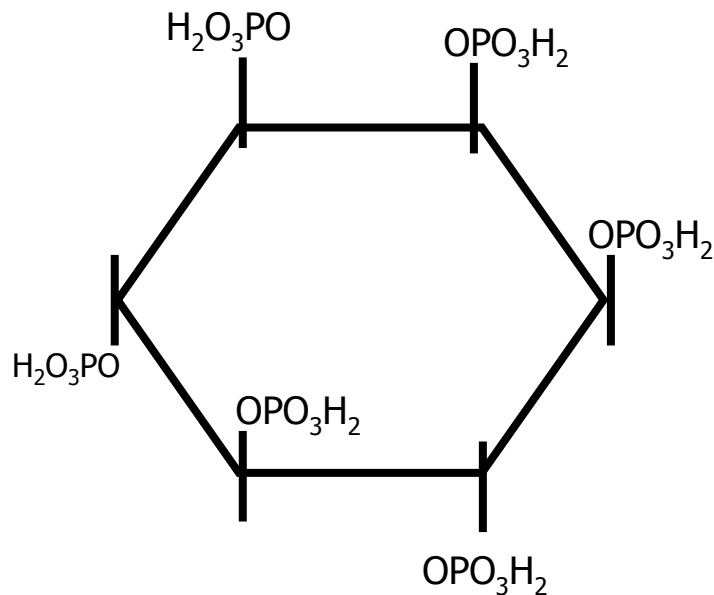
Aleuronske stanice – koncentrirani izvor fitinske kiseline (~4%)



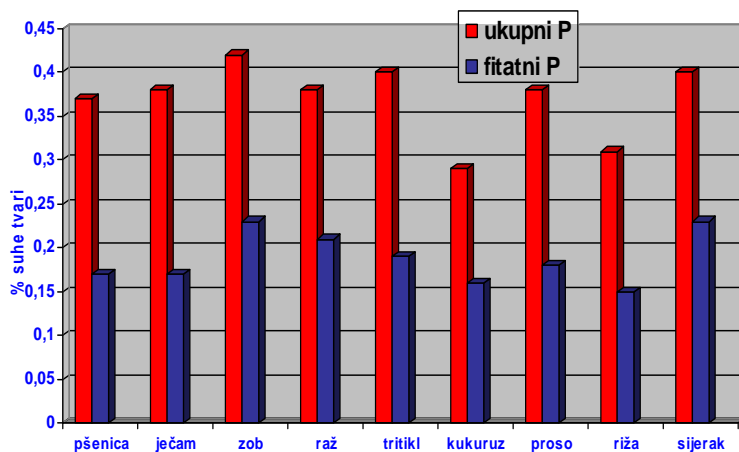
Aleuronska stanica

* Hoseneý (1994). Principles of Cereal Science and Technology

Fitati su soli fitinske kiseline i kationa K^+ i Mg^{++} , ali i drugih kationa kao Ca^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , Ba^{++} ili Fe^{+++} (Lott, 1984; Lott et al., 1995a)



**Fitinska kiselina (IP6 ili PA)
Mioinozitol heksafosfat**



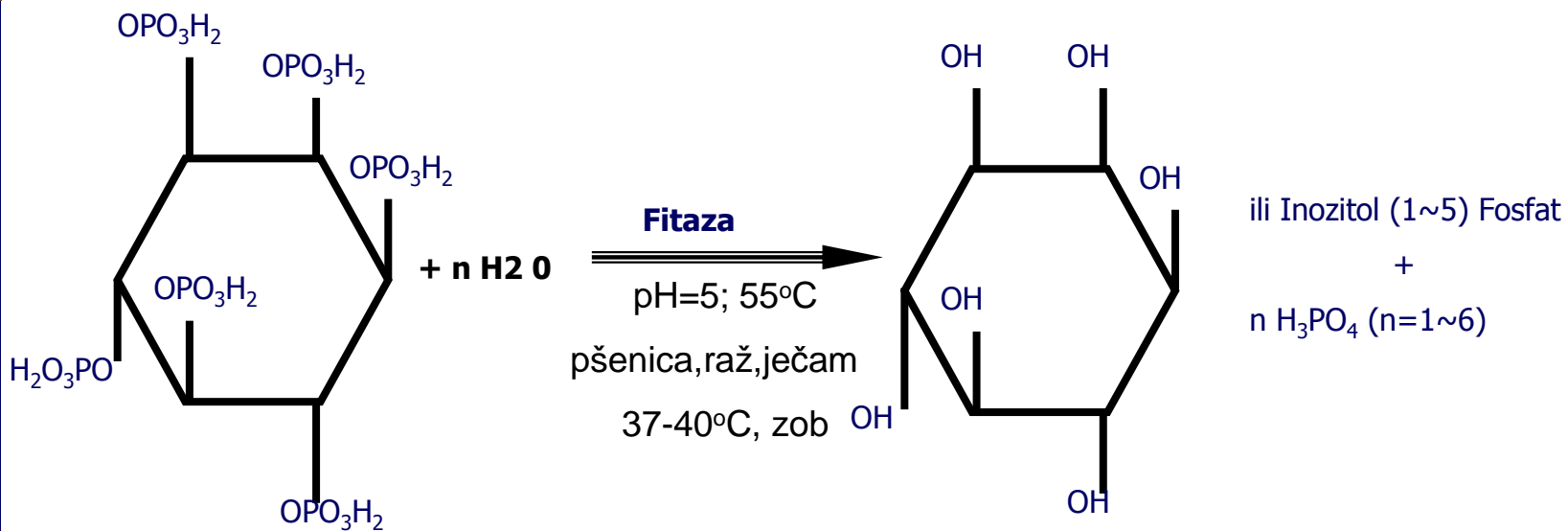
Udio ukupnog fosfora i fitatnog fosfora u pojedinim vrstama žitarica u suhoj tvari (50-80% ukupnog fosfora)

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Metode smanjenja udjela fitata u žitaricama

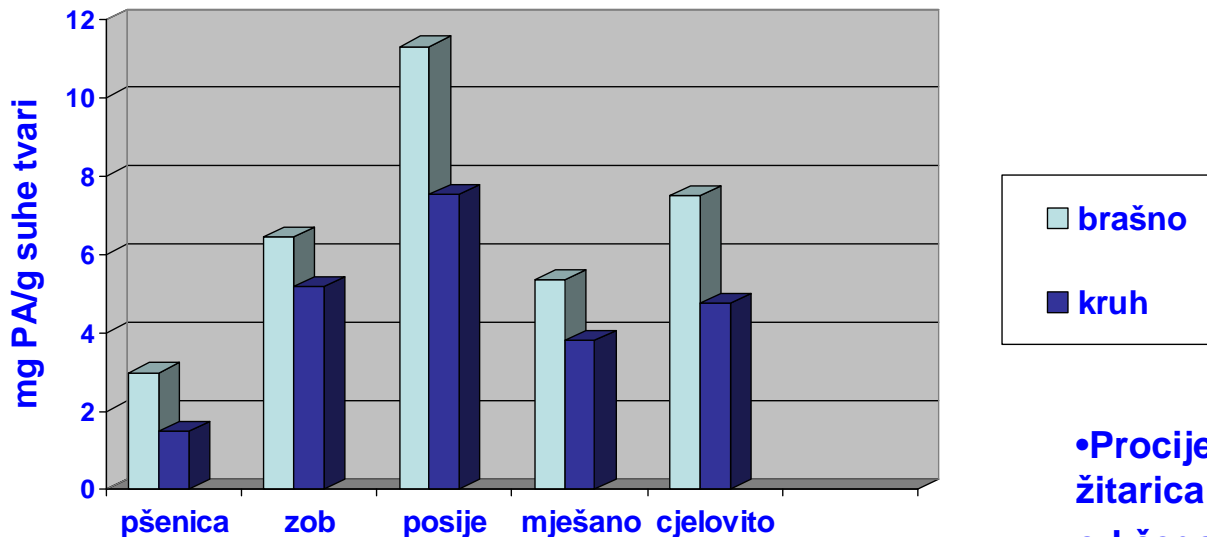
Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla





Metode smanjenja udjela fitata u žitaricama

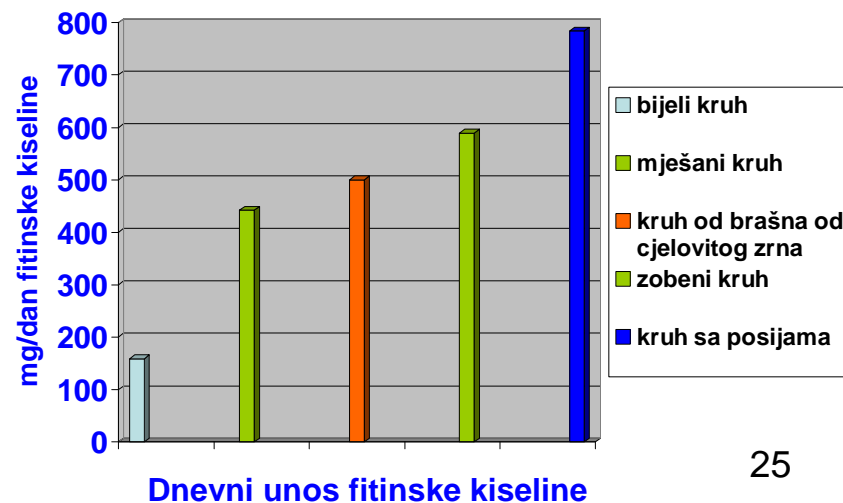
Prehrambene tehnologije namirnica biljnog podrijetla



Količina fitinske kiseline u brašnu i kruhu od istog brašna

•Procijenjen dnevni unos žitarica je 224 g/dan, od čega je 151 g/dan u obliku kruha

- Redukcija fitata fermentacijom
 - 71% manje u kiselom kruhu
 - 52% manje u kruhu s kvascem
- Redukcija fitata namakanjem u vodi i kiselini i/ili kuhanje (Metoda: mjerenje apsorpcije željeza)
 - riža: 1.73% → 5.34%
 - zob: 0.33% → 2.79%
 - kukuruz: 1.80% → 8.92%
 - pšenica: 0.99% → 11.54%





Djelovanje fitata na proces proizvodnje, probavne enzime i absorpciju Fe

Utjecaj fitaze iz *A. niger* na nonhem absorpciju Fe kod ljudi

	Nonhem absorpcija Fe Pecivo sa posijama		
Spol M-muškarci F-žene	Bez Fitaze %	Sa Fitazom %	Absorpcija (omjer-sa : bez fitaze)
M1	25,9	47,2	1,82
M2	15,5	27,8	1,79
M3	5,2	13,3	2,56
F1	9,2	14,7	1,60
F2	18,7	38,4	2,05
F3	12,2	26,7	2,19
F4	4,1	7,2	1,76
F5	14,9	25,4	1,70
F6	8,9	27,9	3,13
F7	29,3	36,2	1,24
Prosjek	14,3	28,3	1,98

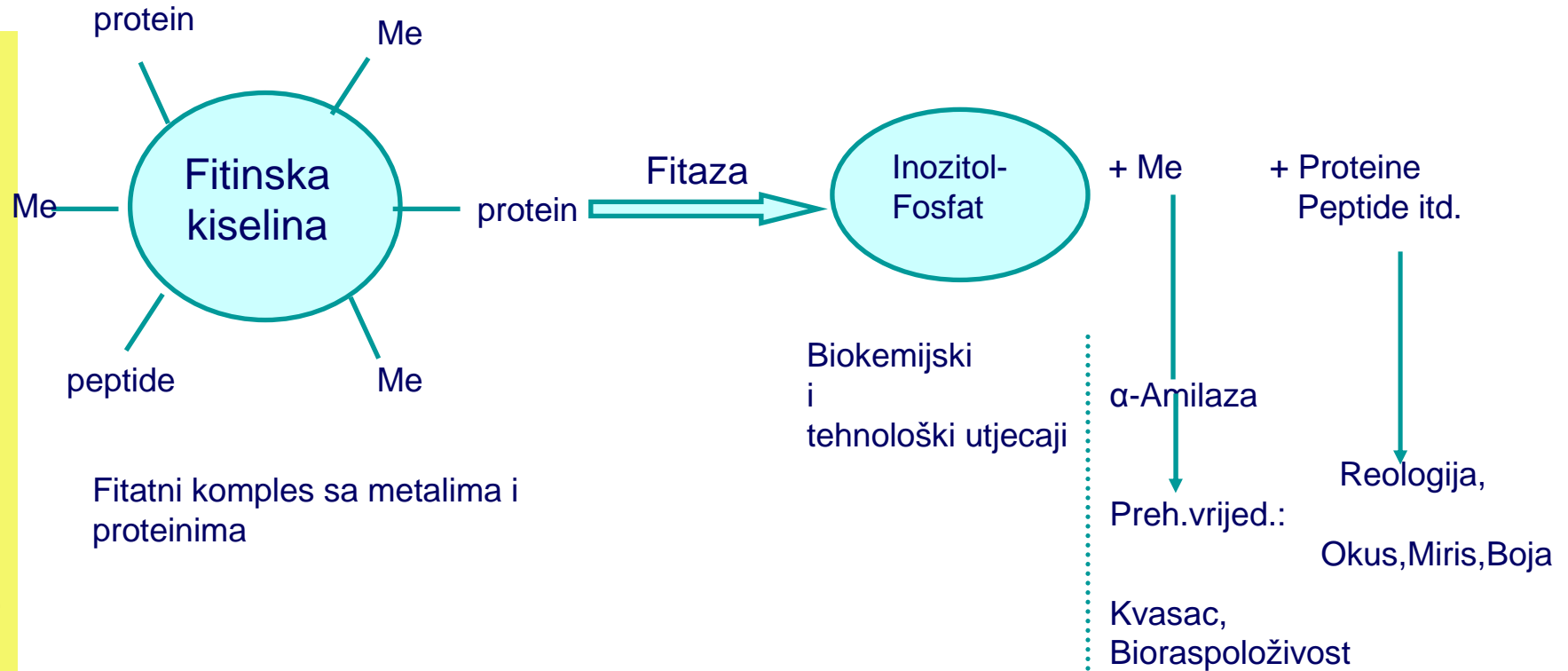
Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Utjecaj fitaze na tijesto i prehrambenu vrijednost kruha



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

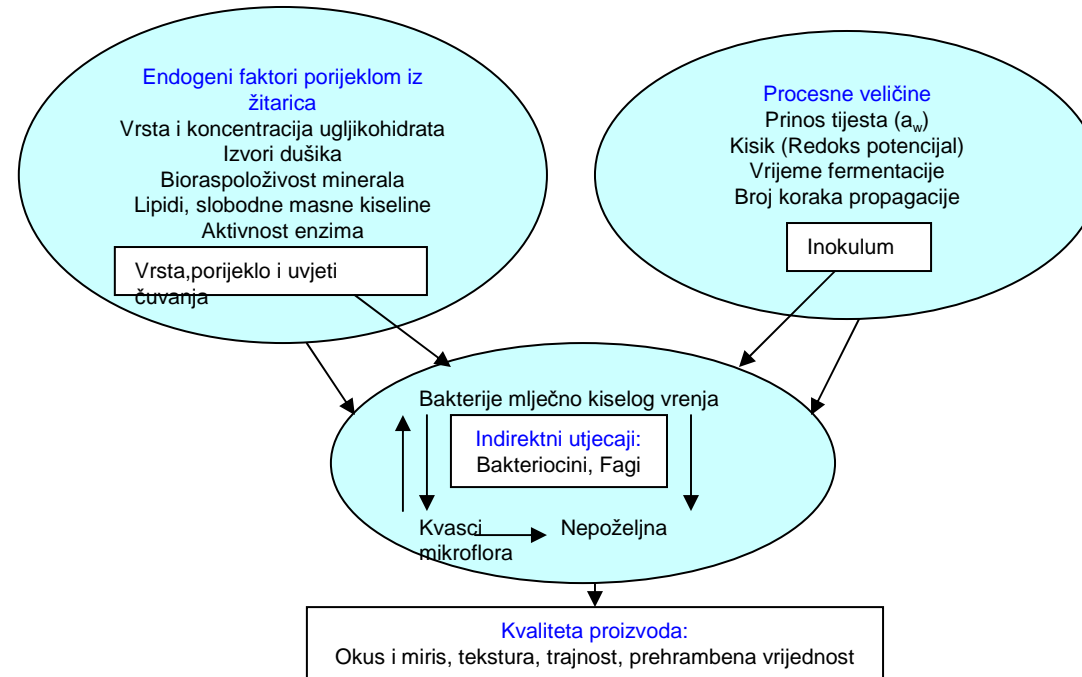


Shema djelovanja fitaze na kakvoću tijesta i kruha



KISELA TIJESTA-Faktori koji utječu na kakvoću proizvoda

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



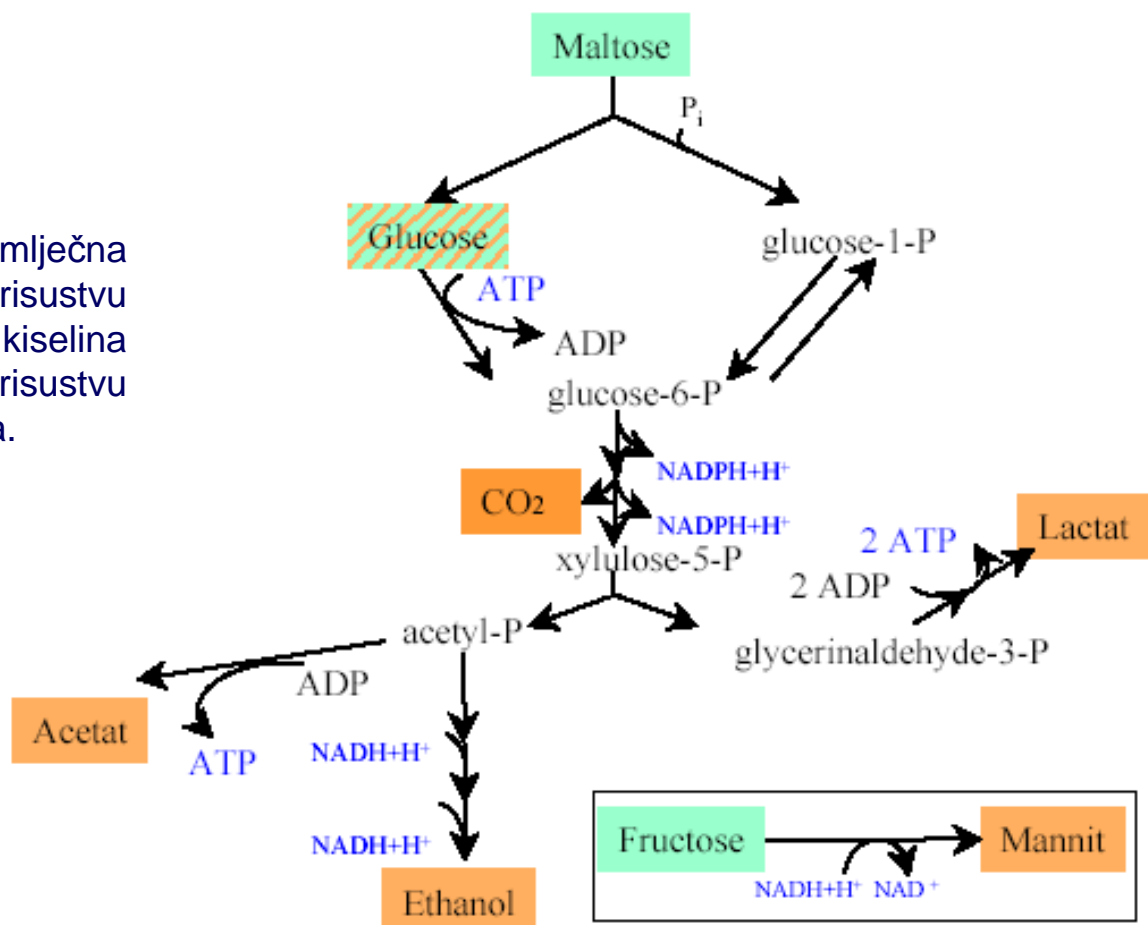
Veličine koje utječu na rast i metaboličku aktivnost mikroflora kiselih tijesta, te kvalitetu kiselih kruhova (Hammes i Ganzle, 1998)



Produkti metabolizma heterofermentativnih LAB

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

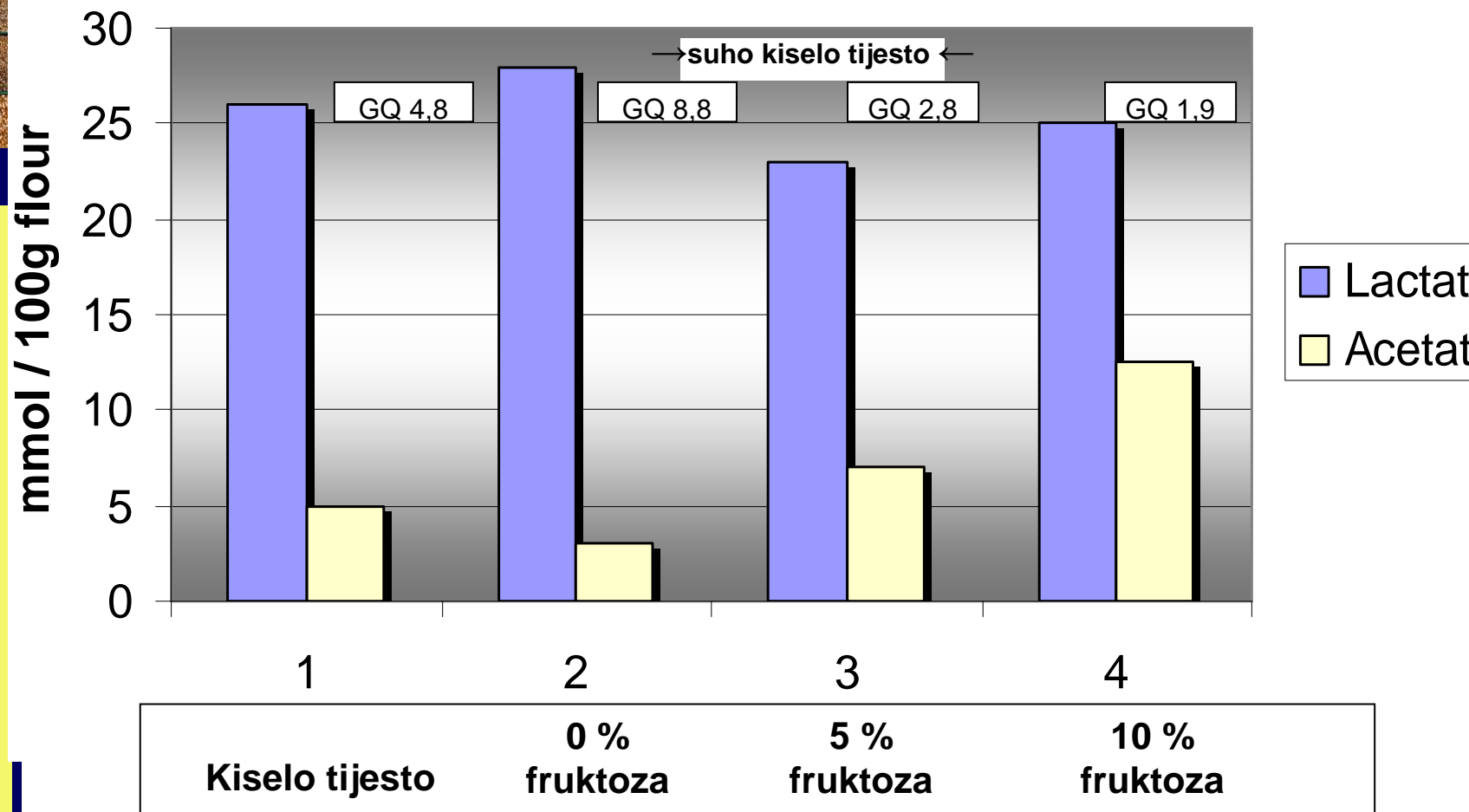
Glavni produkti LAB: mliječna kiselina, CO_2 , etanol. U prisustvu kisika nastati će octena kiselina umjesto etanola, kao i u prisustvu fruktoze, kao proton akceptora.



Produkti metabolizma heterofermentativnih LAB



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Utjecaj dodatka fruktoze na zakiseljavanje raženog brašna



Utjecaj dodatka kiselog tijesta na obradivost tijesta i kakvoću kruha

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

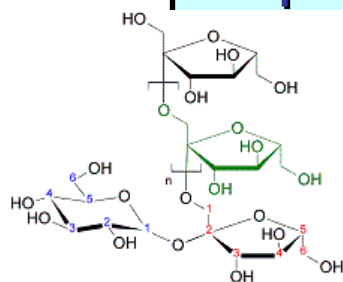
Kiselost dodana u kvasno tijesto utječe:	Produkti kiseljenja i fermentacije	Kvasci i bakterije mliječne kiseline (LAB)
Tvari arome	Organske kiseline Aminokiseline Tvari arome i –prekursori arome kao produkti mikrobnog metabolizma	Promjene u metabolizmu ugljikohidrata (LAB) Djelovanje endogenih enzima brašna Razgradnja aminokiselina kvascima i LAB
Tekstura	Razgrađeni pentozani Modificirani gluten Egzopolisaharidi (EPS)	Pšenični i raženi enzimi Enzimi brašna, LAB Specijalne vrste LAB
Trajnost	Organske kiseline Specifični inhibitori Usporena retrogradacija	LAB Specijalne vrste LAB EPS, Cerealni enzimi
Prehrambena vrijednost, Fizikalna svojstva	Hidrolizirani fitati, Probavljivost škroba (GI), Prebiotički sastojci	Enzimi brašna Mliječna kiselina je prisutna tijekom pečenja (LAB)



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Poznato je da

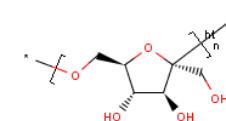
Hidrokoloidi (guar, dekstran, ksantan)
povećavaju volumen kruha i usporavaju
retrogradaciju škroba



Inulin

Reuteran je glukan -alfa-
1,4/1,6 glukan (Mm= 40 MDa)
i 16% razgranat

Levan



Inulin, Levan i Reuteran iz *L. reuteri* 121

(van Geel-Schutten, et al., 1998, Appl. Microbiol Biotechnol
50:697)

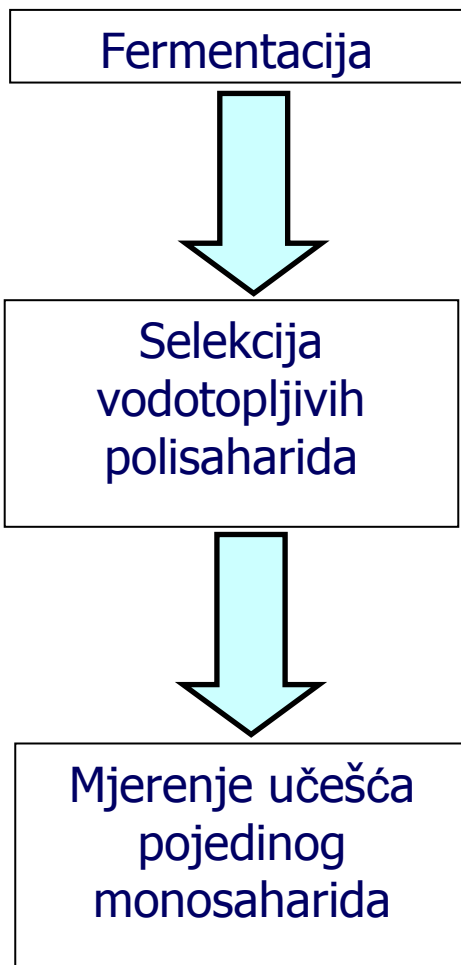
Levan iz *L. sanfranciscensis* LTH2590

(Korakli, Wolf, Hammes 2000 Adv. Food Sci 22:1)

Egzopolisaharidi u tijestu



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

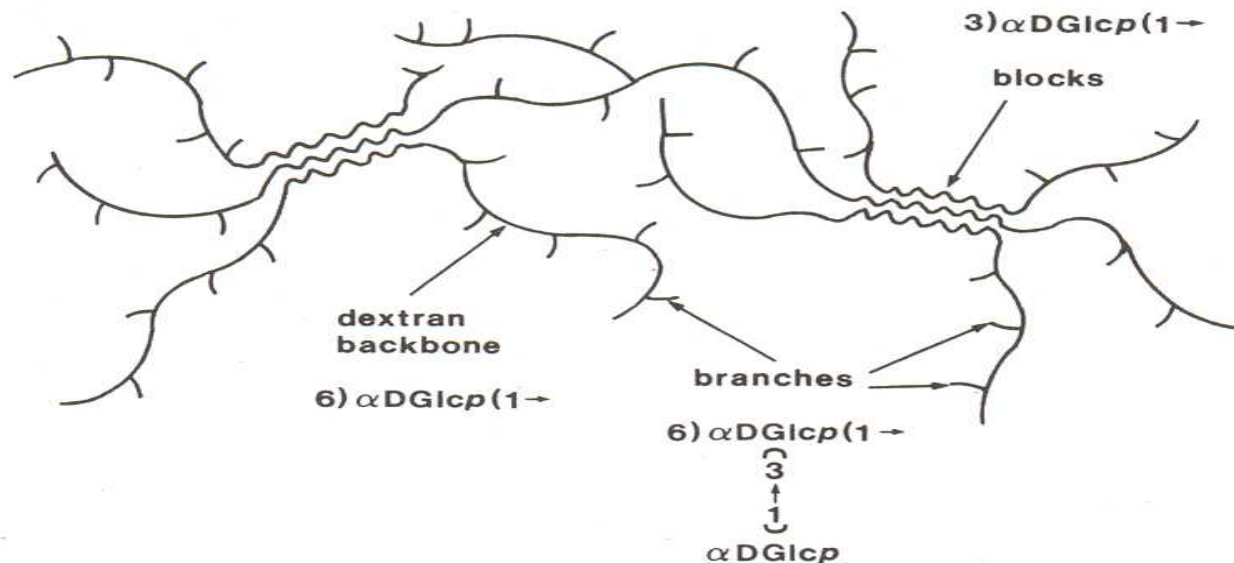


Nastanak glukana i fruktana u kiselom tijestu (g / kg brašna)			
	pH	Glukan	Fruktan
Nefermentir.tijesto	6.1	0	0
Kontrol.tijesto	6.1	0	0
<i>L. sanfranciscensis</i> LTH2581	3.5	0	0
<i>L. sanfranciscensis</i> LTH2590	3.8	0	5.0
<i>L. frumenti</i> TMW 1.103	3.4	0	0.3
<i>L. frumenti</i> TMW 1.660	3.5	0	1.0
<i>L. pontis</i> TMW 1.675	3.4	0	0.4
<i>L. frumenti</i> TMW 1.669	3.4	0.3	0.7
<i>L. reuteri</i> TMW 1.106	3.5	1.0	0

EPS produkcija u smjesi raženog i pšeničnog tijesta koje sadrži 12% saharoze



L. brevis gelirajući polisaharid



Model nastajanja gela u tijestu uz dodatak *L. brevis* dekstrana koji sadrži $\alpha(1 \rightarrow 3)$ d podjedinice (Morris, 1990)

Efekt EPS na tijesto:

Dekstran > Levan > Glukan

Najveći utjecaj na slabo brašno

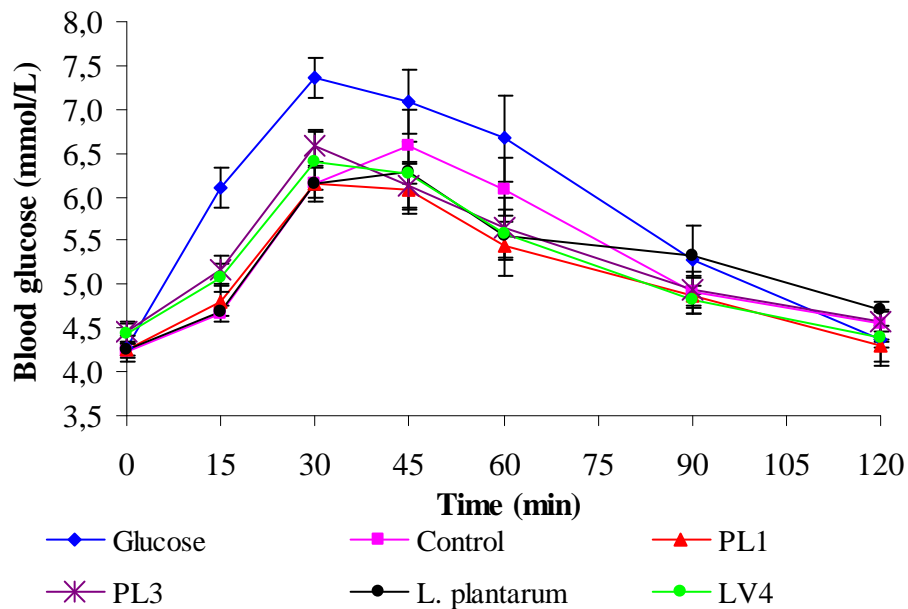
Slabi utjecaj na jako brašno

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

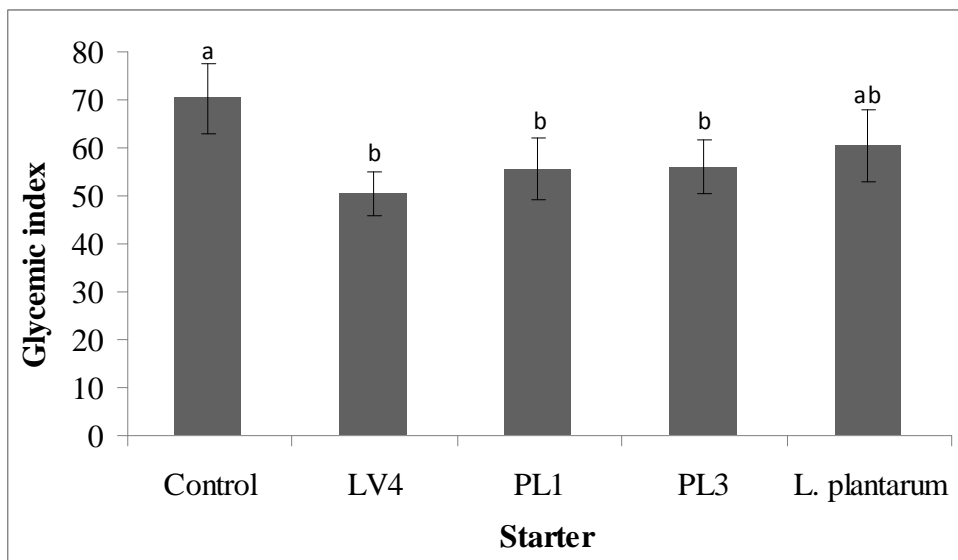


Utjecaj dodatka kiselog tijesta na GI

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla



Nivo glukoze u krvi kod zdravih dobrovoljaca tijekom 120 min nakon konzumiranja otopine glukoze (\square), nakon konzumiranja odgovarajuće količine kruha (\square), i kiselog kruha pripremljenog sa *L. plantarum* (\square), *L. fermentum* (\blacktriangle), *L. fermentum* + phytase (\square), and *L. brevis* + *S. chevalieri* (\bullet).



Glikemijski indeks ispitivanih kruhova.



Okus i miris kruha

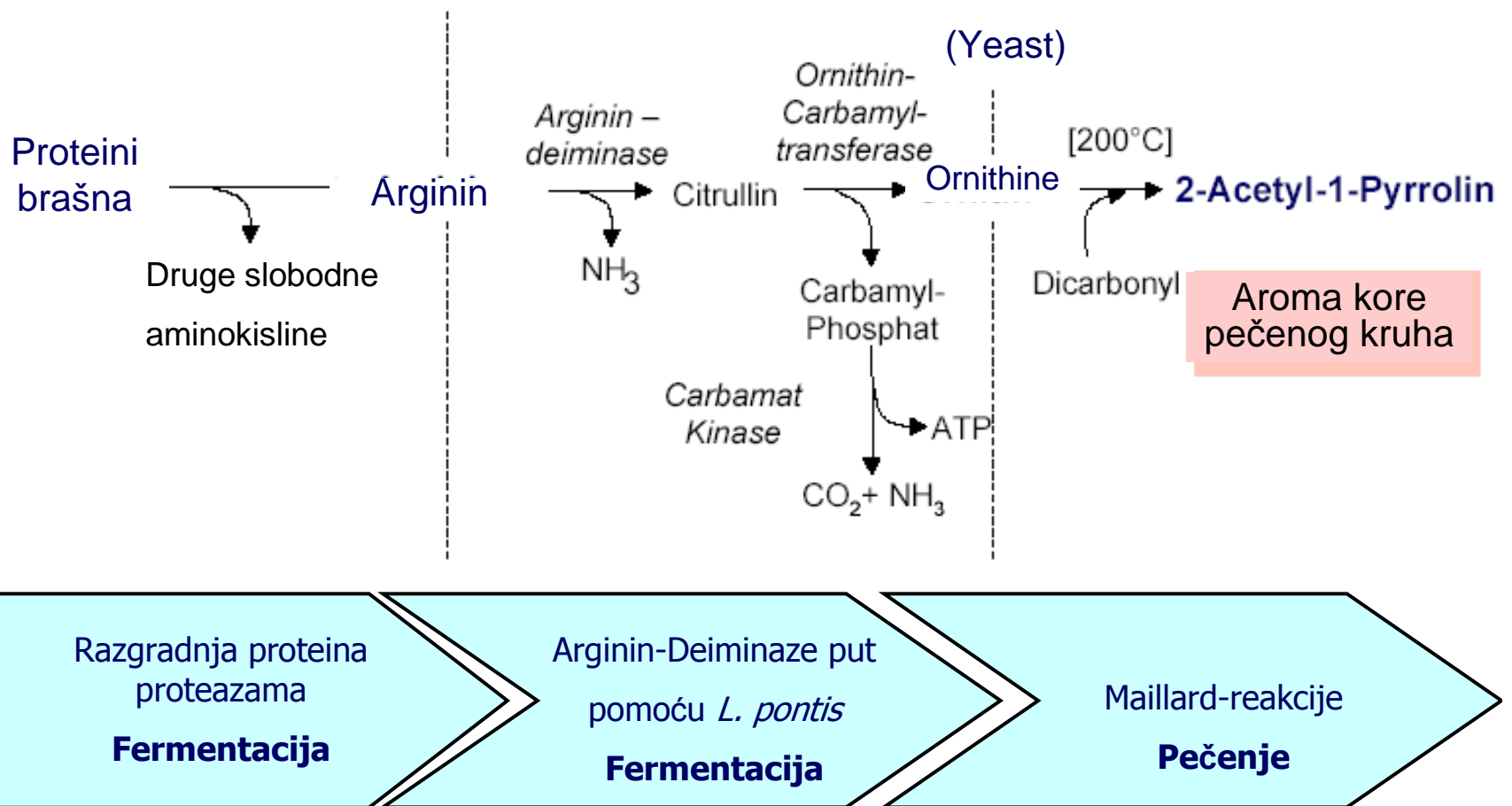
- 2-Acetil-1-Pirolin je tvar koja daje aromu toplom kruhu i najzastupljenija je u kori kruha. 2-Acetil-1-Pirolin nastaje za vrijeme pečenja iz dikarbonilnih spojeva i ornitina
- Thiele i sur. (2002), su utvrdili da aroma kore svježe ispečenih kiselih kruhova ovisi o količini slobodnog ornitina i prolina nastalih procesom kiseljenja tijesta.
- Ornitin proizvode neke LAB iz arginina
- S druge strane udio arginina u brašnu je izrazito mala!
- Za aromu kvasnih kruhova važna je količina slobodnog leucina i fenilalanina u kvasnom predfermentu, jer su oni prekursori nastanka 3-metilbutanola, 2-feniletanola, tvari koje daju aromu sredini pšeničnih kruhova (Gassenmeier i Schieberle, 1995).
- Isto tako kvasac tijekom fermentacije konvertira slobodne aminokiseline (valin, leucin, fenilalanin) u alkohole (izobutanol, 3-metilbutanol, 2-feniletanol), koji značajno doprinose mirisu i sveukupnoj aromi kruha.

Poznato je da Ornitin proizvode *L. pontis* and *L. reuteri*



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Nastanak tvari arome



Thiele, Gänzle, Vogel (2002), Cereal Chem 79:45; 2003, J. Agric Food Chem 51:2745
Schieberle, 1996 Adv. Food Sci 18:237; Kang, Hertel, Brandt, Hammes

Nastanak 2-Acetil-Pirolina za vrijeme proizvodnje kruha

*Poznato je da Ornitin proizvode *L. pontis* and *L. reuteri*



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Biokonzerviranje

Mikroorganizmi koji izazivaju kvarenje kruha i brašneno-konditorskih proizvoda

Plijesni:

Penicillium ssp.

Aspergillus ssp.

I druge

Bakterije:

B. subtilis

B. amyloliquefaciens

B. licheniformis

B. vallismortis

B. cereus-grupe



Biokonzerviranje

Tvari koje produciraju LAB a koje inhibiraju rast nepoželjnih mikroorganizama



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Tvari	LAB	Utjecaj na tijesto	Ref.
Kaprnska ili n-heksonska, propioniska, maslačna i valerijanska kiselina	<i>L. sanfranciscensis</i>	Nije precizirano	Corsetti et al., AMB 59:253
Fenilacetat	<i>L. plantarum</i>	Inhibicija <i>Aspergillus</i> spp. i <i>Penicillium</i> spp. U pšeničnom kruhu	Lavermicocca et al., AEM 66:4084
Benzojeva kiselina, mevalonolactone, methylhydantoin, cyclo(glycyl-L-leucyl) i druge tvari	<i>L. plantarum</i>	Nije specificirano (primjena: malt ekstrakt)	Niku-Paavola et al., JAM 86:3-29

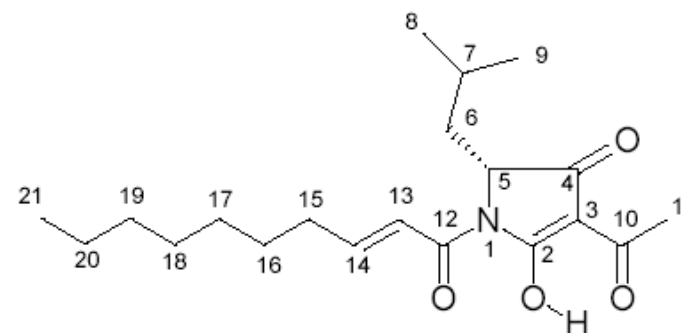


Biokonzerviranje

• Reutericyclin je spoj koji proizvodi *Lactobacillus reuteri* LTH2584 u kiselom tijestu i ima antimikrobno djelovanje na grampozitivne bakterije (*Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Listeria ivanovii*, *Staphylococcus* i *Enterococcus*)

Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

[Reutericyclin] (mg / kg)		
Pš. kiselo tijesto		
Kontrola	0 ± 0	
<i>L. reuteri</i>	4.8 ± 1.5	
Pš.kruh	Tijesto	Kruh
kontrola	0 ± 0	0 ± 0
Kruh sa dodanim Reuterociklinom tijekom zamjesa	2.0 ± 0.3	1.0 ± 0.2
Kruh sa dodanim <i>L. reuteri</i> predfermentom-15%	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1



Reutericyclin

- Mm=350.23210 [M+H⁺], C₂₀H₃₁NO₄
- Koncentracija (*L. sanfranciscensis* ATCC 27651): 0.2 mg l⁻¹



Prehrambene tehnologije namirnica
biljnog podrijetla

Hvala na pažnji!
dcuric@pbf.hr