

BIOTEHNOLOGIJA 2

Proizvodnja ječmenog slada

akademska godina 2016/17.

Izv. prof. dr. sc. Sunčica Beluhan

Vrste i botanička svojstva ječma

- Ječam pripada porodici trava (**Gramineae**)
 - rod *Hordeum*; vrsta *Hordeum sativum*

Tri osnovne podvrste ječma:

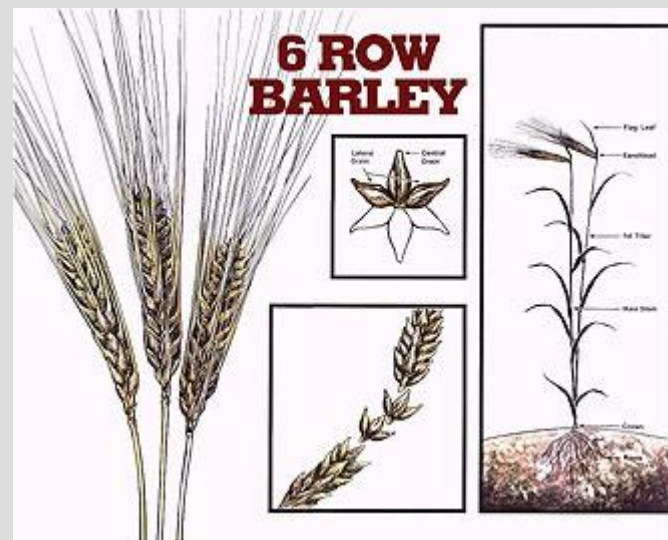
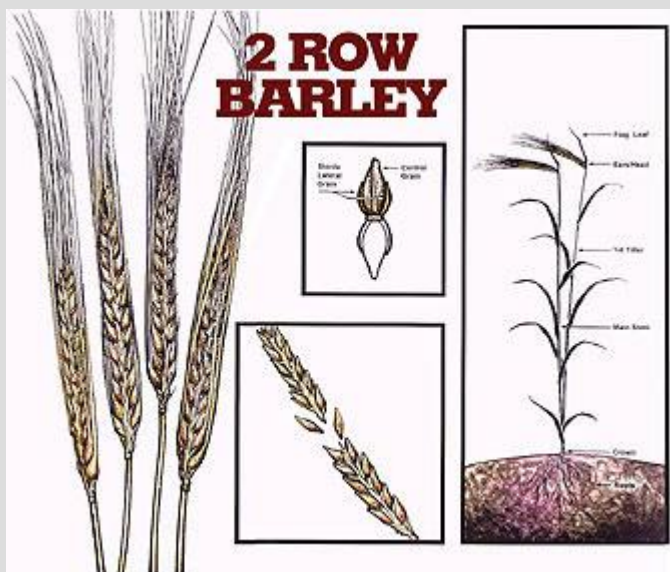
- *Hordeum vulgare* (šesteroredni ječam, sitnija zrna)
- *Hordeum distichum* (dvoredni ječam, krupna zrna - pivarski ječam)
- *Hordeum intermedium* (nepravilni šesteroredni ili četveroredni ječam; 1/3 pravilno razvijenih zrna, ostala oštećena)

S obzirom na vrijeme sjetve:

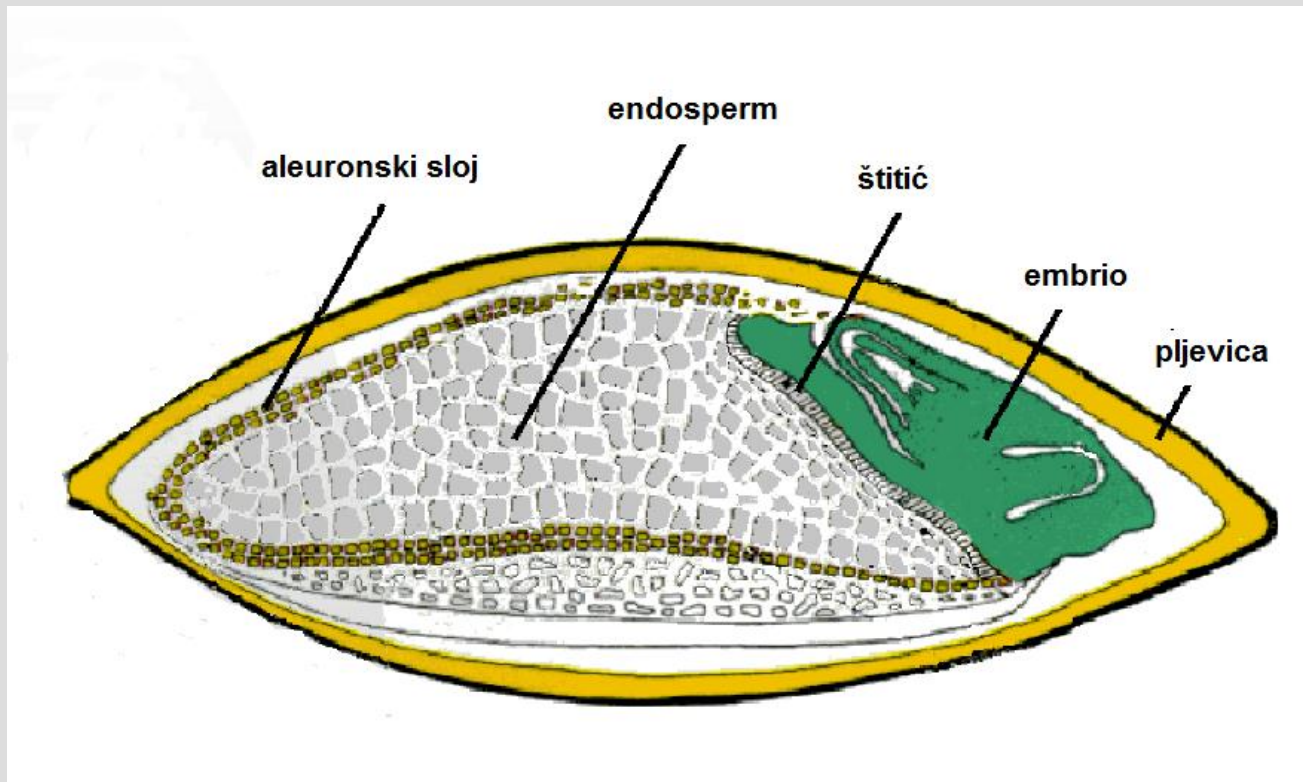
- ozimi
- jari
- fakultativno ozimo-jare sorte



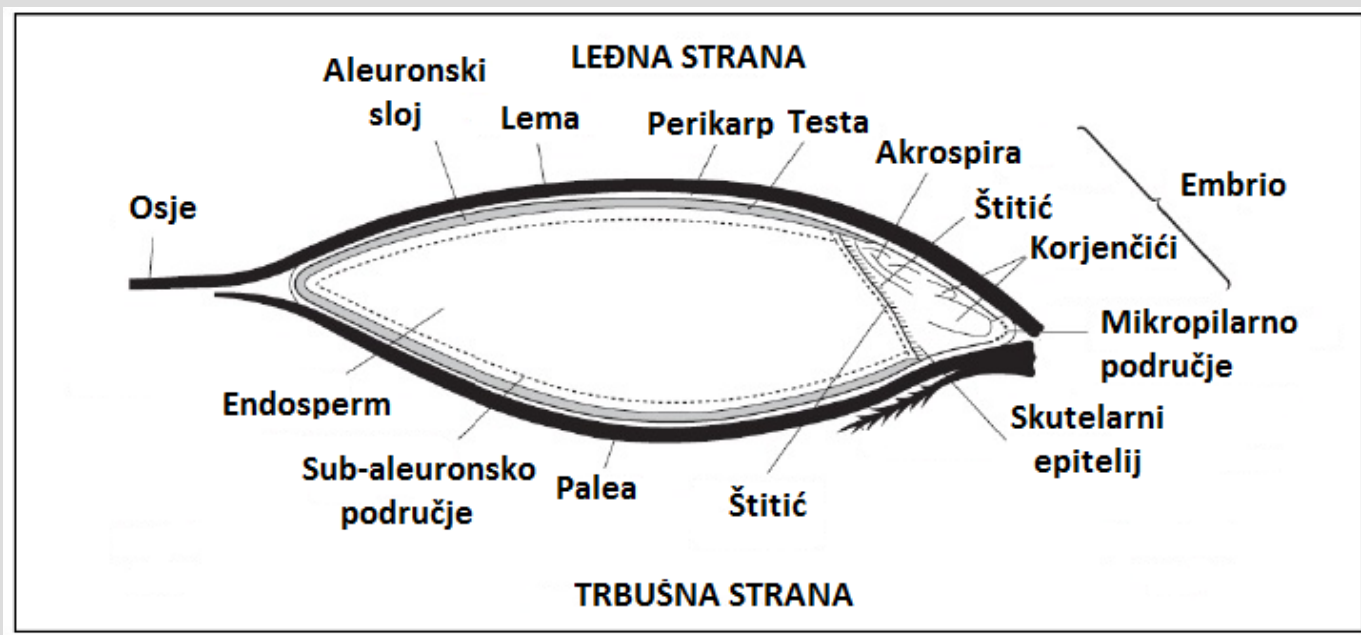
Ječam za pivarstvo i prehrambenu industriju



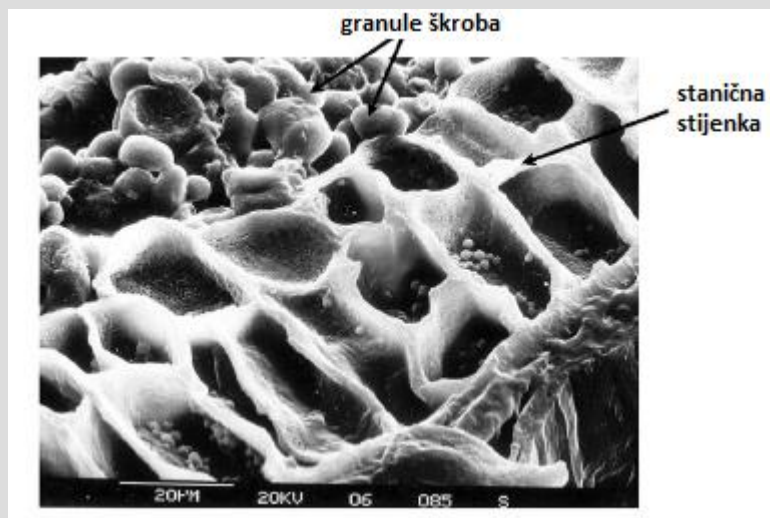
Anatomska građa ječmenog zrna



Uzdužni presjek ječmenog zrna (Briggs i sur., 2004)



Građa aleuronskog sloja



OSNOVNI DIJELOVI:

- **EMBRIO**

- proteini (34 %)
- topljivi šećeri (20-25 %)
- lipidi (14-17 %)
- mineralni sastojci (5-10 %)

2 dijela: začetak korijena stabljike i lista, te štitić (odvaja ga od endosperma)

- **ENDOSPERM**

- žive stanice: aleuronski sloj (α -amilaza, glukanaza, proteaze)
- mrtve stanice škroba:
 - velika (25 μm) i mala (2 μm) kristalična škrobna zrnca obavijena β -glukanom (hemiceluloza)

- **PLJEVICA**

Dvije pljevice:

- unutarnja trbušna pljevica i leđna pljevica - prelazi preko trbušne
- leđna pljevica završava osjem - otkida se prilikom žetve

- PERIKARP

Vanjski sloj perikarpa

epidermis

hipodermis

Unutarnji sloj perikarpa

mezokarp

endokarp

- TESTA

unutarnji sloj

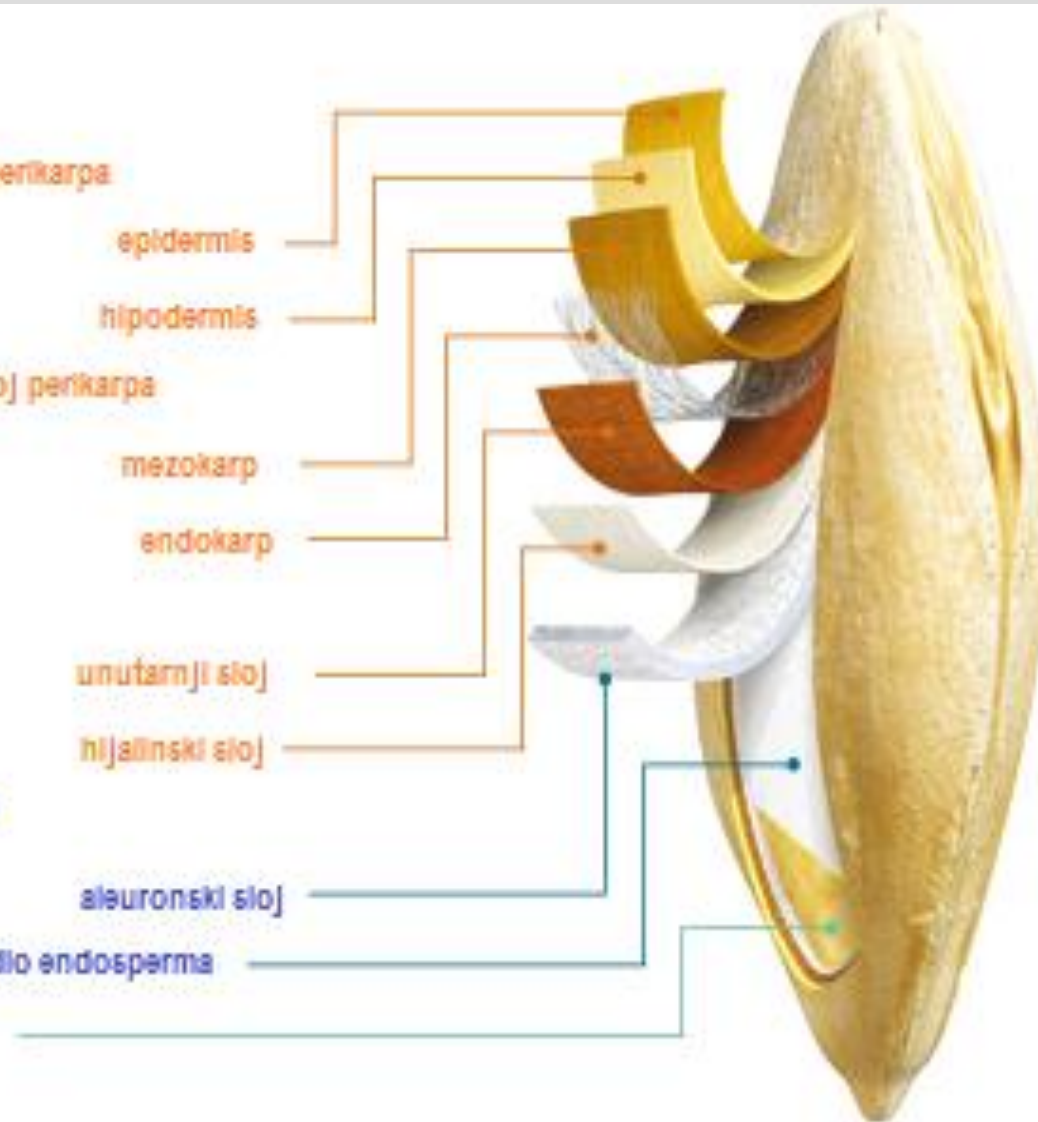
hijalinski sloj

- ENDOSPERM

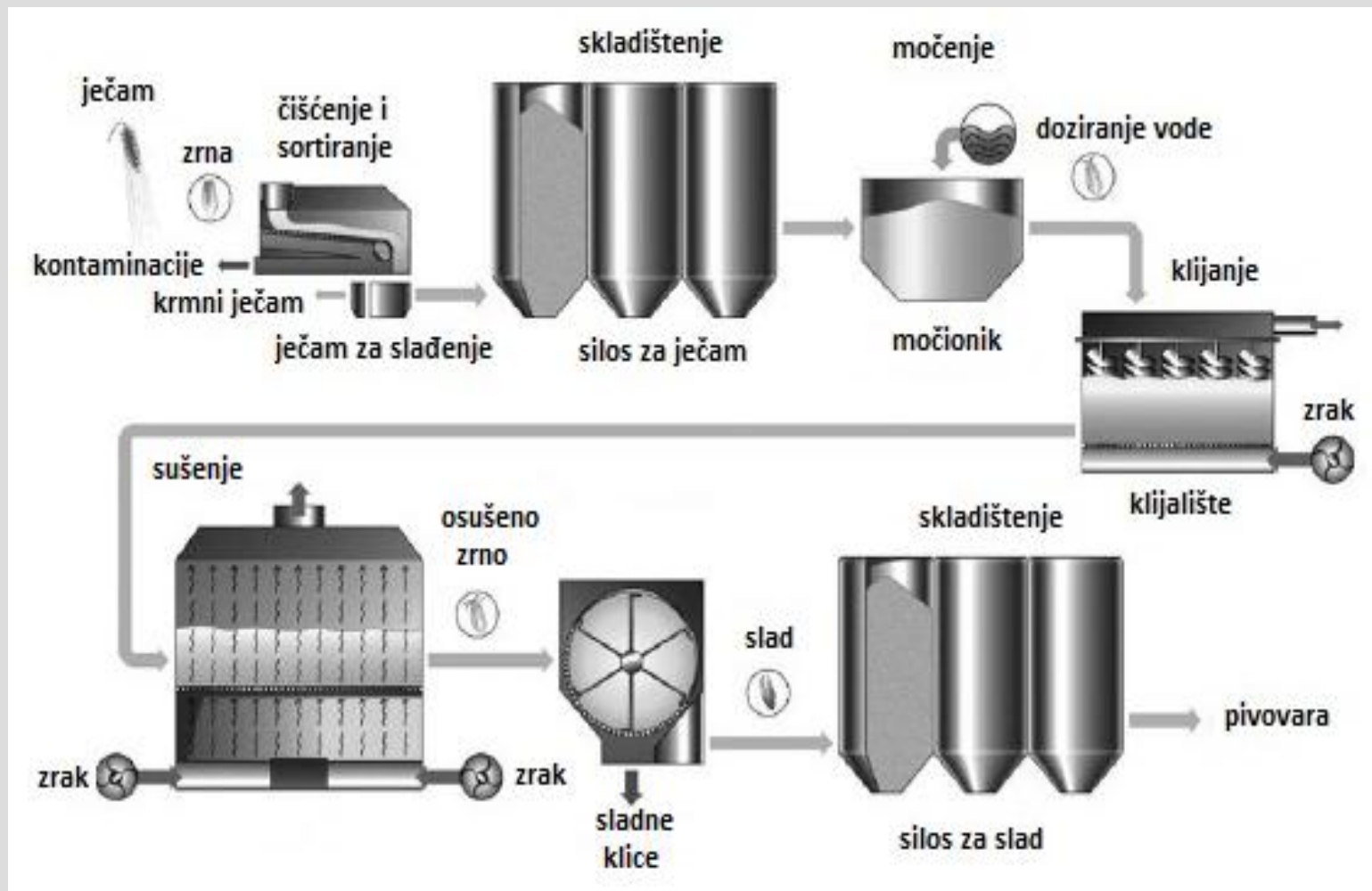
aleuronski sloj

škrobni dio endosperma

- EMBRIO



Cjelokupni postupak prihvata i slađenja ječma (Palmer, 2006)



Ocjena kakvoće pivarskog ječma



1. Vanjski pokazatelji:

- izgled i boja (svijetlo žuta - ovisno o sorti)
- miris (svjež, na slamu)
- strane primjese (druge žitarice, polomljena zrna, štetočine)
- ispunjenost zrna (trbušasto; signifikantna korelacija između oblika zrna i udjela pljevice)
- osobine pljevice (tanka, s leđnim poprečnim brazdama)
- ujednačenost (miješanje sorti, sušeni i nesuseni ječam, udjel proteina, klijavost)

Vrhunsko zrno ječma (1. kategorija)



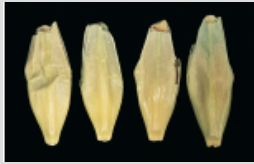
Vrste oštećenja zrna



ZAGRIJANO ZRNO

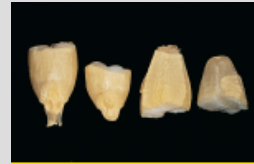
-tamnija boja po
vrhovima zrna

-izazvana skladištenjem
zrnja s previše vlage



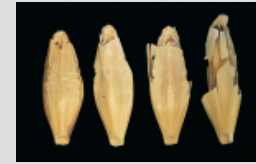
NEZRELO ZRNO

-prerana ili prekasna
žetva zbog loših
vremenskih uvjeta



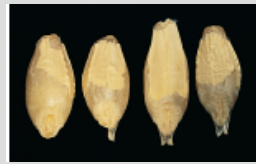
POTRGANO ZRNO

-dijelovi zrna (manje
od $\frac{3}{4}$) ili bez vrhova



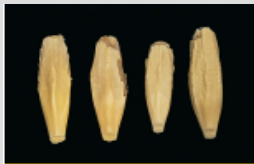
OŠTEĆENO ZBOG HLADNOĆE

-gubitak pljevice i
embria, nema
sposobnost klijanja



OLJUŠTENO ZRNO

-najmanje 1/3 pljevice
odstranjena ili
odstranjena na području
embria bez vidljivog
klijanja



TANKO ZRNO

-sadrži manje škroba od
nalivenog, posljedica je
manje ekstrakta

-posljedica suše pa se
zrno nije razvilo



OŠTEĆENO ZBOG VREMENSKIH PRILIKA

-sivkasto zbog vlažnog
vremena



PROKLIJALO ZRNO

-otvoreni dio zrna gdje
je embrio, prerano
klijanje

2. Mehaničke analize

- hektolitarska masa (ovisi o broju prisutnih zrna u odr. volumenu i apsolutnoj masi zrna)
- masa 1000 zrna (apsolutna masa, u korelaciji sa sadržajem ekstrakta)
- homogenost ječma (sita po Vogel-u)
- osobine endosperma (brašnast, staklast; dobroćudno i trajno)



3. Fiziološka svojstva

- klijavost (najvažnije svojstvo, VitaScop, >95 %)
- energija klijanja (tehnološka zrelost)
- hidrosenzibilnost (osjetljivost ječma na vodu)



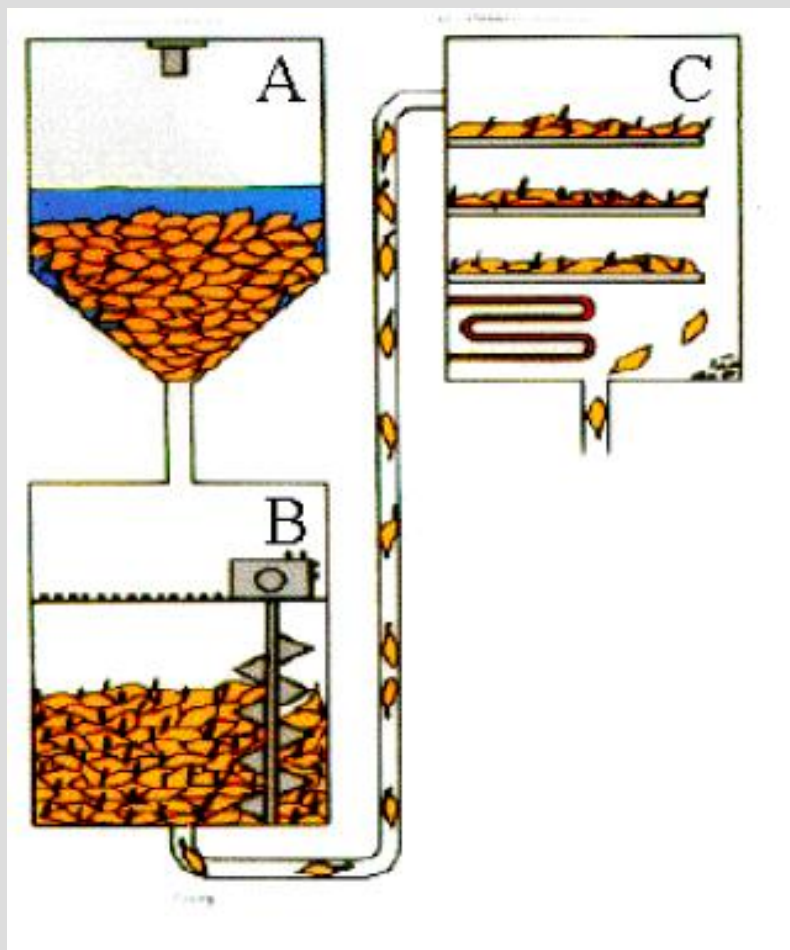


4. Kemijske analize:

- vlaga ječma (< 14 %, dosušivanje)
- udjel proteina (9 - 11,5 %, tamnija boja sladovine i piva, dobra stabilnost pjene, ali lošija organoleptička svojstva)
- sadržaj ekstrakta ($E = A - 4,7 \cdot N + 0,1 \cdot G$)
 - ovisi o: udjelu proteina, finoći pljevice, udjelu zrna I klase (iznad 2,8 mm), klijavosti i energiji klijanja



SLAĐENJE JEČMA



- močenje (A)
- klijanje (B)
- sušenje (C)

1. KORAK: močenje ječma



- dopremanje ječma do prostora za močenje
- punjenje tankova s vodom
- trajanje močenja oko 48 sati (ovisno o početnoj vlazi suhog ječma - do 44 % vlage)
- pojačavanje disanja - nakupljanje CO_2 - provjetranje
- pojava plijesni i mikotoksina
- bacanje prve vode, zamjena svježom

Načini močenja:

- mokro-suho
- orošavanjem

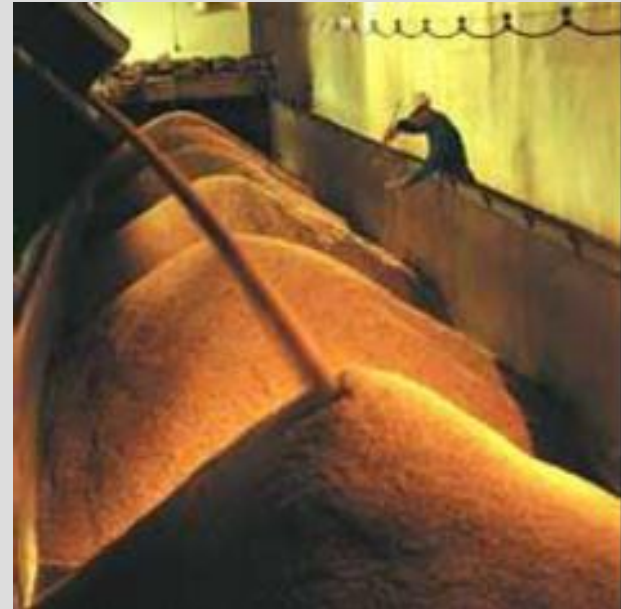


SLADARA: CILINDRIČNO-KONUSNI MOČIONICI



2. KLIJANJE ZRNA

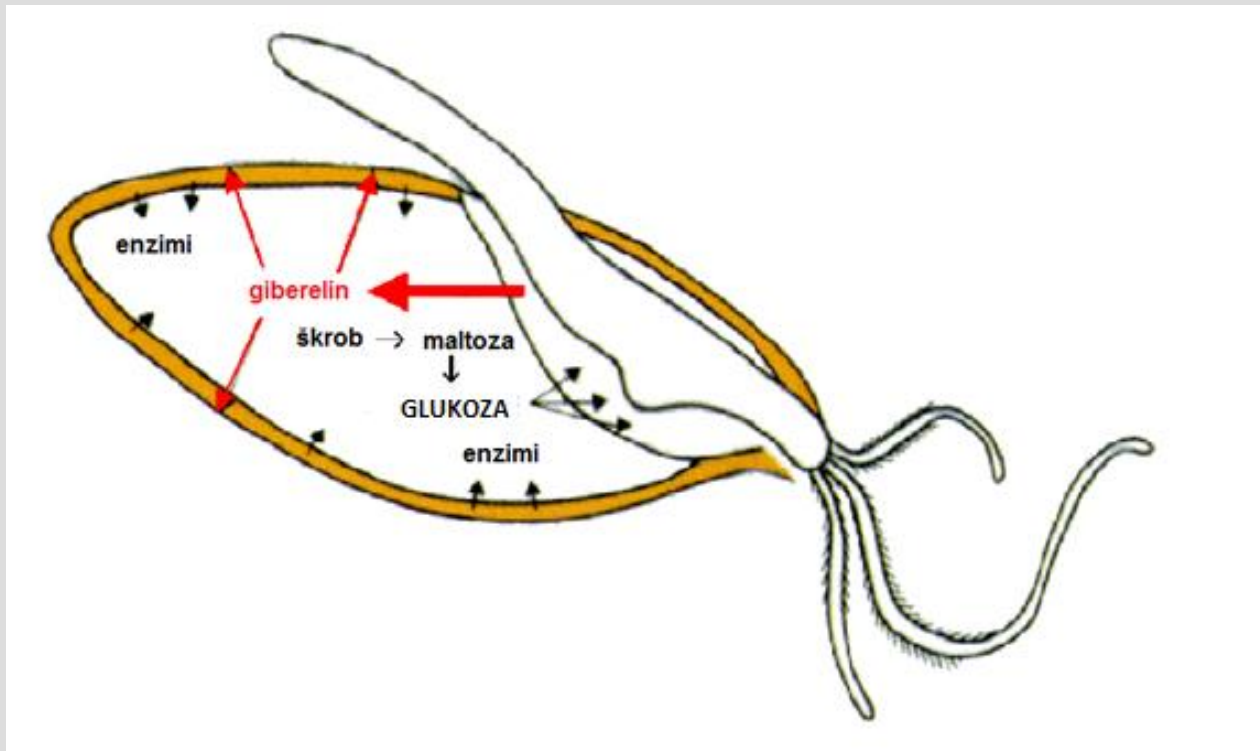
- tanki sloj namočenog zrna (3-8 dana)
- propuhivanje hladnim vlažnim zrakom:
 - ✓ opskrba zrna kisikom
 - ✓ odvođenje CO_2 , topline
 - ✓ održavanje temp. i vlage zrna na zadanim vrijednostima
- povremeno preokretanje ječma
- prskanje otopinom giberelinske kiseline (sinteza enzima):
 - ✓ α i β -amilaze - razgradnja škroba
 - ✓ citaza, β -glukanaza - citolitički enzimi
 - ✓ proteaze - razgradnja proteina

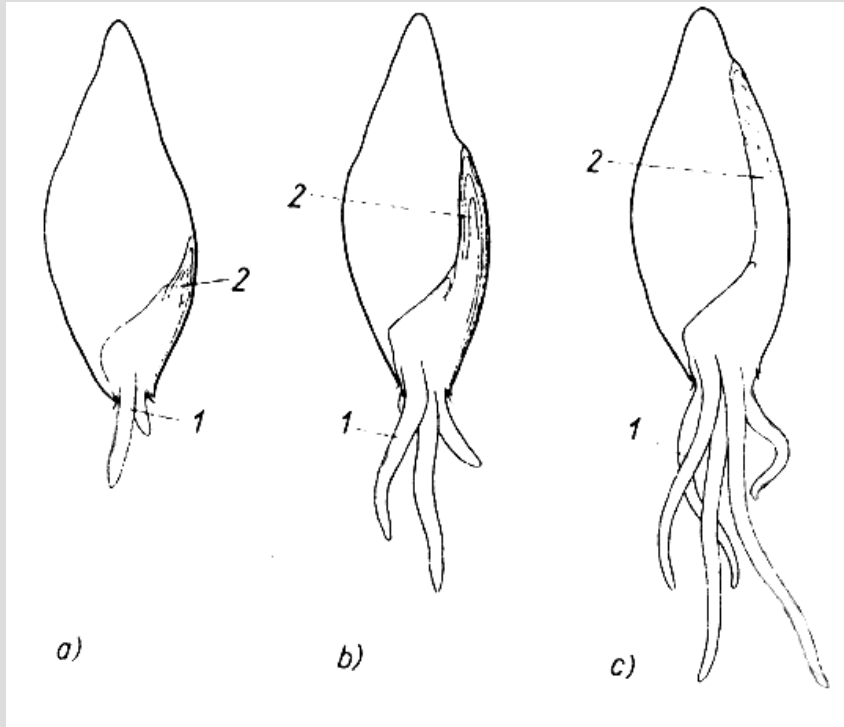


MODIFIKACIJA (RAZGRADNJA) ZRNA

Posljedica biokemijskih reakcija razgradnje:

- β -glukana
- škroba
- proteina





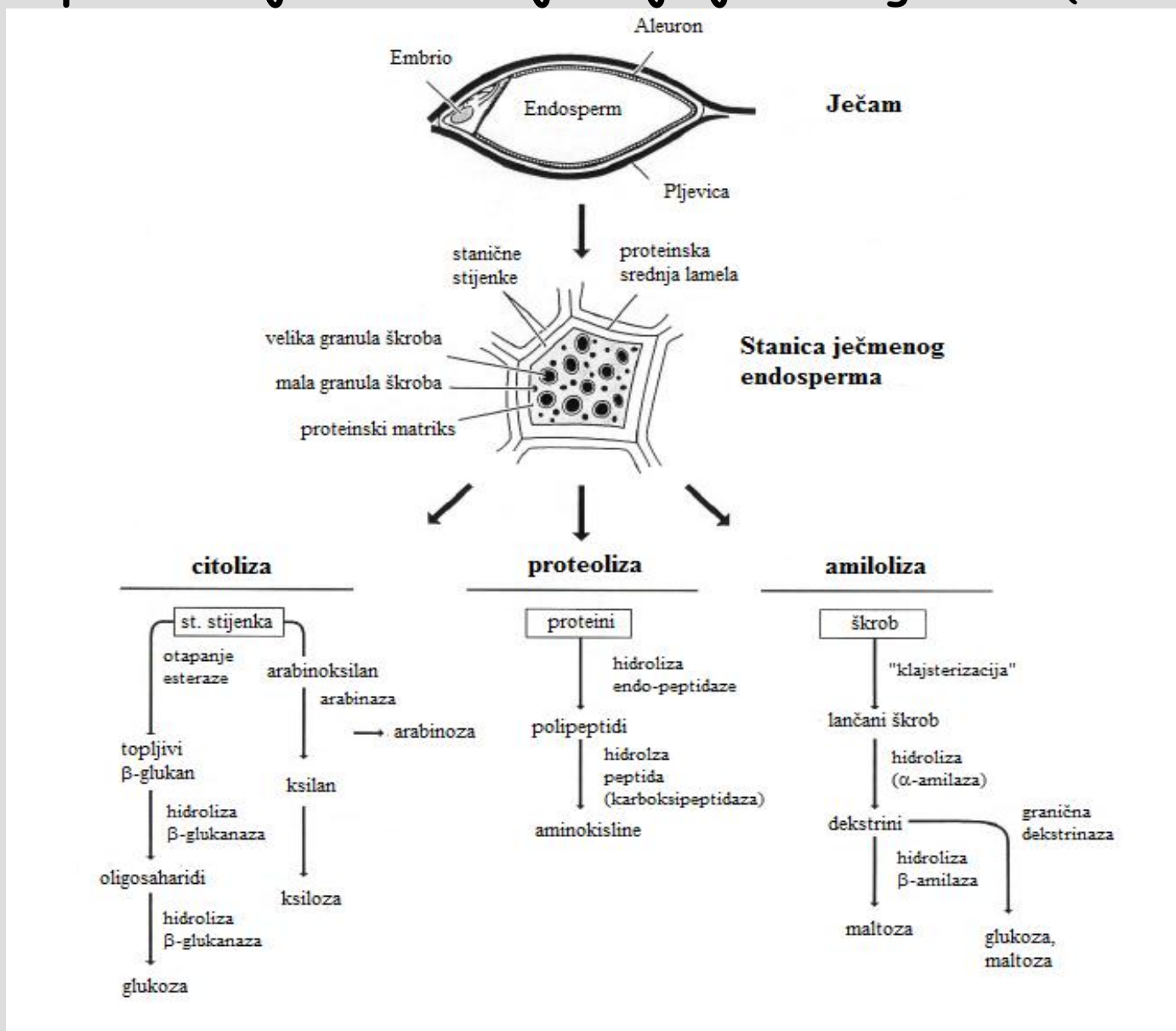
Promjena izgleda ječmenog zrna tijekom klijanja:

a) 1. dan klijanja; b) 3. dan klijanja; c) 5. dan klijanja

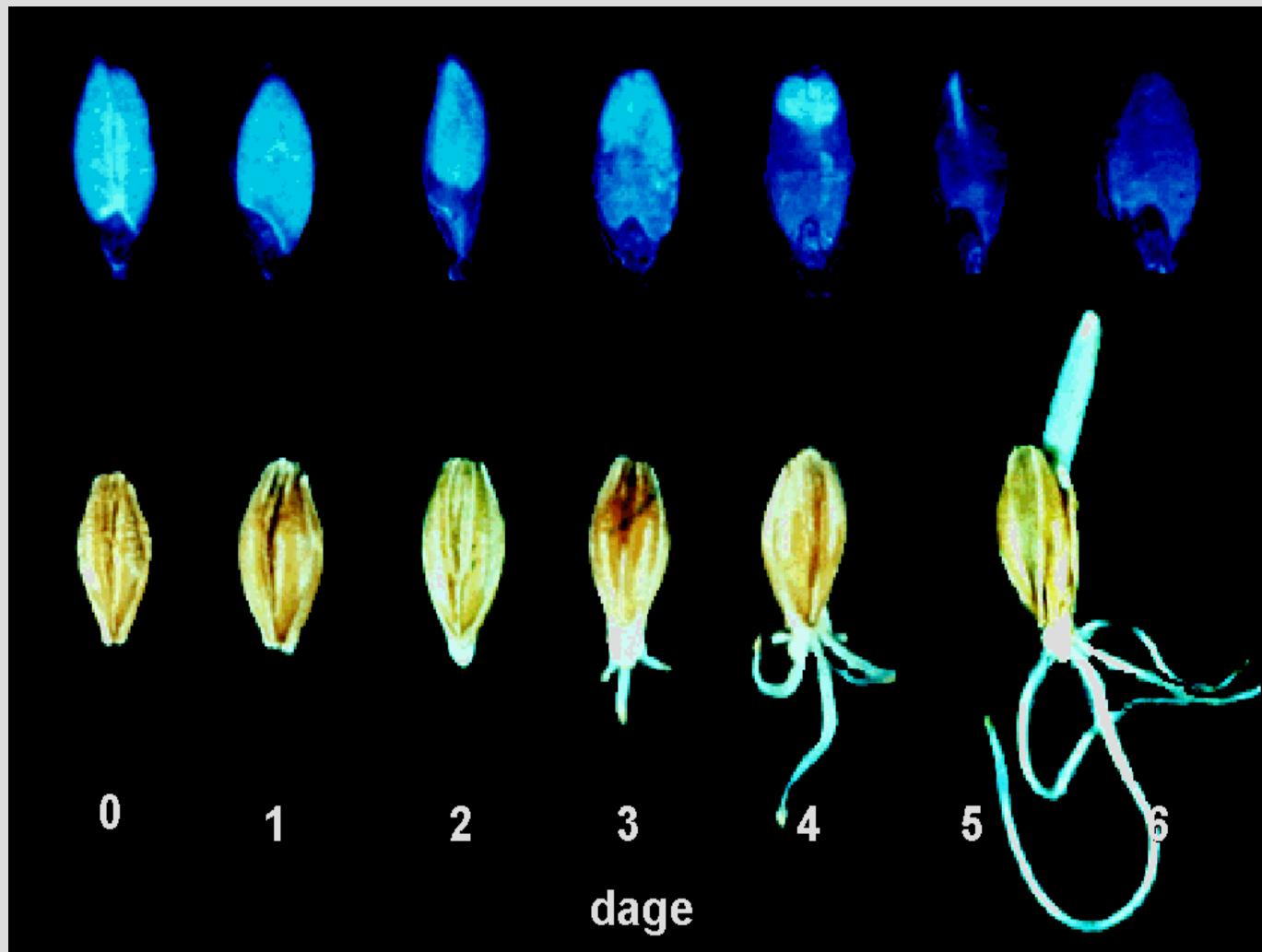
1 - korjenčić 2 - lisna klica



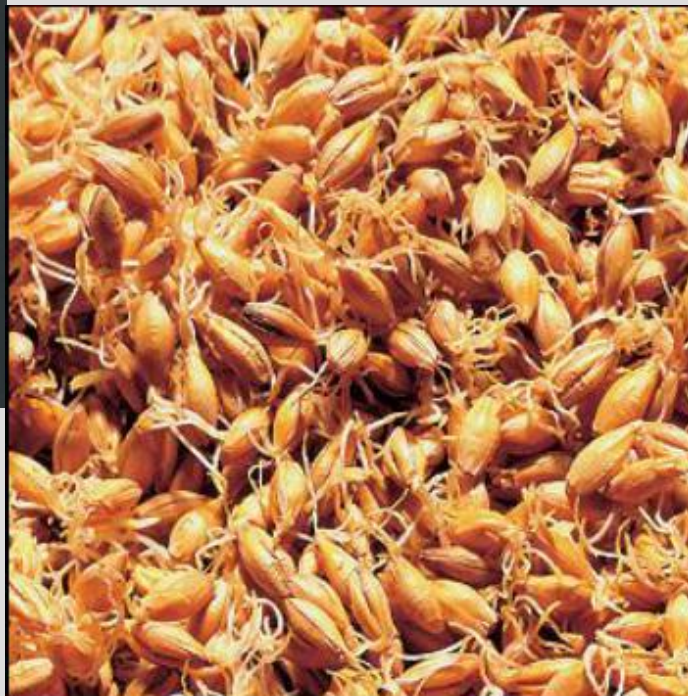
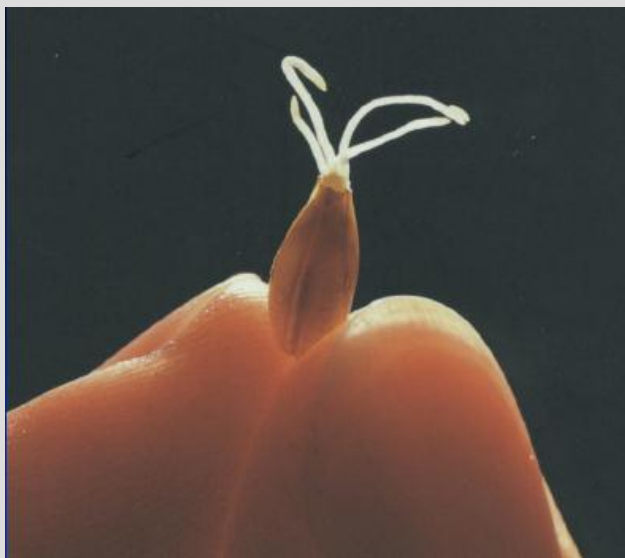
Hidrolitički procesi tijekom ukomljavaanja ječmenog slada (Bamforth, 2000)



Razgradnja ječmenog endosperma tijekom postupka slađenja



Izgled ječma nakon močenja i klijanja

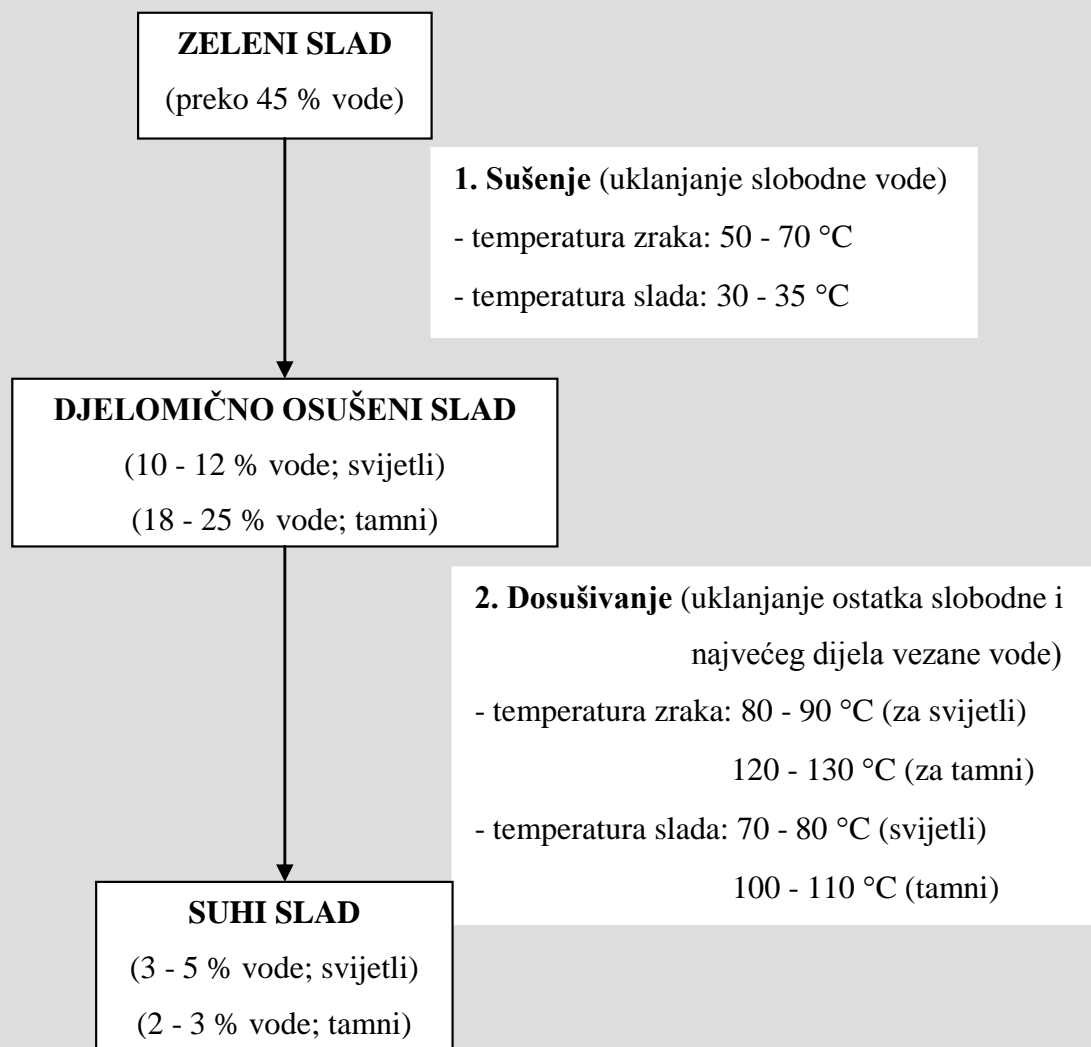


3. SUŠENJE ZELENOG SLADA

- nakon klijanja važno je prekinuti sve životne aktivnosti u zelenom sladu
- sušenjem slada sa 45 % na 4% udjela vlage postiže se:
 - smanjeni udjel vode u zrnu
 - prekid klijanja i biokemijske razgradnje zrna
 - poticanje kemijskih reakcija za dobivanje mirisnih i obojenih sastojaka slada (organoleptička svojstva piva)



Opća shema sušenja i dosušivanja svijetlog i tamnog slada



DORADA I ČUVANJE SLADA

- osušene korjenčiče treba odmah ukloniti
- slad se propuhivanjem zrakom hladi na 35 do 40 °C
- odklicani korjenčiči (3-4 % na masu slada) bogati su proteinima, nedušičnim ekstraktivnim sastojcima, sirovim vlaknima, mastima i mineralnim sastojcima
- dozrijevanje slada (oko 4 tjedna) - ujednačavanje vlažnosti svih zrna i fizikalno-kemijskih promjena
- prije isporuke - poliranje slada: uklanjanje mogućih nečistoća

Ocjena kakvoće slada

- vizualni pregled: ujednačenost boje i veličine zrna, čistoća
- miris - „čist“
- zrno suho, krhko, okus sladak



Pokazatelji kakvoće dobrog svijetlog tipa slada

Pokazatelji kakvoće	Vrijednost	Jedinica mjere
Udjel proteina	ispod 10,80	%
Udjel ekstrakta	više od 80,0	%
Viskoznost	ispod 1,55	mPa.s
Boja	ispod 3,40	EBC jed.
Boja nakon kuhanja	ispod 5,00	EBC jed.
Topljivi dušik	više od 0,65	g/100 g.s.tv. slada
Udjel vode	ispod 5,00	%
Otpaci pri čišćenju	ispod 0,80	%
Dužina lisne klice:		
- do ¼ l	0,0	%
- ¼ do ½ l	3,0	%
- ½ do ¾ l	25,0	%
- ¾ do 1 l	70,0	%
- više od 1 l	2,0	%



Utjecaj kakvoće slada na bistroću piva



Što se događa u zrnu ječma tijekom slađenja?

Velike granule škroba: lako se razgrađuju do šećera: vrlo poželjne





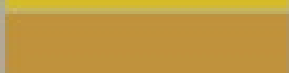




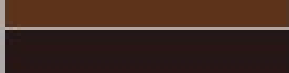



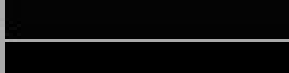
Male granule škroba: djelomično se razgrađuju ukomljavanjem i izazivaju viskoznost sladovine: nužno ih je ukloniti tijekom slađenja

Stanična stijenka: sastoji se od β -glukana - izaziva viskoznost sladovine - može izazvati zamućenje piva

Tipovi slada, način slađenja i uporaba u pivarstvu (Lewis i Bamforth, 2006)

Tip slada	Osobine i način slađenja	Uporaba
Pilsner (Plzenski)	Dobro razgrađeni slad, blagi postupak sušenja (temp. ne prelazi 85 °C)	Najpoznatiji slad za proizvodnju svijetlih lager piva
Münchenski	Dobiva se iz ječma s većim udjelom proteina, niže temp. sušenja (do 35 °C) uz dodatnu razgradnju endosperma, nakon toga dosušivanje na temp. do 100 °C	Za proizvodnju tamnijih lager piva
Karamelni	Sušenje na 50 °C, nakon čega slijedi „pirjanje“ (40 min na temp. do 100 °C), dosušivanje (1 h na temp. do 120 °C)	Za postizanje boje, sladnog i slatkog okusa piva

Tablica za izračunavanje boje sladovine i piva (deLange, 2008)

SRM/Lovibond	Primjer	Boja	EBC
2	svijetli lager		4
3	Pilsner		6
4	Pilsner Uргуuell		8
6			12
8	pšenično		16
10	svijetli ale		20
13			26
17	tamni lager		33
20			39
24			47
29	Porter		57
35	Stout		69
40			79
70	vrhunski Stout		138