



**PREDELAVA IN PAKIRANJE
ZELJA**

Šentjur, februar 2003

ZELENJAVA IN ZDRAVJE

GLUKOZINOLATI
(in njihovi razgradni produkti)

NIZKA
ENERGETSKA GOSTOTA

ŽVEPLOVE
SPOJINE

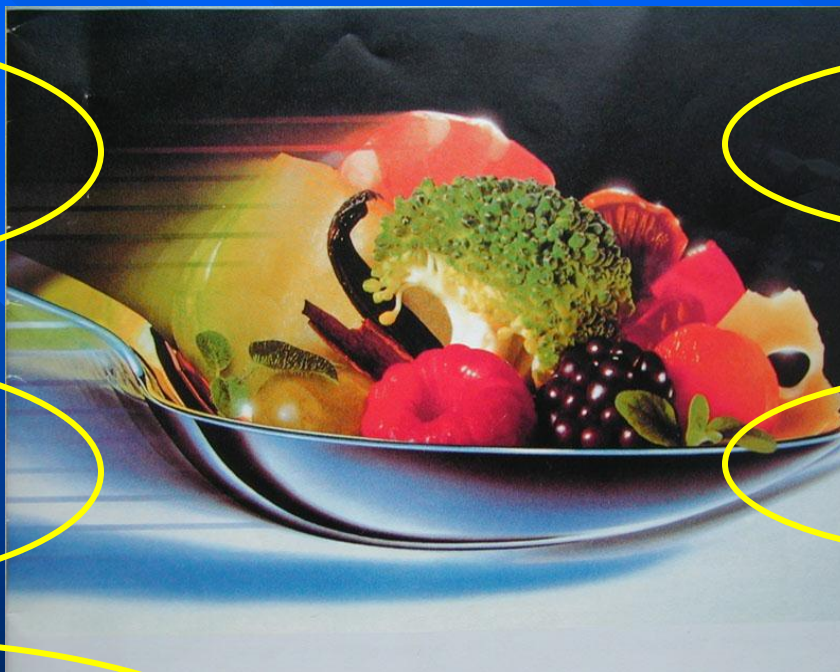
FENOLNE
SPOJINE

PREBIOTIČNI
OLIGOSAHARIDI

MINERALI:
Ca, Mg, Fe, Se

NETOPNE VLAKNINE
TOPNE VLAKNINE (β-glukani),

VITAMINI:
A, C, E, K in B kompleks



PREDELAVA ZELJA

Zelje lahko predelamo in pripravimo za prodajo kot:

- kisano zelje-biološko kisanje (rezano zelje, zeljnate glave)
- sveže narezano pakirano zelje

Biološko kisanje je postopek v katerem mlečnokislinske bakterije prevrevajo sladkorje v mlečno kislino in druge stranske proizvode.

Namen pakiranja v modificirano atmosfero je ohranjanje narezanega ali celega sadja ali zelenjave v fleksibilni embalaži znane prepustnosti. Bazira na modifikaciji začetne sestave plinske faze v embalažni enoti zaradi fiziološke aktivnosti sadja ali zelenjave in prepustnosti embalažnega materiala.

IZBOR SUROVINE

Uporaba novih donosnejših sort zelja in repe za kisanje povzroča večkrat težave pri kisanju. Ugotovljeno je bilo, da vsebujejo inhibitorje rasti za določene mikroorganizme, ki prispevajo k učinkovitemu mlečnokislinskemu vrenju ali pa ne vsebujejo rastnih snovi, ki so potrebne za normalno rast mikroorganizmov. Premočno gnojenje z dušikom v času rasti da zelje z več beljakovinami, kar pa lahko povzroči proteolizo, tvorbo NH_3 , ki nevtralizira mlečnokislinsko vrenje in pospešuje masleno vrenje. Premočno gnojenje z dušikom vpliva tudi na pojav sivkastorjavega zelja, še posebej pa repe, in to izrazito v letih, ko je razpored padavin v rastni dobi neenakomeren. V takih primerih zelje in repa ne moreta normalno asimilirati prehranskih snovi.

KEMIJSKA SESTAVA ZELJA:

voda	88-94%
sladkorji	2,9-8% (povprečno 4%)
surova vlakna (celuloza)	0,5-1,6%
beljakovine	1,3-2,7%
maščobe	0,15-0,20%
kislina (citronska, jabolčna, oksalna)	0,25%
pepel	0,4-2,4%
askorbinska kislina	50 mg%
žveplove spojine (Sglukozidi - sinigrin, pri kuhanju metionin in metioninsulfoksid)	0,075-0,340%

REZANJE

Pred rezanjem je potrebno odstraniti neustrezne zunanje liste (barva, poškodbe). Rezanje na rezine debeline 2-4 mm z dobro nabrušenimi noži, da so rezi gladki in čim daljši.

SOLJENJE

Največ napak pri kisanju zelja in repe je posledica neustreznega soljenja.

Predpogoj za izenačen in kakovosten izdelek ter dobro fermentacijo je ENAKOMERNO SOLJENJE v koncentraciji 2-2,5% NaCl na količino zelja.

OBTEŽITEV

Ne glede na način obteževanja je potrebno zagotoviti 10-25% obtežitev, da se čim preje ustvarijo anaerobni pogoji, ki so nujni za mlečnokislinsko vrenje.

V začetku kisanja naj bo obtežitev nekoliko večja, proti koncu, nujno pa v času skladiščenja, pa je potrebno obtežitev zmanjšati. V primeru manjše obtežitve v začetku kisanja dosežemo slabši izkoristek, ki je normalno 50-60%.

Vsi načini obteževanja ne omogočajo dobrega čiščenja pen, ki nastajajo med kisanjem in lahko povzroči različne infekcije, kar ima za posledico največkrat sluzavost in gnilobne vonje in okuse kislega zelja.

MLEČNOKISLINSKO VRENJE

Mlečnokislinsko vrenje je postopek v katerem mlečnokislinske bakterije prevrevajo sladkorje v mlečno kislino in druge stranske proizvode. Mlečnokislinske bakterije, ki sodelujejo pri kisanju, spadajo v družino *Lactobacillaceae* z 10 rodovi, od katerih so za fermentacijo zelenjave najpomembnejši: *Luconostoc*, *Lactobacillus* in *Pediococcus*. Optimalna temperatura delovanja za mlečnokislinske bakterije je 18 °C.

MLEČNOKISLINSKO VRENJE

Leuconostoc mesenteroides je najvažnejša bakterija v kvalitativnem pogledu, ki glukozo pretvori v 45% l-mlečne kisline, 25% CO₂, 25% očetne kisline in etanola. Za kakovost kislega zelja je optimalno razmerje med mlečno in očetno kislino 4 : 1. Fruktozo delno reducira do manitola, v saharozni raztopini pa tvori dekstran, to je bakterijski polisaharid glukoze - poliglukozid, ki je neposredno odgovoren za sluzavost zelja in zeljnice.

Lactobacillus plantarum je za razliko od *Leuconostoca* homofermentativna bakterija in tvori 3-4 krat več kisline kot *Leuconostoc*.

Lactobacillus brevis pa je heterofermentativna bakterija, ki tvori 50% več kisline kot *Leuconostoc* in manj dekstrana. Značilno je, da nikoli ne začne fermentacije.

Pediococcus cerevisiae pa več kot 95% sladkorjev pretvori v mlečno kislino.

1. Faza

mlečnokislinskega vrenja poteka 3 dni. V tem obdobju se razmnožujejo vsi prisotni mikroorganizmi, zlasti aerobni, ki porabijo preostali kisik: kvasovke, plesni, enterobakterije, bacili in očetne bakterije. Že v tej fazi se razvijejo številne, za kisano zelje in repo, specifične arome in kisline (mravljinčna, očetna, jartarna) in estri.

2. Faza

mlečnokislinskega vrenja traja prav tako 3 dni. Zaradi porasta kislin prevlada v zeljnici *Leuconostoc mesenteroides*, ki prevreva sladkorje v mlečno kislino, očetno kislino, etanol in CO₂. Zaradi aktivnega sproščanja CO₂ spremlja to fazo močno penjenje zeljnice. S tem je tudi zaključeno heterofermentativno vrenje.

3. Faza

mlečnokislinskega vrenja zaradi zvišanja vsebnosti kisline (do 1%) zavre rast ostalih mikroorganizmov, zlasti gnilobnih (Clostridiji) pa tudi samega *Leuconostoc mesenteroides*. V tej fazi je značilno zlasti delovanje *Leuconostoc plantarium* in *Pediococcus cerevisiae*, ki prevrevata preostale sladkorje le do mlečne kisline, brez tvorbe CO₂. Zato v tej 3. fazi, ki jo imenujemo homofermentativna faza, naraste količina skupnih kislin do 2%, kar je za obstojnost kisane surovine odločujoče.

Kisanje je končano, ko pade vsebnost sladkorjev pod 0,5%, kar omogoča tudi pakiranje kislega zelja ali repe.

SESTAVA KISLEGA ZELJA

voda	92-93%
skupne kisline	1,4-1,8%
hlapne kisline	0,2-0,3%
alkohol	0,15-0,25%
sol	1,5-2%
askorbinska kislina	30 mg/100g
pH	3,8-4,4

ZORENJE

Za pakiranje je potrebno kisanim izdelkom znižati vsebnost sladkorjev, da preprečimo napihovanje embalažnih enot, ki je posledica nadaljevanja mlečnokislinskega vrenja. V kolikor smo zelje skladiščili v večjih enotah pri nižji temperaturi (pod 15 °C) je potrebno za porabo preostalega sladkorja temperaturo dvigniti nad 20 °C. Priporočljiv je dodatek askorbinske kisline, zaradi preprečevanja porjavenja.

PAKIRANJE KISLEGA ZELJA

Pogoji, ki omogočajo uspešno pakiranje kislega zelja so:

- vsebnost sladkorjev v kislem zelju nižja od 0,4%
- izbira embalažnih materialov z nizko prepustnostjo za kisik
- pakiranje brez prisotnosti kisika oz. z čim nižjo vsebnostjo kisika (zmanjšani vakuum) ali uporaba modificirane atmosfere 70%N₂/30%CO₂ (predrago)
- dodatek askorbinske kisline za izboljšanje ali stabilizacijo barve (do 50g / tono)
- temperatura hranjenja pakiranega kislega zelja nižja od 10 °C (preprečevanje oksidacije, fermentacije)

PAKIRANJE KISLEGA ZELJA

Fleksibilna embalaža (vrečke):

- pakiranje v normalni atmosferi (narezano)
- pakiranje v vakuum (glave)
- laminati oz. kombinirane folije (PE/PET ali PE/PA)



PAKIRANJE KISLEGA ZELJA

Lončki in posodice iz plastične mase:

- kratkotrajno pakiranje
- prosojni in neprosojni pokrovi
- omogoča izhajanje CO₂



NAPAKE VONJA, OKUSA IN BARVE

Napake vonja in okusa nastanejo največkrat pri zakasnelem mlečnokislinskem vrenju. Vzrok je lahko predolgo skladiščenje surovine, ki vsebuje premalo sladkorjev, primernih za mlečnokislinsko vrenje. Možen vzrok je tudi premajhno začetno število mlečnokislinskih bakterij (nenadzorovana in prekomerna uporaba zaščitnih sredstev v času pridelave). Vzrok za tuje vonje in arome je lahko tudi v nečistoči surovine, na kateri se nahaja preveč talne mikroflore (klostridiji, enterokoki, plesni), ki preprečujejo razmnoževanje mlečnokislinskim bakterijam. Zlasti je pogost primer razvoja *Clostridium butyricum*, ki ga spremlja močno neprijeten vonj po masleni kislini. Premočan razvoj enterobakterij pa povzroča razgradnjo beljakovin, katerih produkti imajo izrazit vonj in okus po gnilobi. Hrenast okus in vonj zelja in repe je posledica nepravilnega poteka mlečnokislinskega vrenja, ki ga povzroči zamenjava faz kisanja.

Napake barve so pogost pojav in jih pripisujemo različnim dejavnikom. Neustrezna prehrana rastline v času pridelave in previsoka temperatura fermentacije (nad 18 °C) ima za posledico manjšo tvorbo kislin, tudi očetne, manj CO₂, in hitrejšo izgubo askorbinske kisline. Zato je taka surovina hitro podvržena porjavenju in izdelek ni sposoben daljšega skladiščenja. Razvoj različnih mikroorganizmov, zlasti kvasovk in plesni, ki je povezan s prisotnostjo kisika, pogosto povzroča različno obarvanost izdelka. Zlasti so znana rdečkasta obarvanja, ki so posledica delovanja kvasovke *Rhodotorula*. Prekomeren razvoj te kvasovke je tudi posledica premočnega ali neenakomernega soljenja. Sivkastorjava obarvanja kisanih izdelkov pa so lahko posledica razvoja *Lactobacillus brevis* v 3. fazi mlečnokislinskega vrenja, ko naraste vsebnost kislin nad 1,8%. To nezaželeno obarvanje lahko preprečimo, v kolikor kisani izdelek po končani fermentaciji ohladimo pod 10 °C.

Napake v teksturi so direktno povezane z nepravilnim soljenjem, indirektno pa jih povzročajo mikroorganizmi, predvsem prekomeren razvoj plesni, ki sproščajo pektolitične encime, ki mehčajo tkivo. Premalo soljeno zelje ali repa je pogosto premehko in preveč soljeno zelje ali repa sta pogosto žilasta.



SVEŽE NAREZANA PAKIRANA ZELENJAVA

Pakiranje sveže zelenjave:

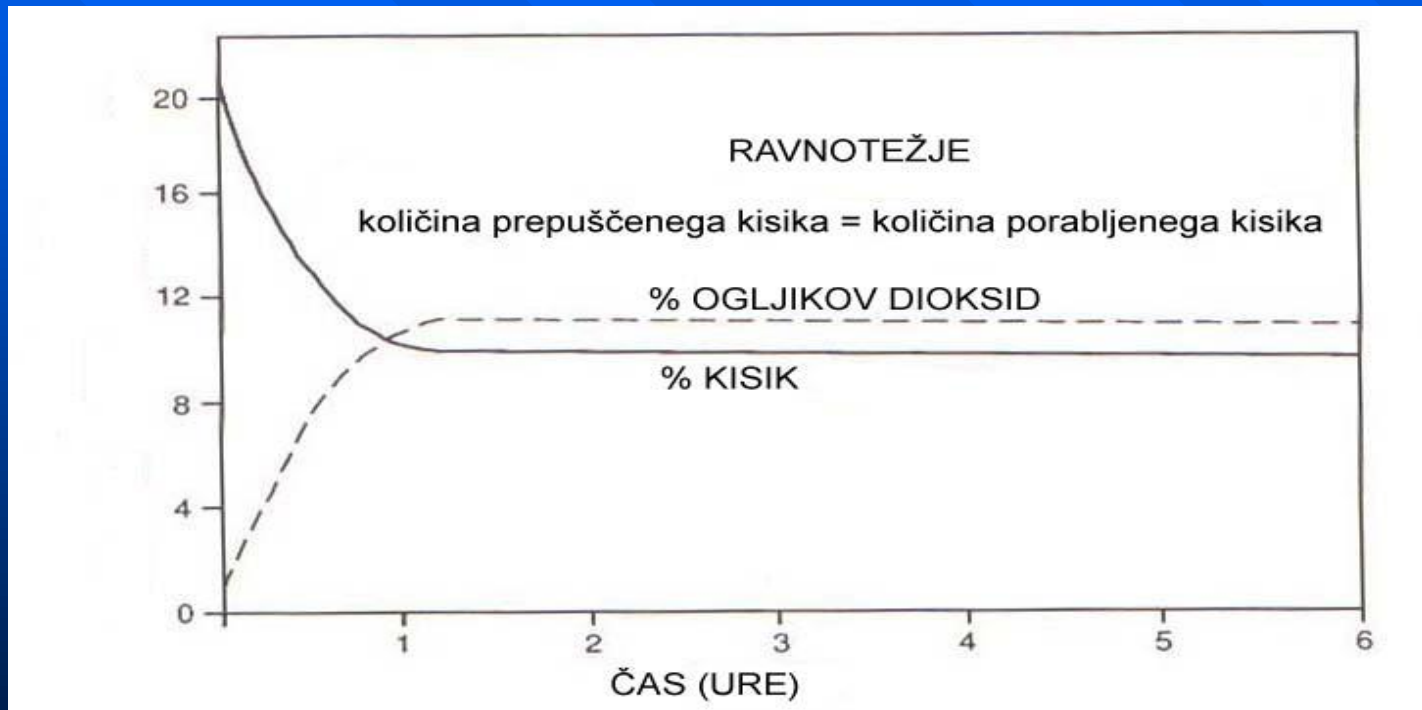
- dihanje zelenjave
- izmenjava plinov



Vzpostavljanje ravnotežja v embalažni enoti kot posledica prepustnosti embalažnega materiala za pline

SVEŽE NAREZANA PAKIRANA ZELENJAVA

- temperatura skladiščenja
- ustrezna modificirana atmosfera
- prepustnost embalažnega materiala



Vzpostavljanje ravnotežja v embalažni enoti kot posledica prepustnosti embalažnega materiala za pline

SVEŽE NAREZANO PAKIRANO ZELJE

Z uporabo primerne temperature skladiščenja, modificirane atmosfere in embalažnih materialov z ustrezno prepustnostjo za pline lahko podaljšamo trajnost in zvišamo senzorično kakovost sveže narezanega pakiranega zelja.

Podaljšano trajnost sveže narezanega pakiranega zelja lahko dosežemo z:

- znižanjem intenzitete dihanja
- vzpostavitvijo dinamičnega ravnotežja plinov v embalažni enoti
- zaviranjem nastanka anaerobnih razmer v embalažni enoti in posledično zaviranje akumulacije anaerobnih metabolitov (acetaldehid in etanol)
- zaviranjem rasti in aktivnosti mikrobne populacije

PREPUSTNOST EMBALAŽNIH MATERIALOV ZA PLINE IN VODNO PARO

Polimerni materiali	N ₂	O ₂	CO ₂	H ₂ O
LDPE	70000	200 000	1 000 000	100
HDPE	20000	75000	300 000	40
PC	11 000	67000	430 000	1 500
PP	16000	75000	250 000	70
OPP	9000	36 000	130 000	25
OPET		1 800		550
PA6	250	900	5000	900
OPA6	90	450	2400	600
PVDC (lak)	6	20	100	8
PVDC(koeks)	10	4	-	-
EVOH	<1	4		
OPVOH	<<1	<1	1,5	150

$$P = \left[\frac{cm^3 \mu m}{m^2 danbar} \right]$$

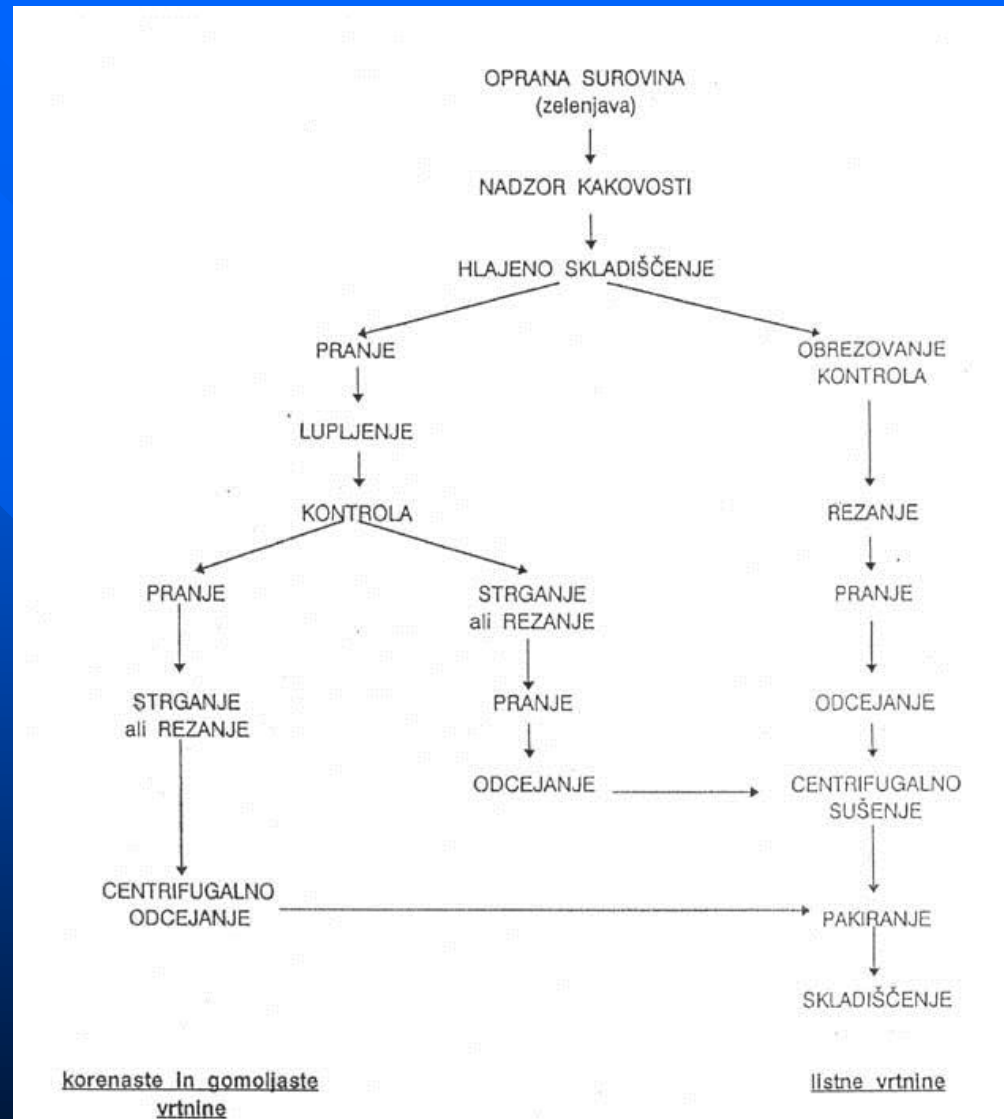
za pline pri 23°C, 0% RV

$$P = \left[\frac{g \mu m}{m^2 dan} \right]$$

za H₂O pri 23°C, 85% RV

Preglednica: Konstanta prepustnosti (P) različnih polimernih materialov za kisik, dušik, CO₂ in vodne pare (Delventhal, 1991)

SHEMA PRIPRAVE SVEŽE NAREZANE ZELENJAVE

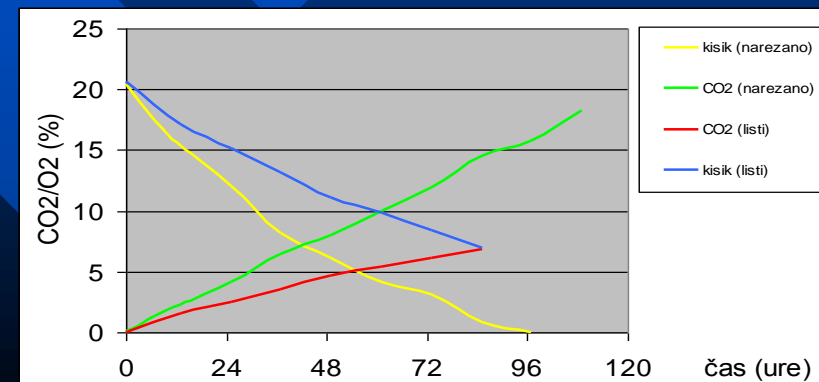
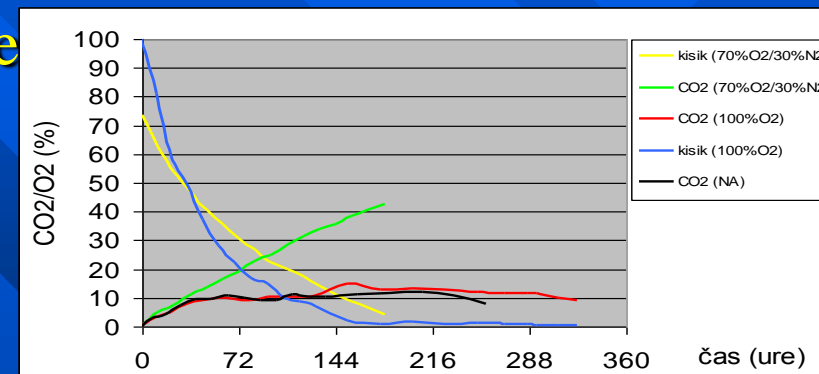
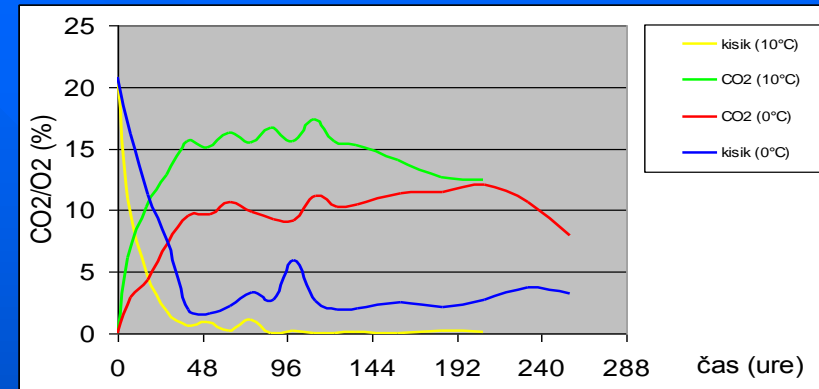


Slika 1: Shema priprave MPRF iz vrtnin (Varoquaux in Wiley, 1994)

INTENZITETA DIHANJA SVEŽE NAREZANEGA PAKIRANEGA ZELJA

Intenziteto dihanja sveže narezanega pakiranega zelja lahko znižamo z:

- nizko temperaturo skladiščenja
- izbiro primerne modificirane atmosfere
- uporabo ostrih nožev za rezanje zaradi zniževanja stopnje mehanskih poškodb tkiva zelja

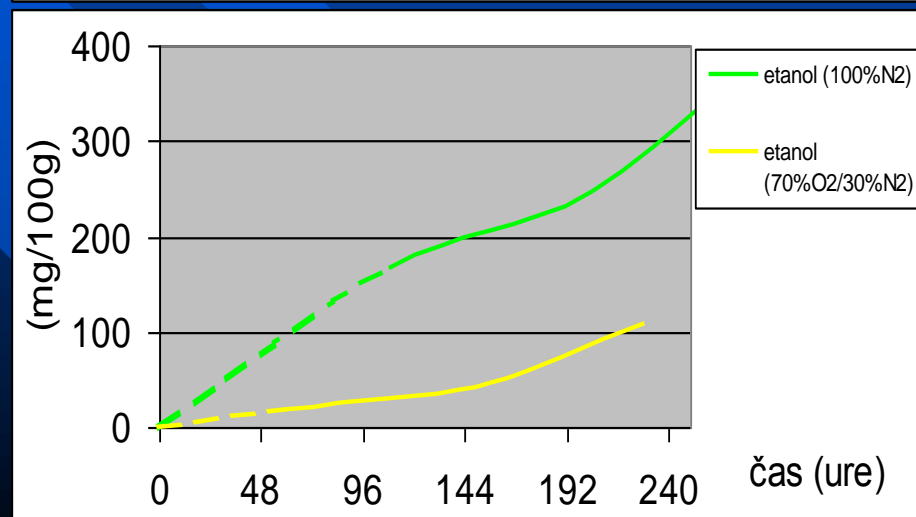
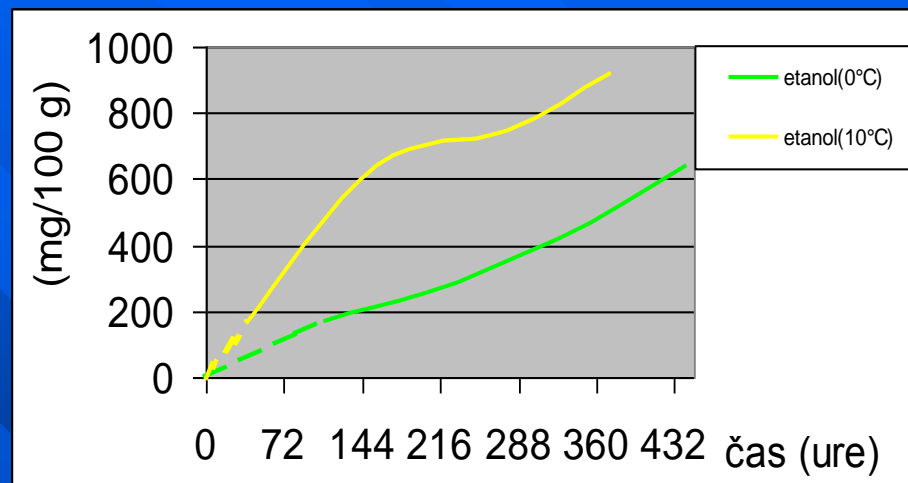


TVORBA ANAEROBNIH METABOLITOV V PAKIRANEM ZELJU

Intenziteto tvorbe anaerobnih metabolitov v sveže narezanem pakiranem zelju lahko znižamo z:

- nizko temperaturo skladiščenja

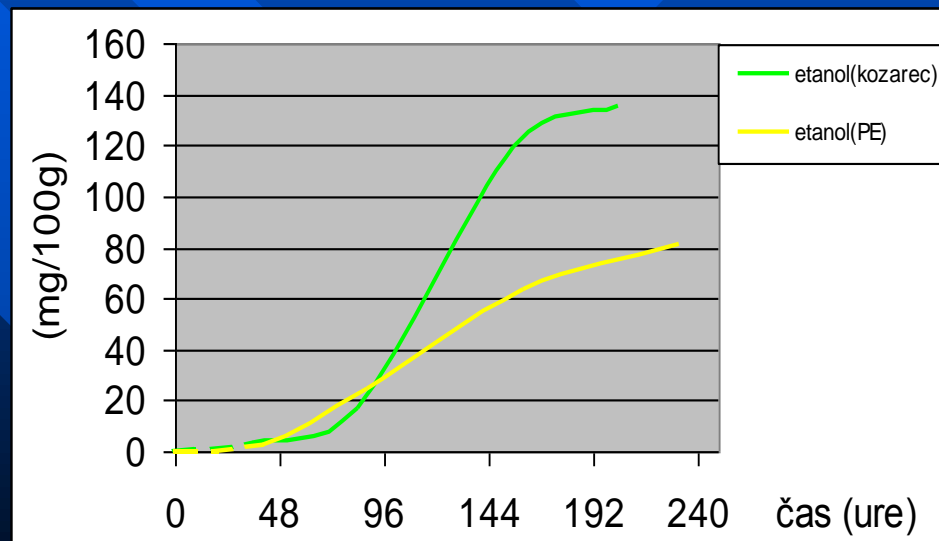
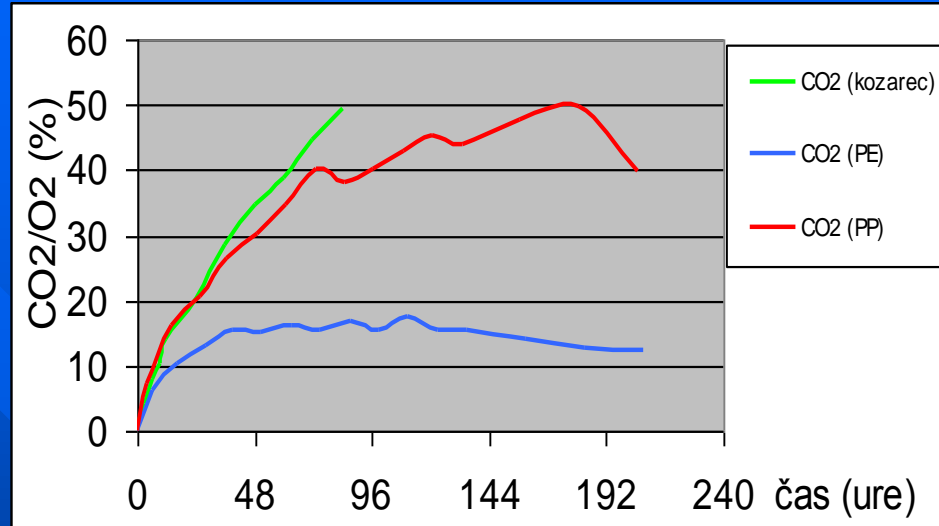
- izbiro primerne modificirane atmosfere



VPLIV EMBALAŽNIH MATERIALOV NA SPREMEMBE MED SKLADIŠČENJEM ZELJA

Prepustnost embalažnih materialov posredno vpliva na:

- intenziteto kopičenja CO_2 v embalažni enoti
- intenziteto tvorbe anaerobnih metabolitov



VPLIV ANAEROBNEGA METABOLIZMA NA SENZORIČNE LASTNOSTI NAREZANEGA ZELJA

Posledice prehoda aerobnih pogojev v anaerobne so:

- pomanjkanje kisika ali previsoka vsebnost CO_2 povzroči odmiranje (zadušitev) tkiva
- pričnejo se kopičiti anaerobni metaboliti (etanol, acetaldehid in drugi)
- zaradi tega se pojavijo tuji vonji in priokusi
- tkivo se mehča, izgublja tipično konsistenco
- možne so različne diskoloracije (temnejše tkivo)
- pri preveč intenzivnem anaerobnem metabolizmu je lahko izdelek že po nekaj dneh nesprejemljiv

MIKROBIOLOŠKA SLIKA SVEŽE NAREZANEGA PAKIRANEGA ZELJA

Pravilnik o pogojih, ki jim morajo glede mikrobiološke neoporečnosti ustrezati živila v prometu v svojem 4. členu določa, da sveže narezana zelenjava ne sme vsebovati:

- bakterij vrste *Salmonella* v 25 g,
- koagulaza pozitivnih stafilokokov v 0,01 g,
- sulfitreduktornih klostridijev v 0,01 g ,
- vrste *Proteus* v 0,001 g,
- *Escherichia coli* v 0,001 g

Pričakovana trajnost sveže narezanega pakiranega zelja je okrog 10 dni (pri optimalnih pogojih) in v tem času rast in aktivnost različnih skupin mikroorganizmov (aerobne mezofilne in mlečnokislinske bakterije, kvasovke in plesni) ni primarnega pomena, saj so spremembe kakovosti zaradi fizioloških dogajanj bistveno intenzivnejše.

SPREMEMBE SENZORIČNIH LASTNOSTI SVEŽE NAREZANEGA PAKIRANEGA ZELJA



Vpliv pakiranja na barvo sveže narezanega pakiranega zelja

SPREMEMBE SENZORIČNIH LASTNOSTI SVEŽE NAREZANEGA PAKIRANEGA ZELJA



Vpliv anaerobnih razmer na teksturo sveže narezanega pakiranega zelja

SKLADIŠČENJE SVEŽIH ZELJNATIH GLAV

Pogoji skladiščenja zeljnatih glav:

- temperatura skladiščenja 0 °C
- relativna vlaga nad 90%
- modificirana atmosfera 3%O₂/3-6%CO₂
- dolg kocen
- primerne sorte