



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

Βιοχημεία Τροφίμων I

Ενότητα 8^η

Δημητριακά II (μέρος α)

Όνομα καθηγητή: Έφη Τσακαλίδου

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
πρόγραμμα για την ανάπτυξη





Στόχοι ενότητας

- Κατανόηση των βιοχημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την παρασκευή της μπίρας.

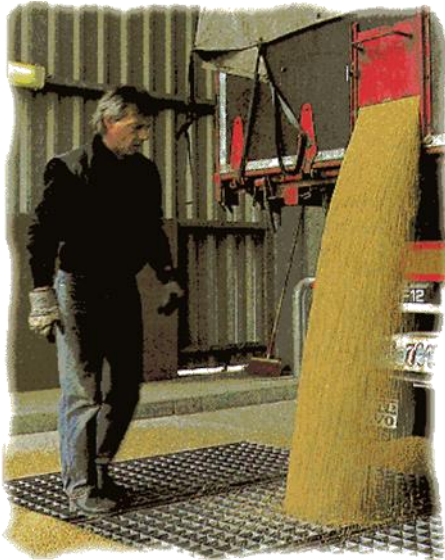


Λέξεις - κλειδιά

- Λέξεις κλειδιά: Μπύρα, Βυνοποίηση, Βρασμός, Λυκίσκος, Ζύμες, Αλκοολική Ζύμωση, Ωρίμανση, Διακετύλιο.
- Key words: Beer, Malting, Brewing, Hop, Yeasts, Alcoholic Fermentation, Maturation, Diacetyl.

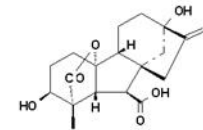


Παρασκευή της μπύρας



Κύρια στάδια:

- βυνοποίηση.
- βρασμός (brewing).
- ζύμωση.
- ωρίμανση.



Φωτογραφίες σπόρων κριθαριού και συντακτικός τύπος γιββεριλλίνης.

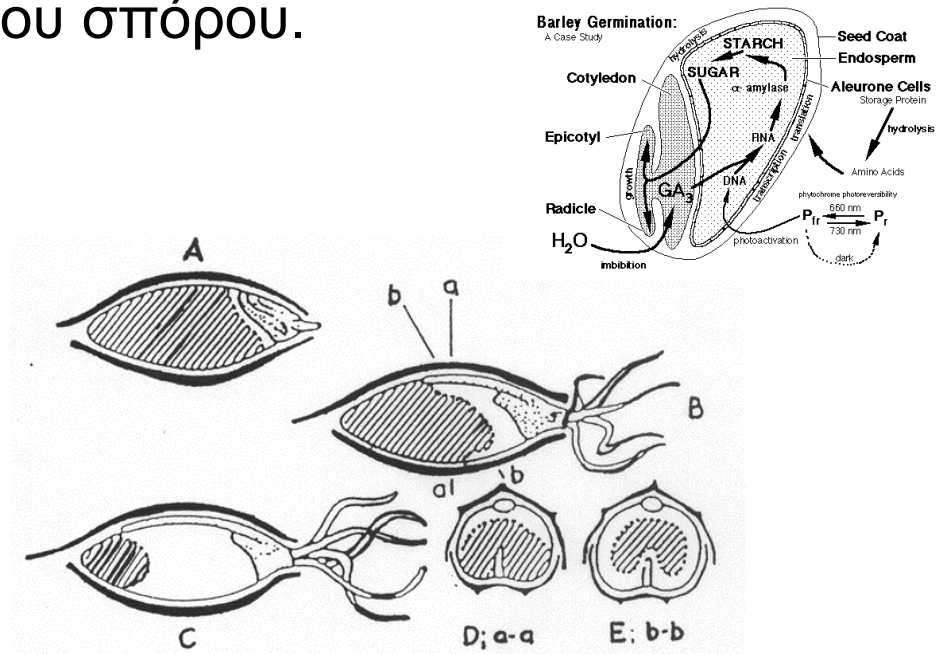
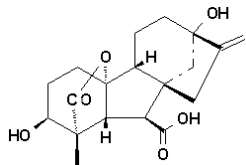


Φωτογραφίες από μονάδα ζυθοποιίας.



Βυνοποίηση (α)

- το κριθάρι καθαρίζεται.
- αφήνεται για 2 έως 4 ημέρες σε ρηχή κλίνη με νερό στους 10-15°C.
- έκκριση του γιββεριλικού οξέος από το έμβryo του σπόρου.
- εκκίνηση της βλάστησης του σπόρου.





Βυνοποίηση (β)

Γιββεριλικό οξύ = φυτική ορμόνη.

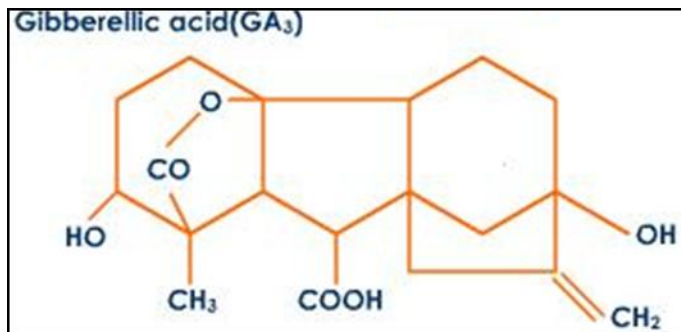
- ενεργοποιεί τα υδρολυτικά ένζυμα των κυττάρων της αλευρόνης:
 - β-γλυκανάσες,
 - πρωτεϊνάσες,
 - α-αμυλάση,
 - α-γλυκοζιδάσες,
 - μέρος των αποδιακλαδωτικών ενζύμων.



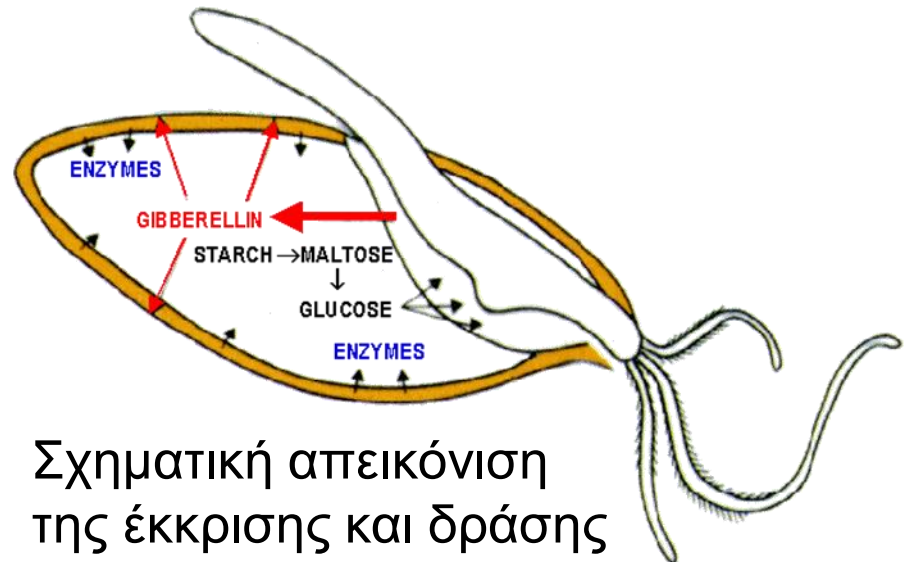
Βυνοποίηση (γ)

Γιββεριλικό οξύ = φυτική ορμόνη. (συνέχεια)

- ενεργοποιεί τα πρωτεολυτικά ένζυμα:
 - των κυττάρων του εμβρύου.
 - των κυττάρων του ενδοσπερμίου.



Συντακτικός τύπος
γιββεριλλίνης.



Σχηματική απεικόνιση
της έκκρισης και δράσης
της γιββεριλλίνης.



Βυνοποίηση - γλυκανάσες (α)

- δομικά συστατικά κυτταρικού τοιχώματος κυττάρων ενδοσπερμίου:
 - β-γλυκάνια 70%,
 - αραβοξυλάνια 15%,
 - γλυκομανάνια 3%.
- **β-γλυκάνια:**
 - γραμμικά πολυμερή της γλυκόζης με β-1,3 και β-1,4 δεσμούς.
- β-γλυκανάσες αποικοδομούν τα β-γλυκάνια.



Βυνοποίηση - γλυκανάσες (β)

- ενδο-1,3- β -D-γλυκανάση υδρολύει τα β -1,3-γλυκάνια,
 - και κάποιους β -1,3 δεσμούς στα β -1,3: 1,4-D-γλυκάνια.
- ενδο-1,3:1,4- β -D-γλυκανάση υδρολύει στα β -1,3:1,4-D-γλυκάνια:
 - β -1,3 δεσμούς.
 - β -1,4 δεσμούς.
- η αποικοδόμηση ξεκινά από το σημείο επαφής του ενδοσπερμίου με το έμβρυο.
- αποικοδόμηση = τροποποίηση:
 - κρίσιμη για την ανάπτυξη της καλής βύνης.



Βυνοποίηση - πρωτεΐνες (α)

Ενεργοποιούνται παράλληλα με τις γλυκανάσες.

- 1η φάση:

όξιμες πρωτεΐνες,
καρβοξυπεπτιδάσες,
ουδέτερες πεπτιδάσες,
αλκαλικές πεπτιδάσες.

υδρόλυση

πρωτεϊνών εμβρύου,
πρωτεϊνών αλευρόνης.

αμινοξέα

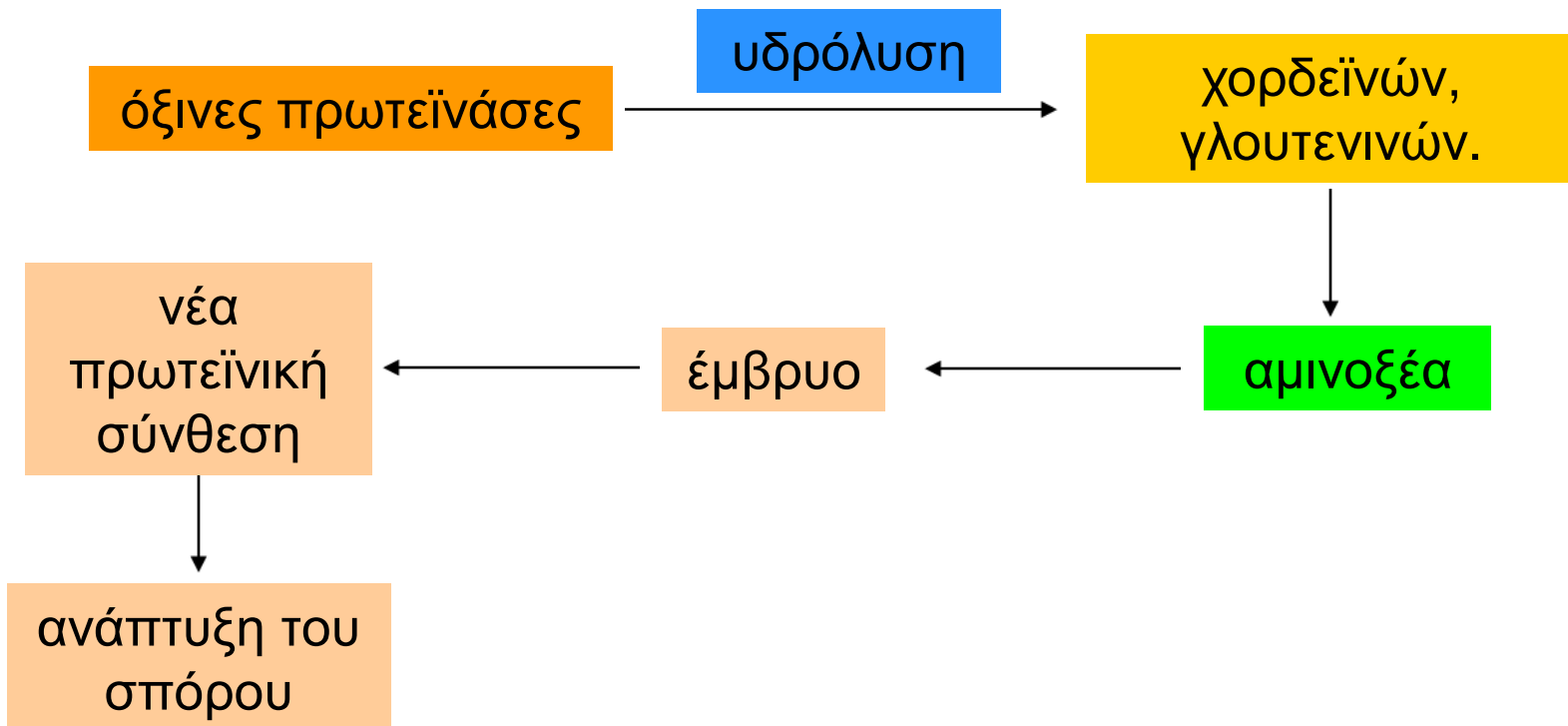
de novo σύνθεση: α-αμυλάσης,
αποδιακλαδωτικών ενζύμων



Βυνοποίηση - πρωτεΐνες (β)

μετά την αποικοδόμηση κυτταρικού τοιχώματος ενδοσπερμίου από β-γλυκανάσες.

- 2η φάση:





Βυνοποίηση - λιπάσες (α)

- δράση λιπασών στον αδρανή σπόρο περιορισμένη.
- στη βλάστηση μερική υδρόλυση αποθηκευτικών λιπιδίων.
- δυο διαφορετικές λιπάσες:
 - ίδιο περίπου ΜΒ (400 kDa),
 - διαφορετικό φορτίο,
 - λιπάση I (έμβρυο),
 - λιπάση II (ενδοσπέρμιο).



Βυνοποίηση - λιπάσες (β)

- αρχικά στάδια της βλάστησης υδρόλυση αμύλου περιορισμένη,
- τότε η υδρόλυση λίπους προσφέρει ενέργεια:
 - στα κύτταρα του εμβρύου.
 - στα κύτταρα του στρώματος της αλευρόνης.
- η περιεκτικότητα του κριθαριού σε λιπίδια ποικίλει (0.8 έως 4.8%). Οι διαφορές οφείλονται:
 - στις συνθήκες ανάπτυξης του κριθαριού.
 - στους διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού του λίπους.



Βυνοποίηση - αμυλάσες (α)

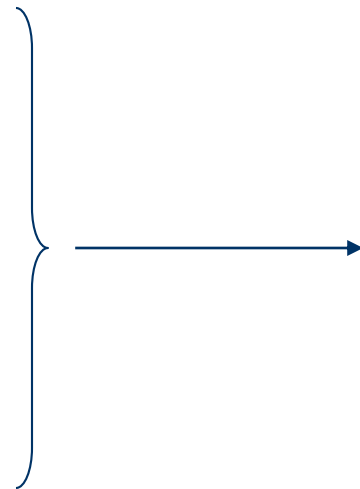
- η βλάστηση ολοκληρώνεται με την υδρόλυση του αμύλου.
- η υδρόλυση του αμύλου ξεκινά στο σημείο επαφής ενδοσπερμίου – εμβρύου.
- η υδρόλυση συνεχίζεται κατά μήκος του ενδοσπερμίου.
- η υδρόλυση του αμύλου προμηθεύει στον σπόρο ενέργεια για ανάπτυξη.



Βυνοποίηση - αμυλάσες (β)

ένζυμα

α-αμυλάση, β-αμυλάση,
αποδιακλαδωτικά ένζυμα,
α-γλυκοζιδάσες.



προϊόντα υδρόλυσης

α-δεξτρίνες,
μαλτοτριόζη, μαλτόζη,
γλυκόζη.



Βυνοποίηση (δ)

- η βλάστηση τερματίζεται με ξήρανση των βυνοποιημένων σπόρων.
- η υγρασία μειώνεται σταδιακά από το 45 στο 5% με θερμό αέρα,
- για να διατηρηθούν ενεργά κάποια ένζυμα.

θερμοκρασία ξήρανσης,
χρόνος ξήρανσης,
τελική υγρασία.

επηρεάζουν

χρώμα βύνης,
άρωμα βύνης,
γεύση βύνης.

μπύρες τύπου lager
υγρασία βύνης 4-5%

μπύρες τύπου ale
υγρασία βύνης 2-3%



Βρασμός (α)

Αποξηραμένη βύνη



άλεση \Rightarrow εκχύλιση υδατοδιαλυτών συστατικών (σάκχαρα και ενώσεις αζώτου).



βρασμός 45°C \Rightarrow ενυδάτωση ενδοσπερμίου
ενεργοποίηση α - και β -αμυλάσης.



βρασμός $70-75^{\circ}\text{C}$ \Leftarrow ενίσχυση με μη βυνοποιημένα
δημητριακά (ζελατινοποιημένο καλαμπόκι η ρύζι).



Βρασμός (β)

διήθηση \Rightarrow αδιάλυτα συστατικά \Rightarrow ζωοτροφές.



διήθημα \Leftarrow λυκίσκος.



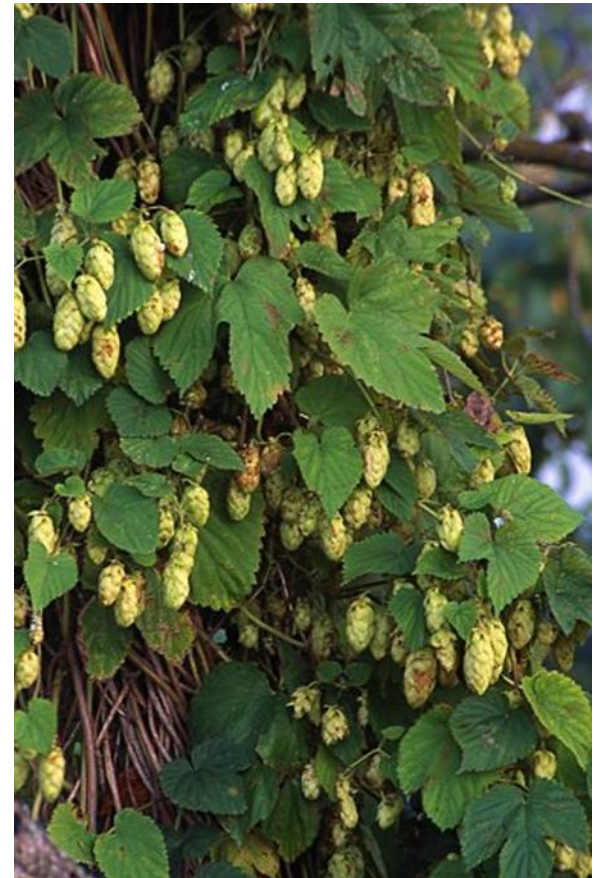
βρασμός 45°C:

- \Rightarrow αποστείρωση ζωμού (wort).
- \Rightarrow συμπύκνωση ζωμού (wort).
- \Rightarrow απενεργοποίηση αμυλολυτικών ενζύμων.
- \Rightarrow εκχύλιση πικρών ουσιών λυκίσκου.
- \Rightarrow ανάπτυξη επιθυμητών αρωματικών ουσιών.
- \Rightarrow εξάτμιση ανεπιθύμητων αρωματικών ουσιών.
- \Rightarrow κατακρήμνιση μεγαλομοριακών πρωτεϊνών.



Βρασμός - λυκίσκος (α)

Λυκίσκος (*Humulus lupulus*): φυτό που ευδοκιμεί κυρίως σε εύκρατα κλίματα.





Βρασμός - λυκίσκος (β)

- στη ζυθοποιία:
- οι θηλυκοί κώνοι των λουλουδιών συλλέγονται και ξηραίνονται στους 70 °C μέχρι 7 % υγρασία.
- κατατάσσονται ανάλογα με:
 - εμφάνιση,
 - άρωμα,
 - πικρές ρητίνες.



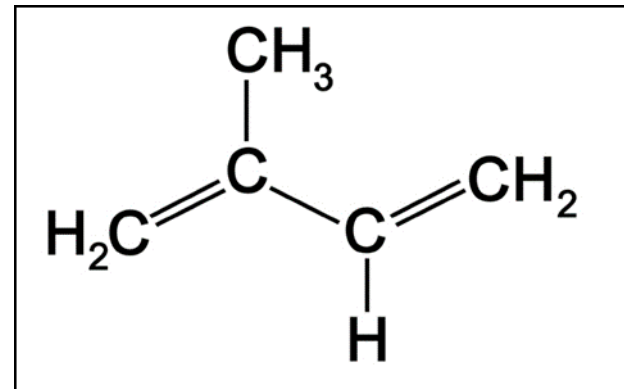
Βρασμός - λυκίσκος (γ)

- παλιότερα:
 - απ' ευθείας οι αποξηραμένοι κώνοι.
 - κίνδυνος οξειδωσης κατά τη συντήρηση.
- σήμερα οι κώνοι:
 - είτε κονιοτοποιούνται,
 - είτε εκχυλίζονται με οργανικό διαλύτη ή υγρό CO₂.
- η κυρίαρχη οικογένεια ενώσεων του λυκίσκου είναι οι **ρητίνες**.



Βρασμός - λυκίσκος (δ)

- **Ρητίνες:** φυτικά εκκρίματα που περιέχουν:
 - σεσκιτερπένια (ενώσεις με 15 άτομα C) και,
 - πολυτερπενικές ενώσεις (ενώσεις με 20, 30 η 40 άτομα C).
- **Τερπενοειδή:** ισοπρενοειδείς ενώσεις, δηλαδή υδρογονάνθρακες (τερπένια) ή οξυγονούχα παράγωγα (καμφορές), στα οποία επαναλαμβάνεται ο ανθρακικός σκελετός του ισοπρενίου [$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$].
- κύριες **ρητίνες** λυκίσκου:
 - μαλακές ρητίνες.
 - διαλυτές σε πετρελαϊκό αιθέρα.
 - **α-οξέα** και **β-οξέα**.
 - υπεύθυνα για την πικρή γεύση.





Βρασμός - λυκίσκος (ε)

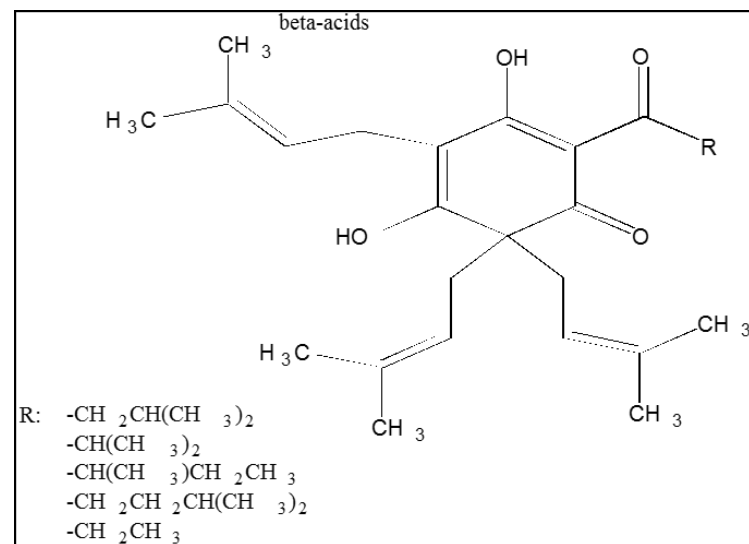
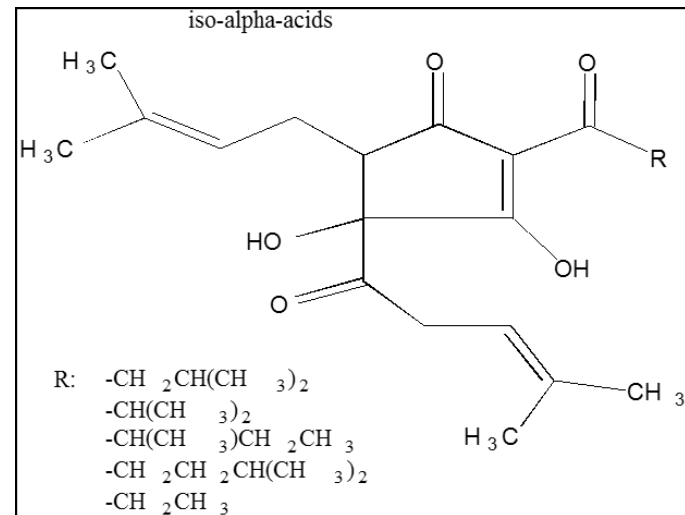
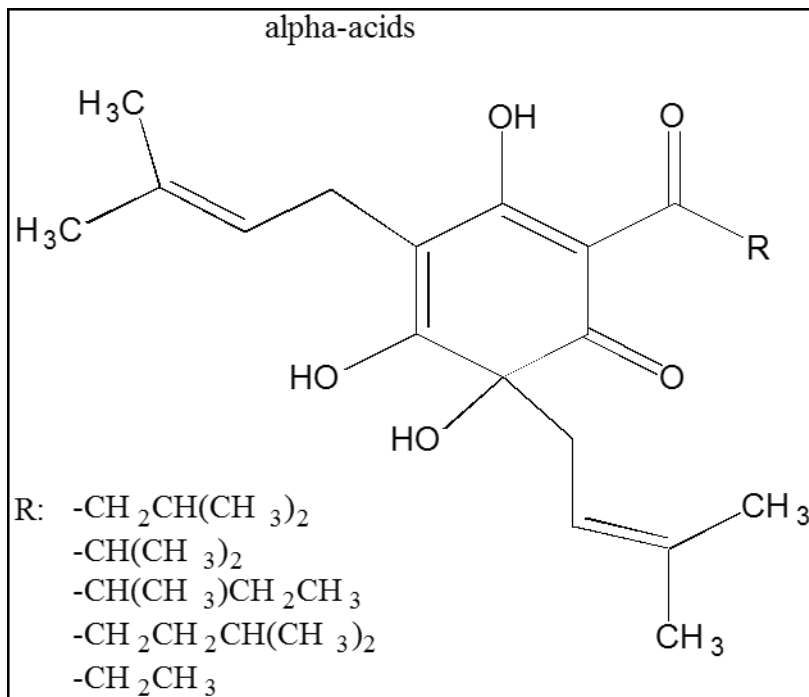
Η χημική σύσταση του αποξηραμένου λυκίσκου:

Συστατικό	%	Σημασία στη ζυθοποιία
α-οξέα	2-12	XXX
β-οξέα	1-10	XX
Αιθέρια έλαια	0.5-1.5	XX
Πολυφαινόλες	2-5	XX
Λιπίδια / ΕΛΟ	ίχνη-25	X
Πρωτεΐνες	15	
Κυτταρίνη	40-50	
Νερό	8-12	
Πηκτίνες	2	
Άλατα	10	



Βρασμός - λυκίσκος (στ)

α-οξέα και β-οξέα.





Βρασμός - λυκίσκος (ζ)

- **αιθέρια έλαια:**

- μυρκένιο, χουμουλένιο, γαρυφυλλένιο.
- τερπενοειδείς ενώσεις.
- σχετικά ασταθείς.
- επηρεάζουν το άρωμα της μπύρα;

- **πολυφαινόλες:**

- συμμετέχουν στη διαμόρφωση γεύσης και χρώματος.
- ευθύνονται μερικά για τη θολερότητα μετά τη ζύμωση.

- **ελεύθερα λιπαρά οξέα:**

- 0.1%.
- λινολεϊκό (18:2),
- λινολενικό (18:3).



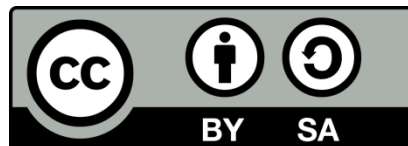
Βιβλιογραφία

- B.K. Simpson (2012) Food Biochemistry and Food Processing, Wiley-Blackwell (ISBN 081380874X).
- M.J. Berg, L.J. Tymoczko, L. Stryer (2011) Βιοχημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (ISBN 978-960-524-190-2).



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





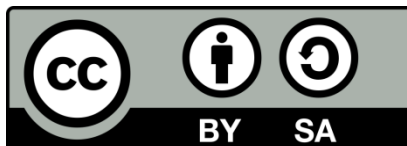
Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Τσακαλίδου Έφη, «Βιοχημεία Τροφίμων Ι». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDFSHN109/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.