



Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου (Λήμνος)

# Βιοχημεία Τροφίμων

Μέρος ΙΙΙ: Εφαρμοσμένη Βιοτεχνολογία & Βιομηχανικές Ζυμώσεις

Ακαδημαϊκό Έτος 2014 - 2015

Ενότητα 10<sup>η</sup>  
Ζυμούμενα Τρόφιμα



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*  
Επικουρος Καθηγητής

# Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό διατίθεται με τους όρους χρήσης Creative Commons (CC) - Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα.

Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.

Το έργο «Ανοιχτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



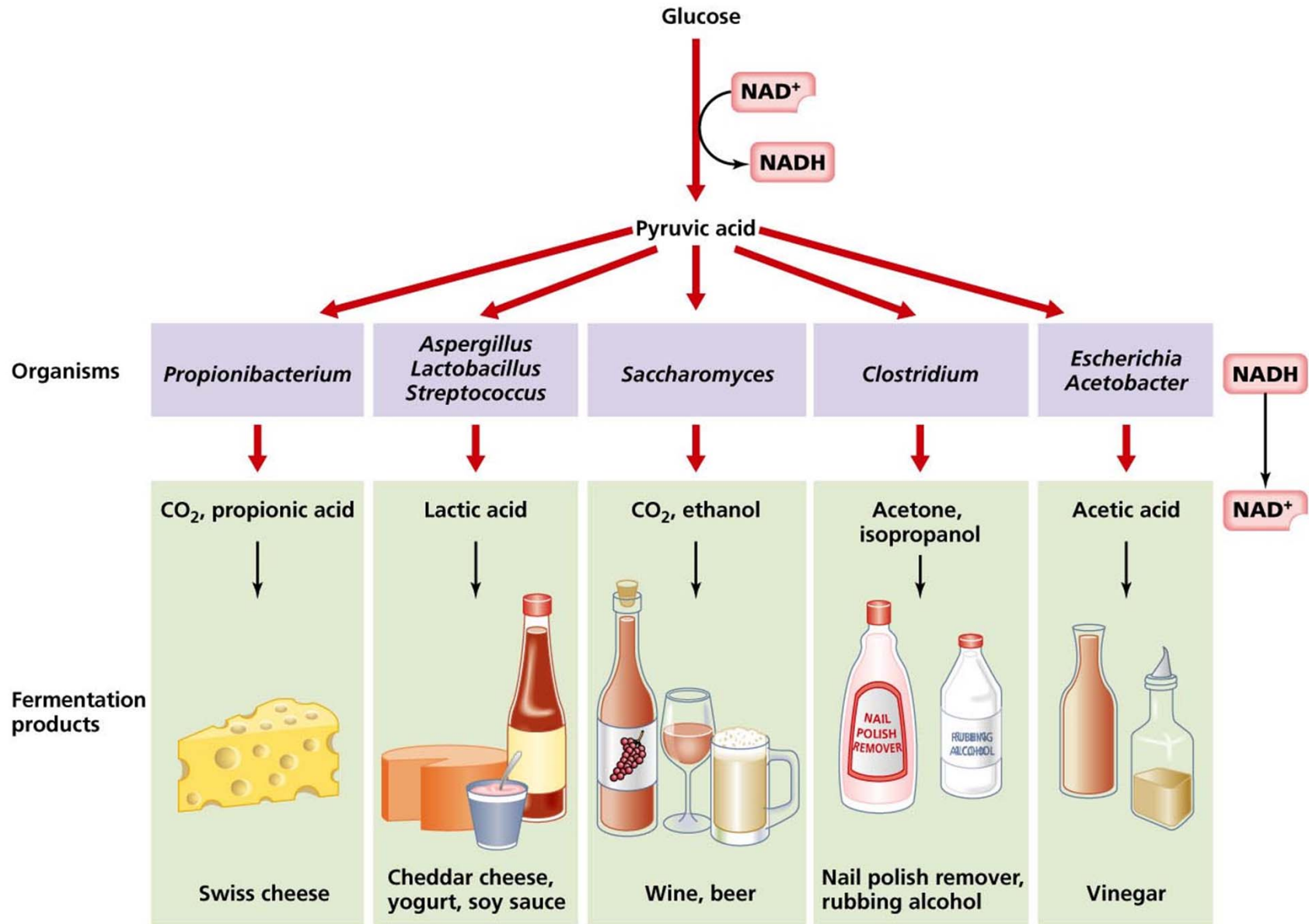
ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## Κατάταξη

Η κατάταξη των ζυμούμενων τροφίμων μπορεί να βασιστεί α) στους μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται, β) στις βιοχημικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα και γ) στον τύπο του προϊόντος που παράγεται.

Γενικά, διακρίνονται 7 κατηγορίες:

1. Ποτά
2. Προϊόντα δημητριακών
3. Γαλακτοκομικά προϊόντα
4. Προϊόντα ιχθυρών
5. Προϊόντα φρούτων και λαχανικών
6. Προϊόντα οσπρίων
7. Προϊόντα κρέατος



### Examples of Common Fermented and Microbial Foods

Food	Principal Ingredient	Key Microorganisms
Wine	Grapes	Yeasts
Beer	Barley	Yeasts
Cider	Apples	Yeasts
Sake	Rice	Moulds
Bread	Wheat	Yeasts
Yoghurt	Milk	LAB
Cheese	Milk	LAB
Buttermilk	Milk	LAB
Kefir	Milk	LAB + yeasts
Vinegar	Grapes	Yeasts followed by <i>Acetobacter</i> + <i>Gluconobacter</i>
Tempeh	Soyabeans	Moulds
Soy sauce	Soyabeans	Moulds + LAB + yeasts
Pickled cucumbers	Cucumbers	LAB + yeasts
Sauerkraut	Cabbage	LAB
Pickled olives	Olives	LAB + yeasts
Fish pastes	Fish	LAB
Fermented sausages	Meat	LAB + moulds
Microbial biomass/Products	Many including ethanol, molasses, whey, petroleum hydrocarbons	Bacteria, yeasts, moulds
Quorn	Mycoprotein	Mould <i>Fusarium venenatum</i>

LAB represents lactic acid bacteria.

## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

### Αρχική καλλιέργεια (starter culture)

Τα ζυμούμενα τρόφιμα μπορούν να παραχθούν είτε με τη χρήση αρχικής καλλιέργειας μικροοργανισμών (εμβόλιο) είτε με από τη δράση μικροοργανισμών που μπορούν να διεξάγουν ζύμωση και βρίσκονται φυσικά στην πρώτη ύλη.

Η δράση των μικροοργανισμών εξαρτάται από αμφότερους εξωγενείς και εγγενείς παράγοντες. Οι ζυμώσεις των τροφίμων συχνά συμπεριλαμβάνουν περίπλοκες διαδοχές μικροοργανισμών, οι οποίες επάγονται από δυναμικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Ένα ιδανικός μικροοργανισμός που θα χρησιμοποιηθεί για ζύμωση πρέπει να έχει ένα εύρος ιδιοτήτων. Εξέχουσας σημασίας είναι το ότι ο μικροοργανισμός θα πρέπει να είναι ασφαλής, ακόμα κι αν ληφθεί από τους καταναλωτές σε υψηλούς αριθμούς.

## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Μια ποικιλία μικροοργανισμών χρησιμοποιείται συχνά στα ζυμούμενα προϊόντα.

### **Principal Groups of Fermentative Microorganisms**

<b>Microbial Group</b>	<b>Product</b>
Lactic Acid Bacteria (LAB)	Lactic acid
Acetic acid bacteria	Acetic acid
Yeasts	Alcohol and carbon dioxide
Moulds	Enzymes
<i>Micrococcus</i> spp.	Proteases
<i>Bacillus</i> spp.	Amylases



## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Τα περισσότερα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται για ζυμώσεις δεν είναι αποστειρωμένα και επομένως απαιτείται γνώση σχετικά με τη μικροβιακή σύστασή τους, η οποία είναι ετερογενής.

Πλέον, σε πολλές παραδοσιακές διεργασίες έχει αναγνωριστεί η χρησιμότητα του εμβολιασμού με επιλεγμένες καλλιέργειες και αυτό ακολουθείται ως κοινή πρακτική. Μια απλή μέθοδος εμβολιασμού είναι η προσθήκη μέρους ενός τροφίμου, του οποίου η ζύμωση έχει τελειώσει, σε μια νέα παρτίδα πρώτης ύλης.

Στις φυσικές ζυμώσεις (χωρίς προσθήκη καλλιέργειας) μπορεί ν' ανακύψουν προβλήματα, γιατί η σύσταση και η επιλεκτικότητα της φυσικής μικροχλωρίδας καθορίζουν ποιοι μικροοργανισμοί τελικά θα επικρατήσουν. Αυτό επηρεάζει άμεσα την ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Δηλαδή, οι φυσικές ζυμώσεις έχουν ένα σημαντικό βαθμό απροβλεπτικότητας, το οποίο δεν είναι επιθυμητό όταν μια διεργασία πρόκειται να βιομηχανοποιηθεί. Συνεπώς, οι αρχικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται για να διασφαλιστεί η ποιότητα της ζύμωσης και να βελτιωθεί ο ρυθμός έναρξής της.

## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Οι αρχικές καλλιέργειες πλέον αναπτύσσονται με βάση τον σχεδιασμό και όχι την επιλογή ενδογενών μικροοργανισμών. Η σύσταση της αρχικής καλλιέργειας βασίζεται στη γνώση του γενετικού υποβάθρου, του μεταβολισμού, της φυσιολογίας και της αλληλεπίδρασης του μικροοργανισμού με το τρόφιμο.

Ο τελικός στόχος είναι η παραγωγή αναπαραγωγίμων, αποδεκτών, καλής ποιότητας, εύπειπων και χαμηλής τοξικότητας τροφίμων, εκμεταλλευόμενοι τις ιδιότητες των αρχικών καλλιεργειών.

Οι καινοτομίες που αναπτύσσονται στην τεχνολογία αρχικών καλλιεργειών σχετίζονται με:

- Προβιοτικά
- Υψηλή παραγωγή και ποιότητα
- Παραγωγή νέων ζυμούμενων τροφίμων

## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

### Ζύμες (yeasts)

Οι ζύμες είναι ευρέως διαδεδομένες στη φύση και βρίσκονται κυρίως σε πηγές πλούσιες σε διατροφικά στοιχεία και υδατάνθρακες. Συνήθως συναντώνται σε φυτικά νέκταρ και φρούτα. Επομένως, είναι συχνή η χρήση τους σε ζυμώσεις που σχετίζονται με φρούτα, λαχανικά και παρασκευή ποτών.

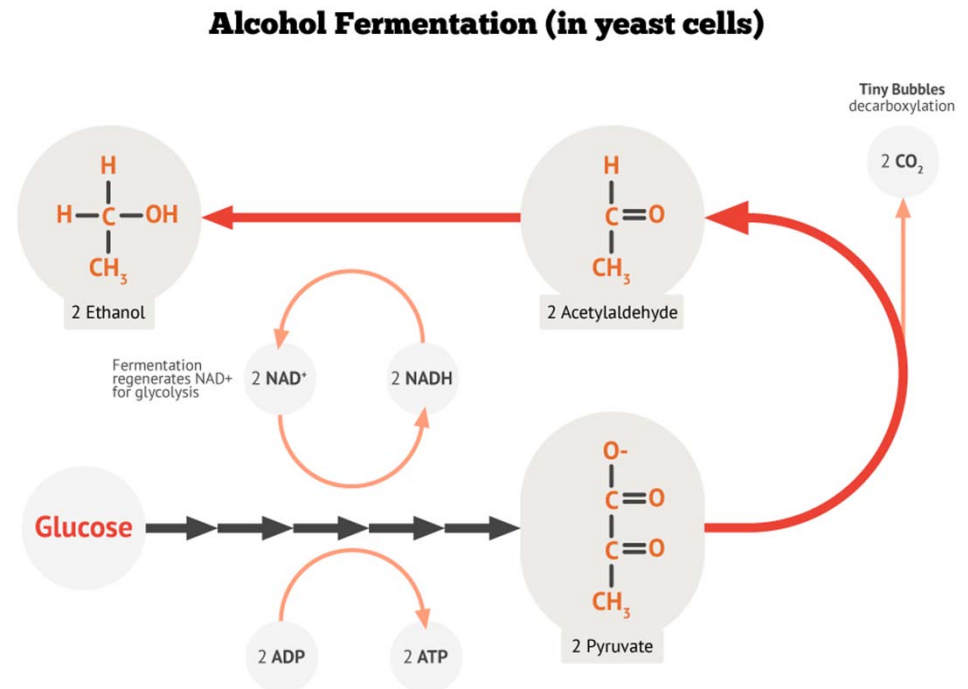
Οι ζύμες είναι ιδανικές για τη ζύμωση τροφίμων, γιατί είναι αποδεκτές από τους καταναλωτές και σπανίως είναι παθογόνες ή τοξικές. Αν και υπάρχουν περίπου 500 είδη ζυμών, μόνο μερικά χρησιμοποιούνται για ζυμώσεις τροφίμων. Αυτές οι ζύμες είτε είναι ασκομύκητες, είτε μέλη του γένους *Candida*.

Ο *Saccharomyces cerevisiae* είναι η πιο κοινά χρησιμοποιούμενη ζύμη και υπάρχουν διαθέσιμα περισσότερα από 80 στελέχη του. Όλα τα στελέχη ζυμώνουν γλυκόζη και μερικά ζυμώνουν και άλλους φυτικούς υδατάνθρακες, όπως ζαχαρόζη, μαλτόζη, ραφινόζη, αλλά κανένα δεν ζυμώνει λακτόζη. Γενικά, καμία ζύμη στη φύση δεν ζυμώνει άμυλο.

## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Οι ζύμες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αιθανόλης,  $\text{CO}_2$ , τροποποίηση της γεύσης και παραγωγή αρωματικών ουσιών.

Επιπρόσθετα με την αιθανόλη και το  $\text{CO}_2$ , παράγεται και μια πληθώρα ουσιών, όπως ο οξικός αιθυλεστέρας, ανώτερες αλκοόλες, και θειούχες ουσίες, που συνεισφέρουν στις αλλαγές που πραγματοποιούνται κατά τη ζύμωση.



## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

### Γαλακτικά βακτήρια (lactic acid bacteria - LAB)

Τα LAB είναι μια ομάδα βακτηρίων που αποτελούν τους δεσπόζοντες μικροοργανισμούς σε πολλά ζυμούμενα τρόφιμα. Αυτά τα βακτήρια συγκαταλέγονται στην ίδια ομάδα με βάση ορισμένα κριτήρια.

### **Characteristics Common to Lactic Acid Bacteria**

---

#### **Characteristics**

---

Gram positive

Catalase negative

Oxidase negative

Non-sporeforming

Fermentative anaerobes that are aerotolerant

Produce most of their cellular energy from the fermentation of sugars

Produce lactic acid from hexoses

---

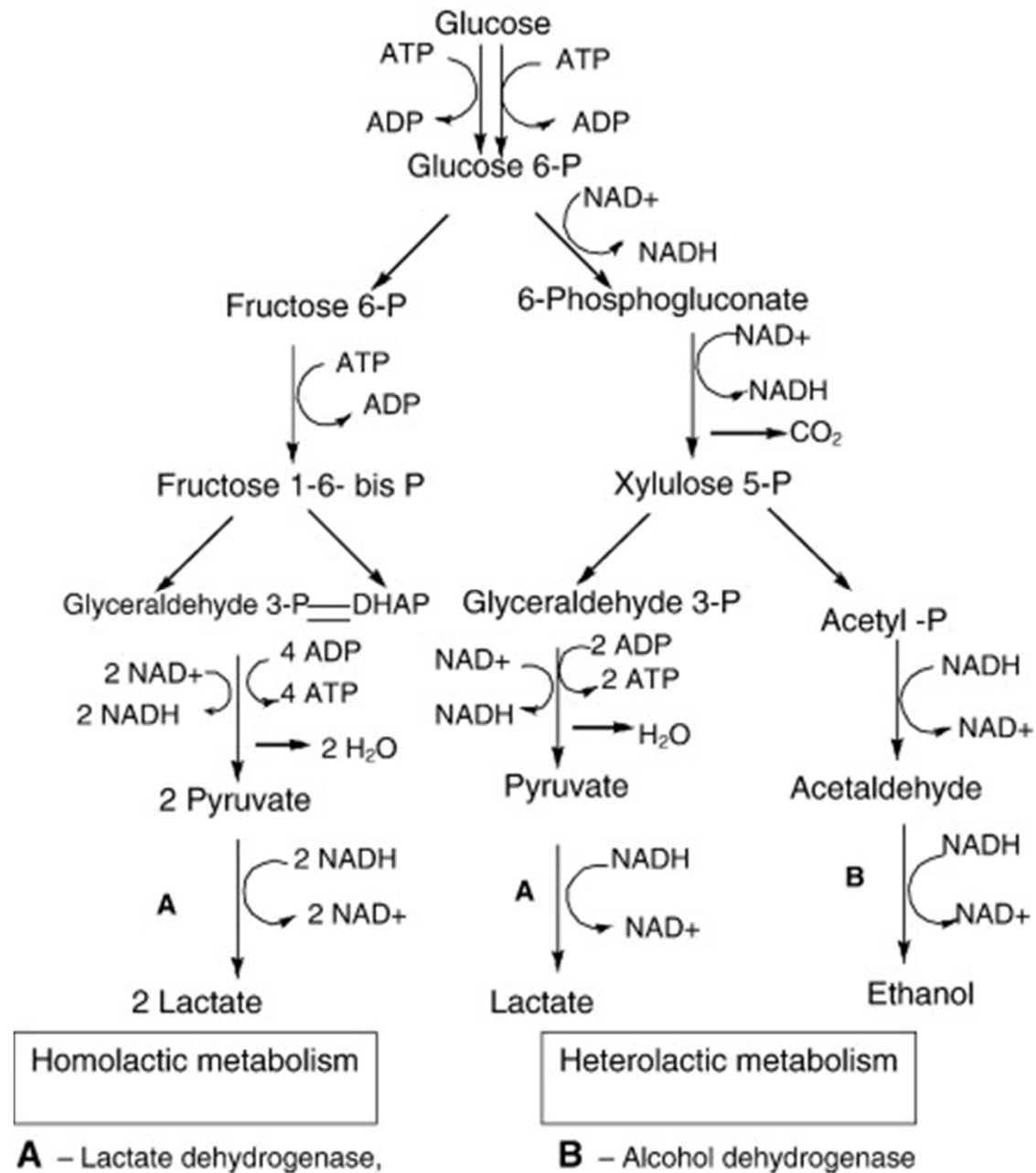
## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Τα LAB υποκατηγοριοποιούνται με βάση τα τελικά προϊόντα από το μεταβολισμό της γλυκόζης και διαχωρίζονται σε δύο διακριτές ομάδες, τα ομοζυμωτικά (homofermenters) και τα ετεροζυμωτικά (heterofermenters).

Τα ομοζυμωτικά παράγουν γαλακτικό οξύ ως ουσιαστικά το μοναδικό προϊόν της ζύμωσης της γλυκόζης. Τα ετεροζυμωτικά παράγουν ισομοριακές ποσότητες γαλακτικού, CO<sub>2</sub> και αιθανόλης / οξικού οξέως από εξόζες.

Εν αντιθέσει με τα ομοζυμωτικά, τα ετεροζυμωτικά είναι υπεύθυνα για την παραγωγή και άλλων ουσιών που συνεισφέρουν στο άρωμα, όπως η ακεταλδεΐδη και το διακετόλιο.

Τα LAB αναπτύσσονται εύκολα σε πολλά τρόφιμα και μειώνουν ταχέως το pH σε επίπεδα όπου δεν μπορούν ν' αναπτυχθούν άλλοι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί. Οι *Leuconostoc* και οι γαλακτικοί στρεπτόκοκκοι μειώνουν το pH σε περίπου 4 - 4.5, ενώ οι γαλακτοβάκιλοι και οι πεδιόκοκκοι σε περίπου 3.5, πριν αρχίσει η αναστολή και της δικής τους ανάπτυξης.



### The Predominant Genera of Lactic Acid Bacteria Used in Food Fermentations

Genus	Cell Shape/Grouping	Homofermenter	Heterofermenter
<i>Lactobacillus</i>	Rods — single or chains	+	+
<i>Lactococcus</i>	Oval cocci — pairs or chains	+	—
<i>Leuconostoc</i>	Oval cocci — pairs or chains	—	+
<i>Pediococcus</i>	Cocci — pairs and tetrads	+	—
<i>Streptococcus</i>	Cocci — pairs and chains	+	—
<i>Weissella</i>	Coccoid/short rods — single, pairs or short chains	— —	+
<i>Enterococcus</i>	Cocci — single, pairs or short chains	+	—



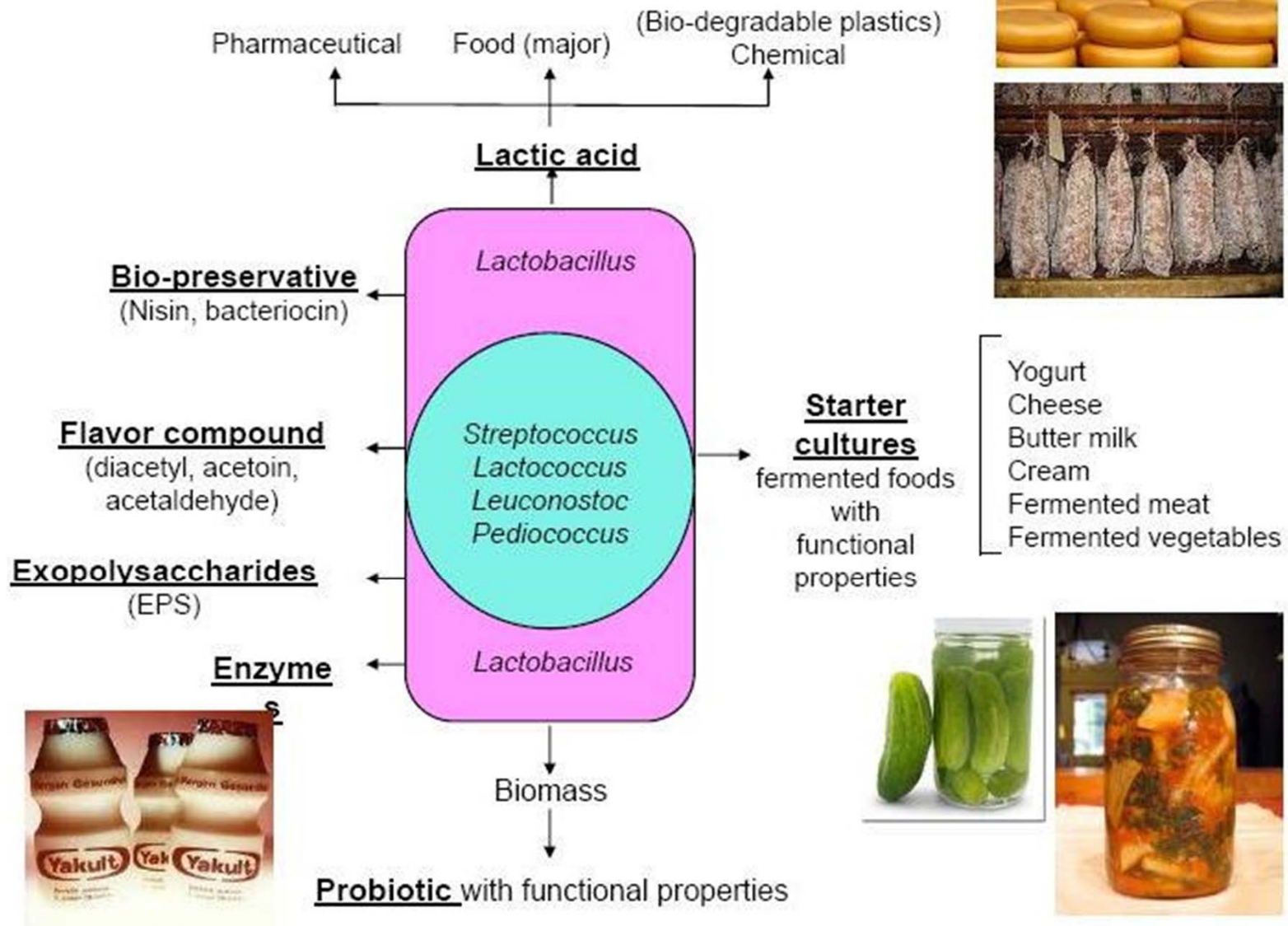
## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Τα LAB παίζουν σημαντικό ρόλο στην συντήρηση και παραγωγή υγιεινών τροφίμων. Παραδείγματα γαλακτικών ζυμώσεων αποτελούν α) η ζύμωση λαχανικών (πίκλες) και ελιών, β) η ζύμωση γαλακτοκομικών (γιαούρτη), γ) η παραγωγή ξινής ζύμης (sourdough) και δ) τα ζυμωμένα λουκάνικα.

Τα LAB μπορούν ν' αναστείλουν την ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών στα τρόφιμα με διάφορους τρόπους και αρκετές εφαρμογές χρησιμοποιούνται ήδη στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ υπάρχει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών.

Ο *Lactococcus lactis* παράγει ένα αντιβιοτικό πολυπεπτίδιο που ονομάζεται nisin. Η nisin είναι μια βακτηριοσίνη (bacteriocin), η οποία περιέχει το ασυνήθιστο αμινοξύ λανθιονίνη.

## Role of Lactic Acid Bacteria in Industry



## Μικροοργανισμοί που Σχετίζονται με τα Ζυμούμενα Τρόφιμα

Η nisin είναι ενεργή ενάντια στα περισσότερα θετικά κατά Gram βακτήρια, συμπεριλαμβανομένης και της *Listeria* και σε σπορογόνα, όπως το *Clostridium botulinum*.

Η nisin είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την αναστολή της ανάπτυξης σπορίων μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση των τροφίμων και είναι θερμοανθεκτικοί, όπως οι *Bacillus* και *Clostridium* spp. Η nisin δεν αναστέλλει αρνητικά κατά Gram βακτήρια, ζύμες ή νηματώδεις μύκητες.

Η nisin είναι η μοναδική βακτηριοσίνη που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων. Τα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει είναι ότι αποτελεί φυσικό πρόσθετο και επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των τροφίμων σε συνθήκες ψύξης κατά 14 - 30 ημέρες.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

### Φρούτα και λαχανικά

*Sauerkraut*: Είναι προϊόν φυσικής γαλακτικής ζύμωσης τριμμένου νωπού λάχανου, στο οποίο προστίθεται αλάτι (2.25 - 2.5%). Το αλάτι χρησιμεύει έτσι ώστε να εξαχθούν οι κυτταρικοί χυμοί (όσμωση) και αυτό ουσιαστικά χρησιμοποιείται από τα LAB ως υπόστρωμα. Το προϊόν της ζύμωσης είναι κυρίως γαλακτικό οξύ.

Ο *Leuconostoc mesenteroides* αναπτύσσεται πρώτος και παράγει γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ και CO<sub>2</sub>. Το pH μειώνεται γρήγορα και περιορίζει την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών αλλά και των ενζύμων υπεύθυνων για το μαλάκωμα του λάχανου.

Η έκλυση CO<sub>2</sub> εκδιώκει το οξυγόνο και δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες που διεγείρουν την ανάπτυξη πολλών LAB. Αναπτύσσεται ο *Lactobacillus brevis* και αυξάνει η παραγωγή γαλακτικού οξέως, ενώ ακολούθως αναπτύσσεται ο *Lactobacillus plantarum*, ο οποίος παράγει περαιτέρω γαλακτικό οξύ και το pH μειώνεται σε περίπου 4. Υπό αυτές τις συνθήκες (χαμηλό pH, έλλειψη οξυγόνου), το λάχανο διατηρείται για μεγάλη χρονική περίοδο.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

*Ελιές:* Οι ισπανικές, οι ελληνικές και οι σικελικές είναι οι πιο σημαντικοί τύποι ζυμωμένης ελιάς. Πριν την προσθήκη άλμης, γίνεται επεξεργασία των πράσινων ελιών με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (1.25 - 2.5%), ανάλογα με τον τύπο της ελιάς, για 4 - 7 ώρες στους 21 - 25 °C.

Αυτή η διεργασία πραγματοποιείται για την καταστροφή ενός μέρους της ολευροπαΐνης, που είναι το πικρό συστατικό των ελιών. Ακολούθως οι ελιές ξεπλένονται και τοποθετούνται σε άλμη (5 - 15%).

Η μικροβιολογία της γαλακτικής ζύμωσης των ελιών είναι περίπλοκο φαινόμενο. Γενικά, διακρίνονται τρία στάδια. Το αρχικό στάδιο είναι κρίσιμο όσον αφορά στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, αν η άλμη δεν έχει υποστεί οξίνιση.

Η οξίνιση αποκλείει την ανάπτυξη επικίνδυνων θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων που μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις και ταυτόχρονα διαμορφώνει ένα ιδανικό pH για την ανάπτυξη LAB.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

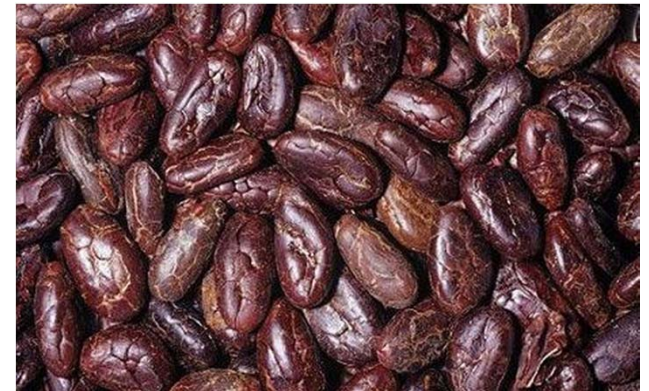
Αρχικά η ζύμωση των πράσινων ελιών διεξάγεται από τη φυσική τους μικροχλωρίδα, η οποία αποτελείται από βακτήρια, ζύμες και ευρωτομύκητες. Τα LAB είναι οι δεσπόζουσες μορφές μικροοργανισμών στο ενδιάμεσο στάδιο.

Τα πρώτα LAB που επικρατούν είναι οι *L. mesenteroides* και *P. cerevisiae* και ακολουθούν λακτοβάκιλοι, κυρίως *L. plantarum* και *L. brevis*. Η ζύμωση διαρκεί περίπου 6 - 8 μήνες και η τελική οξύτητα του προϊόντος κυμαίνεται από 0.18 - 1.27%. Μια οξύτητα της τάξης του 0.6 - 0.7% είναι απαραίτητη για την συντήρηση του προϊόντος και τη διαμόρφωση γεύσης.

Η ζύμωση των ώριμων, μαύρων ελιών δεν συμπεριλαμβάνει επεξεργασία με NaOH. Γίνεται απευθείας σε άλμη 8 - 10%. Στη ζύμωση εμπλέκονται ζύμες και LAB, αλλά επικρατούν συνήθως οι ζύμες. Το τελικό προϊόν έχει pH 4.5 - 4.8 και περιέχει 0.1 - 0.6% γαλακτικό οξύ.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

**Κακάο:** Τα φασόλια κακάο (cacao beans ή cocoa beans) προέρχονται από τον καρπό (cocoa pod) του δέντρου *Theobroma cacao*. Η επεξεργασία των φασολιών παρέχει την πρώτη ύλη για την παρασκευή προϊόντων, όπως η σκόνη κακάο και η σοκολάτα.



## Ζυμούμενα Προϊόντα

Τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φασολιών κακάο προέρχονται από ζύμωση, ενώ το καβούρντισμα (roasting) μη-ζυμωμένων φασολιών δεν αποφέρει παρόμοια αποτελέσματα.

Τα φασόλια, μαζί με τον πολτό που τα περιβάλλει, εξάγονται από τον καρπό του κακαόδεντρου, και ζυμώνονται φυσικά. Αυτό έχει ως συνέπεια να εμπλέκονται διαφορετικά είδη μικροοργανισμών, ανάλογα με την προέλευση της πρώτης ύλης. Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και αρχικές καλλιέργειες, αλλά η φυσική ζύμωση θεωρείται ότι παράγει καλύτερα αποτελέσματα.

Ο πολτός περιέχει κυρίως νερό, 10 - 15% σάκχαρα και έχει pH 3.6 - 4. Ο εμβολιασμός, όταν γίνεται, περιλαμβάνει μια ποικιλία μικροοργανισμών και η ζύμωση διαρκεί συνήθως 2 - 12 ημέρες.

Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, ο κολλώδης πολτός που περιβάλλει τα φασόλια μετατρέπεται σε ένα θολό ζωμό, από τον οποίο τα φασόλια απορροφούν ουσίες που διαμορφώνουν τη γεύση και το άρωμα.



## Ζυμούμενα Προϊόντα

Οι ζύμες και τα οξικά βακτήρια είναι οι πιο σημαντικοί μικροοργανισμοί που σχετίζονται με τη ζύμωση του κακάο. Η ζύμωση διεξάγεται σε δύο στάδια· πρώτα, τα σάκχαρα του πολτού μετατρέπονται σε αιθανόλη, η οποία ακολούθως οξειδώνεται προς οξικό οξύ.

Οι ζύμες μετατρέπουν τα σάκχαρα σε αιθανόλη μέσω αλκοολικής ζύμωσης. Τα είδη που εμφανίζονται συχνότερα κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου είναι:

- Candida krusei*
- Saccharomyces spp.*
- Geotrichium candidum*
- Hansenula anomala*
- Schizosaccharomyces pombe*

Οι ζύμες υδρολύουν και την πηκτίνη που περιέχεται στο περίβλημα των φασολιών. Επίσης, εκτός της παραγωγής αιθανόλης, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των οργανοληπτικών χαρακτήρων του τελικού προϊόντος.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης παράγεται θερμότητα και η θερμοκρασία των φασολιών μπορεί ν' ανέλθει στους 45 - 50 °C. Αυτές οι συνθήκες, σε συνδυασμό με τη συσσώρευση αιθανόλης, προκαλούν πολύ μεγάλη μείωση του πληθυσμού των ζυμών.

Επίσης, αρχίζουν ν' αναπτύσσονται γαλακτικά βακτήρια, κυρίως *L. plantarum* και *Streptococcus* spp., αλλά οι πληθυσμοί τους και οι δράση τους θεωρούνται μικρότερης σημασίας σε σχέση με τα οξικά βακτήρια. Σε μερικές περιπτώσεις όμως συμβάλουν ουσιαστικά στην ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Ακολούθως, ο πολτός αναδεύεται και στραγγίζεται και αυτό προκαλεί εμπλουτισμό σε οξυγόνο και σε συνδυασμό με το χαμηλό pH, δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη οξικών βακτηρίων, κυρίως *Acetobacter* spp.

Όταν ολοκληρωθεί η ζύμωση, τα φασόλια ξηραίνονται με έκθεση στον ήλιο, έτσι ώστε η περιεκτικότητα σε νερό να μειωθεί σε περίπου 7.5%. Καθώς τα φασόλια ξηραίνονται, μπορεί ν' αναπτυχθούν ευρωτομύκητες, όπως το *Geotrichium*, που προκαλούν οξείδωση το γαλακτικού οξέως σε ηλεκτρικό.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

### Γαλακτοκομικά

**Γιαούρτη:** Είναι προϊόν ζύμωσης του γάλακτος και παράγεται χρησιμοποιώντας την αρχική καλλιέργεια γιαούρτης, η οποία αποτελείται από *Streptococcus thermophilus* και *L. dulbrueckii* subsp. *bulgaricus*, σε αναλογία 1:1.

Η συμβιωτική ανάπτυξη των δύο μικροοργανισμών έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή γαλακτικού οξέως σε υψηλότερους ρυθμούς, απ' αυτούς που παρατηρούνται εάν κάθε βακτήριο αναπτυχθεί ξεχωριστά.

Ο *S. thermophilus* παράγει γαλακτικό οξύ, φορμικό οξύ και CO<sub>2</sub>. Το φορμικό οξύ διεγείρει την ανάπτυξη του *L. dulbrueckii*. Ο τελευταίος έχει πρωτεολυτική δράση, απελευθερώνοντας κάποια αμινοξέα που χρησιμοποιεί ο *S. thermophilus* για την ανάπτυξή του. Η ανάπτυξη του *S. thermophilus* αναστέλλεται σε pH 4.2 - 4.4, ενώ αντιθέτως ο *L. dulbrueckii* παρουσιάζει ανθεκτικότητα ακόμα και σε pH 3.5 - 3.8.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

Η γιαούρτη παράγεται χρησιμοποιώντας είτε πλήρες γάλα είτε αποβουτυρωμένο, στο οποίο προστίθεται συνήθως 5% συμπυκνωμένο γάλα ή στερεά μέρη του γάλακτος. Το μίγμα θερμαίνεται στους 82 - 93 °C για 30 - 60 min και ακολούθως ψύχεται στους 45 °C.

Η καλλιέργεια γιαούρτης προστίθεται σε ένα επίπεδο της τάξης το 2% (ο/ο) και το εμβολιασμένο μίγμα αφήνεται να ζυμώσει για 3 - 5 h στους 45 °C. Κατόπιν, ψύχεται στους 5 °C.

Για μέγιστη διάρκεια ζωής σε συνθήκες ψύξης, το τελικό προϊόν θα πρέπει να έχει ογκομετρούμενη οξύτητα περίπου 0.85 - 0.90%. Το γαλακτικό οξύ παράγεται περισσότερο από την ομάδα της γλυκόζης παρά της γαλακτόζης (τα δύο συστατικά σάκχαρα της λακτόζης). Επίσης, παράγεται και μια πληθώρα άλλων μεταβολιτών.

Η ακετελδεΰδη είναι η ουσία που συνεισφέρει περισσότερο στο άρωμα της γιαούρτης, ενώ η ακετοΐνη, το διακετύλιο και η αιθανόλη βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

### Αρτόματα

**Όξος (ξύδι):** Το όξος είναι ένα διαυγές, όξινο υγρό, που μπορεί να είναι άχρωμο, να έχει το χρώμα της πρώτης ύλης ή να χρωματιστεί με την προσθήκη καραμελοχρώματος.

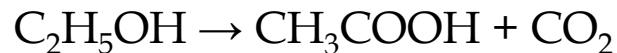
Τα όξη ταξινομούνται ανάλογα με την προέλευση της πρώτης ύλης. Για παράδειγμα, τα σταφύλια είναι η πρώτη ύλη για τα όξη που παράγονται από οίνους. Όξος μπορεί να παρασκευαστεί από οποιοδήποτε τρόφιμο μπορεί να ζυμωθεί από ζύμες προς αιθανόλη.

Τα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται συχνά είναι τα φρούτα, το μέλι, η καρύδα, η βύνη και οι σπόροι δημητριακών. Τα είδη τους όξους μιας περιοχής αντανακλούν και το χαρακτηριστικό αλκοολούχο ποτό που παράγεται σ' αυτήν την περιοχή (π.χ. όξος ρυζιού, οίνου, βύνης κτλ).

## Ζυμούμενα Προϊόντα

Το όξος είναι προϊόν μια ζύμωσης δύο σταδίων:

1. Αλκοολική ζύμωση: Οι ζύμες μετατρέπουν τα σάκχαρα σε αιθανόλη αναερόβια. Η αλκοολική ζύμωση θα πρέπει να ολοκληρωθεί πριν το επόμενο στάδιο, γιατί η ανάπτυξη των οξικών βακτηρίων και οι συνθήκες που διαμορφώνονται δεν επιτρέπουν την περαιτέρω συνέχισή της.
2. Οξοποίηση: Η αιθανόλη οξειδώνεται σε οξικό οξύ αερόβια από βακτήρια του γένους *Acetobacter* και *Gluconobacter*, γνωστά και ως οξικά βακτήρια (acetic acid bacteria - AAB). Η οξοποίηση μπορεί να αντιπροσωπευθεί από την παρακάτω αντίδραση:



Η ελάχιστη επιτρεπτή περιεκτικότητα του όξους σε οξικό οξύ είναι 4 - 6% (β/ο), δηλαδή 40 - 60 g/L και το pH θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3.5.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

Τα βακτήρια που ανήκουν στα γένη *Acetobacter* και *Gluconobacter* είναι αυστηρώς αερόβια και γι' αυτό οι τεχνικές οξοποίησης που έχουν αναπτυχθεί αποσκοπούν στη μεγιστοποίηση παροχής οξυγόνου στα βακτήρια.

Η αύξηση του διαθέσιμου οξυγόνου αυξάνει τον ρυθμό του μεταβολισμού των AAB και συνεπώς την παραγωγή οξικού οξέως. Όμως, ο πιο σημαντικός λόγος μιας απρόσκοπτης παροχής οξυγόνου είναι ότι ακόμα και μια σύντομη διακοπή μπορεί να καταλήξει στον θάνατο των AAB και διακοπή της διεργασίας.

Τα *Acetobacter* παράγουν οξικό οξύ με υψηλότερους ρυθμούς και χρησιμοποιούνται συχνά στη βιομηχανική παραγωγή όξους. Εντούτοις, οξειδώνουν το οξικό οξύ σε νερό και CO<sub>2</sub> (υπερ-οξείδωση), κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με τα *Gluconobacter*.

Η αιθανόλη καταστέλλει την υπερ-οξείδωση. Συνεπώς, για να μειωθεί ο κίνδυνος υπερ-οξείδωσης, διατηρείται πάντα ένα χαμηλό επίπεδο αιθανόλης.

## Ζυμούμενα Προϊόντα

### Προϊόντα κρέατος

*Λουκάνικα:* Τα χαρακτηριστικά των ζυμωμένων λουκάνικων σχετίζονται μερικώς ή εξολοκλήρου με τη δράση βακτηρίων. Η επεξεργασία αυτών των προϊόντων μπορεί επίσης να περιλαμβάνει αλάτισμα (curing), κάπνισμα, ξήρανση και ωρίμανση.

Τα ζυμωμένα λουκάνικα παράγονται με ανάμιξη αλεσμένου κρέατος και διαφόρων συνδυασμών μπαχαρικών, αρωματικών υλών, αλάτων, σακχάρων και βακτηριακών καλλιιεργειών.

Υπάρχουν πολλοί τύποι λουκάνικων, αλλά τα συστατικά που χρησιμοποιούνται συνήθως έχουν ως εξής:

- ❑ Άπαχο κρέας: 55 – 70%
- ❑ Λίπος: 25 – 40%
- ❑ Άλατα (curing salts): 3%
- ❑ Ζυμώσιμα σάκχαρα: 0.4 – 2%



## Ζυμούμενα Προϊόντα

Το μίγμα αφήνεται να ζυμώσει σε διάφορες θερμοκρασίες με φυσική ζύμωση, αλλά συχνά γίνεται προσθήκη αρχικής καλλιέργειας. Η σύσταση των καλλιιεργειών αποτελείται από LAB, νιτροαναγωγικά βακτήρια και τη ζύμη *Debaryomyces hansenii*, η οποία είναι ανθεκτική σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων.

Οι μικροοργανισμοί που μετατρέπουν τα σάκχαρα σε γαλακτικό οξύ με παράλληλη μείωση του pH είναι οι *Lactobacillus spp.* και *Pediococcus acidilactici*. Μικροοργανισμοί όπως οι *Micrococcus varians* και *Staphylococcus carnosus* είναι υπεύθυνοι για την μετατροπή των νιτρικών σε νιτρώδη (έλεγχος *C. botulinum*).

Επίσης, σε λουκάνικα που δεν έχουν υποστεί κάπνισμα, μπορεί ν' αναπτυχθούν επιφανειακά ευρωτομόκητες, οι οποίοι κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης συνεισφέρουν σημαντικά στη διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτήρων, επηρεάζοντας τα επίπεδα των ελεύθερων αμινοξέων, λιπαρών οξέων και πτητικών ουσιών.

## Βιβλιογραφία

Guizani N., Mothershaw A. (2006) Fermentation. In *“Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Vol. 1”*, Hui Y.H. ed., CRC Taylor & Francis, pp. 63-2 - 63-21.