



# Μικροβιολογία Τροφίμων

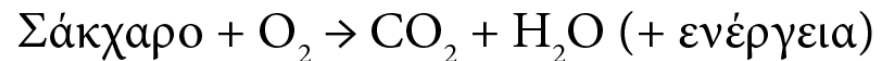
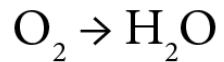
Μάθημα 11<sup>ο</sup>

## Η Βιομηχανική βάση της Ζύμωσης των Τροφίμων

Ανηγμένος δότης ηλεκτρονίων (ένωση A) → Οξειδωμένη ένωση A

Οξειδωμένος δέκτης ηλεκτρονίων (ένωση B) → Ανηγμένη ένωση B

Όταν το οξυγόνο είναι ο δέκτης ηλεκτρονίων στην οξείδωση των σακχάρων:



## Χρήσεις της ζύμωσης

1. Για να **συντηρηθούν** τα λαχανικά και τα φρούτα.
2. Για να **αναπτυχθούν οργανοληπτικά χαρακτηριστικά**, δηλαδή η γεύση, το άρωμα και η υφή.
3. Για να καταστραφούν φυσικές τοξίνες και **ανεπιθύμητα συστατικά** στα ακατέργαστα υλικά.
4. Για να **βελτιωθεί η πέψη**, ειδικά σε κάποια όσπρια.
5. Για να **εμπλουτιστούν** τα προϊόντα με επιθυμητούς μικροβιακούς μεταβολίτες όπως το γαλακτικό οξύ ή τα αμινοξέα.
6. Για να δημιουργηθούν **νέα προϊόντα** για νέες αγορές.
7. Για να αυξηθεί η **διατροφική αξία**.

## Καταβολικά Μονοπάτια

### Βιοχημική βάση της ζύμωσης των τροφίμων

- Οξείδωση → απώλεια ενός ηλεκτρονίου + απελευθέρωση ενέργειας
- Τα τρόφιμα περιέχουν σάκχαρα, τα οποία χρησιμοποιούνται σαν υπόστρωμα από τους μικροοργανισμούς για να παράγουν ενέργεια.
- Στα ζυμούμενα τρόφιμα όμως, συνήθως, δεν υπάρχει οξυγόνο ώστε να χρησιμεύσει ως αποδέκτης ηλεκτρονίων, έτσι μέρος του σακχάρου χρησιμεύει ως αποδέκτης ηλεκτρονίων → ατελείς οξείδωση → 1-2 μόρια ATP για κάθε μόριο γλυκόζης. Προϊόντα ατελούς ζύμωσης:
  - αιθανόλη
  - οξικό οξύ
  - γαλακτικό οξύ } μερικές φορές οξειδώνονται περαιτέρω από άλλους μικροοργανισμούς

# Μεταβολικές κατηγορίες των LAB

## Ομοζυμωτικά

Μετατρέπουν το μεγαλύτερο μέρος της γλυκόζης σε γαλακτικό οξύ μέσω της οδού Embden–Meyerhof, με κύριο αποτέλεσμα γρήγορη οξίνιση του τροφίμου.

Τυπικά χρησιμοποιούνται σε γιαούρτι, τυριά και ελεγχόμενες βιομηχανικές ζυμώσεις.

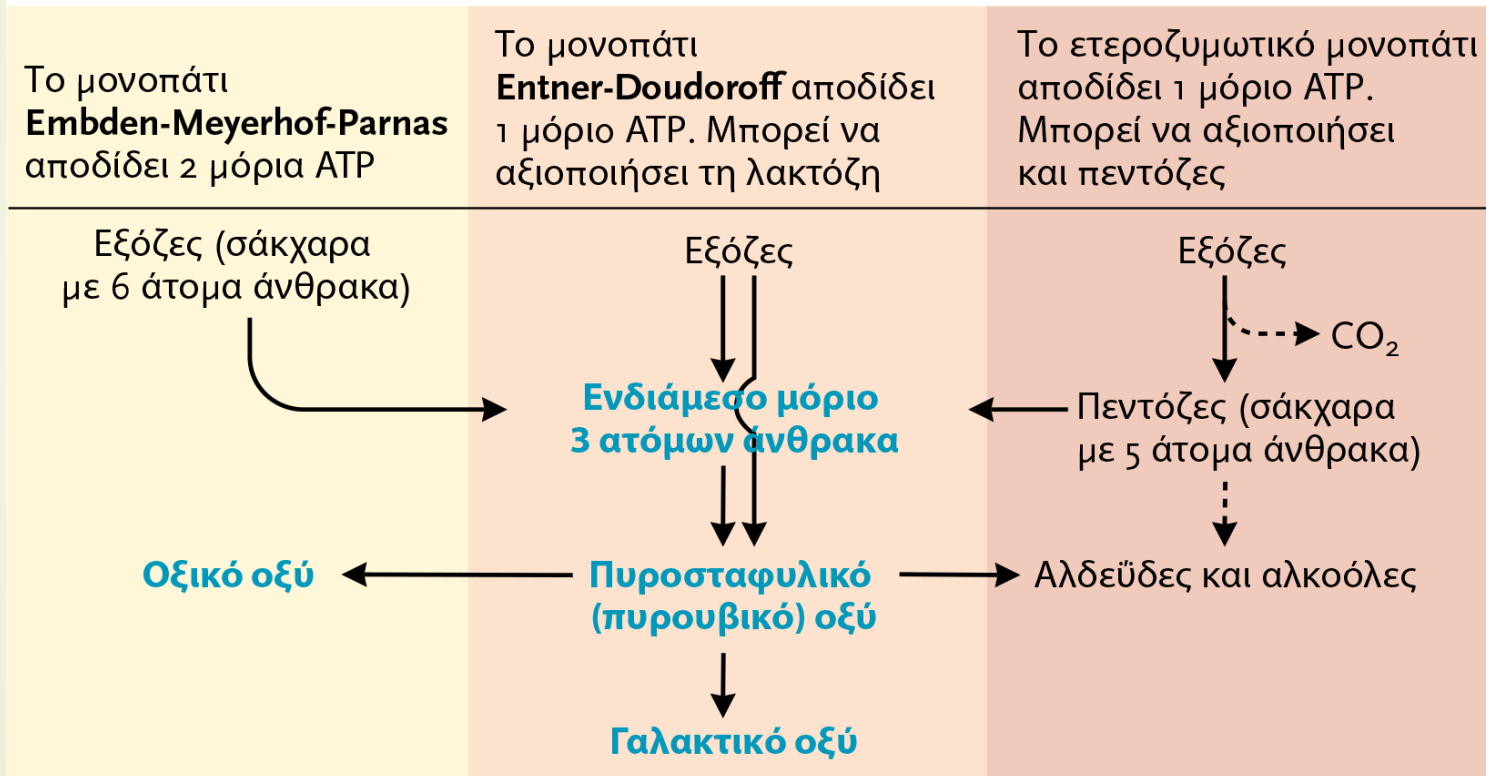
## Ετεροζυμωτικά

Παράγουν γαλακτικό οξύ αλλά και CO<sub>2</sub>, αιθανόλη ή οξικό οξύ μέσω της φωσφοκετολασικής οδού, συμβάλλοντας σε άρωμα, υφή και δημιουργία οπών.

Σημαντικά σε λαχανικά άλμης, sourdough και ορισμένα τυριά.

# Καταβολικά Μονοπάτια

Απλοποιημένα καταβολικά μονοπάτια που χρησιμοποιούνται στα ζυμούμενα τρόφιμα.



## Ζυμώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων

### Ομοζυμωτικά γαλακτικά βακτήρια

- ✓ Κύρια βακτήρια που χρησιμοποιούνται στις ζυμώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων.
- ✓ Τα ομοζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια που διαθέτουν το ένζυμο αλδολάση παράγουν ως τελικό προϊόν ζύμωσης το γαλακτικό οξύ σε ποσοστό > 85% και ανήκουν στα γένη:
  - *Lactococcus*,
  - *Streptococcus*,
  - *Enterococcus*,
  - *Pediococcus* και σε ορισμένα είδη του γένους
  - *Lactobacillus* (ομοζυμωτικοί γαλακτοβάκιλλοι).

## Ζυμώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων

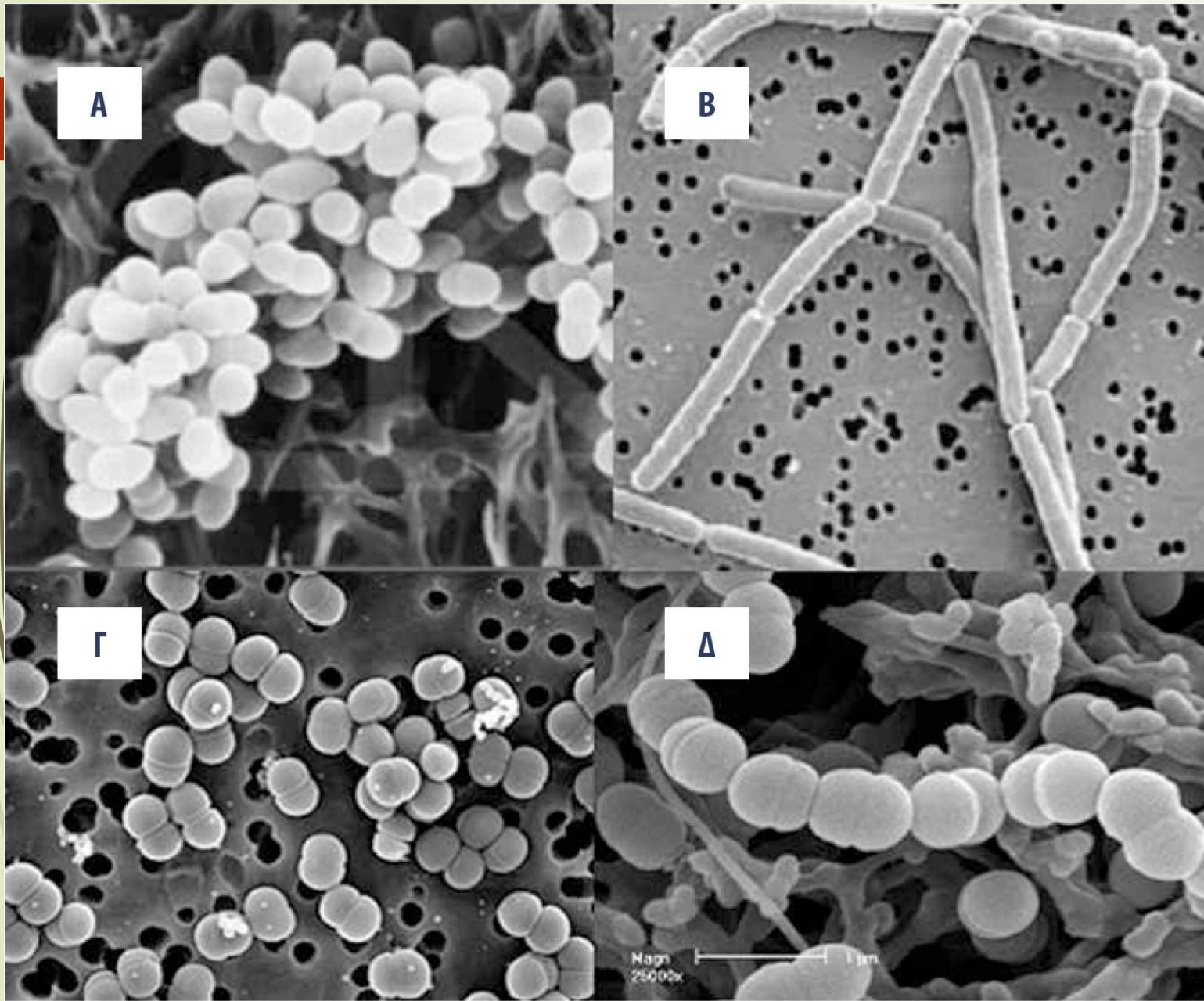
### Ετεροζυμωτικά γαλακτικά βακτήρια

- ✓ Τα ετεροζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια, που διαθέτουν το ένζυμο φωσφοκετολάση παράγουν εκτός από το γαλακτικό οξύ και άλλους μεταβολίτες όπως την αιθανόλη ή το οξικό οξύ και το CO<sub>2</sub>.
- ✓ Τα ετεροζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια συμβάλλουν στην παραγωγή αρωματικών ενώσεων.
- ✓ Στα ετεροζυμωτικά βακτήρια ανήκουν τα είδη του γένους *Betacoccus* (*Leuconostoc*) και ορισμένα είδη του γένους *Lactobacillus* (ετεροζυμωτικοί γαλακτοβάκιλλοι).

# ΖΥΜΩΣΕΙΣ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**Πίνακας 19.2** Μικροοργανισμοί που εμπλέκονται στην παρασκευή τυριών και ζυμούμενων γαλακτοκομικών

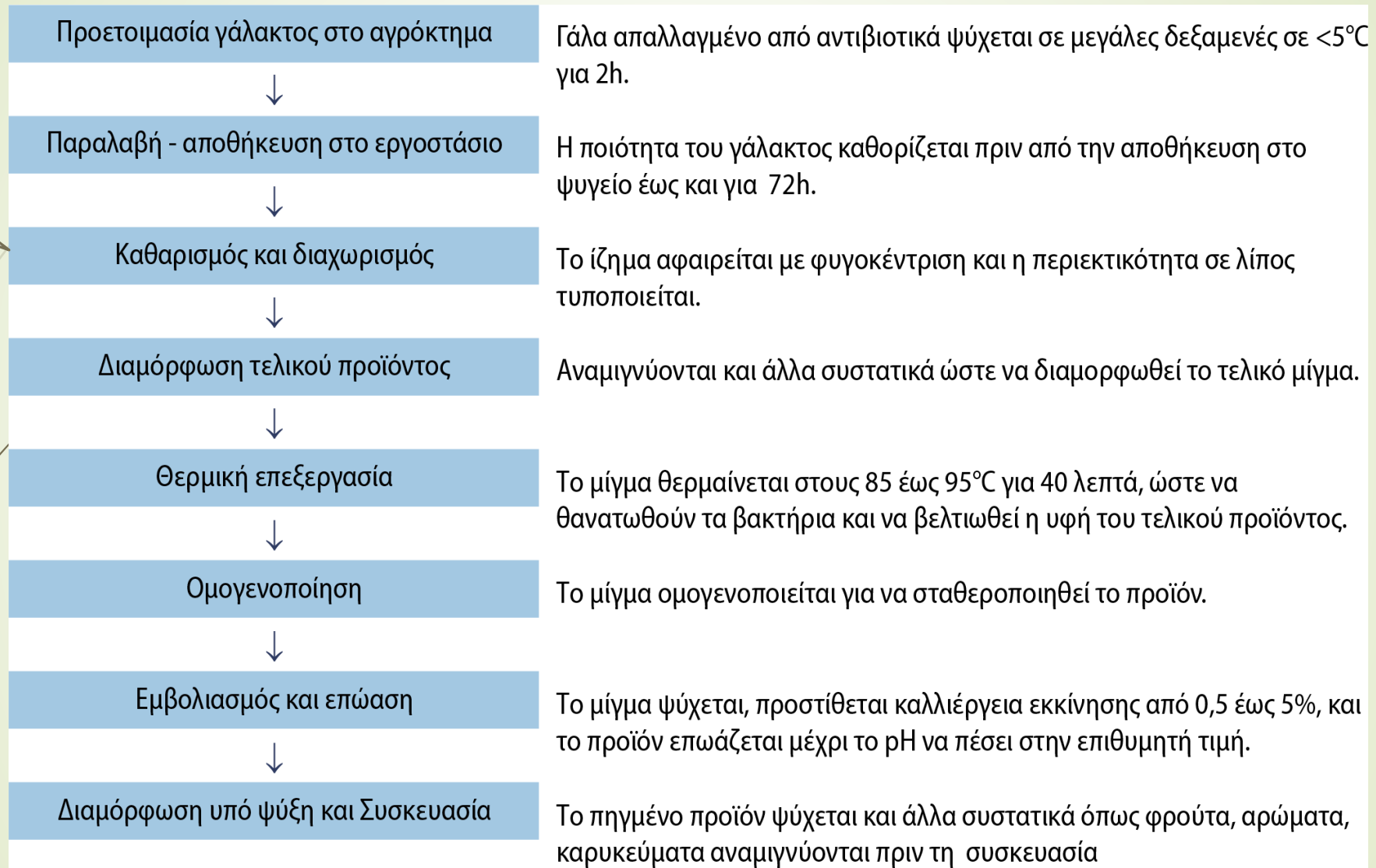
Προϊόν	Βασική καλλιέργεια οξίνησης	Δευτερεύουσα καλλιέργεια που έχει προστεθεί σκόπιμα
<b>Τυριά</b>		
Κόλμπυ, Τσένταρ, κότατζ, κρεμώδη τυριά	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	Καμία
Γκούντα, Ένταμ, Αβάρτι	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	<i>Leuconostoc</i> spp., <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
Μπρικ, Λιμπούργκερ	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	<i>Geotrichum candidum</i> , <i>Brevibacterium linens</i> , <i>Micrococcus</i> spp.
Καμεμπέρ	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	<i>Penicillium camemberti</i> , μερικές φορές <i>B. linens</i>
Μπλε τυριά	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	<i>Penicillium roqueforti</i>
Μοσαρέλλα, Προβολόνε, Ρομάνο, Παρμεζάνα	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i>	Καμία. Ζωικές λιπάσες προστίθενται στο Ρομάνο για πικάντικη γεύση λιπόλυσης
Ελβετικές γραβιέρες (με μεγάλες τρύπες)	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>
<b>Ζυμούμενα γαλακτοκομικά</b>		
Γιαούρτι	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Καμία
Βουτυρόγαλα	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	<i>Leuconostoc</i> spp., <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
Ξινή κρέμα	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> ή <i>lactis</i>	Καμία



Παραδείγματα μικροβίων  
που χρησιμοποιούνται για  
την παραγωγή ζυμούμενων  
προϊόντων γάλακτος

LAB που σχετίζονται με ζυμώσεις τροφίμων. (A) *Lactococcus*; (B) *Lactobacillus*; (Γ) *Pediococcus*; (Δ) *Leuconostoc* (Οι εικόνες Β και Γ είναι ευγενική προσφορά από το Αμερικανικό Ινστιτούτο Γενωμικής (JGI - Joint Genome Institute). Η εικόνα Δ επανατυπώθηκε έπειτα από άδεια των Kaletunç G, Lee J, Alpas H, Bozoglu F, *Appl Environ Microbiol* **70**:1116–1122, 2004).

# Γενικό διάγραμμα παραγωγής τυριού



Γενικό διάγραμμα παραγωγής ζυμούμενων γαλακτοκομικών προϊόντων

## Σταθερός και Προβλέψιμος ρυθμός οξίνησης

**Πίνακας 19.3** Οφέλη καλλιεργειών εκκίνησης στην παραγωγή ζυμούμενων τροφίμων

Ταχεία παραγωγή οξέος

Μείωση ποσοστού επιμολύνσεων

Παραγωγή αρωματικών ενώσεων

Πιο σταθερό και συνεκτικό προϊόν

Πιο προβλέψιμη διαδικασία

# Ζυμούμενα Λαχανικά

## Γενικευμένη διαδικασία για την Παρασκευή ζυμούμενων λαχανικών

### Πίνακας 19.4 Βήματα μιας χαρακτηριστικής ζύμωσης λαχανικών

1. Επιλέξτε λαχανικά που είναι σε καλή κατάσταση, όχι τραυματισμένα, ομοιόμορφου μεγέθους, που να βρίσκονται στην κατάλληλη ωριμότητα.
2. Κάνετε την προεπεξεργασία, για παράδειγμα ξεφλουδίσμα, ζεμάτισμα, μαγείρεμα.
3. Τοποθετήστε τα λαχανικά ολόκληρα, τρυπημένα, τεμαχισμένα ή κομμένα σε φέτες μέσα σε δοχεία ζύμωσης. Αυτά χωρούν από 100 λίτρα μέχρι 100 τόνους. Μπορούν επίσης να προστεθούν και καλλιέργειες εκκίνησης.
4. Καλύψτε πλήρως τα λαχανικά με άλμη και σφραγίστε τα δοχεία ζύμωσης ώστε να εμποδίζεται η είσοδος του οξυγόνου και να διασφαλίζονται οι αναερόβιες συνθήκες.
5. Επιτρέψτε στη ζύμωση να ακολουθήσει τη φυσιολογική της πορεία. Ο χρόνος της ζύμωσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τον τύπο του προϊόντος και τα υπάρχοντα βακτήρια.
6. Διανείμετε το τελικό ζυμούμενο προϊόν φρέσκο, μη συσκευασμένο, συσκευασμένο ή παστεριωμένο.

# Ζυμώσεις κρέατος

- όχι τόσο δημοφιλή προϊόντα, αποτελούν όμως έναν βασικό τύπο ζυμούμενων τροφίμων.
- Φυσικό μικροβίωμα → Gram<sup>-</sup> αερόβια αλλοιογόνα βακτήρια
- Η ζύμωση με LAB αποτρέπει την αλλοίωση και μετατρέπει το ωμό κρέας σε ένα εντελώς διαφορετικό προϊόν.
- Οι πιο κοινοί τύποι ζυμούμενων κρεάτων είναι:
  - τα ξηρά (σαλάμι αέρος) και
  - τα ημίξηρα (σαλάμι μπύρας) ζυμούμενα αλλαντικά.
- Απαιτήσεις για συντηρούμενα στο ράφι (ξηρά λουκάνικα):
  - να περιέχουν νιτρώδη & πρόσθετα αλιπάστωσης.
  - να έχουν ζυμωθεί σε pH < 5
  - να έχουν αναλογία υγρασίας/πρωτεΐνη < 3.1 : 1.0

# Ζυμώσεις Κρέατος

**Πίνακας 19.5** Βήματα για την παραγωγή ζυμούμενων αλλαντικών (σαλάμι αέρος αμερικανικού τύπου)

Λεπτοτεμαχισμός κρέατος υψηλής ποιότητας

Προσθήκη αλάτων (νιτρώδη σε  $<150$  ppm), γλυκόζης 3% ως ζυμώσιμο σάκχαρο, μπαχαρικών και καλλιέργειας εκκίνησης με  $\sim 10^7$  CFU/g.

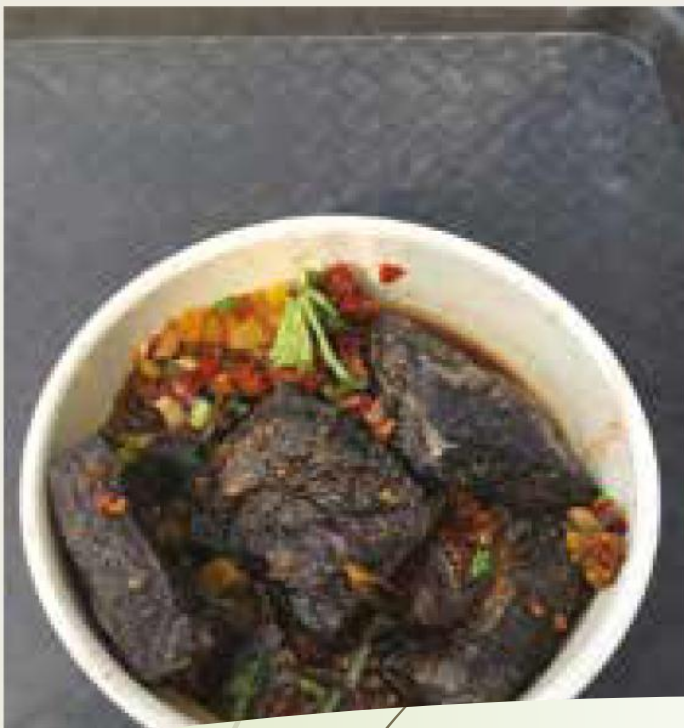
Ανάμιξη των συστατικών

Γέμιση του κρέατος στις θήκες (τεχνητού ή φυσικού εντέρου) υπό κενό

Επάση (ή αλλιώς ωρίμανση) των αλλαντικών

Θέρμανση για την απενεργοποίηση της καλλιέργειας εκκίνησης και τυχόν παθογόνων

Ξήρανση λουκάνικων στον αέρα (μεθωρίμανση)




Τα ζυμούμενα τρόφιμα είναι ουσιαστικό μέρος όλων των πολιτισμών. Το Stinky tofu περιγράφεται εδώ από την Δρ Qing Wang, η οποία κατάγεται από την Κίνα και ολοκλήρωσε την πτυχιακή της διατριβή στη μικροβιολογία τροφίμων. Εδώ βρίσκεται στην Τσανγκσά του Χουνάν, απολαμβάνοντας λίγο stinky tofu.

# Stinky tofu

Δημοφιλές και παραδοσιακό σνακ του δρόμου

# Περίληψη

- ✓ Η ζύμωση είναι μια ατελής οξείδωση των σακχάρων υπό την απουσία οξυγόνου, η οποία χρησιμοποιεί μια εσωτερική οργανική ένωση ως δέκτη ηλεκτρονίων.
- ✓ «Ζύμωση» μπορεί να σημαίνει επίσης «βιοδιεργασία».
- ✓ Ο ζυμωτικός μεταβολισμός αποδίδει μόνο 1 ή 2 μόρια ATP ανά mole γλυκόζης, πολύ λιγότερα από τον οξειδωτικό μεταβολισμό.
- ✓ Τα ομοζυμωτικά βακτήρια παράγουν μόνο γαλακτικό οξύ.
- ✓ Τα ετεροζυμωτικά βακτήρια παράγουν γαλακτικό οξύ, αιθανόλη, διοξείδιο του άνθρακα και οξικό οξύ.
- ✓ Τα ομοζυμωτικά βακτήρια χρησιμοποιούνται στην παραγωγή οξέος, ενώ τα ετεροζυμωτικά βακτήρια συνεισφέρουν στο άρωμα.
- ✓ Οι καλλιέργειες εκκίνησης αυξάνουν την ταχύτητα και τη σταθερότητα των ζυμώσεων.



## Περίληψη

- ✓ Τα οξυγαλακτικά βακτήρια διαθέτουν διάφορους τρόπους μεταφοράς γονιδίων.
- ✓ Τα πλασμίδια φέρουν τα γονίδια πολλών χαρακτηριστικών που είναι σημαντικά για τις ζυμώσεις.
- ✓ Οι ζυμώσεις των λαχανικών βασίζονται στους αυτόχθονους μικροοργανισμούς.

