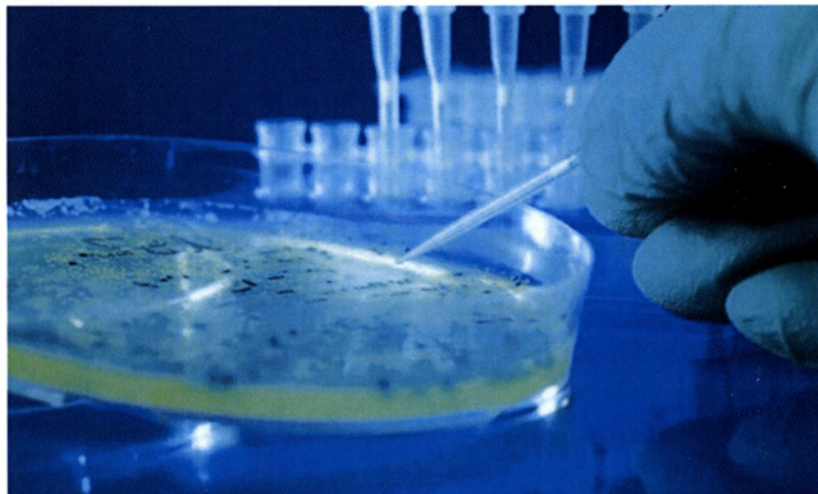




**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**Παραγωγή μικροβιακής πρωτεΐνης: ο ρόλος της στην
ανθρώπινη διατροφή και ως ζωοτροφή"**



ΣΧΟΛΗ : ΣΤΕΓ

ΤΜΗΜΑ: ΤΕΓΕΠ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΑΡΓΥΡΩ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΜ: 2003100

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

1.0 Είδη μικροοργανισμών

1.1 Βακτήρια

1.1.1 Παθογόνα Βακτήρια

1.2 Ζυμομύκητες

1.3 Ευρωμύκητες

2.0 Παραγωγή Μικροοργανισμών

2.1 Βιομηχανική κλίμακα

2.2 Κλειστή καλλιέργεια

2.3 Συνεχής καλλιέργεια

3.0 Πρωτεΐνη

3.1 Η παραγωγή της μικροβιακής πρωτεΐνης

3.2 Η διατροφική αξία της πρωτεΐνης στον άνθρωπο

3.3 Η διατροφική αξία της πρωτεΐνης στα ζώα

3.3.1 Πρωτεϊνικές δαπάνες παραγωγής

Συμπεράσματα

Βιβλιογραφία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μικροοργανισμοί (ή μικρόβια) είναι μικροσκοπικές δομές ζωής των οποίων το μέγεθος γενικά είναι μικρότερο από 1 χιλιοστό του μέτρου και τους οποίους βέβαια δεν μπορούμε να διακρίνουμε με γυμνό μάτι. Οι μικροοργανισμοί ήταν άγνωστοι μέχρι την στιγμή που ανακαλύφθηκε το μικροσκόπιο. Το μικροσκόπιο, με το σύστημα των φακών που διαθέτει μας επέτρεψε να διακρίνουμε μορφές ζωής μικρότερες από το 1 mm και επιπλέον να εξετάσουμε την κυτταρική οργάνωση προκαρυωτικών και ευκαρυωτικών κυττάρων. Με το φωτονικό μικροσκόπιο διακρίνουμε βιολογικές δομές μέχρι 2 εκατομμυριοστά του μέτρου (2 μm), ενώ με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο το όριο αυτό προσεγγίζει τα 2,5 δισεκατομμυριοστά του μέτρου (2,5 nm). (users.sch.gr)

Τα μικρόβια διακρίνονται σε μονοκύτταρους προκαρυωτικούς (κύτταρο χωρίς πυρήνα) οργανισμούς, όπως τα βακτήρια και σε μονοκύτταρους ή πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς (κύτταρο με συγκροτημένο πυρήνα) οργανισμούς, όπως είναι τα πρωτόζωα και οι μύκητες, που βρίσκονται διασκορπισμένοι, σε μεγάλους αριθμούς σε κάθε περιβάλλον (έδαφος, νερό, αέρα, σε άλλους οργανισμούς). Στους μικροοργανισμούς ανήκουν και οι ιοί, που δεν διαθέτουν κυτταρική οργάνωση, αλλά χρησιμοποιούν κύτταρα ξενιστές για να αναπαραχθούν.

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να μεταφερθούν από τον ένα ξενιστή στον άλλο ως εξής:

Ζωικές πηγές: Κάποιοι οργανισμοί είναι παθογόνοι για τα ζώα όπως και για τους ανθρώπους και μπορούν να μεταδοθούν στους ανθρώπους μέσω άμεσων ή έμμεσων τρόπων.

Αερογενώς: Παθογόνοι μικροοργανισμοί, όπως οι ρινοϊοί, τα μυκοβακτήρια ή ο ιός της ανεμευλογιάς μπορούν να αποβάλλονται στον αέρα και να εισπνέονται από

εκτεθειμένα άτομα Λοιμώξεις εξ' επαφής: Άμεση μετάδοση μικροοργανισμών μπορεί να συμβεί με επαφή δέρματος με δέρμα, όπως σε πολλές σεξουαλικά μεταδιδόμενες νόσους.

Τροφογενώς: Τροφή και νερό μπορεί να περιέχουν παθογόνους οργανισμούς, που έχουν βρεθεί εκεί από την παρασκευή της τροφής από μολυσμένα άτομα ή μέσω μόλυνσης από κόπρανα ή έντομα.

Μολυσματικές ουσίες: Άψυχα αντικείμενα, όπως λευκά είδη, βιβλία, εργαλεία μαγειρικής ή ρουχισμός, που μπορούν να φιλοξενήσουν μικροοργανισμούς και θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν στη μεταφορά τους από ένα σημείο σε άλλο. Ανθρώπινοι φορείς Ασυμπτωματικά άτομα (πχ., τυφοειδής πυρετός Mary) μπορούν να φιλοξενούν μικροοργανισμούς χωρίς να εκδηλώνουν νόσο, αλλά να τη μεταδίδουν σε άλλους.

Αρθρόποδα φορείς: Έντομα, κρότωνες και ακάρεα μπορούν να μεταδώσουν νόσους με δείγμα στους ξενιστές τους και εναποθέτοντας μικροοργανισμούς στο αίμα. Οι μύγες παίρνουν τα παθογόνα στα πόδια τους και τα μεταφέρουν στις τροφές, το νερό και σε πληγές.

Μέσω του εδάφους: Οργανισμοί που σχηματίζουν σπόρια (όπως ο τέτανος) στο χώμα μπορούν να εισβάλουν στο σώμα μέσω μιας εκδοράς ή πληγής. Λαχανικά και φρούτα, ειδικά αγρωστώδη με ρίζα, μπορούν να μεταδώσουν μικροοργανισμούς στον γαστρεντερικό σωλήνα (www.iatronet.gr).

Απλές κυτταρικές πρωτεΐνες είναι τα αποξηραμένα κύτταρα του μικροοργανισμού τα οποία χρησιμοποιούνται ως συμπλήρωμα πρωτεΐνης στα ανθρώπινα τρόφιμα. Παλαιότερα χρησιμοποιούσαν φθινή πρώτη ύλη και απόβλητα ως πηγές άνθρακα και ενέργειας για την ανάπτυξη και την παραγωγή βιομάζας.

Η αυξανόμενη έλλειψη πρωτεϊνών τείνει να γίνει ένα κύριο πρόβλημα του κόσμου. Από τις αρχές της δεκαετίας του 50 έγιναν νέες προσπάθειες για τη διερεύνηση νέων εναλλακτικών μορφών πρωτεΐνης. Για το λόγο αυτό το 1996 ανακαλύφθηκαν οι ζυμομύκητες, οι μύκητες, τα βακτήρια και τα φύκια. Τα φύκια αναπτύχθηκαν σε λίμνες και μπορούν να παράγουν το 20% της πρωτεΐνης ανά στρέμμα. Τα βακτήρια έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και έχουν ταχύ ρυθμό ανάπτυξης. Τα κύρια μειονεκτήματα είναι τα εξής:

-έχουν μικρό μέγεθος και χαμηλή πυκνότητα

-έχουν υψηλές ποσότητες νουκλεϊκού οξέος

Μεγάλης κλίμακας διεργασίες για την παραγωγή πρωτεΐνης παρουσιάζουν ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά όπως:

1. η μεγάλη ποικιλία των μεθοδολογιών
2. η υψηλή αποδοτικότητα μετατροπής σε υπόστρωμα
3. η υψηλή αποδοτικότητα που προέρχεται από τους ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών
4. η ανεξαρτησία των εποχιακών παραγόντων

Υπάρχουν και μη μηχανικές μέθοδοι παραγωγής πρωτεΐνης όπως η χημική επεξεργασία, η ενζυμοανάλυση και η φυσική επεξεργασία (Branden, Tooze, 1999)

1.0 ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Σύμφωνα με τον Haeckel, οι μικροοργανισμοί κατατάσσονται στα πρώτιστα, τα οποία διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

α) τα ευκαρυωτικά (φύκη, πρωτόζωα, μύκητες, μυξομύκητες)

β) τα προκαρυωτικά (βακτήρια, κυανοπράσινα φύκη, μυκοπλάσματα).

Ανάλογα με την πηγή άνθρακα, αζώτου και ενέργειας, τα μικρόβια διαιρούνται σε τέσσερις ομάδες:

α) τα φωτοαυτότροφα, τα οποία χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την ηλιακή ακτινοβολία και ως πηγή άνθρακα το CO_2 , β) τα φωτοετερότροφα, τα οποία χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας την ηλιακή ακτινοβολία και ως πηγή άνθρακα οργανικές ενώσεις, γ) τα χημειοαυτότροφα, τα οποία χρησιμοποιούν το CO_2 ως μοναδική πηγή άνθρακα και αντλούν ενέργεια από τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις ανοργάνων ουσιών, και δ) τα χημειοετερότροφα, τα οποία χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα οργανικές ουσίες και αντλούν ενέργεια από οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις οργανικών πάντα ουσιών

Μια κατηγοριοποίηση των μικροοργανισμών, η οποία είναι πρακτική για τα τρόφιμα, είναι η εξής:

A. Βακτήρια,

B. Ζυμομύκητες,

Γ. Ευρωτομύκητες (Raven, Johnson, 2002).

Οι μικροοργανισμοί των τροφίμων μπορεί να είναι είτε ανεπιθύμητοι (παθογόνοι αλλοιωγόνοι), είτε χρήσιμοι (ζυμώσεις, ωρίμανση).

1.1 Βακτήρια

Πρόκειται για μικροσκοπικούς μονοκύτταρους οργανισμούς, που πολλαπλασιάζονται με διαίρεση. Είναι ετερότροφοι, αγενείς, χωρίς διάκριτο κυτταρικό πυρήνα, χωρίς χλωροφύλλη και με σφαιρικό(κοκκώδες), ραβδόμορφο ή σπειροειδές σχήμα. Τα σφαιρικά διαιρούνται προς κάθε επίπεδο και διακρίνονται σε διπλόκοκκους, τετράκοκκους, σαρκίνες, στρεπτόκοκκους και σταφυλόκοκκους. Τα ραβδόμορφα διαιρούνται εγκάρσια και διακρίνονται σε λεπτοτριχοειδή κλωστρίδια(διόγκωση στο μέσο) κεφαλοσπόρια (διόγκωση στο άκρο). Τα σπειροειδή είναι σαν τα ραβδόμορφα παρουσιάζουν όμως απολήξεις ή ελικοειδή περιστροφή και διακρίνονται σε δονάκια και σπειρύλια. Τα βακτήρια που παρουσιάζουν σπορίωση ονομάζονται βάκιλλοι (Raven, Johnson, 2002). Από το σύνολο των βακτηρίων μόνο ορισμένα είδη αφορούν τη βιομηχανία τροφίμων. Αυτά ανήκουν στις ομάδες 2, 4, 5, 12, 13, 14 και 15. Βάσει της δράσης τους μπορούν πρακτικά να κατηγοριοποιηθούν σε:

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥ ΜΟΛΥΝΣΕΩΣ: εκδήλωση παθογένειας δια προσβολής του δέκτη ή μέσω τοξίνης

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΛΛΟΙΩΣΕΩΝ: ανεπιθύμητες αλλαγές οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, μη παθογόνες,

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΩΦΕΛΙΜΙΣΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ: για την παραγωγή χρήσιμων για τον άνθρωπο προϊόντων του μεταβολισμού τους όπως γαλακτικό οξύ (σε τρόφιμα όπως γιαούρτια, τυριά, βουτυρόγαλα, ελιές, τουρσιά, πίκλες, σαλάμι αέρος), προπιονικό οξύ (σε τυριά ελβετικού τύπου Emmenthaler), οξεικό οξύ (παραγωγή ξυδιού) (<http://en.wikipedia.org>)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Είδη βακτηρίων

ΟΜΑΔΑ 1.	Οι Σπειροχαιτές (Spirochetes) Γένη: Spirochaeta, Treponema, Borrelia κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 2.	Αερόβια / Μικροαερόφιλα, Κινούμενα, Ελικοειδή / Βυμπριοειδή. Αρνητικά κατά Gram βακτήρια (Aerobic / Microaerophilic, Motile, Helical / Vibrioid Gram - Negative Bacteria). Γένη: Spirillum, Campylobacter κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 3.	Μη κινούμενα (ή σπανίως κινούμενα), αρνητικά κατά Gram, καμπύλα βακτήρια (Nonmotile or Rarely Motile, Gram Negative Curved Bacteria).
ΟΜΑΔΑ 4.	Αρνητικά κατά Gram, αερόβια ραβδία και κόκκοι (Gram Negative Aerobic Rods and Cocci). Οικογένειες: Pseudomonadaceae, Halobacteriaceae, Acetobacteriaceae, κ.λ.π. Γένη: Alcaligenes, Brucella κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 5.	Προαιρετικώς αναερόβια αρνητικά κατά Gram ραβδία (Facultatively Anaerobic Gram - Negative Rods). Οικογένειες: Enterobacteriaceae, Vibrionaceae κ.λ.π. Γένη: Zymomonas, Streptobacillus κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 6.	Αναερόβια, αρνητικά κατά Gram, ευθέα, καμπύλα ή ελικοειδή ραβδία (Αναερόβιυ Γραμ - Νεγαιωε Στραχηη , Ψθρωεδ ανθ Ηελαωαλ Ροδσ).
ΟΜΑΔΑ 7.	Αποικοδομούντα θειικά και ανάγοντα το θείο βακτήρια (Dissimilatory Sulfate - or - Sulfur - Reducing Bacteria). Γένη: Desulfovibrio, Desulfomonas κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 8.	Αναερόβιοι αρνητικοί κατά Gram κόκκοι (Anaerobic Gram - negative Cocci).
ΟΜΑΔΑ 9.	Ρικέτσιας και Χλαμύδια (Rickettsias and Chlamydias).
ΟΜΑΔΑ 10.	Μυκοπλάσματα (Mycoplasmas).
ΟΜΑΔΑ 11.	Ενδοσυμβιωτές (Endosymbionts).
ΟΜΑΔΑ 12.	Κόκκοι θετικοί κατά Gram (Gram - positive Cocci). Οικογένεια: Micrococcaceae. Γένη: Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus Sarcina κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 13.	Σποριογόνα θετικά κατά Gram ραβδία και κόκκοι (Endospore - forming Gram positive Rods and Cocci). Γένη: Bacillus, Clostridium, Sporosarcina κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 14.	Κανονικά ασποριογόνα, θετικά κατά Gram ραβδία (Regular, Non-sporing, Gram - positive Rods). Γένη: Lactobacillus, Listeria, Brochothrix κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 15.	Ακανόνιστα, ασποριογόνα, θετικά κατά Gram ραβδία (Irregular, Nonsporing, Gram - Positive Rods). Γένη: Corynebacterium, Actinomyces, Bifidobacterium κ.λ.π.
ΟΜΑΔΑ 16.	Mycobacteria (Μυκοβακτήρια). Οικογένεια: Mycobacteriaceae.Γένος: Mycobacterium.
ΟΜΑΔΑ 17.	Nocardioforms (Νοκαρδιότυπα). Γένη: Nocardia, Rhodococcus, Saccharopolyspora κ.λ.π.

Τα βακτήρια είναι η κυριότερη πηγή μόλυνσεως και αλλοίωσης των τροφίμων. Η συγκριτική “υπεροχή” τους αυτή έναντι των άλλων μικροβίων οφείλεται στη μεγάλη παραλλακτικότητα των διαφόρων ειδών τους ως προς τις απαιτήσεις σε pH, θρεπτικά συστατικά, θερμοκρασία, ERH. Επίσης, οφείλεται στη δυνατότητα σχηματισμού ενδοσπορίων, στη δυνατότητα αναερόβιας ανάπτυξης και στην έκκριση τοξινών.

1.1.1 Παθογόνα Βακτήρια

Υπάρχουν και τα παθογόνα βακτηρίδια που προκαλούν στον άνθρωπο διάφορες ασθένειες, όταν μπουν στον οργανισμό του. Τέτοιες ασθένειες είναι η φυματίωση, ο κοκίτης, ο τέτανος, ο τύφος (βλ. πιν. 2). Τα μη παθογόνα βακτηρίδια προκαλούν τη ζύμωση του ψωμιού, τη ζύμωση (βράσιμο) του μούστου κ.ά. Οι μικροβιολογικές έρευνες απόδειξαν ότι παντού υπάρχουν βακτήρια. Τα παθογόνα βακτήρια, όταν μπαίνουν στον οργανισμό, για να προκαλέσουν μια ασθένεια, πρέπει να βρουν τις κατάλληλες γι' αυτά συνθήκες, δηλαδή αδυναμία του οργανισμού να αμυνθεί. Για την προφύλαξή του: ο άνθρωπος, από τις ασθένειες, πρέπει λοιπόν να αποφεύγει τη μόλυνση με μικρόβια, πρέπει να παίρνει καλή και υγιεινή τροφή κλπ. Επίσης κατά των παθογόνων βακτηρίων, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τα εμβόλια, που παίρνει από το στόμα ή υπό μορφή ενέσεων. Τα εμβόλια δημιουργούν στον οργανισμό αντισώματα που αδρανοποιούν και καταστρέφουν τα βακτήρια. Η πλήρης κατάταξη των βακτηριδίων είναι ακόμη δύσκολο να γίνει, γιατί αυτά δεν είναι ευτελώς γνωστά (International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1996).

Οι σύγχρονοι ερευνητές θεωρούν τον κόσμο των βακτηριδίων σαν αυτόνομο κλάδο που δεν υπάγεται ούτε στο ζωικό ούτε στο φυτικό βασίλειο. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα στοιχεία των παθογόνων βακτηρίων:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: στοιχεία των παθογόνων βακτηρίων

Βακτήριο Ιδιότητα	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Clostridium perfringens</i>
Φυσικό περιβάλλον	Πουλερικά, κατοικίδια και άγρια ζώα, άνθρωπος, έντομα, πουλιά	Εδαφος, βλάστηση, άνθρωπος, λύματα, νερό, ζώα (ευρεία διάδοση)	Νερό, χοιρίδια, τρωκτικά	Εδαφος, φερτές ύλες γλυκού νερού, βλάστηση (ευρεία διάδοση)	Εδαφος, θαλάσσια κήματα, σκόνη, περιττώματα
Τρόφιμα σχετιζόμενα	Γάλα, ωμά πουλερικά, αυγά ωμό κρέας	γάλα, μαλακό τυρί, ωμό κρέας, παγωτά, λαχανικά	γάλα, παγωτά, λαχανικά, ωμό χοιρινό	ανεπαρκώς επεξεργασμένες ή επιμολυσμένες κονσέρβες	Κιμάς, πουλερικά, χοιρινό, γαλακτοκομικά προϊόντα
Σημαντικότητα	Συνήθης υπεύθυνος τροφικής παθογένειας λόγω καλής υγιεινής ή ανεπαρκούς επεξεργασίας Έντονα συμπτώματα. Σπάνια θανατηφόρο	Δυνατότητα ανάπτυξης σε T φυγίου. Μικροοργανισμός ευρείας διάδοσης. Θανατηφόρο σε 30% των προσβαλομένων.	Αυξανόμενος αριθμός κρουσμάτων. Συμπτώματα παρεμφερή με κρίση σκωληκοειδίτιδας	Σπόρια πολύ ανθεκτικά σε θέρμανση - ξήρανση και χημικούς παράγοντες. Τοξίνη ευαίσθητη στη θέρμανση αλλά πολύ θανατηφόρος	Συνήθης αιτία τροφικής παθογένειας. Θερμόφιλο σπόριο. Παράγει τοξίνη αφού εισέλθει στο έντερο διά του καλωσμένου τροφίμου
Παθογόνος δόση	Χαμηλή: 5-24/ml γάλα, 4/kg γάλα σκόνη, 1-5/100g τυρί	10 ⁴ – χαμηλότερη για άτομα με επιβαρυνμένο ανοσοποιητικό σύστημα	Αγνωστη - πιθανόν υψηλή (> 10 ⁶)	πολύ χαμηλή 0.2 μg τοξίνης	Υψηλή 10 ⁶ - 10 ⁷ /g τροφίμου (8-10 mg τοξίνης)
Περίοδος επώασης	12 - 72 hr	8 μέρες - 3 μήνες	1-10 μέρες	<18-96 ώρες	8-24 ώρες
Συμπτώματα	Ναυτία, έμετοι, κοιλιακοί πόνοι, πονοκέφαλοι, ρίγη, πυρετός, διάρροια. 2-3 μέρες	Από γρίπης έως μηνιγγίτιδας. Προκαλεί αποβολές.	Διάρροια, πυρετός, έμετοι, οξύς πόνος στο δεξί χαμηλό μέρος της κοιλίας.	Σκοτεινή, διαταραχές όρασης, αδυναμία κατάποσης → παράλυση και θάνατος	Διάρροια, ναυτία, αέρια
Μορφολογία	Gram(-) κοντά ραβδία με περιμετρικές βλεφαρίδες, 0.5-0.7x1.0-3.0 μ	Gram(+) κοντά ραβδία, 0.4-0.5x0.5-2.0 μ	Gram(-) κοντά ραβδία, 0.5-0.1x1.0-2.0 μ	Gram(+) σπορογόνα ραβδία, 0.5-2.4x1.7-22.0 μ	Gram(-) σπορογόνα ραβδία, 0.9-1.3x3.0-9.0 μ
Απαιτήσεις σε O ₂	Προαιρετικά αναερόβιο	Αερόβιο ή μικροαερόφιλο	Προαιρετικά αναερόβιο	Αναερόβιο	Αναερόβιο (μπορεί να αναπτυχθεί παρουσία O ₂ στη λογαριθμική φάση)
Θερμοκρασίες ανάπτυξης (°C)	Μέγιστη 45-47 Βέλτιστη 37 Ελάχιστη 5.1	45 25-30 0	44 32-34 0-1	48 30-37 3.3 (μη πρωτεολυτικός τύπος E) 10.0(πρωτεολυτικοί τύποι A,B,...)	50 43-45 12
Περιοχή πρώων pH	Μέγιστη 9.0 Βέλτιστη 6.5-7.5 Ελάχιστη 4(HCl/κιτρικό) 4.4(γαλακτικό) 5.4(οξεϊκό)	9 7-7.5 4.4 στους 30° C (pH 5.0 στους 4°C)	9 7.0-8.0 4.6	9 6.5-7.0 5.0 (μη πρωτεολυτικός τύπος E) 4.6 (πρωτεολυτικοί τύποι A,B,...)	8.3 6-7.5 5.0
Ελάχιστο aw για ανάπτυξη	0.95	0.92	0.95	0.97 (μη πρωτεολυτικός τύπος E) 0.94 (πρωτεολυτικοί τύποι A,B,...)	0.95
Μέγιστο % NaCl για ανάπτυξη	8	10	5-8	5 (μη πρωτεολυτικός τύπος E) 10 (πρωτεολυτικοί τύποι A,B,...)	6

Ο επόμενος πίνακας απεικονίζει τις ιδιότητες των παθογόνων βακτηρίων και τα είδη τους:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ιδιότητες των παθογόνων βακτηρίων και τα είδη τους

Βακτήριο / Ιδιότητα	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus Cereus</i>	<i>Escherichia coli</i> 0157 H7	<i>Aeromonas hydrophila</i>
Φυσικό περιβάλλον	Δέρμα, αμυχές, βλενογόνο.	Εδαφος, βλάστηση, γάλα	Βοοειδή, κοπριά, κρέας, γάλα.	Γλυκά νερά, λύματα, θαλάσσιο νερό.
Τρόφιμα σχετιζόμενα	Ψάρια, κρέας, γάλα, τυρί, ζυμαρικά, αλλαντικά.	Ρύζι, μπαχαρικά, κρέας, γάλα, λαχανικά, ξηροί καρποί.	Κιμάς, κρέατα, γάλα.	Θαλασσινά, κόκκινο κρέας, πουλερικά, γάλα.
Σημαντικότητα	Μπορεί εύκολα να περάσει από τους ανθρώπους στο τρόφιμο σε συνθήκες μη σωστών χειρισμών. Παράγει θερμοάντοχη τοξίνη.	Θερμοάντοχα σπόρια. Δυνατότητα μόλυνσης με παραγωγή τοξίνης ή με πολλαπλασιασμό στο έντερο.	εντεροαιμορραγικό έντονα συμπτώματα - πιθανόν θανατηφόρο.	Ασθενείς με επιβαρυνόνο ανοσοποιητικό σε κίνδυνο. Δυνατότητα ανάπτυξης σε T υγιούς παράγει δύο τύπους τοξίνης.
Παθογόνος δόση	1 mg τοξίνης (για παραγωγή τοξίνης απαιτούνται 10 ⁶ Ig κύτταρα)	10 ⁵ - 10 ⁹	Άγνωστη	Άγνωστη
Περίοδος επίωσης	2-6 ώρες	Διαρρηκτική τοξίνη 6-15 ώρες Εμετική τοξίνη 1/2 - 6 ώρες	3-9 μέρες	Άγνωστη
Συμπτώματα	Ναυτία, έμετοι και διάρροια που διαρκούν 1-2 μέρες	Ναυτία, έμετοι, διάρροια	Αιμορραγική κοιλίτιδα, αιμορραγική διάρροια, νεφρική ανεπάρκεια, θάνατος.	Διάρροια, έμετοι, κοιλιακοί πόνοι, πυρετός. Μπορεί να προκαλέσει μηνιγγίτιδα και σηψαιμία.
Μορφολογία	Gram(+) σταφυλόκοκκοι διαμέτρου 0.7-0.9 μ	Gram(+) σπορογόνα ραβδία 1.0-1.2 x 3.0-7.0 μ	Gram(-) ραβδία 1.1-1.5 x 2-6 μ	Gram(-) ραβδία με στρογγυλεμένα άκρα 0.3-1.0 x 1.0-4.4 μ
Απαιτήσεις σε O ₂	Προαιρετικά αναερόβιο	Προαιρετικά αναερόβιο	Προαιρετικά αναερόβιο	Προαιρετικά αναερόβιο
Θερμοκρασίες ανάπτυξης (° C)	Μέγιστη 48 Βέλτιστη 37 Ελάχιστη 7-11	49 30 10	45 37 10	42 28 1-4
Περιοχή τιμών pH	Μέγιστη 9.8-10 Βέλτιστη 6.0-7.0 Ελάχιστη 4.0	9.3 6-7.5 4.35	9.5 6-7 4.4	10 4
Ελάχιστο aw για ανάπτυξη	0.86 (για παραγωγή τοξίνης 0.9)	0.912	0.95	άγνωστη
Μέγιστο % NaCl για ανάπτυξη	18.2 (για παραγωγή τοξίνης 10%)	10	6-8	7.5

1.2 ΖΥΜΟΜΥΚΗΤΕΣ

Πρόκειται για ελλειψοειδείς, σφαιρικούς ή ραβδόμορφους μικροοργανισμούς. Το μέγεθός τους ποικίλλει από 2-6 μm, ενώ ο πολλαπλασιασμός τους γίνεται με εκβλάστηση, διχοτόμηση(σχιζομύκητες) ή σπορογονία (δυσμενείς συνθήκες). Μπορεί να είναι σπορογόνοι ή και άσποροι. Η κυτταρική οργάνωση των ζυμομυκήτων περιλαμβάνει:

- Κυτταρικό τοίχωμα από ημικυτταρίνη, χιτίνη. (Συχνά γλοιώδες περίβλημα που προκαλεί συγκόλληση).
- Κυτταρική μεμβράνη
- Κυτταρόπλασμα με πυρήνα, χυμοτόπια και σπειρωτά κοκκία.

Οι ζυμομύκητες είναι αερόβιοι, ανθεκτικοί σε χαμηλό pH και ενεργότητα νερού, αλλά είναι ευαίσθητοι στη θερμοκρασία. Οι ζυμομύκητες προκαλούν αλλοιώσεις, αλλά όχι παθογένεια. Πιο συγκεκριμένα, το προζύμι είναι μια *συμβιωτική καλλιέργεια μικροοργανισμών* που τρέφεται (ή ζυμώνει) κυρίως με αλεύρι και νερό. Οι κυριότεροι μικροοργανισμοί που βρίσκονται σε ένα κλασσικό προζύμι για ψωμί ανήκουν στις εξής οικογένειες:

- Saccharomyces
- Lactic acid bacteria
- Acetic acid bacteria

Ο σακχαρομύκητας είναι κυρίως υπεύθυνος για την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και αιθανόλης (αλκοόλ), του αερίου που διογκώνει το ψωμί, και τα βακτήρια είναι υπεύθυνα για την παραγωγή των αντίστοιχων οξέων, που δίνουν την χαρακτηριστική όξινη γεύση. Κατά την ζύμωση δηλαδή, οι μικροοργανισμοί - το προζύμι - τρώνε τα συστατικά του αλευριού και παράγουν σαν βασικά προϊόντα της ζύμωσης CO₂ και διάφορα οξέα. Υπάρχουν και άλλοι μικροοργανισμοί σε μικρότερους πληθυσμούς στο προζύμι, αλλά οι κυρίαρχοι και αυτοί που μας ενδιαφέρουν λόγω προϊόντων και υποπροϊόντων της ζύμωσης τους, είναι οι παραπάνω.

Η μαγιά είναι ένα μόνο είδος μικροοργανισμού, ένας σακχαρομύκητας. Συγκεκριμένα, η επιστημονική ονομασία του είδους της μαγιάς είναι *Saccharomyces cerevisiae*. Είναι ακριβώς ο ίδιος μικροοργανισμός που χρησιμοποιείται και στην παραγωγή των περισσότερων ειδών μπίρας. Η μαγιά που έμενε μετά την ζύμωση της μπίρας δινόταν σε φούρνους που ήταν κοντά στο ζυθοποιείο για να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ψωμιού. Αυτός ήταν και ο λόγος που αρχικά διαδόθηκε. Η μαγιά όπως και όλοι οι σακχαρομύκητες παράγει κυρίως CO₂ και αιθυλικής αλκοόλης. Οι βασικές διαφορές μεταξύ του προζυμιού και της μαγιάς είναι οι εξής:

- η μαγιά περιέχει έναν συγκεκριμένο μικροοργανισμό, ενώ το προζύμι περιέχει πολλά είδη μικροοργανισμών, μοναδικά για την περιοχή
- η μαγιά είναι εύκολη στην χρήση με πάντα προβλέψιμο αποτέλεσμα, ενώ το προζύμι χρειάζεται προετοιμασία και φροντίδα ώστε το αποτέλεσμα να είναι πάντα προβλέψιμο
- ο χρόνος που χρειάζεται το προζύμι για να ζυμώσει το ψωμί είναι συνήθως μεγαλύτερος από τον χρόνο που χρειάζεται η μαγιά
- το προζύμι δίνει ανώτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στο ψωμί από τη μαγιά, κυρίως λόγω των προϊόντων και υποπροϊόντων της ζύμωσης των βακτηρίων
- η μαγιά δίνει πάντα ομοιόμορφο γευστικά αποτέλεσμα, ενώ το προζύμι δίνει ψωμί με διαφορετικά χαρακτηριστικά, ακόμη και ανάλογα με την περιοχή του κόσμου όπου χρησιμοποιείται
- το προζύμι αναπτύσσεται καλύτερα σε όξινα ζυμάρια, ενώ η μαγιά αναπτύσσεται σε ουδέτερα ή λίγο αλκαλικά ζυμάρια
- η διάρκεια ζωής ενός ψωμιού με προζύμι είναι πολύ μεγαλύτερη από ένα ψωμί με μαγιά, κυρίως λόγω των οξέων τα οποία δυσκολεύουν τους ανεπιθύμητους οργανισμούς (Food hygiene, 1998).

1.3 ΕΥΡΩΜΥΚΗΤΕΣ

Είναι πολυκύτταροι μικροοργανισμοί νηματοειδούς μορφής. Όσον αφορά την οργάνωσή τους, αποτελούνται από ένα βλαστικό κι ένα καρποφόρο μέρος. Το βλαστικό μέρος περιλαμβάνει διακλαδωμένα νηματοειδή κύτταρα (νηματώδη υφή) που σχηματίζουν μυκήλια. Το καρποφόρο μέρος αποτελεί μια νηματώδης υφή που σχηματίζει σπόρια (γονιδιοφόρος). Οι ευρωτομύκητες όπως και ζυμομύκητες είναι αερόβιοι, ανθεκτικοί σε χαμηλές θερμοκρασίες, χαμηλό pH και ενεργότητα νερού, και συνήθως ευαίσθητοι σε ψηλές θερμοκρασίες. Οι ευρωτομύκητες διακρίνονται σε παθογόνους και κοινούς. Οι τελευταίοι μπορεί να είναι ευρωτομύκητες εδάφους, αλλοίωσης ή ωφέλιμοι (ωρίμανση τυριού, οργανικά οξέα, αντιβιοτικά, ένζυμα). Οι ευρωτομύκητες που αναπτύσσονται στα τρόφιμα δεν είναι παθογόνοι με εξαίρεση την κάτω από ορισμένες ακραίες συνθήκες κακής πρακτικής δυνατότητα παραγωγής από ορισμένους μυκοτοξινών που είναι ιδιαίτερα τοξικές. Οι κυριότερες μυκοτοξίνες είναι:

Αφλατοξίνες (από *Aspergillus flavus* και *Aspergillus parasiticus*)

Τύποι: B1, B2, G1, G2(σε ξηρούς καρπούς, δημητριακά) και M1, M2(μεταβολίτες των B1, B2 σε γάλα) Με αποθήκευση σε υγρές συνθήκες ή ανάπτυξη του καρπού σε συνθήκες ξηρασίας. Προκαλούν ηπατοπάθειες.

Οχρατοξίνες (από *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium* spp.) Σε καλαμπόκι, φασόλια, φυστίκια. Προκαλούν νεφροπάθειες.

Πατσουλίνη (patulin) (από *Penicillium*) Σε μουχλιασμένα φρούτα, φρουτοχυμούς. Καρκινογόνο, αιμοραγίες.

Τριχοθεσίνες(trichothecenes)(*Fusarium graminearum*)

Τύποι: Ζεαραλινόνη, δεοξυνιβαλενόλη (DON). Σε σίτο, καλαμπόκι

Η μικροβιακή βιομάζα αποτελείται από μεγάλο αριθμό κυττάρων των μικροοργανισμών που έχουν παραχθεί σε βιοαντιδραστήρες. Η βιομάζα περιέχει μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών και άλλων θρεπτικών συστατικών και χρησιμοποιείται ως τροφή από τον άνθρωπο ή τα ζώα. Η παραγωγή βιομάζας παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος, προστασία του περιβάλλοντος, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, γρήγορη και ελεγχόμενη παραγωγή και απαίτηση σχετικά μικρού χώρου για την παραγωγή της. Η παραγωγή μαγιάς αρτοποιίας (ζυμομυκήτων) αποτελεί την παλαιότερη εφαρμογή παραγωγής βιομάζας. Η μαγιά παράγεται σε βιομηχανική κλίμακα από τις αρχές του 20ού αιώνα. Τα μικρόβια, όπως αναφέρθηκε, είναι διαδεδομένα παντού. Τα τρόφιμα όμως φέρουν κατά κανόνα μεγαλύτερο μικροβιακό φορτίο απ' ό,τι οι άλλες μορφές οργανικής και πολύ περισσότερο ανόργανης ύλης. Οι διάφορες πηγές μόλυνσης των τροφίμων είναι οι εξής: 1) ο άνθρωπος, 2) το πεπτικό σύστημα αγροτικών ζώων, 3) τα έντομα (μύγες, κολεόπτερα), 4) τα τρωκτικά, 5) τα σπλάχνα και τα βράγχια θαλασσινών, 6) τα αστικά λύματα, 7) η κοπριά των ζώων, 8) η σκόνη, 9) το έδαφος, 10) το νερό. Ο απρόσκοπτος πολλαπλασιασμός των μικροβίων επιζητείται στις καλλιέργειες που έχουν ως στόχο την εκτίμηση του μικροβιακού φορτίου ενός τροφίμου, στις επιθυμητές και ελεγχόμενες από τον άνθρωπο ζυμώσεις και οξειδώσεις και όταν τα μικρόβια χρησιμοποιούνται στην παρασκευή μονοκυτταρικής πρωτεΐνης (single cell protein). Αντίθετα, για τη συντήρηση των τροφίμων με οποιαδήποτε μέθοδο, επιζητείται η παρεμπόδιση του πολλαπλασιασμού των μικροβίων (George, 1994).

Για κάθε παράγοντα που επηρεάζει τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων οποιουδήποτε μικροβίου, έχουν προσδιορισθεί τρεις τιμές, η ελάχιστη (minimum), η άριστη (optimum) και η μέγιστη (maximum). Τα κύτταρα του μικροβίου πολλαπλασιάζονται σ' όλο το εύρος της διακυμάνσεως, μεταξύ των δύο ακραίων τιμών, ο ρυθμός όμως του πολλαπλασιασμού μειώνεται συνεχώς με την μετακίνηση από το μέσο προς τα δύο άκρα. Η φάση δηλαδή της καθυστέρησης (lag phase) και ο χρόνος μέσα στον οποίο ολοκληρώνεται μια κυτταρική διαίρεση επιμηκύνεται συνεχώς μέχρι που πρακτικά ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων και ο μεταβολισμός μηδενίζονται υπό αντίξοες συνθήκες. Για κάθε παράγοντα που επηρεάζει τον πολλαπλασιασμό των

κυττάρων οποιουδήποτε μικροβίου, έχουν προσδιορισθεί τρεις τιμές, η ελάχιστη (minimum), η άριστη (optimum) και η μέγιστη (maximum). Τα κύτταρα του μικροβίου πολλαπλασιάζονται σ' όλο το εύρος της διακυμάνσεως, μεταξύ των δύο ακραίων τιμών, ο ρυθμός όμως του πολλαπλασιασμού μειώνεται συνεχώς με την μετακίνηση από το μέσο προς τα δύο άκρα. Η φάση δηλαδή της καθυστέρησης (lag phase) και ο χρόνος μέσα στον οποίο ολοκληρώνεται μια κυτταρική διαίρεση επιμηκύνεται συνεχώς μέχρι που πρακτικά ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων και ο μεταβολισμός μηδενίζονται υπό αντίξοες συνθήκες.

Οι ενεργοί μικροοργανισμοί είναι μείγμα διαφόρων ωφέλιμων μικροοργανισμών που υπάρχουν ελεύθεροι στη φύση και χρησιμοποιούνται εδώ και χιλιάδες χρόνια μεμονωμένα στα τρόφιμά μας, όπως π.χ. στο ψωμί, γιαούρτι, κρασί κτλ. Αποτελούνται από μικροοργανισμούς των κάτωθι τριών ειδών: Βακτήρια μαγιάς, βακτήρια γαλακτικού οξέος και βακτήρια φωτοσύνθεσης. Όταν αυτοί οι ενεργοί μικροοργανισμοί έρθουν σε επαφή με οργανικό υλικό, αποβάλλουν ωφέλιμες ουσίες, όπως βιταμίνες, οργανικά οξέα, ορυκτές χημικές ενώσεις και αντιοξειδωτικά.

Βακτήρια μαγιάς: Προκαλούν ζύμωση οργανικών υλικών και παράγουν βιταμίνες και αμινοξέα. Η μαγιά χρησιμοποιείται για την παρασκευή ψωμιού, ζύθου και κρασιού.

Βακτήρια γαλακτικού οξέος: Προκαλούν ζύμωση οργανικής ύλης και παράγουν οργανικά οξέα, τα οποία αναστέλλουν την ανάπτυξη παθογενών ιών. Χρησιμοποιούνται για την παραγωγή γιαουρτιού και συντηρημένων λαχανικών (τουρσί, ξινό λάχανο).

Βακτήρια φωτοσύνθεσης: Αποτελούν τους παράγοντες κλειδί στους ΕΜ, βοηθώντας στη διατήρηση της ισορροπίας με άλλους χρήσιμους μικροοργανισμούς και επιτρέποντας σε όλους να υπάρχουν από κοινού και να συνεργάζονται.

Οι ενεργοί μικροοργανισμοί συνοψίζονται στον αναζωογονητικό, δηλαδή τον εποικοδομητικό τύπο, την αναγέννηση. Οι ενεργοί μικροοργανισμοί έχουν τη δύναμη να εμποδίσουν άμεσα και έμμεσα την αποσύνθεση και τη σήψη, να διατηρήσουν ζωνρό και

υγιές το περιβάλλον και να δημιουργήσουν διάφορες βιοενεργές ουσίες, οι οποίες είναι αντιοξειδωτικές και εκπέμπουν αντιοξειδωτικά κύματα. Οι μικροοργανισμοί δεν παρεμποδίζουν μόνο τις βλαβερές επιδράσεις της οξείδωσης, αλλά αντιστρέφουν ακόμα και μια ήδη πραγματοποιηθείσα οξείδωση και αποκαθιστούν και πάλι την αρχική κατάσταση.

Ο αποσυνθετικός ή αποικοδομητικός τύπος των μικροοργανισμών συμπεριφέρεται ακριβώς αντίθετα από τον εποικοδομητικό. Αυτοί οι μικροοργανισμοί παράγουν άμεσα ή έμμεσα ουσίες οι οποίες ενεργοποιούν τις διάφορες διαδικασίες της οξείδωσης, ή, όπως θα λέγαμε διαφορετικά, επιτρέπουν τη δημιουργία ελευθέρων ριζών.

Οι ουδέτεροι Μικροοργανισμοί είναι η μεγαλύτερη ομάδα. Ακολουθούν την ομάδα η οποία επικρατεί σε ένα σύστημα. Όταν επικρατούν λοιπόν οι αποσυνθετικοί οργανισμοί, ακολουθούν οι επωφελούμενοι (καιροσκόποι) αυτής της διαδικασίας και έτσι προκύπτει ένα κλίμα κατά το οποίο κυριαρχεί η αποσύνθεση και ο εκφυλισμός. Όταν επικρατούν οι εποικοδομητικοί μικροοργανισμοί, ακολουθούν οι επωφελούμενοι της διαδικασίας αναδόμησης και έτσι προκύπτει ένα κλίμα κατά το οποίο επικρατεί η ανάπτυξη και η αναγέννηση. Ποιο είδος μικροοργανισμών κυριαρχεί, εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο ζουν. Στη σημερινή γεωργία παράγεται, λόγω της υπερβολικής χρήσης τεχνικών λιπασμάτων, υγρής κοπριάς και χημικών φυτοφαρμάκων, ένα περιβάλλον στο οποίο κυριαρχούν οι αποικοδομητικοί μικροοργανισμοί. Έτσι είναι δυνατόν να αναπτυχθούν διάφορες ασθένειες. Παντού υπάρχουν βακτηριακές διαδικασίες. Έτσι τα απορρίμματα διαλύονται και μετατρέπονται συνήθως και πάλι σε χρήσιμες ύλες. Αυτή η διαδικασία όμως είναι δυνατόν να λάβει χώρα μόνο υπό ορισμένες προϋποθέσεις, ανάλογα με το ποιο μικροοργανισμοί κυριαρχούν, ποια θρεπτική ουσία είναι διαθέσιμη, ανάλογα με τη θερμοκρασία κτλ. Από αυτό εξαρτάται αν θα υπάρξει αποσύνθεση ή ανασύνθεση. Συγχρόνως παράγονται διάφορες ουσίες και η ενέργεια χάνεται. Τα υλικά τα οποία παράγονται κατ' αυτή την διαδικασία είναι δυνατόν να διαφέρουν πολύ όσον αφορά τη θρεπτική τους αξία. Το

είδος λοιπόν της διαδικασίας που λαμβάνει χώρα είναι καθοριστικό για το έδαφος και τα φυτά(Becker,2007)

Μπορούμε να κάνουμε έναν διαχωρισμό μεταξύ των οξειδωτικών (αερόβιων) και των ενζυματικών (αναερόβιων) διαδικασιών αποσύνθεσης. Στις ενζυματικές διαδικασίες μπορούμε να προβούμε επίσης σε μια ακόμη διαφοροποίηση μεταξύ χρήσιμης ζύμωσης (ωρίμανση) και βλαβερής ζύμωσης (σήψη). Πολλές από αυτές τις διαδικασίες είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν συγχρόνως.

Η οξείδωση είναι μια διαδικασία κατά την οποία ορισμένοι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν οργανικά μόρια αεροβίων. Κατά τη διαδικασία αυτή προκύπτουν διαλυτές ανόργανες θρεπτικές ουσίες, οι οποίες είναι δυνατόν να απορροφηθούν άμεσα από τα φυτά. Εκτός από αυτές παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και πολλή θερμότητα. Κατά τη διάρκεια αυτής της αποικοδόμησης χάνεται πολλή ενέργεια.

2.0 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Οι ζωντανοί οργανισμοί χρησιμοποιούνται εδώ και χιλιάδες χρόνια για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν κυρίως για την παραγωγή ψωμιού, μπίρας και κρασιού. Σήμερα οι εξελίξεις στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία δίνουν τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή ευρείας κλίμακας προϊόντων όπως τροφίμων, αντιβιοτικών και εμβολίων. Ο όρος Βιοτεχνολογία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ούγγρο Kark Ereky το 1919, για να περιγράψει τη «διαδικασία παραγωγής προϊόντων από ακατέργαστα υλικά με τη βοήθεια ζωντανών οργανισμών». Σήμερα η **Βιοτεχνολογία** αποτελεί συνδυασμό Επιστήμης και Τεχνολογίας, με στόχο την εφαρμογή των γνώσεων που έχουν αποκτηθεί από τη μελέτη των ζωντανών οργανισμών για την παραγωγή σε ευρεία κλίμακα χρήσιμων προϊόντων. Τέτοια προϊόντα είναι, για παράδειγμα, η αλκοόλη, που παράγεται με ζύμωση, και η ανθρώπινη ινσουλίνη, που παράγεται από γενετικά τροποποιημένα βακτήρια. Η Βιοτεχνολογία συνεισφέρει σε διάφορους τομείς όπως είναι η Ιατρική, η γεωργία, η κτηνοτροφία, η βιομηχανία και η προστασία του περιβάλλοντος. Βιοτεχνολογία με την ευρεία έννοια είναι η χρήση ζωντανών οργανισμών προς όφελος του ανθρώπου. Ο αυξανόμενος πληθυσμός καθιστά την ανάγκη μη συμβατικών πηγών πρωτεΐνης απαραίτητη. Αυτές είναι οι πρωτεΐνες ελαιούχων σπόρων, των φύλλων, το συμπύκνωμα πρωτεΐνης, το συμπύκνωμα πρωτεΐνης, τα ψάρια και οι κυτταρικές πρωτεΐνες (Mahasneh, 1997).

Μικροοργανισμοί έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια στην παραγωγή τροφίμων υψηλής πρωτεΐνης όπως το τυρί και τα προϊόντα σόγιας που έχουν υποστεί ζύμωση. Οι μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να αναβαθμίζουν τη χαμηλή πρωτεΐνη σε οργανικό υλικό για τροφή πλούσιο σε πρωτεΐνες και αυτό έχει αξιοποιηθεί από τη βιομηχανία.

Η απλή κυτταρική πρωτεΐνη είναι ένας όρος που σημαίνει ότι τα μικροβιακά κύτταρα αναπτύσσονται και συγκομίζονται για ζώα ή ανθρώπινα τρόφιμα λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Η εντατική παραγωγή της πρωτεΐνης από ζωικές

πηγές είναι σε άμεση αλληλεξάρτηση από τα φυτά. Πολλές πρώτες ύλες θεωρούνται ως υπόστρωμα για την παραγωγή πρωτεΐνης. Σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι πρώτες ύλες έχουν υδρολυθεί από φυσικές, χημικές και ενζυματικές μεθόδους. Τα προϊόντα των αποβλήτων έχουν μετατραπεί σε βιομάζα.

Οι μικροοργανισμοί καλλιεργούνται κάτω από συγκεκριμένες καταστάσεις και πρέπει να έχουν τις εξής ιδιότητες:

1. να είναι μη παθογόνοι
2. να έχουν υψηλή διατροφική αξία
3. να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τρόφιμα και ζωοτροφές
4. να μην περιέχουν τοξίνες

2.1 Βιομηχανική κλίμακα

Οι επιστήμονες είχαν ήδη αρχίσει από τα μέσα του δέκατου ένατου αιώνα τις προσπάθειες για την καλλιέργεια βακτηρίων και μυκήτων. Ο Louis Pasteur στο Παρίσι υπήρξε από τους πρωτοπόρους αυτής της προσπάθειας. Για το σκοπό αυτό ήταν απαραίτητη η απομόνωση αρχικά των διάφορων ειδών βακτηρίων ή μυκήτων, η παρασκευή κατάλληλων θρεπτικών υλικών και η διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών ανάπτυξης. Σήμερα οι μικροοργανισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων, όπως αντιβιοτικά ή ένζυμα, μπορούν να αναπτυχθούν στο εργαστήριο και σε μεγάλη κλίμακα στις βιομηχανικές μονάδες κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες καλλιέργειας. Για την ανάπτυξή τους χρησιμοποιούνται τεχνητά θρεπτικά υλικά. Αυτά πρέπει να περιέχουν πηγή άνθρακα, πηγή αζώτου και ιόντα. Στην περίπτωση αερόβιων μικροοργανισμών, είναι απαραίτητη η παρουσία οξυγόνου. Τα θρεπτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στο εργαστήριο μπορεί να είναι υγρά ή στερεά. Τα υγρά θρεπτικά υλικά περιέχουν όλα τα θρεπτικά συστατικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως διαλυμένα σε νερό. Τα στερεά

θρεπτικά υλικά παρασκευάζονται με ανάμιξη του υγρού θρεπτικού υλικού με έναν πολυσακχαρίτη που προέρχεται από φύκη, το άγαρ. Το άγαρ είναι ρευστό σε θερμοκρασίες πάνω από 45° C αλλά στερεοποιείται σε μικρότερες θερμοκρασίες. Μία καλλιέργεια ξεκινάει με την προσθήκη μικρής ποσότητας κυπάρων στο θρεπτικό υλικό, μια διαδικασία που ονομάζεται εμβολιασμός. Μετά τον εμβολιασμό οι μικροοργανισμοί παραμένουν σε ένα κλίβανο που εξασφαλίζει σταθερή θερμοκρασία κατάλληλη για την ανάπτυξη τους. Με αυτό τον τρόπο σε μικρό χρονικό διάστημα, 12-76 ωρών, παράγεται μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών(Mahasneh, 1997).

Οι καλλιέργειες αυτές μπορούν να διατηρηθούν σε αδρανή μορφή στην κατάψυξη (-80°C) για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Για την αποφυγή ανάπτυξης άλλων μικροοργανισμών, εκτός εκείνων που πρόκειται να καλλιεργηθούν, τα θρεπτικά υλικά και οι συσκευές αποστειρώνονται πριν από την έναρξη της καλλιέργειας.

Όταν γίνεται καλλιέργεια μικροοργανισμών σε μεγάλη κλίμακα (βιομηχανική καλλιέργεια) χρησιμοποιούνται κατάλληλες συσκευές που ονομάζονται ζυμωτήρες ή βιοαντιδραστήρες. Οι βιοαντιδραστήρες επιτρέπουν τον έλεγχο και τη ρύθμιση των συνθηκών (θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση O₂) που αφορούν την καλλιέργεια. Στο θρεπτικό υλικό, που προστίθεται στους βιοαντιδραστήρες, χρησιμοποιούνται φθηνές πηγές άνθρακα όπως η μελάσα που αποτελεί παραπροϊόν της επεξεργασίας ζαχαροκάλαμου ή σακχαρότευτλων. Η καλλιέργεια στο βιοαντιδραστήρα ξεκινάει με τον εμβολιασμό από μια αρχική καλλιέργεια μικροοργανισμών που έχει γίνει στο εργαστήριο. Μέσα στο βιοαντιδραστήρα οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται χρησιμοποιώντας τα συστατικά του θρεπτικού υλικού. Όλες οι διεργασίες πρέπει να γίνονται κάτω από στείρες συνθήκες για να μην γίνει μόλυνση της καλλιέργειας. Ο ίδιος ο βιοαντιδραστήρας και το θρεπτικό υλικό αποστειρώνονται πριν από τη χρήση. Με τον όρο ζύμωση εννοούμε τη διαδικασία ανάπτυξης μικροοργανισμών σε υγρό θρεπτικό υλικό κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες. Ο όρος ζύμωση παλαιότερα χρησιμοποιείτο μόνο για αναερόβιες διεργασίες αλλά σήμερα χρησιμοποιείται με την ευρεία έννοια και περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες, αερόβιες και αναερόβιες. Τα προϊόντα της ζύμωσης είναι είτε τα ίδια τα κύτταρα που ονομάζονται βιομάζα είτε

προϊόντα των κυττάρων όπως πρωτεΐνες και αντιβιοτικά. Οι ζύμες έχουν μεγαλύτερο μέγεθος, κατώτερο περιεχόμενο σε νουκλεϊκό οξύ και υψηλή περιεκτικότητα σε λυσίνη και ικανότητα να αναπτύσσονται σε pH. Τα φύκια έχουν κυτταρικά τοιχώματα τα οποία δεν αφομοιώνονται από τα ανθρώπινα όντα. Αυτού του είδους η βιομάζα συλλέγεται από φυσικά ύδατα ή τεχνητές λίμνες

Υπάρχει όμως και η βλαβερή ζύμωση ή σήψη κατά την οποία σύνθετα οργανικά μόρια σε απλές οργανικές και ανόργανες ουσίες, οι οποίες είναι δυνατόν να αφομοιωθούν άμεσα από τα φυτά. Συγχρόνως παράγονται διά τω Σήψη είναι η διαδικασία κατά τη οποία ορισμένοι μικροοργανισμοί αποικοδομούν αναερόβιως πρωτεΐνες, οπότε προκύπτουν δύσοσμα και ημιαποσυντιθεμένα προϊόντα μεταλλαγής της ύλης, τα οποία συνήθως είναι δηλητηριώδη για τα φυτά και τα ζώα (αμμωνία, ιντόλ, σκατόλ, μερκαπτάν, υδρόθειο, μεθάνιο). Επιπλέον αυτά τα προϊόντα μετατρέπονται και πάλι σε άλλες βλαβερές και σχετικά αδιάλυτες ανόργανες ουσίες. Όταν όμως είναι παρόντες φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί, είναι δυνατόν αυτά, υπό αναερόβιες καταστάσεις, να χρησιμοποιήσουν τα παραχθέντα προϊόντα σήψης για να παραγάγουν πολύτιμες ουσίες. Η διαδικασία της σήψης είναι δυνατόν να μετατραπεί σε μια ώριμη διαδικασία.

Επίσης, υπάρχει η χρήσιμη ζύμωση ή ωρίμανση που είναι μια αναερόβια διαδικασία, κατά την οποία ορισμένοι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν σύνθετα οργανικά μόρια σε απλές οργανικές και ανόργανες ουσίες, οι οποίες είναι δυνατόν να αφομοιωθούν άμεσα από τα φυτά. Συγχρόνως παράγονται διά των μικροοργανισμών προϊόντα μεταλλαγής της ύλης, όπως χηλικές ουσίες, αντιβιοτικά, φυσικές ορμόνες, βιταμίνες, ένζυμα, αντιοξειδωτικές ουσίες κτλ., οι οποίες είναι δυνατόν επίσης να απορροφηθούν άμεσα από τα φυτά.

Αυτά τα προϊόντα είναι σε θέση να διεγείρουν την ανάπτυξη των φυτών και να αυξήσουν τη φυσική αντίσταση του εδάφους των φυτών και των ζώων, αναστέλλοντας έτσι τις ασθένειες. (Reed, Nagodawithana, 1995).

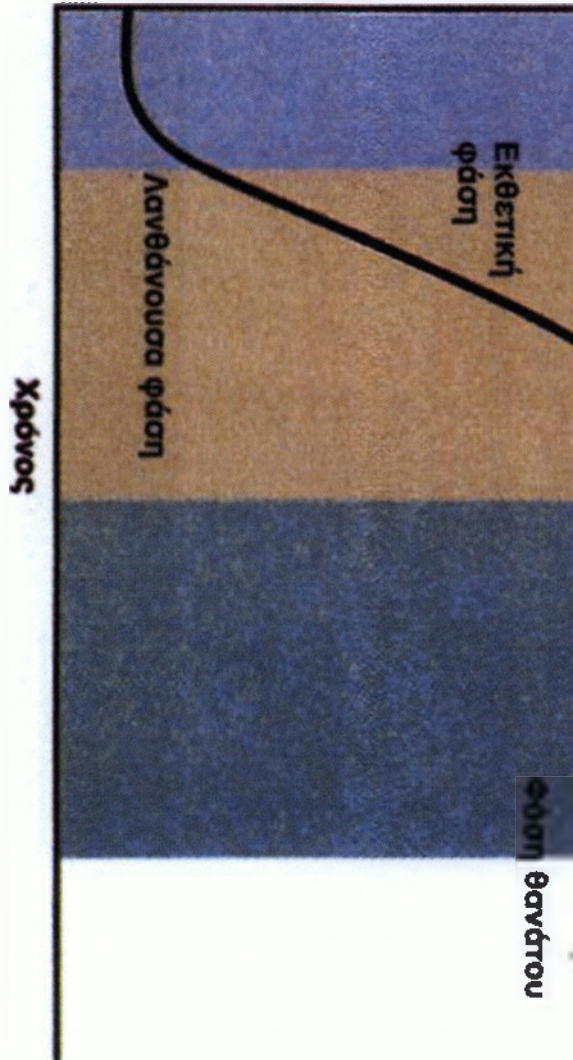
Τα αντιοξειδωτικά φροντίζουν ώστε με την ενεργοποίηση της διαδικασίας της ζύμωσης να παρουσιάζεται λιγότερη οξείδωση. Αυτή η ζύμωση χρειάζεται μόνο λίγη

ενέργεια, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι παραμένει περισσότερη ενέργεια στο προϊόν. Μια παρόμοια διαδικασία ωρίμανσης παρουσιάζεται κατά την παρασκευή τουρσιών λάχανου. Το ωμό λάχανο έχει μικρότερη θρεπτική αξία από το ώριμο λάχανο τουρσί.

2.2 Κλειστή καλλιέργεια

Σ' αυτό τον τύπο ζύμωσης τοποθετείται στο βιοαντιδραστήρα ορισμένη ποσότητα αποστειρωμένου θρεπτικού υλικού, η οποία εμβολιάζεται με αρχική καλλιέργεια μικροοργανισμών. Η καλλιέργεια συνεχίζεται μέχρι την παραγωγή του επιθυμητού προϊόντος. Στην κλειστή καλλιέργεια οι φάσεις ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι η λανθάνουσα, η εκθετική, η στατική και η φάση θανάτου (Εικόνα 7.4). Κατά τη λανθάνουσα φάση ο πληθυσμός των μικροοργανισμών που προέρχεται από την αρχική καλλιέργεια παραμένει σχεδόν σταθερός. Αυτό οφείλεται στο ότι οι μικροοργανισμοί χρειάζονται κάποιο χρονικό διάστημα για να προσαρμοστούν στις καινούργιες συνθήκες και να αρχίσουν να αναπτύσσονται. Στη συνέχεια, οι μικροοργανισμοί διαιρούνται με ταχύ ρυθμό, επειδή η καλλιέργεια πραγματοποιείται κάτω από άριστες συνθήκες θερμοκρασίας, pH, συγκέντρωσης O₂ και στο υλικό καλλιέργειας υπάρχουν άφθονα θρεπτικά συστατικά. Αυτή η φάση ανάπτυξης ονομάζεται εκθετική, επειδή ο αριθμός των μικροοργανισμών αυξάνεται εκθετικά. Ακολουθεί η στατική φάση, κατά την οποία ο πληθυσμός των βακτηρίων δεν αυξάνεται, λόγω εξάντλησης κάποιου θρεπτικού συστατικού ή λόγω συσσώρευσης τοξικών προϊόντων από το μεταβολισμό των μικροοργανισμών. Τέλος κατά τη φάση θανάτου ο αριθμός των μικροοργανισμών μειώνεται. Παρ' ότι η διαδοχή των φάσεων ανάπτυξης σε κάθε κλειστή καλλιέργεια είναι συγκεκριμένη, η διάρκεια κάθε φάσης διαφέρει ανάλογα με το είδος των μικροοργανισμών (Reed, Nagodawithana, 1995). Οι μικροοργανισμοί παράγουν χρήσιμα προϊόντα συνήθως κατά τη διάρκεια της εκθετικής και της στατικής φάσης ανάπτυξής τους.

Log_{10} αριθμού μικροοργανισμών



Στατική φάση

2.3 Συνεχής καλλιέργεια

Σ' αυτό τον τύπο καλλιέργειας οι μικροοργανισμοί τροφοδοτούνται συνεχώς με θρεπτικά συστατικά. Ταυτόχρονα, απομακρύνονται από την καλλιέργεια κύτταρα και άχρηστα προϊόντα.

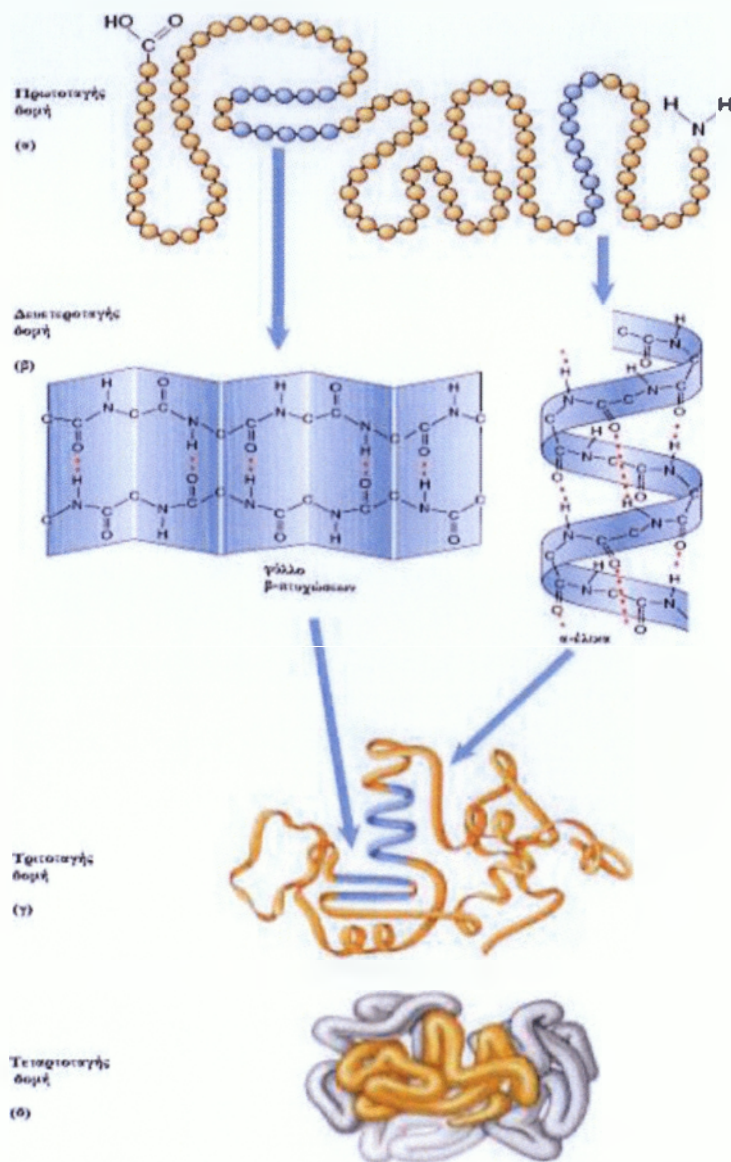
3.0 ΠΡΩΤΕΪΝΗ

Οι πρωτεΐνες, όπως και άλλα βιολογικά μακρομόρια (οι πολυσακχαρίτες, τα λιπίδια και τα νουκλεϊκά οξέα) είναι απαραίτητες για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε ινώδεις πρωτεΐνες και σε σφαιρικές πρωτεΐνες. Με κριτήριο τη σύνθεσή τους διακρίνονται σε απλές (όταν αποτελούνται μόνο από αμινοξέα) και σε σύνθετες (όταν στο μόριό τους περιλαμβάνονται και μη πρωτεϊνικά τμήματα όπως μέταλλα, σάκχαρα, λίπη). Επίσης, διακρίνονται με κριτήριο τη λειτουργία τους σε δομικές (όταν αποτελούν τα δομικά υλικά του κυττάρου) και λειτουργικές (όταν συμβάλλουν σε κάποιες λειτουργίες) (<http://en.wikipedia.org>).

Οι θεμελιώδεις λειτουργίες των πρωτεϊνών είναι οι εξής:

- Ενζυμική κατάλυση: Τα ένζυμα είναι μία κατηγορία πρωτεϊνών, που αποτελούν βιολογικούς καταλύτες, οι οποίοι υποβοηθούν συγκεκριμένες χημικές αντιδράσεις διαδραματίζοντας καθοριστικό ρόλο για την εξέλιξη της ζωής.
- Άμυνα: Μια μερίδα σφαιρικών πρωτεϊνών χρησιμοποιούν τη μορφή τους για να αναγνωρίσουν ξένα μικρόβια και καρκινικά κύτταρα. Αυτοί οι επιφανειακοί κυτταρικοί υποδοχείς διαμορφώνουν τον πυρήνα του ορμονικού και ανοσοποιητικού συστήματος.
- Μεταφορά: Ποικίλες σφαιρικές πρωτεΐνες μεταφέρουν συγκεκριμένα μικρά μόρια και ιόντα. Για παράδειγμα, η πρωτεΐνη αιμοσφαιρίνη μεταφέρει οξυγόνο στο αίμα και η μυοσφαιρίνη, μία παρόμοια πρωτεΐνη, μεταφέρει οξυγόνο στους μύες.
- Στήριξη : Οι ινώδεις πρωτεΐνες παίζουν δομικό ρόλο στο κύτταρο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η κερατίνη, που είναι συστατικό των μαλλιών και των νυχιών και το κολλαγόνο, που αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό των συνδετικών ιστών.
- Κίνηση: Οι μύες συσπώνται μέσω της κίνησης δύο ειδών πρωτεϊνικών μυονηματίων: της Ακτίνης και της μυοσίνης (Raven, Johnson, 2002)

Αναλυτικά, η δομή των πρωτεϊνών αναφέρεται συνήθως στα πλαίσια τεσσάρων επιπέδων, πρωτοταγής, δευτεροταγής, τριτοταγής και τεταρτοταγής όπως απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.3: Τα επίπεδα πρωτεϊνικής δομής. (α) Η ακολουθία αμινοξέων μιας πρωτεΐνης αναφέρεται ως πρωτοταγής δομή. (β) Δεσμοί μεταξύ γειτονικών αμινοξέων σχηματίζουν φύλλα β-πτυχώσεων και α-έλικες που συλλογικά αποτελούν τη δευτεροταγή δομή. (γ) Οι πρωτεΐνες αναδιπλώνονται σχηματίζοντας μια τρισδιάστατη, την τριτοταγή, δομή. (δ) Η συσσωμάτωση πρωτεϊνών με άλλες πεπτιδικές αλυσίδες δημιουργεί την τεταρτοταγή δομή της πρωτεΐνης.

Πρωτοταγής δομή: Η καθορισμένη ακολουθία αμινοξέων μιας πρωτεΐνης αποτελεί την πρωτοταγή της δομή. Η ακολουθία αυτή προσδιορίζεται από την ακολουθία νουκλεοτιδίων του γονιδίου που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη. Δεδομένου ότι οι πλευρικές ομάδες R που διαφοροποιούν τα αμινοξέα δεν επηρεάζουν τον κύριο πεπτιδικό σκελετό των πρωτεϊνών, κάθε πρωτεΐνη μπορεί να αποτελείται από οποιαδήποτε ακολουθία αμινοξέων.

Δευτεροταγής δομή: Οι πλευρικές ομάδες των αμινοξέων δεν είναι τα μόνα τμήματα της πρωτεΐνης που σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου. Η αμινομάδα και η καρβοξυλομάδα της κυρίως αλυσίδας σχηματίζουν, επίσης, δεσμούς υδρογόνου σε τέτοιο βαθμό ώστε αλληλεπιδράσεις τους με το νερό θα μπορούσαν να αντισταθμίζουν την τάση των μη πολωμένων πλευρικών ομάδων να παραμείνουν στο εσωτερικό της πρωτεΐνης. Ο λόγος για τον οποίο αυτό δε συμβαίνει στην πράξη αποκαλύπτεται από τη μελέτη της πρωτεϊνικής δομής με ανάλυση ακτινών X. Υπάρχουν δύο τύποι δεσμών υδρογόνου: ο πρώτος τύπος αναφέρεται στη σύνδεση ενός αμινοξέος με το άλλο στην ίδια αλυσίδα, εξαιτίας του οποίου η αλυσίδα παίρνει τη μορφή έλικας που ονομάζεται α-έλικα (alpha a-helix) και ο δεύτερος τύπος εμφανίζεται μεταξύ αλυσίδων αμινοξέων, συνδέοντας τα αμινοξέα της μιας αλυσίδας με αυτά της άλλης. Συχνά παρατηρείται συνένωση πολλών παράλληλων αλυσίδων με αποτέλεσμα να σχηματίζονται δομές με τη μορφή φύλλου χαρτιού, οι οποίες ονομάζονται φύλλα β-πτυχώσεων. Η αναδίπλωση των αλυσίδων αμινοξέων με δεσμούς υδρογόνου στις δύο αυτές δομές αποτελεί τη δευτεροταγή δομή της πρωτεΐνης.

Μοτίβα: Τα στοιχεία της δευτεροταγούς δομής μπορούν να συνδυαστούν στις πρωτεΐνες με συγκεκριμένους τρόπους που ονομάζονται μοτίβα ή υπερδευτεροταγείς δομές (supersecondary structure). Από τα πλέον συνηθισμένα παραδείγματα μοτίβων είναι τα μοτίβα 'β-βαρελιού' και 'α έλικας-στροφής-α έλικας' που αποτελούν φύλλα β-πτυχώσεων αναδιπλωμένα σε σχήμα κυλίνδρου ή παρουσιάζονται στις πρωτεΐνες κατά τη διασύνδεση της διπλής έλικας του DNA αντίστοιχα.

Τριτοταγής δομή: Η τελική αναδιπλωμένη μορφή της πρωτεΐνης που περιλαμβάνει διάφορα μοτίβα, αναδιπλώνοντας τις μη πολωμένες πλευρικές ομάδες στο εσωτερικό της

αποτελεί την τριτοταγή δομή της πρωτεΐνης. Οι πρωτεΐνες οδηγούνται στην τριτοταγή τους δομή εξαιτίας υδροφοβικών αλληλεπιδράσεων με το νερό. Η τελική αναδίπλωση μίας πρωτεΐνης καθορίζεται από τη χημική φύση των πλευρικών της ομάδων και συνεπώς από την πρωτοταγή της δομή. Είναι χαρακτηριστικό ότι πολλές πρωτεΐνες αναπτύσσονται και ελαναδιπλώνονται στη χαρακτηριστική τους δομή αυτενεργώς. Επίσης, στο εσωτερικό των αναδιπλωμένων πρωτεϊνών δεν παρουσιάζονται κενά ή κοιλότητες. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εξηγηθεί και η πληθώρα των μη πολωμένων αμινοξέων (αλανίνη, βαλίνη, λευκίνη, ισολευκίνη). Κάθε αμινοξύ αποτελείται από διαφορετικού μήκους πλευρική ομάδα, επιτρέποντας ακριβή προσαρμογή των μη πολωμένων αλυσίδων στο εσωτερικό της πρωτεΐνης. Είναι προφανές ότι η αλλαγή ενός μη πολωμένου αμινοξέος στο εσωτερικό της πρωτεΐνης σε ένα άλλο διαταράσσει πολύ συχνά την ευστάθεια της πρωτεΐνης και είναι δυνατό να οδηγήσει σε αλλαγή ή απώλεια της λειτουργικότητάς της.

Τεταρτοταγής δομή: Κατά τη διασύνδεση δύο ή περισσότερων πολυπεπτιδικών αλυσίδων για τη δημιουργία μιας λειτουργικής πρωτεΐνης, οι επιμέρους αλυσίδες αναφέρονται ως υπομονάδες της πρωτεΐνης. Οι υπομονάδες δεν είναι απαραίτητο να είναι ίδιες. Η διάταξη αυτών των υπομονάδων της πρωτεΐνης στο χώρο αποτελεί την τεταρτοταγή της δομή. Τα τμήματα των ακολουθιών αμινοξέων στις περιοχές σύνδεσης των υπομονάδων τους είναι συνήθως μη πολωμένα και έχουν σημαντικό ρόλο στη μετάδοση πληροφοριών σχετικά με την ξεχωριστή λειτουργία των υπομονάδων της πρωτεΐνης.

Περιοχές: Σε πολλές πρωτεΐνες παρατηρείται αναδίπλωση σε δομικά ανεξάρτητα λειτουργικά τμήματα που αναφέρονται ως περιοχές. Κατά την αναδίπλωση της πρωτεΐνης, οι περιοχές αναδιπλώνονται στο κατάλληλο σχήμα σχετικά ανεξάρτητα μεταξύ τους. Είναι δυνατό οι περιοχές μιας πρωτεΐνης να έχουν σχετικά διαχωρισμένη λειτουργία. Μια περιοχή ενός ενζύμου ενδέχεται να προσαρτάται σε ένα συνένζυμο και μία άλλη στο υπόστρωμά του. Μια κατηγορία περιοχών με μεγάλο ενδιαφέρον αποτελούν και οι διαμεμβρανικές περιοχές στις διαμεμβρανικές πρωτεΐνες (Raven, Johnson, 2002).

3.1 Η παραγωγή της μικροβιακής πρωτεΐνης

Η παραγωγή της μικροβιακής πρωτεΐνης δεν περιλαμβάνει τα λίπη και τα προϊόντα ζύμωσης που δεν αποδίδουν ενέργεια χρησιμοποιήσιμη από τους μικροοργανισμούς. Η σχέση μεταξύ διαθέσιμης ενέργειας και παραγωγής μικροβιακής πρωτεΐνης δεν είναι ρεαλιστική διότι δεν λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες συντήρησης των μικροοργανισμών. Η παραγόμενη μικροβιακή πρωτεΐνη εξαρτάται από το pH των προστομάχων. Επίσης, δε δίνεται βαρύτητα στον τύπο των αζωτούχων ουσιών που απαιτείται από τους διάφορους μικροοργανισμούς. Περιοριστικός παράγων, κατ' αρχάς, για τη σύνθεση Μικροβιακής Πρωτεΐνης είναι οι διαθέσιμες αζωτούχες ουσίες και μετά η ενέργεια.

Η μικροβιακή πρωτεΐνη συντίθεται από βακτήρια και πρωτόζωα, σε ποσοστά που εξαρτώνται από τις εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες. Το χαμηλό pH μειώνει τη δραστηριότητα των πρωτοζώων και ευνοεί αυτή των βακτηρίων. Η πεπτικότητα των διαφόρων ειδών μικροβιακής πρωτεΐνης ποικίλλει. Έτσι, η πεπτικότητα της βακτηριακής πρωτεΐνης κυμαίνεται στο 0,75, της πρωτεΐνης πρωτοζώων στο 0,90 και η πεπτικότητα των πρωτεϊνών κυτταρικών τοιχωμάτων στο 0. Άρα, η πεπτικότητα της μικροβιακής πρωτεΐνης κυμαίνεται στο 0,85 – 0,87. Η πεπτικότητα της πρωτεΐνης της τροφής που δεν είναι προϊόν ζύμωσης ποικίλει. Έτσι, τα αμινοξέα, τα πεπτίδια, και οι γλοβουλίνες πέπτονται σχεδόν τέλεια ενώ οι αλβουμίνες, οι γλουτελίνες και οι υπόλοιπες (προλαμίνες, μετουσιωμένες κ.ά.) πέπτονται κατά 0,80 (Tusnady, Simon, 1998).

Ολικές N-χες ουσίες	625
Αληθής πρωτεΐνη	375
Πρωτεΐνη κυτταρικών τοιχωμάτων	155
Νουκλεϊνικά οξέα (N x 6,25)	95
Υδατάνθρακες	210
Λίπη	120
Τέφρα	45

Σύνθεση βακτηρίων της μεγάλης κοιλίας (σε g/Kg ΞΟ)

Διάφορες πρωτεΐνες (σιτάρι)	4,1	5,9	3,6	4,1	3,0	1,0	0,8	2,5
Γλυκινίνη (Σόγια)	4,6	8,1	5,7	5,8	3,0	1,1	1,0	6,9
Ζεΐνη (Καλαμπόκι)	4,0	21,1	5,0	7,3	2,6	1,4	0,0	0,2
Ζελατίνη (Οστά)	2,9	3,3	1,2	2,3	2,1	0,8	0,0	4,4
Οβαλβουμίνη (Αυγά)	7,5	9,4	7,4	7,2	4,5	4,4	1,3	6,3
Λακτοαλβουμίνη (Γάλα)	5,8	12,9	6,1	3,6	5,4	1,6	1,7	10,8
Καζεΐνογόνο (Γάλα)	6,9	9,2	5,6	4,9	4,8	2,6	1,2	8,2
Αμινοξύ	Βαλίνη	Λευκίνη	Ισολευκίνη	Φαινυλαλανίνη	Θρεονίνη	Μεθειονίνη	Θρυπτοφάνη	Λυσίνη

3.2 Η Διατροφική αξία της πρωτεΐνης στον άνθρωπο

Η πρωτεΐνη αποτελεί ένα από τα μακροθρεπτικά συστατικά, δηλαδή ένα από τα συστατικά της τροφής που αποδίδουν ενέργεια στον οργανισμό και μάλιστα αντίστοιχη των υδατανθράκων, κυρίως σε ακραίες καταστάσεις, όπως η ασιτία. Οι πρωτεΐνες παίζουν πολλαπλό ρόλο στον ανθρώπινο οργανισμό και χρησιμοποιούνται σε πλήθος λειτουργιών. Σημαντικότερες από αυτές είναι η δημιουργία νέου ιστού και μυών, η αποκατάσταση των ήδη υπαρχόντων ιστών από φθορές, η άμυνα του οργανισμού καθώς και η μεταφορά μηνυμάτων στο σώμα μας. Η πρωτεΐνη είναι απαραίτητη κατά την ανάπτυξη. Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης, για έναν μέσο ενήλικα, είναι 0,8-1 γρ. ανά κιλό σωματικού βάρους. Εξυπακούεται ότι σε ειδικές καταστάσεις (κύηση, θηλασμός, άσκηση) το όριο αυτό διαφοροποιείται. Ωστόσο, όπως δείχνουν πρόσφατες έρευνες τα όρια αυτά ξεπερνιούνται καθημερινά τόσο στους ενήλικες όσο και στα παιδιά καθημερινά. Τα τρόφιμα που περιέχουν πρωτεΐνη ζωικής προέλευσης ή διαφορετικά, υψηλής βιολογικής αξίας πρωτεΐνη είναι το κόκκινο κρέας (μοσχάρι, χοιρινό, κνήγια, κατσίκι, αρνί και παράγωγα όπως αλλαντικά, ζαμπόν, μπέικον, γύρος, παϊδάκια κλπ.), τα πουλερικά, τα ψάρια, τα γαλακτοκομικά (γιαούρτι και γάλα), το τυρί και το αυγό. Η μη κατανάλωση κρέατος, πουλερικών, ψαριών και των παραγώγων τους οπωσδήποτε μειώνει τη δυνατότητα του οργανισμού να λάβει την απαραίτητη για αυτόν πρωτεΐνη. Ωστόσο, υπάρχουν πηγές πρωτεΐνης οι οποίες καταναλώνονται αυτό το διάστημα και μπορούν εν μέρει να καλύψουν τις ανάγκες μας. Συγκεκριμένα, τα καλαμαράκια, το χταπόδι, οι γαρίδες και τα υπόλοιπα θαλασσινά μάς παρέχουν πρωτεΐνη υψηλής βιολογικής αξίας η οποία μάλιστα πέπτεται πιο εύκολα από εκείνη του κρέατος. Εκτός αυτών, υπάρχουν και ορισμένες φυτικές τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνη. Τέτοιες είναι οι ξηροί καρποί (κυρίως αμύγδαλα και φιστίκια, καρύδια), τα όσπρια, η σόγια, το ρύζι, το καλαμπόκι και το σουσάμι (ταχίνι – χαλβάς). Το μειονέκτημα των φυτικών τροφών είναι η σχετικά χαμηλή βιολογική αξία της πρωτεΐνης σε σύγκριση με εκείνη του κρέατος.

Τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών είναι τα αμινοξέα. Για τη σύνθεση των πρωτεϊνών στο ανθρώπινο σώμα απαιτούνται 20 διαφορετικά αμινοξέα. Κάποια από

αυτά ο οργανισμός έχει τη δυνατότητα να τα συνθέσει μόνος του και για αυτό ονομάζονται μη απαραίτητα. Υπάρχουν όμως και 9 αμινοξέα που ο οργανισμός πρέπει απαραίτητα να τα συνθέσει αφού δεν βρίσκονται στις τροφές. Η πιο πλήρης τροφή σε αμινοξέα είναι το αυγό και το ανθρώπινο γάλα. Οι πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης, αν και προσφέρουν σε επαρκείς ποσότητες ορισμένα αμινοξέα, εμφανίζουν έλλειψη σε άλλα. Ωστόσο, με τον κατάλληλο διατροφικό συνδυασμό μπορούμε να καλύψουμε αυτό το μειονέκτημα. Η παραγωγή της πρωτεΐνης περιλαμβάνει αρκετές βασικές λειτουργίες όπως η μηχανική επεξεργασία, η μεταφορά οξυγόνου από τις φυσαλίδες αερίου μέσω της υγρής φάσης στους μικροοργανισμούς και μεταφορά θερμότητας από την υγρή φάση στο περιβάλλον. Παρά το γεγονός ότι η πρωτεΐνη έχει υψηλή διατροφική αξία για τον άνθρωπο υπάρχουν πολλές ενστάσεις οι οποίες έχουν αποτρέψει την έκδοσή της σε παγκόσμια βάση (Krogh, Larsson, Heijne, Sonnhammer, 2001).

Για τον άνθρωπο το 85% περίπου των στερεών συστατικών του σώματός του αποτελείται από πρωτεΐνες. Έτσι οι πρωτεΐνες της τροφής χρησιμοποιούνται:

- Για τη διατήρηση και αναπλήρωση των κατεστραμμένων πρωτεϊνών του οργανισμού.
- Με τον τρόπο αυτό, αφ'ενός διατηρούνται τα συστατικά του σώματος σε ώριμους οργανισμούς, αναπληρώνεται η εξωτάτη στοιβάδα της επιδερμίδας, τα νύχια, οι τρίχες αφ'ετέρου αυξάνονται οι αναπτυσσόμενοι οργανισμοί.
- Για τη συμμετοχή στην σύνθεση διάφορων απαραίτητων ενώσεων πρωτεϊνικής φύσεως, όπως ένζυμα, ορμόνες, νουκλεϊνικά οξέα χρωστικές.

Για την παροχή ενέργειας με την οξείδωση της περίσσειάς τους.

• Αν όμως υπάρχουν ανάγκες του οργανισμού σε ενέργεια, τότε καλύπτονται μερικά μόνο οι παραπάνω δύο περιπτώσεις. Επειδή ο οργανισμός δεν μπορεί πάντα να συνθέτει τις πρωτεΐνες (αμινοξέα) από άλλες θρεπτικές ύλες και λόγω της ιδιαίτερης σημασίας τους, σε αντίθεση με τις λιπαρές ύλες και τους υδατάνθρακες, αφ'ενός απαιτείται μια “ελάχιστη ημερήσια ποσότητα πρωτεΐνης” (safe level of intake, ο προηγούμενος όρος ήταν recommended intake), αφ'ετέρου και κάποια ορισμένη-σε ευρέα όρια-ποιοτική σύσταση αυτής τη πρωτεΐνης (δηλαδή πρέπει να προσλαμβάνεται με την τροφή ικανή ποσότητα από τα απαραίτητα, αμινοξέα τα οποία δεν μπορεί να συνθέσει ο οργανισμός)

Το ελάχιστο ποσό της ημερήσιας απαραίτητης ποσότητας πρωτεΐνης που πρέπει να λαμβάνεται από την τροφή είναι περίπου 1 g/Kg βάρους του σώματος (Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη Πρωτεΐνης, Recommended Dietary Allowance, RDA). Βέβαια, μια καλή διατροφή προϋποθέτει μεγαλύτερη λήψη πρωτεϊνών, δηλαδή 70 - 90 g ανά ενήλικα άνθρωπο. Η μισή ποσότητα από την πρωτεΐνη αυτή πρέπει να είναι ζωϊκής προέλευσης, για να προσφέρονται έτσι στον οργανισμό τα απαραίτητα αμινοξέα. Στη φύση, αν και οι πρωτεΐνες είναι διαδεδομένες, δεν περιέχουν όλες τα απαραίτητα για τον άνθρωπο αμινοξέα, σε ικανοποιητικές ποσότητες. Έτσι διακρίνονται σε μη πλήρεις πρωτεΐνες αν στις πρωτεΐνες λείπουν κάποια απαραίτητα αμινοξέα, και πλήρεις πρωτεΐνες, αν δεν τους λείπουν απαραίτητα αμινοξέα. Πλήρεις πρωτεΐνες περιέχονται κυρίως σε ζωϊκά τρόφιμα, ενώ τα φυτικά τρόφιμα περιέχουν σχεδόν πάντα μη πλήρεις πρωτεΐνες. Εξαιρέση εδώ είναι η γλουτενίνη και οι πρωτεΐνες της σόγιας, που είναι πλήρεις πρωτεΐνες αν και περιέχονται σε φυτικά τρόφιμα. Σύμφωνα με την παραπάνω λογική, οι πρωτεΐνες που τα απαραίτητα αμινοξέα τους έχουν παραπλήσια σύσταση με εκείνες του ανθρώπινου σώματος έχουν μεγαλύτερη αξία για τον οργανισμό από άλλες πρωτεΐνες που δεν πληρούν την παραπάνω συνθήκη. Αντίστοιχα, και οι τροφές που έχουν τέτοιες πρωτεΐνες έχουν μεγαλύτερη αξία.

Για την αξιολόγηση των διαφόρων πρωτεϊνών, σε σχέση πάντα με τον άνθρωπο, έχουν γίνει διάφορες προσπάθειες. Ορίζοντας αυθαίρετα ότι τα αμινοξέα των πρωτεϊνών του αυγού έχουν “χημικό βαθμό”(chemical score) που ισούται με 100, έχει βαθμολογηθεί η ποιότητα των αμινοξέων διαφόρων πρωτεϊνών. Η καζεΐνη σύμφωνα με την αξιολόγηση αυτή, έχει χημικό βαθμό 60, ενώ η γλουτενίνη του σιταριού 40 (Nasseri, Rasoul –Amini, 2011).

Άλλος τρόπος είναι να συγκριθούν οι πρωτεΐνες από διάφορες πηγές με μια θεωρητικά τέλεια πρωτεΐνη, που περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα στις αναγκαίες αναλογίες και που βαθμολογείται με “ βιολογική αξία “(biological value) ίση με 100 (εργασία που έγινε από το FAO – Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών).

Σα βιολογική αξία μιας πρωτεΐνης θεωρείται το % άζωτό της που συγκρατείται ιαπότον οργανισμό ή με άλλα λόγια το % της πραγματικά πεπτόμενης πρωτεΐνης που παραμένει στο σώμα και χρησιμοποιείται από τον οργανισμό, δηλαδή μετατρέπεται σε πρωτεΐνες του σώματος. Ο υπολογισμός της βιολογικής αξίας γίνεται από το ποσό αζώτου που προσλαμβάνει και αποβάλλει ο οργανισμός, σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο, αφού το άζωτο που αποβάλλεται από τα ούρα αναφέρεται στις πρωτεΐνες που έχουν απορροφηθεί (τις έχει πέψει ο οργανισμός) και χρησιμοποιηθεί στον οργανισμό, ενώ το άζωτο που αποβάλλεται από τα κόπρανα αναφέρεται στις πρωτεΐνες που δεν έχουν απορροφηθεί (Zubi, 2005).. Ο τύπος υπολογισμού της βιολογικής αξίας ορίζεται ως εξής:

Βιολογική αξία= άζωτο που παρέμεινε στο σώμα άζωτο που απορροφήθηκε από το σώμα

Άζωτο τροφής – άζωτο (ούρων+κοπράνων) άζωτο τροφής- άζωτο κοπράνων= x100= x100

Έτσι, σε μια μικρής βιολογικής σημασίας πρωτεΐνη (και συνεπώς μικρής βιολογικής αξίας) τα αμινοξέα που απορροφώνται από τον οργανισμό, χρησιμοποιούνται εν μέρει για σύνθεση χρήσιμων συστατικών, ενώ το υπόλοιπο ποσό(που είναι και το μεγαλύτερο) θα οξειδωθεί και θα χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Όπως όμως έχει αναφερθεί το άζωτο των αμινοξέων αυτών θα αποβληθεί από τα ούρα σαν ουρία. Στην προκειμένη περίπτωση (πρωτεΐνες με μικρή βιολογική αξία), η ουρία θα είναι αυξημένη σε σχέση με εκείνη μετά από κατανάλωση μιας υψηλής βιολογικής σημασίας (με μεγάλη βιολογική αξία) πρωτεΐνης (Γίνεται αναφορά πάντα σε φυσιολογικές τιμές ουρίας). Κατά τη λήψη όμως τροφής λαμβάνονται πρωτεΐνες από διάφορα τρόφιμα, που μπορεί να αλληλοσυμπληρώνουν με την τυχόν περίσσεια του ενός απαραίτητου αμινοξέος της μιας πρωτεΐνης, την αντίστοιχη έλλειψη αυτού του αμινοξέος στην άλλη πρωτεΐνη. Σαν αποτέλεσμα είναι δυνατό να προκύπτουν

μεγαλύτερες βιολογικές αξίες από τις μέσες βιολογικές αξίες των πρωτεϊνών του μίγματος, δηλαδή υψηλής ποιότητας πρωτεϊνικό περιεχόμενο.

Σύμφωνα λοιπόν με τον FAO, το ψωμί έχει βιολογική αξία 50, και το τυρί 75. Με μείγμα όμως ψωμιού και τυριού (3 μέρη και 1 μέρος) έχει βιολογική αξία πάλι 75 γιατί η έλλειψη της λυσίνης από το ψωμί συμπληρώνεται από την περίσσεια της λυσίνης από το τυρί. Για να είναι όμως δυνατή αυτή η αλληλοσυμπλήρωση από την κατάλληλη εκλογή των συστατικών της τροφής, πρέπει αυτά τα συστατικά να λαμβάνονται στο ίδιο γεύμα (Zubi, 2005).

Γιατί ο οργανισμός έχει σε ελάχιστο βαθμό την ικανότητα να αποθηκεύει τα αμινοξέα που δε χρησιμοποιεί και την περίσσεια των αμινοξέων την οξειδώνει προς παραγωγή ενέργειας. Ανάλογες περιπτώσεις είναι το ψάρι με το ρύζι και το καλαμπόκι με τα φασόλια. Σημασία όμως στην αξία μιας πρωτεΐνης για τη διατροφή του ανθρώπου δεν έχει μόνο η βιολογική αξία της αλλά και αν ο άνθρωπος μπορεί και σε ποιο βαθμό να αξιοποιεί αυτή, ή με άλλα λόγια, πόσο εύπεπτη είναι η πρωτεΐνη. Το ποσό του αζώτου μιας πρωτεΐνης που απορροφάται από τον οργανισμό κατά την πέψη, ορίζεται σαν “πεπτική αξία” (net protein utilization) της πρωτεΐνης δηλαδή: $\text{πεπτική αξία} = \frac{\text{άζωτο που παρέμεινε στο σώμα αζώτο τροφής}}{\text{άζωτο τροφής}} \times 100$. Πάντως και ζώντες ζωϊκοί ιστοί έχουν πρωτεΐνες μειωμένης πεπτικής αξίας, γιατί όταν οι δεσμοί $-S-S-$ δεν έχουν σπάσει προς $-SH$ $HS-$, τότε απαιτείται δαπάνη αρκετής αναγωγικής δύναμης. Το γινόμενο της βιολογικής αξίας επί την πεπτική αξία μιας πρωτεΐνης, ορίζεται σα “θρεπτική αξία” της πρωτεΐνης αυτής σύμφωνα με την εξίσωση (International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1996)

Θρεπτική αξία= Βιολογική αξία x Πεπτική αξία και δείχνει την πραγματική αξιολόγηση της πρωτεΐνης για τον οργανισμό.

Εξετάζοντας γενικότερα το θέμα της διατροφής και της κάλυψης των απαιτήσεων του οργανισμού σε αμινοξέα, μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα μετρώντας το ισοζύγιο αζώτου (nitrogen balance). Λέγεται ότι υπάρχει ισοζύγιο αζώτου, όταν η διαφορά μεταξύ του αζώτου που προσλαμβάνεται με την τροφή και εκείνου που απεκκρίνεται με τα ούρα και τα κόπρανα είναι μηδέν. Αυτό σημαίνει ότι ο οργανισμός απλά αναπληρώνει τις ανάγκες του, κάτι που συμβαίνει σε φυσιολογικούς ενήλικες με κανονική διατροφή. Όταν όμως ο οργανισμός είναι αναπτυσσόμενος ή σε περιπτώσεις γυναικών που εγκυμονούν ή θηλάζουν, τότε αποβάλλεται λιγότερη ποσότητα Αζώτου από όση προσλαμβάνεται. Αυτό σημαίνει ότι ένα μέρος του αζώτου έχει κατακρατηθεί στον οργανισμό για τις ανάγκες του σε αμινοξέα τότε λέγεται ότι υπάρχει θετικό ισοζύγιο αζώτου (positive nitrogen balance) (Tuli, Flores, Cameron, 1996).

Τέλος, σε παθολογικές καταστάσεις ή σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να μην λαμβάνονται οι αναγκαίες ποσότητες υδατανθράκων και λιπαρών, για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού. Τότε πρέπει να οξειδωθούν και αμινοξέα, από τις δομικές πρωτεΐνες του οργανισμού, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού. Στην περίπτωση αυτή, το ποσόν του αζώτου που απεκκρίνεται είναι περισσότερο από εκείνο που προσλαμβάνεται από την τροφή και λέγεται ότι υπάρχει αρνητικό ισοζύγιο αζώτου. (negative nitrogen balance)

3.4 Η Διατροφική αξία της πρωτεΐνης στα ζώα

Οι πρωτεΐνες αποτελούν σπουδαιότατο συστατικό του ζωικού σώματος, συναντώνται σε όλα τα κύτταρα του οργανισμού και στο αίμα και αποτελούν ποσοτικά το μεγαλύτερο μέρος της οργανικής του ουσίας. Το μόριο των πρωτεϊνών αποτελείται από αμινοξέα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ορισμένη αλληλουχία με πεπτιδικούς δεσμούς. Ανάλογα με τον αριθμό των αμινοξέων που ενώνονται σχηματίζονται διπεπτίδια, τριπεπτίδια και πολυπεπτίδια. Οι πεπτιδικοί δεσμοί και η αλληλουχία των αμινοξέων στο πολυπεπτιδικό μόριο συνιστούν την πρωτοταγή δομή των πρωτεϊνών, η πτύχωση του πολυπεπτιδίου τη δευτεροταγή και η παράπλευρη τοποθέτηση των πτυχωτών ή ελικοειδών πεπτιδικών αλυσίδων, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο τα μονομερή αυτά μόρια σχηματίζουν μορφές ανώτερης τάξης, συνιστούν την τριτοταγή δομή των πρωτεϊνών. Η διαλυτότητα των πρωτεϊνών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το pH, τη διηλεκτρική σταθερά του διαλυτικού μέσου, την ιοντική ισχύ του διαλύματος και τη συγκέντρωση της πρωτεΐνης και είναι κατά μεγάλο ποσοστό συνάρτηση της τριτοταγούς δομής του μορίου της πρωτεΐνης. Γι' αυτό κάθε μεταβολή στην τριτοταγή δομή επηρεάζει τη διαλυτότητα της πρωτεΐνης (Jeffery,2009).

Η επίδραση ορισμένων δυσμενών παραγόντων μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμη διαταραχή της τριτοταγούς δομής των πρωτεϊνών με αποτέλεσμα την μετουσίωσή τους που χαρακτηρίζεται από την εξαφάνιση της ειδικότητας και της μορφής του πρωτεϊνικού μορίου. Από τα αίτια που προκαλούν μετουσίωση ιδιαίτερη σημασία για τη διατροφή των ζώων έχει η θερμότητα. Η μετουσίωση με απλά λόγια είναι η εξαφάνιση της ειδικότητας και της μορφής του πρωτεϊνικού μορίου υπό την επίδραση δυσμενών παραγόντων οι οποίοι και προκαλούν τη μη αναστρέψιμη (συνήθως) διαταραχή της τριτοταγούς δομής. Γι' αυτό ο βαθμός και ο τρόπος θερμικής κατεργασίας των ζωοτροφών κατά τη βιομηχανική τους παραγωγή αποτελεί χειρισμό που μπορεί να επηρεάσει (μέχρι και μηδενισμού) την πεπτικότητα των πρωτεϊνών των ζωοτροφών αυτών. Η υγρή και ήπια θέρμανση των πρωτεϊνών, όμως, προκαλεί μετουσίωση τέτοια ώστε οι πρωτεΐνες υδρολύονται πιο εύκολα.

Στον ζωικό οργανισμό, οι σπουδαιότερες λειτουργίες που επιτελούν οι πρωτεΐνες είναι οι εξής:

- Αποτελούν θεμελιώδες συστατικό των κυττάρων, του αίματος, τις λέμφου, κ.ά
- Είναι συστατικό των διαφόρων ενζύμων (απένζυμα) και ορισμένων ορμονών
- Είναι απαραίτητες για τη σύνθεση των νεοσχηματιζόμενων ιστών στα αναπτυσσόμενα ζώα και επιδρούν ευνοϊκά στη σωματική αύξηση και διάπλαση. Επίσης, συμμετέχουν στη δόμηση των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων (γάλα, κρέας, αυγά).
- Όταν η ενέργεια που λαμβάνουν τα ζώα από τα λίπη και τους υδατάνθρακες είναι ανεπαρκής, τότε προσφέρουν και ενέργεια στον οργανισμό: από 1 gr πρωτεΐνης που οξειδώνεται στο σώμα παράγονται περίπου 4,1 Kcal ενέργειας.
- Με τη μορφή των γ- σφαιρινών, διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην προάσπιση του οργανισμού εναντίον των διαφόρων λοιμώξεων και στην επούλωση των τραυμάτων.
- Υπάρχουν στο γενετικό υλικό και συμβάλλουν στην κανονική αναπαραγωγική λειτουργία του οργανισμού (Karger, Bassel, 2011).

Όταν ένας ζωικός οργανισμός, υπό κανονικές συνθήκες διαβίωσης και βρισκόμενος σε μη παραγωγική φάση, υποχρεωθεί να λάβει τροφή η οποία είναι επαρκής σε όλα τα θρεπτικά συστατικά εκτός από τις αζωτούχες ουσίες, τότε παρατηρείται ότι συνεχίζει να αποβάλλει άζωτο με τα κόπρανα, τα ούρα και τα επιδερμικά εξαρτήματα. Η παρουσία αζώτου στα κόπρανα οφείλεται στο ότι υπάρχουν μέσα σε αυτά απεκκρίματα, αποσπασμένα κύτταρα κ.ά. του πεπτικού σωλήνα. Το άζωτο αυτό αποτελεί το λεγόμενο “ μεταβολικό άζωτο κοπράνων”. Η παρουσία του αζώτου στα ούρα απορρέει από τον συνεχή καταβολισμό των αζωτούχων ουσιών του σώματος και την αποβολή των τελικών προϊόντων μέσω των ούρων (Crosby, 1995). Το άζωτο αυτό έχει αποδειχτεί ότι με τη συνέχιση λήψης τροφής δίχως αζωτούχες ουσίες, ελαττώνεται προοδευτικά μέχρι μια ορισμένη ποσότητα. Η ποσότητα αυτή αποτελεί το ονομαζόμενο “ενδογενές άζωτο ούρων” και υποδηλώνει ουσιαστικά τον ελάχιστο πρωτεϊνικό καταβολισμό.

Πρωτεΐνη τροφής	N/Kg πρωτεΐνης	Συντελεστής μετατροπής
Βαμβακόσπορου	188,7	5,30
Σογιόσπορου	175,1	5,71
Κριθής	171,5	5,83
Αραβοσίτου	160,0	6,25
Βρώμης	171,5	5,83
Σίτου	171,5	5,83
Αυγού	160,0	6,25
Κρέατος	160,0	6,25
Γάλακτος	156,8	6,38

Το λεγόμενο “ άζωτο επιδερμικών εξαρτημάτων” περιλαμβάνει το άζωτο εκείνο που διατίθεται για την αντικατάσταση των ημερησίων φθορών των τριχών, νυχιών, επιδερμίδας. Το άθροισμα του ενδογενούς άζώτου των ούρων, του μεταβολικού των κοπράνων και εκείνου των επιδερμικών εξαρτημάτων υποδηλώνει τις αζωτούχες δαπάνες στις οποίες υπόκειται ο οργανισμός για να συντηρηθεί και να διατηρηθεί στη ζωή. Με άλλα λόγια, εκφράζει την “φυσιολογική ελάχιστη δαπάνη των πρωτεϊνών του οργανισμού”, η οποία είναι άκρως απαραίτητη για τη διατήρηση των ζωτικών λειτουργιών του.

3.3.1 Πρωτεϊνικές δαπάνες παραγωγής

Όταν το ζώο βρίσκεται σε παραγωγική φάση, τότε υπόκειται σε επιπρόσθετες αζωτούχες δαπάνες, όπως για:

- Σωματική ανάπτυξη– πάχυνση,
- Παραγωγή γάλακτος και άλλων εκκριμάτων (σπέρμα, γαστρικό υγρό, ένζυμα, κτλ)
- Σχηματισμό επιδερμικών εξαρτημάτων (μαλλί, πτέρωμα, οπλές, κτλ.)
- Αυγοπαραγωγή
- Κυοφορία
- Εργασία (όταν η παραγωγή ενέργειας από την καύση λιπιδίων και υδατανθράκων είναι ανεπαρκής).

Οι δαπάνες αζωτούχων ουσιών από το ζωικό οργανισμό δημιουργούν σε αυτόν την ανάγκη για πρόσληψη πρωτεϊνών, οι οποίες λαμβάνονται μέσω των ζωοτροφών του σιτηρεσίου. Στις τροφές φυτικής και ζωικής προέλευσης οι πρωτεΐνες απαντώνται σε μεγάλη ποικιλία και αναλογία. Αυτές που τελικά θα πεφθούν και απορροφηθούν από τον ζωικό οργανισμό παρέχουν αμινοξέα τα οποία μετά την απορρόφησή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για (Θωμόπουλος, 1995):

- Σύνθεση πρωτεϊνών, ώστε να αναπληρώνονται οι πρωτεΐνες που καταβλίζονται,
- Σύνθεση πρωτεϊνών για την παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων,
- Σύνθεση ενζύμων και ποικίλων εκκριμάτων που σχετίζονται με φυσιολογικές δραστηριότητες του σώματος, και
- Παραγωγή ενέργειας.

Ο ρόλος του οριακού αμινοξέος στη διαμόρφωση της βιολογικής αξίας των πρωτεϊνών

Εξεταζόμενη πρωτεΐνη	Καθαρές ανάγκες σε g/ημέρα										Μη απαραίτητα αμινοξέα	Σύνολο
	Απαραίτητα αμινοξέα											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Σύνολο		
	4	3	2	4	1	6	3	7	5	35	90	125
Στα 125g πεπτού μέρους												
Πρωτεΐνη Α	5	3	3	2	2	7	4	8	6	40	85	125
Πρωτεΐνη Β	6	4	3	6	1	5	5	6	6	42	83	125
A+B σε σχέση 40:60	5,6	3,6	3,0	4,4	1,0	5,8	4,6	6,8	6,0	40,8	84,2	125

Εκτός από τις πρωτεΐνες, στις ζωοτροφές περιέχονται και μη πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες, όπως αμίδια, αμίνες, ουρία, παράγωγα πουρίνης, αμινοξέα, αμμωνιακά άλατα, νιτρικά άλατα κτλ.

Οι ουσίες αυτές διαδραματίζουν αξιόλογο θρεπτικό ρόλο και μπορούν να συμβάλλουν στην κάλυψη των αναγκών του οργανισμού σε άζωτο. Ο θρεπτικός τους όμως ρόλος φαίνεται ότι εξαρτάται από τη χημική σύσταση και το είδος των ζώων που τις καταναλώνουν (Mahajan, Neetu, Ahluwalia, 2010). Έτσι, σε ότι αφορά τα παμφάγα ζώα αποδίδεται σε αυτές μικρή σημασία, αν και πρόσφατες έρευνες τείνουν να αποδείξουν το αντίθετο. Στα μηρυκαστικά, όμως, διαδραματίζουν σπουδαιότατο ρόλο επειδή σε αυτά με την παρεμβολή της μικροχλωρίδας της μεγάλης κοιλίας το μη πρωτεϊνικό άζωτο των τροφών μετατρέπεται σε μικροβιακές πρωτεΐνες, οι οποίες με την πέψη παρέχουν αμινοξέα, που χρησιμοποιούνται όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Becker, E.W. (2007). *Micro-algae, Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK

Branden, C, Tooze, J. (1999). *Introduction to Protein Structure*, 2nd ed. New York: Garland Publishing

Crosby, N. (1995). Animal Feeds. In: 'Encyclopedia of Analytical Science'. (A. Townshend, ed.). Vol 1. Academic Press, London. pp. 120-136

Εργαστηριακός Οδηγός Βιολογίας, διαθέσιμο στο <http://users.sch.gr/kekbio/1.htm>

George, D. G. (1994). "PIR-International Protein Sequence Database (PSD) Database Definition Document: The Protein Sequence Component," National Biomedical Research Foundation, Georgetown University Medical Center, Washington.

Jeffery, C.(2009). "Transmembrane Proteins". [Online]. Available: <http://acaschool.iit.edu/lectures04/JefferyTransmembrane.pdf> [Accessed: May, 29, 2009].

Θωμόπουλος, Γ. Ν. (1995). *Ο υποκυτταρικός κόσμος-οργανίδια και ασθένειες*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods .
Microorganisms in foods 5 : characteristics of microbial pathogens / ICMSF, 1996

Karger, S. and Bassel, A.S. (2011). Institute of Medical Chemistry and Institute of Pathology, University of Uppsala, Uppsala, and Karolinska Institutet, Stockholm copyright 2011

Krogh, A., Larsson, B., Heijne, G., Sonnhammer, E. L. (2001). "Predicting transmembrane protein topology with a hidden Markov model: application to complete genomes," *J. Mol. Biol.*, vol. 305, no. 3, pp. 567–580.

Mahajan, A. Neetu and Ahluwalia, A.S. (2010). *African Journal of Microbiology Research* Vol. 4 (1), pp. 055-060.

Mahasneh, I.A. (1997). Production of single cell protein from five strains of the microalga *Chlorella* sp. *Cytobiosciences*, 90: 153-161.

Nasseri, A.T., Rasoul–Amini, S. (2011). Single Cell Protein: Production and Process, *American Journal of Food Technology* 6(2), 103-116

Raven, P. H., Johnson, G. B. (2002). *Biology*, 6th ed. Dubuque, IA: McGraw-Hill.

Reed, G. & Nagodawithana, T. (1995). Biotechnology enzymes, biomass, food and feed, *Bibliographic Citation*.9, 168-215

Tuli, M. A., Flores, T. P. , Cameron, G. N. (1996). "Submission of Nucleotide Sequence Data to EMBL/GenBank/DDBJ," *Molecular Biotechnology*, vol. 6, pp. 47-51, Aug. 1996.

Tusnady G.E, Simon, I. (1998). "Principles governing amino acid composition of integral membrane proteins: application to topology prediction," *J. Mol. Biol.*, vol. 283, pp. 489-506.

Wikipedia, The free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>

Ζέρβας, Γ., Καλαϊσάκης, Π. , Φεγγερός, Κ. (2004). Διατροφή αγροτικών ζώων. Β΄ Έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα.

Zubi, W. (2005). Production of single cell protein from base hydrolyzed of date extract by product by the fungus *Fusarium graminearum*. M. Sc.Thesis, Benghazi: Garyounis University.

Food hygiene (1998), microbiology and HACCP / S.J. Forsythe and P.R. Hayes.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (1996), *Microorganisms in foods 5 : characteristics of microbial pathogens / ICMSF.*