



# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΑΛΕΥΡΩΝ

# ΓΕΝΙΚΑ

**Σιτάλευρο** – κυριότερο άλευρο για την Παρασκευή άρτου και αρτοσκευασμάτων στην Ευρώπη. Από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των πρωτεϊνών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προαναφερθέντων προϊόντων. Το 80 – 90 % των πρωτεϊνών του αλεύρου αποτελείται από τις 2 παρακάτω ομάδες:

- Γλουτενίνες
- Γλοιαδίνες
- Σε μικρότερα ποσοστά απαντώνται και
  - Μια αλβουμίνη (Η Λευκοσίνη)
  - Μια γλοβουλίνη (Η Εδεσίνη)

# ΓΕΝΙΚΑ

Ο καρπός του σίτου δομείται περίπου κατά 83% απο το **ενδοσπέρμιο**, κατά 14% απο το **περικάρπιο** και κατά 3% απο το **σπέρμα**.

- Το περικάρπιο κατά 19% αποτελείται απο πρωτεΐνες, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία, ενώ χαρακτηρίζεται και απο αυξημένη περικετηκότητα σε κυτταρίνη, πεντοζάνες και άλλα συστατικά της διαιτητικής ίνας.
- Το ενδοσπέρμιο αποτελείται κατά 70 -75% απο πρωτεΐνες. Οι γλουτενίνες και οι γλοιαδίνες εντοπίζονται μόνο στο ενδοσπέρμιο των ώριμων κόκκων σίτου. Οι φυσικοχημικές δραστηριότητες των μορίων των δύο αυτών ομάδων πρωτεϊνών των αλεύρων, καθορίζουν και τη διαφορετική λειτουργική συμπεριφορά τους. Άλλο βασικό συστατικό του ενδοσπέρμιου είναι το άμυλο.
- Το σπέρμα αποτελείται κατά κύριο λόγο απο πρωτεΐνες (34%) και λιπίδια (περίπου 27-28%). Χαρακτηρίζεται απο αυξημένη σύνθεση σε βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, τα οποία και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη του νέου φυτού.

# ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΙΝΗΣ

- Δομείται από πολυμερείς πρωτεΐνες των οποίων οι υπομονάδες δένονται με ενδομοριακούς δισουλφιδικούς δεσμούς.
- Το μόριο της δεν εμφανίζει ομοιομορφία και όταν ενυδατώνεται εμφανίζεται ως συνεκτικό ελαστικό στερεό.
- Η συγκέντρωση διαφόρων πεπτιδικών αλυσίδων, το μέγεθος τους και η κατανομή τους στο μόριο, επηρεάζουν άμεσα το ιξώδες και την αρτοποιητική ικανότητα της γλουτένης.

# ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΙΑΔΙΝΗΣ

- Δομείται από μονομερείς πρωτεΐνες που δένονται μεταξύ τους με ενδομοριακούς δισουλφιδικούς δεσμούς.
- Όταν ενυδατώνεται εμφανίζεται ως ιξώδες υγρό.
- Κατά την παρασκευή ζύμης, παρατηρείται διαμοριακή σύνδεση των μορίων της της γλουτενίνης, με ταυτόχρονη παρεμβολή μορίων γλοιαδίνης.
- Το μόριο της γλοιαδίνης παρεμβάλλεται κατά την παρασκευή της ζύμης μεταξύ των ογκωδών μορίων της γλουτενίνης και δρα σαν «πλαστικοποιητής».
- Το τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία των μορίων της γλουτένης.

# Τελική έκβαση

- Αποτέλεσμα των διαμοριακών συνδέσεων μεταξύ των 2 συστατικών της γλουτένης, είναι η δημιουργία νέων πολυμερών, που έχουν αυξημένη ικανότητα έκτασης.
- Όταν η αναλογία συγκεντρώσεων (γλουτενίνη / γλοιαδίνη) στο μοριο της γλουτένης είναι η πρέπουσα, ευνοείται η διαστολή των εγκλωβισμένων φυσαλίδων αέρα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης της ζύμης και κατά το ψήσιμο της.
- Μικρά ποσοστά γλοιαδίνης δεν ευνοούν τη διαστολή των ζυμών, ενώ αντίθετα ζύμες με υψηλή συγκέντρωση γλοιαδίνης εμφανίζουν την τάση για εύκολη ρήξη των τοιχωμάτων των φυσαλίδων, με αποτέλεσμα την κατάρρευση του αρτοσκευάσματος.

# Τελική έκβαση

- Η σύνδεση των πρωτεϊνών των αλεύρων κατά τη ζύμωση δίνει στο τρισδιάστατο πλέγμα τη δυνατότητα για μια ομοιόμορφη φυσικοχημική συμπεριφορά, που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποκαλούμενη «**αρτοποιητική ικανότητα**» των αλεύρων.
- **Αρτοποιητική ικανότητα αλεύρων:**
  - Σιτάρι > Υψηλή (καλή αναλογία γλοιαδίνη/γλουτενίνη)
  - Καλαμπόκι > Μέτρια (χαμηλή περιεκτικότητα γλοιαδίνης > Εύκολη κατάρρευση αρτοσκευασμάτων).

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΛΙΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

### - ΙΣΟΖΥΓΙΟ (N)/β)

- Αυξημένη λίπανση με θειούχα λιπάσματα (μείωση ισοζυγίου N/S, συνδέεται με αύξηση των συγκεντρώσεων της διαλυτής γλουτενίνης στα άλευρα και αντίστοιχη μείωση του λόγου (διαλυτή γλουτενίνη/αδιάλυτη γλουτενίνη).
  - Οι ζύμες που προκύπτουν σε αυτή την περίπτωση είναι πιο εκτατές και εύκαμπτες, με αποτέλεσμα να προκύπτει ψωμί με αναβαθμισμένα χαρακτηριστικά (πχ αυξημένος όγκος).
- Αντίθετα σιτάρια με ελλιπή λίπανση σε S οδηγούν σε καρπό μα αυξημένη σκληρότητα και ζυμάρια συνεκτικά, που αντιστέκονται στην έκταση.
  - Επηρεάζεται αρνητικά η ποιότητα του ψωμιού και των μπισκότων.



# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΘΕΡΜΑΝΣΗ

- Θερρισμός σε υγρό καλοκαίρι επιβάλλει την ξήρανση του σιτηρού.
  - Αν η ξήρανση γίνει σε υψηλές θερμοκρασίες παρατηρείται αυξημένη μετουσίωση των πρωτεϊνών του.
  - Η μετουσίωση αυτή οδηγεί σε εξασθένηση της λειτουργικότητας των αλεύρων που θα προκύψουν από την άλεση.
- Η εμπορική γλουτένη (έχει σαν σκοπό να αυξήσει το πρωτεϊνικό περιεχόμενο (**λειτουργικότητα**)), που παρασκευάζεται, ποικίλει σε ποιότητες λόγω του διαφορετικού βαθμού θέρμανσης που υφίσταται κατά την ξήρανση της.
- Η αύξηση της εκτατικότητας μπορεί να επιτευχθεί με προσθήκη αναγωγικών ουσιών (πχ Ασκορβικό οξύ) στα άλευρα, οι οποίες διασπούν τους δισουλφιδικούς δεσμούς.

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΝΕΡΟ

- Η ενεργότητα του νερού ( $a_w$ ) είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες των τροφίμων.
- Τυπικά τα ζυμάρια των αλεύρων περιέχουν από 0,6 έως 0,8 g H<sub>2</sub>O/g ξηρού αλεύρου.
- ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ
  - Το πρώτο 25% του προστιθέμενου νερού στο ζυμάρι συνδέεται με τα συστατικά του, επηρεάζοντας καθοριστικά τη λειτουργική συμπεριφορά τους.
  - Όταν η ποσότητα του νερού είναι πάνω από το 35%, τότε αυτό επαρκεί για τη σωστή ενυδάτωση της γλουτενης
  - Μείωση κάτω από το 35% οδηγεί στην ευθραυστότητα του ζυμαριού κατά την έκταση.
- ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ
  - "**Μαλακό**" (μικρή συγκέντρωση Ca<sup>++</sup>) νερό οδηγεί σε κολλώδες και μαλακό ζυμάρι και είναι απαραίτητη η προσθήκη **φωσφορικού ασβεστίου** CaHPO<sub>4</sub>, που βελτιώνει και δυναμώνει τη γλουτένη.
  - "**Σκληρό**" νερό οδηγεί σε σκλήρυνση της γλουτενης και επιβραδύνει τη δράση της μαγιάς. Επιβράδυνση της μαγιάς επίσης προκαλείται και από το "αλκαλικό" νερό. Διόρθωση γίνεται με προσθήκη γαλακτικού ή οξικού οξέος .

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΛΙΠΟΣ

### - ΑΠΟ ΑΡΤΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΤΑ ΛΙΠΗ ΣΥΜΒΑΛΟΥΝ:

- Στο μαλάκωμα της υφής των αρτοσκευασμάτων (shortening effect) - δρουν ως μονωτικά στο σχηματισμό συνεχούς και συμπαγούς δικτύου από τη γλουτένη
- Στη συγκράτηση του αέρα και στο σχηματισμό κρέμας, επειδή σταθεροποιούν τις φυσαλίδες του.
- Στη στρωματοποίηση των αρτοσκευασμάτων, με αποτέλεσμα τη δυσκολία σχηματισμού συνεχούς δικτύου.
- Στη μεγαλύτερη συγκράτηση νερού για τη διάλυση των συστατικών του ζυμαριού, λόγω της γαλακτωματοποιητικής τους δράσης (emulsifiers).

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

- **ΣΑΚΧΑΡΑ**

- Υπάρχουν ενδείξεις ότι κατά την ανάμιξη του σιτάλευρου με το νερό, για τη δημιουργία του ζυμαριού, οι πρωτεΐνες της γλουτένης αντιδρούν με ποικίλα σάκχαρα. Πχ η γλουτένη αντιδρά με την επιφάνεια των αμυλόκοκκων και η τυχόν τροποποίηση (πχ ελεγχόμενη εκβλάστηση) οδηγεί σε βελτίωση της λειτουργικότητας του αμύλου στα ζυμάρια του ψωμιού.

- Η ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΣΤΑ ΑΛΕΥΡΑ ΑΠΟΣΚΟΠΕΙ:

- Στην αύξηση της γλυκύτητας των αρτοσκευασμάτων
- Στην ενίσχυση της ζυμωτικής ικανότητας της μαγιάς
- Στον χρωματισμό της κόρας, λόγω καραμελοποίησης των σακχάρων και της μη ενζυμικής κασάνωσης (Maillard reaction).
- Στη δημιουργία γεύσης και αρώματος, λόγω διάσπασης των σακχάρων προς πτητικά οξέα και αλδεΐδες.
- Στη βελτίωση της υφής, λόγω συγκράτησης νερού από τα σάκχαρα. Αυτό οδηγεί στην επιβράδυνση της ζελατινοποίησης του αμύλου και κροκίδωσης των πρωτεϊνών και έτσι διογκώνονται ευκολότερα τα αρτοσκευάσματα.
- Στην αύξηση της φρεσκοτητας και συντηρησιμότητας.
- Στην αύξηση της απόδοσης σε τελικά προϊόντα τα οποία γίνονται πλέον, πιο γευστικά πιο «πλούσια», πιο χορταστικά και με μεγαλύτερο βάρος.

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

- **ΜΑΓΕΙΡΙΚΟ ΑΛΑΤΙ (NaCl)**

- **Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΛΑΤΙΟΥ ΣΤΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ  
ΑΠΟΣΚΟΠΕΙ:**

- Δίνει γεύση στα τελικά προϊόντα.
- Ενισχύει την γεύση των άλλων συστατικών, πχ τη γλυκύτητα της ζάχαρης.
- Βελτιώνει την αρτοποιητική ικανότητα της γλουτενης. Το αλάτι κατά τη διάλυση του διασπάται σε ιόντα  $\text{Na}^+$  &  $\text{Cl}^-$ , τα οποία αλληλοεπιδρούν με τις ιονισμένες ομάδες της γλουτένης ( $\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_3^+$ ). Αυτή η εναλάτωση (salting in) αυξάνει τη διαλυτότητα του μορίου της, μειώνονται οι δια-μοριακές συνδέσεις των μορίων της και συνεπώς βελτιώνεται η αρτοποιητική της ικανότητα.
- Ελέγχει την ανάπτυξη ζυμομυκήτων επιβραδύνοντας τη δράση τους. Οφείλεται στην ήπια αντιμικροβιακή δράση του αλατιού.

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΜΑΓΕΙΡΙΚΗ ΣΟΔΑ (NaHCO<sub>3</sub>)

- Η μαγειρική σόδα χρησιμοποιείται ως:
  - Πηγή CO<sub>2</sub> για τη διόγκωση της γλουτενης.
  - Η παραγωγή του CO<sub>2</sub> μπορεί επιτευχθεί μόνο με την παρουσία κάποιου ή κάποιων όξινων συστατικών, σύμφωνα με την αντίδραση
$$\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$
- Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται ως διογκωτικά μέσα (baking powders) δρουν ως:
  - **Ταχείας ενέργειας** - άμεση απελευθέρωση CO<sub>2</sub> μετά την επαφή τους με τα υγρά συστατικά της ζύμης.
  - **Βραδείας ενέργειας** - απελευθέρωση CO<sub>2</sub> σε υψηλές θερμοκρασίες ψησίματος της ζύμης.
  - **Διπλής ενέργειας** - απελευθέρωση CO<sub>2</sub> σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες ψησίματος της ζύμης.

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΑΥΓΑ

### - ΑΣΠΡΑΔΙ

- Έχει διογκωτικές ιδιότητες γιατί ευνοεί τον αφρισμό (υποβοηθά τη γλουτένη).
- Δημιουργεί σταθερότερη δομή, γιατί συνδέει τα συστατικά με το πρωτεϊνικό δίκτυο της वालουμίνης και σταθεροποιεί τα τοιχώματα των κυψελίδων του αέρα.

### - ΚΡΟΚΟΣ

- Υποβοηθά την καλύτερη διασπορά του λίπους γιατί οι λιποπρωτείνες έχουν γαλακτωματοποιητική δράση.
  - Οι λιποπρωτείνες του ρυθμίζουν το ιξώδες της ζύμης ενώ το λίπος του μαλακώνει τη δομή - υφή του τελικού προϊόντος.
- Επίσης και τα δυο συστατικά συμβάλουν στη μείωση εξάτμισης της υγρασίας (διατήρηση φρεσκοτητας) των τελικών προϊόντων, καθώς και στην αύξηση της οργανοληπτικής ποιότητας (γεύση, χρώμα) και της θρεπτικής τους αξίας.

# ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΓΛΟΥΤΕΝΗΣ

## • ΠΡΩΤΕΟΛΥΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ

- Προστίθενται στα άλευρα με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο για τροποποίηση των πρωτεϊνών τους, έτσι ώστε:
  - Να βελτιωθεί ο χειρισμός της ζύμης
  - Να βελτιωθεί ο χρόνος ανάμιξης της ζύμης
  - Να αυξηθεί ο όγκος των αρτοσκευασμάτων
- Χρησιμοποιούμε κυρίως:
  - **Μυκητιακές πρωτεάσες (*Asp. oryzae*)** - μειώνουν το χρόνο ανάμιξης κατά 30%
  - **Μυκητιακές ενδοπεπτιδάσες** - βελτιώνουν τις ιξωδό-ελαστικές ιδιότητες της γλουτενης
  - **Μυκητιακές εξωπεπτιδάσες** - αποσπούν ελεύθερα αμινοξέα από το μόριο της γλουτενης και έτσι έχουμε θετική επίδραση στο άρωμα και στο χρώμα (Maillard reaction) των αρτοσκευασμάτων.
  - **Μίγματα μυκητιακών και βακτηριακών** πρωτεασών βρίσκουν επίσης εφαρμογή και τέλος,
  - **Πρωτεάσες του γένους *B. Subtilis*** βρίσκουν εφαρμογή σε μπισκότα, κράκερ και cookies.