



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΚΑΖΕΪΝΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ, ΑΜΥΛΟ ΚΑΙ  
ΛΙΠΟΣ ΣΤΙΣ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΛΟΥΚΑΝΙΚΩΝ  
ΤΥΠΟΥ ΦΡΑΝΚΦΟΥΡΤΗΣ**

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

ΒΛΑΖΑΚΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ  
ΤΖΙΒΑΝΟΣ ΙΑΚΩΒΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Θεσσαλονίκη, 2010

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τάση για μείωση του λίπους από την καθημερινή διατροφή έφερε την ανάγκη για αντικατάσταση του λαρδιού από τα λουκάνικα τύπου Φρανκφούρτης. Στην παρούσα πτυχιακή το καζεϊνικό νάτριο και το άμυλο πατάτας χρησιμοποιήθηκαν για την αντικατάσταση του λαρδιού. Η μέθοδος των πειραμάτων μείξης (mixture experiments) επιλέχθηκε ως ιδανική για την μελέτη αυτή. Τα πειράματα μείξης εφαρμόζονται για την πρόβλεψη της απόκρισης, της μετρούμενης μεταβλητής, που προκαλείται απ' οποιαδήποτε συνδυασμό μείξης των συστατικών.

Κατά την παρασκευή των λουκάνικων το μείγμα των μελετώμενων συστατικών (καζεϊνικού νατρίου, άμυλο και λαρδί) αποτέλεσε το 17%w/w (ποσοτική μείξη 17%) και το 27%w/w (ποσοτική μείξη 27%) των τελικών προϊόντων. Το εύρος συμμετοχής της καζεΐνης, του αμύλου και του λαρδιού στην ποσοτικής μείξης 17% ήταν 0,0-3,15%, 0,0-3,15% και 10,7-17,0% αντίστοιχα, ενώ για την ποσοτική μείξη 27% ήταν 0,0-5,0%, 0,0-5,0% και 17,0-27,0% αντίστοιχα.

Συνολικά παράχθηκαν 26 μείξεις των συστατικών με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Minitab. Οι 26 μείξεις εξετάστηκαν οργανοληπτικά (αντικειμενικά και υποκειμενικά) ως προς την υφή και το κόκκινο χρώμα, ενώ πραγματοποιήθηκε και μέτρηση του χρώματος με χρωματομετρικό όργανο. Οι αντικειμενικές αξιολογήσεις πραγματοποιήθηκαν δύο φορές και έγιναν από καθηγητές με εμπειρία στις οργανοληπτικές δοκιμές ενώ οι υποκειμενικές μετρήσεις επαναλήφθηκαν τρεις φορές και η αξιολόγηση έγινε από φοιτητές του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων.

Με την βοήθεια της μεθόδου υπολογίστηκαν οι εξισώσεις που διέπουν την κάθε μεταβλητή. Στην συνέχεια έγινε αντιστοίχιση των υποκειμενικών μεταβλητών με τις αντικειμενικές ώστε να βρεθεί ο βαθμός της έντασης που δίνει την μέγιστη αρεστότητα. Επίσης, υπολογίστηκε η βέλτιστη μείξη όπου όλες οι υποκειμενικές μεταβλητές είναι μέγιστες. Τέλος, έγινε χαρακτηρισμός του τρόπου επίδρασης του κάθε συστατικού στην κάθε μεταβλητή (αντικειμενικές και υποκειμενικές).

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΛΟΥΚΑΝΙΚΩΝ .....	2
2.2 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ .....	6
2.3 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	9
2.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ .....	10
2.4.1 Λαρδί.....	10
2.4.2 Καζεΐνικό νάτριο .....	11
2.4.3 Άμυλο πατάτας .....	11
2.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕΙΞΕΩΝ (MIXTURES EXPERIMENTS).....	12
<b>3. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b> .....	<b>21</b>
<b>4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b> .....	<b>22</b>
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	<b>31</b>
5.1 Αντικειμενικές μεταβλητές .....	31
5.2 Υποκειμενικές – Ηδονικές μεταβλητές .....	38
5.3 Μηχανικές μετρήσεις χρώματος.....	44
5.3. Εντοπισμός των βέλτιστων Μείξεων .....	48
5.3.1 Πεδία μείξεων των Επικαλυπτόμενων Περιγραμμάτων (Overlaid Contour Plot) .....	48
5.3.2 Εντοπισμός της βέλτιστης μείξης (Response Optimization).....	57
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>62</b>
<b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>66</b>

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα λουκάνικα Φρανκφούρτης αν και είναι ευρέως αποδεκτά προϊόντα δεν προτείνονται για συχνή κατανάλωση εξαιτίας της τάσης των τελευταίων ετών, για μείωση του καταναλισκόμενου λίπους. Πλεονέκτημα της αφαίρεση του λίπους από τα λουκάνικα δεν είναι μόνο η παραγωγή ενός διατροφικά προτιμότερου προϊόντος, αλλά και η μείωση του κόστους παρασκευής.

Τα λουκάνικα τύπου Φρανκφούρτης ανήκοντας στην κατηγορία των θερμικά επεξεργασμένων αλλαντικών περιέχουν 20% με 30% λίπος. Η μείωση του λίπους σε αυτού του τύπου τα προϊόντα δεν είναι εύκολη αφού επιφέρει προβλήματα από τεχνολογικής άποψης, που γίνονται εύκολα αντιληπτά από τον μέσο καταναλωτή, με αποτέλεσμα την μειωμένη αποδεκτότητα τους. Γι αυτό δεν επιχειρείτε απλά η μείωση του λίπους αλλά η αντικατάσταση του. Συχνή εφαρμογή στην αντικατάσταση του έχουν διάφορα μεγαλομόρια όπως οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες. Η πρόβλεψη, όμως, της μεταβολής των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών δεν είναι εφικτή εξαιτίας των περίπλοκων φυσικοχημικών φαινομένων.

Σε αυτά τα κρεατοσκευάσματα η αναπτυσσόμενη γεύση και άρωμα είναι αποτέλεσμα κυρίως των καρυκευμάτων. Έτσι η διαφοροποίηση της τυπικής σύστασης των λουκάνικων έχει ως μόνο αποτέλεσμα μεταβολές στην υφή τους.

Κύριος σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης του καζεϊνικού νατρίου, του αμύλου και του λαρδιού, σε ποικίλες συγκεντρώσεις, στην οργανοληπτική υφή και στο χρώμα των λουκάνικων Φρανκφούρτης. Ο σχεδιασμός του πειράματος έγινε με την μέθοδο των πειραμάτων μείξης (mixture experiments).

## 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### 2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΛΟΥΚΑΝΙΚΩΝ

#### *Νομοθεσία*

Τα λουκάνικα Φραγκφούρτης (Frankfurters) ανήκουν στην κατηγορία των προϊόντων θερμικής επεξεργασίας. Σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών τα προϊόντα αυτά υφίστανται θερμική επεξεργασία με αποτέλεσμα την πήξη των πρωτεϊνών μέχρι του κέντρου του προϊόντος. Η θερμική επεξεργασία δύναται να είναι ξηρή, υγρή ή συνδυασμός αυτών των δυο. Τα προϊόντα αυτά είναι δυνατόν να υφίστανται και κάπνισμα. Η χρησιμοποίηση κρεατόμαζας δύναται να είναι λεπτόκοκκη με ή χωρίς τεμάχια κρέατος ή και να περιέχει μεγάλα τεμάχια κρέατος. Η περιεκτικότητα σε λίπος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 30% επί του προϊόντος ως έχει. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες κρέατος δεν πρέπει να είναι κατώτερη του 9% και η υγρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει 53% στο τελικό προϊόν.

Ο κώδικας τροφίμων και ποτών στο άρθρο 90 ορίζει τα εξής για την προσθήκη α) του αμύλου και β) του καζεϊνικού νατρίου στα κατασκευάσματα.

- a) Επιτρέπεται η προσθήκη αμύλου κατά μέγιστο ποσοστό 5%, υπολογιζόμενο επί του προϊόντος.
- b) Το συνολικό ποσοστό πρωτεϊνών γάλακτος δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% του προϊόντος.

(Κώδικας Τροφίμων, Ποτών και Αντικειμένων Κοινής Χρήσης, 2009)

Στην παραγωγή των λουκάνικων Φρανκφούρτης συμμετέχουν διάφορες διεργασίες (Σχήμα 1). Η κάθε μια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο ώστε το τελικό προϊόν να είναι καλής ποιότητας.



Σχήμα 1. Οι διεργασίες για την παραγωγή λουκάνικων.

(Pearson & Tauber, 1984)

Αναλυτικότερα οι διεργασίες είναι οι εξής:

### Άλεση

Κομμάτια κρέατος, διαφόρου μεγέθους και σχήματος, αλέθονται μαζί με το λίπος για να σχηματίσουν άμορφη μάζα. Ο κοχλίας μεταφέρει το κρέας και το πιέζει μέσα από τις τρύπες του πιάτου ενώ οι περιστρεφόμενες λεπίδες κόβουν το κρέας. Το μέγεθος των τρυπών του πιάτου καθορίζουν την διάμετρο των κυλινδρικών κομματιών που κόβονται.

### Ανάμειξη

Τα κυλινδρικά αυτά κομμάτια που αποτελούνται από λίπος και άπαχο κρέας αναμειγνύονται με σκοπό να πάρουν μια άμορφη κατανομή το ένα μέσα στο άλλο.

### Γαλακτωματοποιητής

Σκοπός του γαλακτωματοποιητή είναι να ενώσει τα παραπάνω υλικά. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του είναι η ταχύτητα στον χειρισμό των υλικών, τον υψηλό βαθμό διασποράς των ινών του κρέατος και η ευκολία να αποκτή το μείγμα την επιθυμητή δομή.

## Γέμισμα

Το γαλάκτωμα πλέον τοποθετείται μέσα στο περίβλημα και παίρνει το οριστικό του σχήμα και μέγεθος. Υπάρχουν τρία είδη γεμιστικών μηχανημάτων: (α) με πιστόνια (β) με αντλίες και (γ) και με τα δύο.

## Δέσιμο

Αφού το γαλάκτωμα τοποθετηθεί μέσα στο περίβλημα δένεται. Στην περίπτωση των μικρών αλαντηδίων, όπως τα λουκάνικα Φρανκφούρτης, δημιουργούν μια αλυσίδα.

## Παστερίωση

Αφού τα λουκάνικα κρεμαστούν τοποθετούνται μέσα στον θάλαμο όπου θα γίνει η διαδικασία της παστερίωσης. Σε αυτό το στάδιο το γαλάκτωμα παίρνει στερεή μορφή δημιουργώντας πηκτή. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του θαλάμου είναι (1) το μέγεθος, (2) ο χρόνος, (3) η θερμοκρασία, (4) η θερμική απαίτηση, (5) η σχετική υγρασία και (6) η κυκλοφορία του αέρα

## Ψύξη

Μετά το κάπνισμα το προϊόν πλένεται με κρύο νερό ώστε να ψυχθεί.

## Απομάκρυνση του περιβλήματος και συσκευασία

Αφού τα λουκάνικα ψυχθούν μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία το περίβλημα τους απομακρύνεται και συσκευάζονται.

## *Πρόσθετα*

Οι διαδικασίες του χειρισμού και της συσκευασίας επιβάλλουν στην σύγχρονη εποχή μας την χρησιμοποίηση πρόσθετων. Μερικά από τα πιο κοινά είδη πρόσθετων που χρησιμοποιούνται είναι: το νερό και ο πάγος, το μαγειρικό αλάτι, διάφορα άλατα του κούρτερ και χημικοί σταθεροποιητές όπως τα αντιοξειδωτικά.

## Νερό ή πάγος

Νερό ή πάγος προστίθεται στην κρεατόπαστα για να βελτιώσει τα λειτουργικά της χαρακτηριστικά. Το νερό ή ο πάγος προστίθεται κατά την διαδικασία της κοπής ή της ανάμειξης, με σκοπό να επιτρέψει την κοπή της κρεατόπαστας για περαιτέρω χρόνο χωρίς να ανεβαίνει η θερμοκρασία λόγω της τριβής των μαχαιριών με την μάζα. Αυτό πραγματοποιείται χαμηλώνοντας την εσωτερική θερμοκρασία και λιπαίνοντας την κρεατόπαστα. Ακόμα, η προσθήκη νερού ή πάγου βοηθάει στην διάλυση και στην κατανομή του χλωριούχου νατρίου και των αλάτων του κούρτερ μέσα στην κρεατόπαστα. Τέλος, το νερό επηρεάζει την ρευστότητα του γαλακτώματος βοηθώντας την γέμιση της κρεατόπαστας στο περιβλήμα. Η δομή και η τρυφερότητα του τελικού προϊόντος επηρεάζεται σημαντικά από το ποσοστό νερού που προστίθενται.

## Αλάτι

Το αλάτι που προστίθεται στα λουκάνικα θα πρέπει να είναι καλής ποιότητας. Το χλωριούχο νάτριο εξυπηρετεί τρεις παράγοντες.

1. Διαλύεται στο νερό και εμποδίζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών
2. Μετουσιώνει τις πρωτεΐνες (μυοσίνη) του κρέατος και βοηθά στην γαλακτωματοποίηση του λίπους στα λουκάνικα, και
3. Συνεισφέρει στα γευστικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

## Άλατα του κούρτερ

Ο όρος «άλατα του κούρτερ» αναφέρεται κυρίως στα νιτρικά και νιτρώδη, νάτριο και κάλιο. Το όρο σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών είναι 0.02% στο τελικό προϊόν. Η μικρή ποσότητα που θα προστεθεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το pH, η υγρασία και άλλους.

Τα νιτρικά και τα νιτρώδη παράγουν μια χαρακτηριστική γεύση. Η δημιουργία του κόκκινου χαρακτηριστικού στο κρέας είναι χαρακτηριστικό της χρήσης των αλάτων αυτών. Το επιθυμητό κόκκινο χρώμα όταν αναπτύσσεται αποτελεί δείκτη ότι όλη η παραγωγή ήταν ορθή. Όταν το χρώμα μεταβάλλεται σε καφέ ή γκρι αποτελεί ένδειξη ότι επέρχεται η σήψη του προϊόντος.



## Ασκορβικό

Σκοπός του είναι να οξειδωθεί μειώνοντας τις ουσίες που αντιδρούν με τα νιτρικά και δίνουν οξείδιο του νατρίου (NO). Υπό την συγκεκριμένη αυτή μορφή πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά καθώς το οξείδιο του αζώτου αποτελεί τοξικό αέριο. Έτσι λοιπόν, το ασκορβικό οξύ βοηθάει την δημιουργία του επιθυμητού κόκκινου χρώματος.

## Σάκχαρα

Η χρήση των σακχάρων στην παρασκευή κρεατοσκευασμάτων είναι γνωστή από παλιά. Τα σάκχαρα συμβάλουν στην βελτίωση της γεύσης καθώς καλύπτουν την αλμυρή γεύση, που προκύπτει από την προσθήκη του άλατος. Ωστόσο ο βασικός σκοπός που προστίθενται είναι ότι με την ζύμωση τους βοηθούν στην μείωση του pH στο τρόφιμο.

## Φωσφορικά

Τα φωσφορικά άλατα επιταχύνουν την δημιουργία του χρώματος μειώνοντας απότομα το pH. Οι αλκαλικές φωσφατάσης ενισχύουν την ικανότητα γαλακτωματοποίησης της πρωτεΐνης και αυξάνουν της ικανότητα συγκράτησης του νερού (Pearson & Tauber, 1984).

## 2.2 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

### *Τα λουκάνικα από φυσικοχημικής άποψης*

Τα λουκάνικα Φρανκφούρτης είναι ένα υψηλού ιξώδες γαλάκτωμα, όπου ανάμεσα στο λεπτά τεμαχισμένο κρέας βρίσκονται σε διασπορά το νερό, το λίπος και οι εκχυλισμένες πρωτεΐνες του κρέατος. Το γαλάκτωμα αυτό κατά την διάρκεια της θέρμανσης μετατρέπεται σε πρωτεϊνική γέλη που περιβάλλει τα σταγονίδια του λίπους (Bloukas et al., 1996). Η κρεατόπαστα, ως γαλάκτωμα, σταθεροποιείται από α) τα γαλακτωματοποιητικά και β) τα πηκτικά μέσα.

- a) Οι γαλακτωματοποιητές ως τασιενεργές ενώσεις απορροφούνται στην επιφάνεια των σταγονιδίων του λίπους (ασυνεχής φάση) ώστε να μειωθεί η ελεύθερη ενέργεια του συστήματος. Έτσι μειώνεται η επιφανειακή τάση και αποτρέπεται η συσσωμάτωση των σταγονιδίων. Από την πλευρά του κρέατος, οι γαλακτωματοποιητές που ενδιαφέρουν μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω τρεις κατηγορίες, i) τις σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες (βρίσκονται στα κυτταρικά τοιχώματα) όπου είναι διαλυτές στο νερό αλλά όχι σε ισχυρό αλατούχο διάλυμα. ii) Τις ακτινη και μυοσίνη, που είναι διαλυτές σε ισχυρό αλατούχο διάλυμα αλλά όχι στο νερό. iii) Άλλες πρωτεΐνες, όπως η μυογλοβίνη, που είναι διαλυτές και στα δύο συστήματα. Έχει παρατηρηθεί όμως ότι οι αλατοδιαλυτές πρωτεΐνες είναι καλύτεροι γαλακτωματοποιητές σε σχέση με τις υδατοδιαλυτές (Wilson, 1981).
- b) Οι πηκτικοί παράγοντες είναι ενώσεις που αυξάνουν το ιξώδες της συνεχούς φάσης εξαιτίας του σχηματιζόμενου πλέγματος από μεγαλομόρια. Το αποτέλεσμα είναι η βελτίωση της σταθερότητας του γαλακτώματος αφού επιβραδύνεται η κίνηση των σταγονιδίων του λίπους (Ercelebi & Ibanoglu, 2009). Το είδος πηκτής που ενδιαφέρει στην παρασκευή λουκάνικων σχηματίζεται από υδροφοβικούς δεσμούς μεταξύ των μορίων πρωτεΐνης. Αυτές οι πηκτές ονομάζονται «θερμοπλαστικές» (ή «θερμικός μη αναστρέψιμες»). Οι θερμοπλαστικές πηκτές δεν υγροποιούνται με την θέρμανση, αλλά μαλακώνουν και συστέλλονται. Στο σχηματισμό τους παίρνουν μέρος δισουλφιδικοί, καθώς και ηλεκτροστατικοί δεσμοί μεταξύ πρωτεϊνών διαφορετικού ισοηλεκτρικού σημείου (Belitz et al., 2006)

### *Η σύσταση του γαλακτώματος*

Η ποσοτική μεταβολή των κυριότερων συστατικών του γαλακτώματος (κρέας, λίπος και νερό) μπορεί να επιφέρει μεταβολές στην ποιότητα των λουκάνικων. Καθώς αυξάνεται η αναγκαιότητα για την παραγωγή τροφίμων χαμηλών σε λιπαρά τα όρια του λίπους, του νερού και του κρέατος που περιέχονται στα λουκάνικα θα πρέπει να διερευνηθούν για την παρασκευή του επιθυμητού προϊόντος. Το λίπος μπορεί να αντικατασταθεί με το άπαχο κρέας όμως αυτό αυξάνει το κόστος παραγωγής του προϊόντος. Επίσης η μείωση του κάτω από 20% δημιουργεί προϊόν μη αποδεκτό σε υφή, γεύση και εμφάνιση. Επιπλέον η αντικατάσταση του λίπους με νερό δίνει λουκάνικα μη αποδεκτά (Yang et al. 2001). Γι' αυτό τον σκοπό η αντικατάσταση του λίπους, από το νερό, θα πρέπει να συνοδεύεται με την προσθήκη κάποιων ουσιών που θα αντικαθιστούν τις λειτουργικές του ιδιότητες, δηλαδή θα το «υποκαθιστούν». Τέτοιες ενώσεις είναι κάποιοι υδατάνθρακες όπως, οι διάφοροι τύποι καραγενάνης (Huffman et al., 1995; Trius et al., 1994), η μαλτοδεξτρίνη

(Crehan et al., 2000), η πηκτική (Condogan & Kolsarici, 2002) και διάφοροι τύποι αμύλου (Lyons et al., 1998). Ενώ πρωτεϊνικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται είναι οι πρωτεΐνες σόγιας (Bloukas et al., 1996), οι πρωτεΐνες ορού (Sampaio et al., 2004; Lyons et al., 1998) και οι καζεΐνες.

Οι λειτουργικές ιδιότητες που προσδίδει το κρέας, στα λουκάνικα, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την σύσταση, την ποσότητα και την ποιότητα του κρέατος. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι το ποσοστό διαλυτών/αδιάλυτων πρωτεϊνών, καθώς αυτές προσδίδουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στο σύστημα, όπως για παράδειγμα ρεολογικές ιδιότητες, ικανότητα δέσμευσης του λίπους κ.α. Επίσης όσο το γαλάκτωμα του κρέατος σταθεροποιείται από την απορρόφηση των πρωτεϊνών στο λίπος, τόσο μειώνεται η συγκέντρωση των διαλυτών πρωτεϊνών στο διάλυμα, που είναι απαραίτητες για τον σχηματισμό των πηκτών. Σε κάθε σημείο του μείγματος, μπορεί να διαφέρει σημαντικά η φύση της πηκτής, με τα τριχοειδή φαινόμενα που παίρνουν μέρος στο πορώδες της και το σύνολο των πρωτεϊνών που δεσμεύουν είτε νερό είτε λίπος. Γι' αυτό ακριβώς η επίδραση των διάφορων πρωτεϊνών, που χρησιμοποιούνται για να δώσουν τις λειτουργικές ιδιότητες στα κρεατοσκευάσματα, δεν είναι προσθετικές και είναι δύσκολα προβλέψιμες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι διάφορες λειτουργικές ιδιότητες που προσδίδουν οι πρωτεΐνες σε κάποια συστήματα τροφίμων (Lawrie, 1991).

Πίνακας 1. Λειτουργικές ιδιότητες πρωτεϊνών σε συστήματα τροφίμων.

Οι τυπικές λειτουργικές ιδιότητες που προσδίδουν οι πρωτεΐνες στα τρόφιμα		
<i>Χρήση-ιδιότητα</i>	<i>Πεδίο δράσης</i>	<i>Τρόφιμο</i>
Διαλυτοποίηση	Διαλυτοποίηση πρωτεϊνών	Αναψυκτικά
Απορρόφηση-κατακράτηση νερού	Δέσμευση του νερού με δεσμούς υδρογόνου	Κρεατοσκευάσματα, ψωμί, κέικ
Ιξώδες	Πηκτικό μέσο, κατακράτηση νερού	Σούπες
Ζελατινοποίηση	Σχηματισμός πρωτεϊνικού πλέγματος	Κρεατοσκευάσματα, φρουτόκρεμες, τυρί
Συνεκτικότητα	Δράση ως κολλώδες συστατικό	Κρεατοσκευάσματα, αρτοποιήματα, ζυμαρικά
Ελαστικότητα	Υδροφοβική δεσμοί με την γλουτένη, δισουλφιδικές γέφυρες στις γέλες	Κρεατοσκευάσματα, αρτοποιήματα
Γαλακτωματοποίηση	Σχηματισμός και σταθεροποίηση γαλακτώματος	Κρεατοσκευάσματα, σούπες, κέικ
Απορρόφηση λίπους	Δέσμευση ελεύθερου λίπους	Κρεατοσκευάσματα, ντόνατς
Γεύση	Δέσμευση και απελευθέρωση	Υποκατάστατα κρέατος, αρτοποιήματα
Αφριστικό μέσο	Σχηματισμός σταθερής δομής για την κατακράτηση αερίου	Σαντιγί, επιδόρπια, κέικ

(Lawrie, 1991)

### 2.3 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η αποδοχή των τροφίμων είναι ένας συνδυασμός από αντιλήψεις που οφείλονται στην δομή, τη γεύση, το άρωμα και την εμφάνιση (Chen, 2009). Κατά την μάσηση τους, τα τρόφιμα, αναμιγνύονται με το σάλιο όπου εκτίθενται σε ένζυμα, αποκτούνε την θερμοκρασία του σώματος και μερικές φορές μεταβάλλεται μέχρι και το pH τους (Vingerhoeds, 2007).

Η δομή ενός προϊόντος, ως οργανοληπτικό χαρακτηριστικό, γίνεται αντιληπτή από την αίσθηση του δέρματος του στόματος και σχετίζεται με την πυκνότητα, το ιξώδες, την επιφανειακή τάση και άλλες φυσικοχημικές ιδιότητες. Η δομή μπορεί να σχετίζεται και με τις μηχανικές ιδιότητες του τροφίμου, όπως είναι η σκληρότητα, η συνεκτικότητα, η ελαστικότητα, η μασητικότητα και άλλες παρόμοιες ιδιότητες (Chen, 2009).

Η γεύση αποτελεί ένα σύνολο αισθήσεων που γίνονται αντιληπτές στην γλώσσα μέσα στο στόμα. Άρωμα είναι ένας συνδυασμός από πτητικές ενώσεις του τροφίμου όπου γίνονται αντιληπτές από την μύτη (εκπέοντας). Η γεύση και το άρωμα αποτελούν τα κύρια χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αρεστότητα του καταναλωτικού κοινού. Η κατανόηση όμως των παραγόντων που επηρεάζουν την αρεστότητα παραμένει μια πρόκληση γιατί η αντίληψη της γεύση και του αρώματος είναι μια πολύπλοκη διεργασία που επηρεάζεται από διάφορα φυσικοχημικά και βιολογικά φαινόμενα (Akhtar, 2006).

Τα αντιλαμβανόμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά επηρεάζονται άμεσα από το φύλο, την ηλικία, την φυλή, την υγεία του δοκιμαστή και από άλλους σχετικούς παράγοντες. Για παράδειγμα η μασητικότητα επηρεάζεται από την οδοντοστοιχία του δοκιμαστή. Όταν δοκιμάζει ένα τρόφιμο για να αξιολογήσει την μασητικότητα ή την τραγανότητα τα δόντια μετακινούνται ελαφρώς και δίνουν το ερέθισμα στο νευρικό σύστημα που είναι υπεύθυνο για το συγκεκριμένο ερέθισμα. Έτσι λοιπόν αν ο ένας δοκιμαστής βάζει περισσότερη δύναμη, σε σχέση με κάποιον άλλον, θα χαρακτηρίσει το προϊόν ως πιο μαλακό (Chen, 2009).

## 2.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

### 2.4.1 Λαρδί

Το εξωτερικό λίπος των χοίρων, όπως το υποδόριο, θεωρείται ιδανικότερο για την παρασκευή λουκάνικων σε σχέση με τα εσωτερικά λίπη, όπως το νεφρικό των βοοειδών, το περινεφρικό των χοίρων κ.α. Στον Πίνακα 3 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κυριότερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, καθώς και η σύσταση του λαρδιού (Pearson & Tauber, 1984).

Πίνακας 2. Η σύσταση του λαρδιού και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του.

Χαρακτηριστικό	Τυπική τιμή	Εύρος
Τιμή ιωδίου	57	45 με 70
Αριθμός σαπωνοποιήσεως		192 με 203
Θερμοκρασία στερεοποίησης °C		4 με -2
Τοκοφερόλες, ppm		
α-τοκοφερόλη	172	129 με 215
β-τοκοφερόλη	30	22 με 37
γ-τοκοφερόλη	26	19 με 32
δ-τοκοφερόλη	13	10 με 16
Λιπαρά οξέα, %*		
C-14:0 Μυριστικό	1,5	0,5 με 2,5
C-16:0 Παλμιτικό	26	20,0 με 32,0
C-16:1 Παλμιτολαϊκό	3,3	1,7 με 5,0
C-18:0 Στεατικό	13,5	5,0 με 24,0
C-18:1 Ελαϊκό	43,9	36,0 με 62,0
C-18:2 Λινολεϊκό	9,5	3,0 με 16,0
Σύσταση τριγλυκεριδίων, %**		
SSS		2 με 5
SUS		25 με 35
SUU		50 με 60
UUU		10 με 30
Κρυσταλλική διαμόρφωση	B	

\*Λιπαρά οξέα με τυπική τιμή μεγαλύτερη του 1%. \*\*Όπου S:κορεσμένο λιπαρό οξύ και όπου U:ακόρεστο

(O'Brien, 2009)

Το λίπος αποτελεί κύριο συστατικών όλων των λουκάνικων το οποίο επηρεάζει την χαρακτηριστική γεύση, την δομή και το χρώμα τους (Kahkonen and Tuorila, 1998). Η μείωση της περιεκτικότητας του λίπους, οδηγεί σε αύξηση του κόκκινου χρώματος, μείωση της φωτεινότητας των λουκάνικων και αύξηση του αρώματος (Hughes, 1996). Γενικά η μείωση του λίπους στα λουκάνικα οδηγεί σε παραγωγή προϊόντων με χαρακτηριστικά πιο σκοτεινά, πιο ινώδη, λιγότερο χυμώδη ενώ συνολικά παράγεται ένα προϊόν λιγότερο αρεστό προς το καταναλωτικό κοινό (Bloukas et al., 1996).

#### **2.4.2 Καζεϊνικό νάτριο**

Το καζεϊνικό νάτριο έχει αμφίφιλες ιδιότητες εξαιτίας των μεγάλων περιοχών με πολικά αμινοξέα και των μεγάλων περιοχών με υδρόφοβα αμινοξέα. Έχοντας αυτές τις ιδιότητες μπορεί να δεσμεύσει το λίπος και το νερό των λουκάνικων σχηματίζοντας γαλάκτωμα. Το καζεϊνικό νάτριο, επίσης, μπορεί να δεσμεύσει πρωτεΐνες κρέατος σχηματίζοντας ένα ισχυρότερο φυσικοχημικό πλέγμα παρεμποδίζοντας την συνένωση των λιποσφαιρίων. Αρνητικό του καζεϊνικού νατρίου είναι ότι δεν διαλύεται σε διάλυμα άλατος, καθώς και το ότι είναι ακριβότερο σε σχέση με φοιτικές πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται επίσης στην τεχνολογία κρέατος (Schilling, 2002).

#### **2.4.3 Αμύλο πατάτας**

Όταν το διάλυμα αμύλου θερμαίνεται όπως γίνεται στην παστερίωση των λουκάνικων, συμβαίνουν μη αναστρέψιμες μεταβολές εξαιτίας της ζελατινοποίησης (58-66 °C). Οι αμυλόκοκκοι έχοντας την ικανότητα να απορροφούν 20-40 g νερού/g αμύλου αυξάνουν το ιξώδες του συστήματος. Κατά την ζελατινοποίηση, οι κρύσταλλοι του αμύλου τήκονται και σχηματίζουν ένα πλέγμα πολυμερούς. Το νερό διαχέεται αρχικά μέσα στον κόκκο, οι κρυσταλλικές περιοχές κατόπιν τήκονται με τη βοήθεια της ενυδάτωσης, και, τελικά, η διόγκωση δημιουργεί ένα διάλυμα μέσω της περαιτέρω διάχυσης του νερού. Σε αυτήν την διαδικασία, οι γέφυρες υδρογόνου μεταξύ των αλυσίδων γλυκόζης στους κρυστάλλους σπάζουν αρχικά, και ίσως επίσης μερικές από εκείνες στις άμορφες περιοχές. Η προσθήκη αμύλου στα αλλαντικά έχει ως αποτέλεσμα την δέσμευση μεγαλύτερης ποσότητας νερού κατά την παρασκευή τους. Επίσης κατά το μαγείρεμα αποτρέπεται η αποβολή λίπους από τα λουκάνικα (Li & Yeh, 2003).

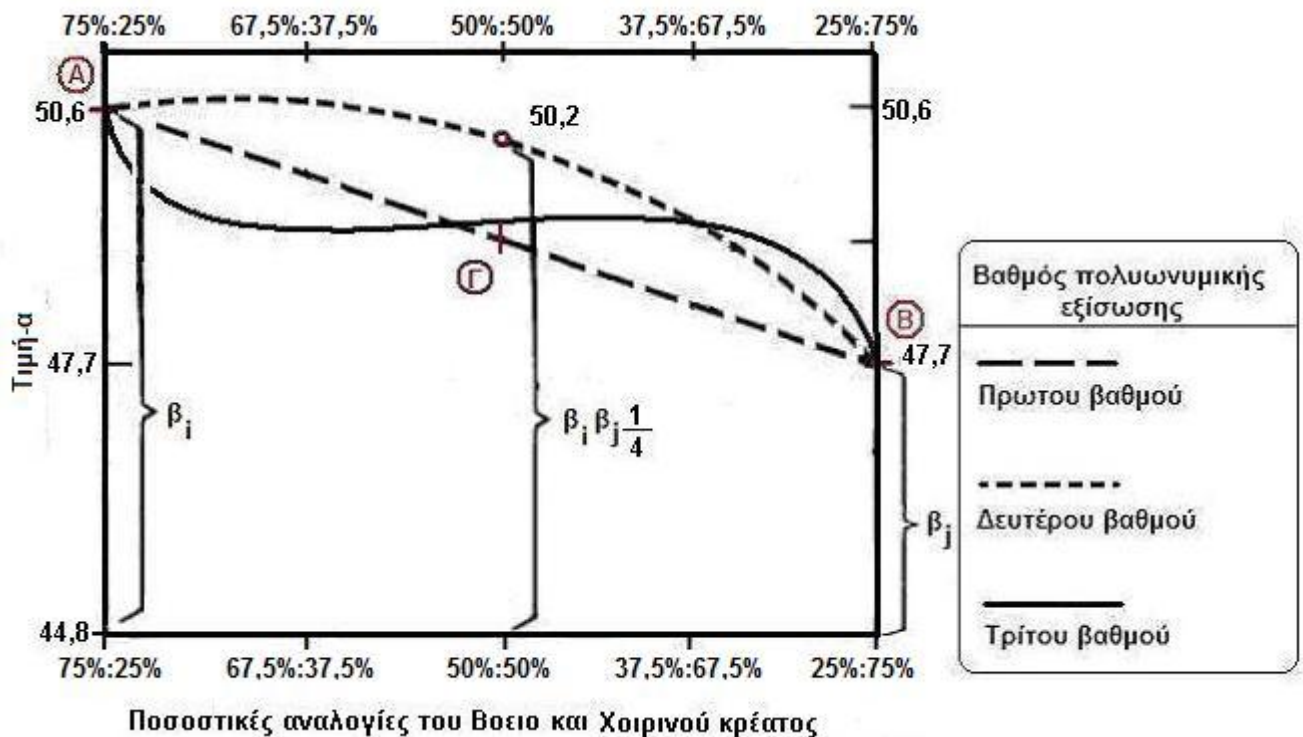
## 2.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕΙΞΕΩΝ (MIXTURES EXPERIMENTS)

- Η εξάρτηση των μεταβλητών από τις διαφορετικές μείξεις των συστατικών.

Στα πειράματα μείξεις η μετρούμενη μεταβλητή εξαρτάται μόνο από τις αναλογίες των συστατικών και όχι από την ποσότητα του μείγματος. Έτσι αν το πλήθος των συστατικών είναι  $q$  και το ποσοστό του κάθε συστατικού αναγράφεται ως  $x_i$  (με  $i=1,2,\dots,q$ ) τότε πρέπει  $x_1+x_2+\dots+x_q=100\%$ . Το  $x_i$  μπορεί να αναφέρεται σε ποσοστό βάρους, όγκου ή mol (Cornell, 1990).

### Παράδειγμα 1:

Η ένταση του κόκκινου χρώματος, στα λουκάνικα Φρανκφούρτης, εξαρτάται, μεταξύ άλλων, και από την αναλογία του βόειου - χοιρινού κρέατος. Για να μελετηθεί η επίδραση αυτή παρασκευάζονται δύο μείγματα λουκάνικων Φρανκφούρτης. Το πρώτο είδος περιέχει 25% Βόειο:75% Χοιρινό και το δεύτερο 75% Βόειο:25% Χοιρινό. Η σύσταση των υπολοίπων συστατικών παραμένει σταθερή. Μετρώντας την τιμή- $a$  (το μέγεθός της καταδεικνύει την ένταση του κόκκινου χρώματος) στα δύο αυτά μείγματα λαμβάνονται τα αποτελέσματα του Σχήματος 2. Είναι φανερό πως η αναλογία με περισσότερο βόειο κρέας προσδίδει ένα εντονότερο κόκκινο χρώμα.



Σχήμα 2. Αποτελέσματα των μετρίσεων της τιμή- $a$  για τις μείξεις 1:3 και 3:1 και ο υπολογισμός των ενδιάμεσων μείξεων

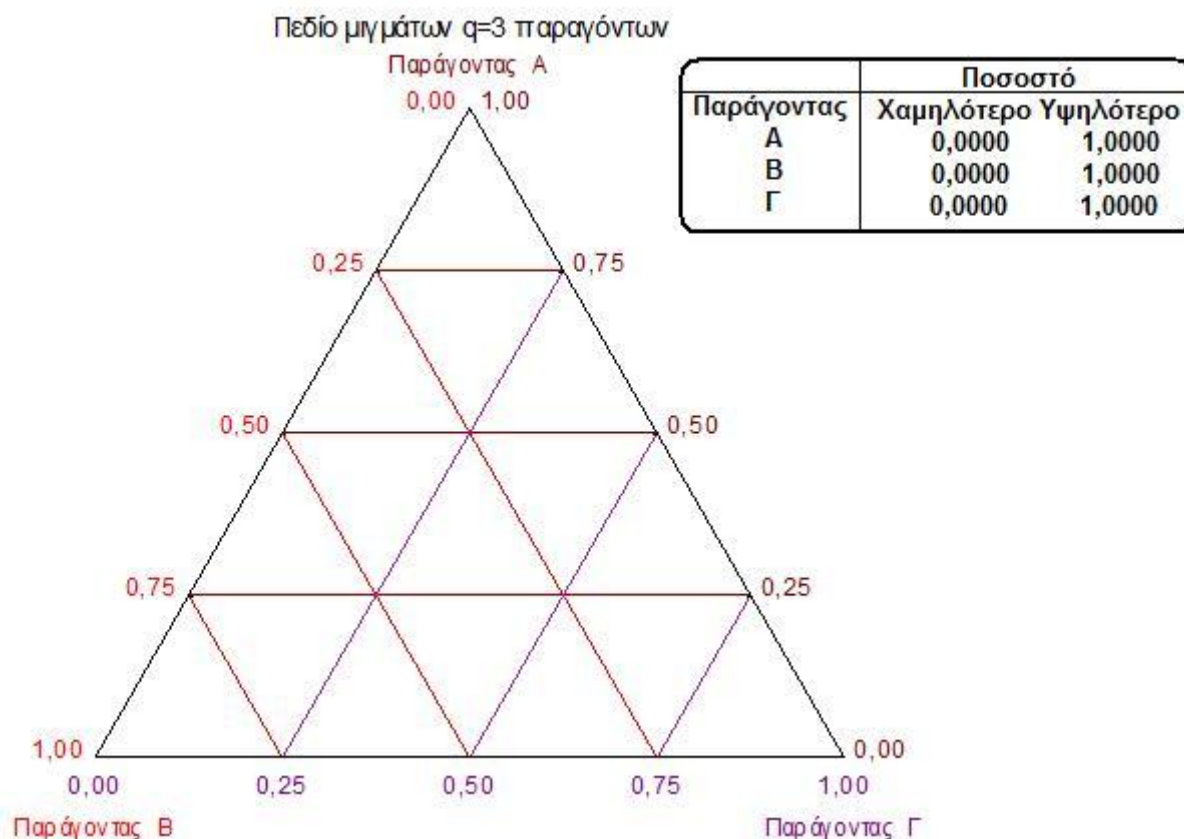
Έστω πως είναι επιθυμητό να γίνει γνωστή η ένταση του κόκκινου χρώματος όταν η αναλογία βόειου:χοιρινού είναι 50%:50%. Αρχικά, υποθέτοντας ότι υπάρχει γραμμική σχέση, ενώνουμε τα σημεία A και B του σχήματος. Έτσι υπολογίζεται ότι για αυτή την μείξη η τιμή-α είναι 49,2 (σημείο Γ). Έστω ότι στην συνέχεια παραγόταν μία παρτίδα με σύσταση βόειου:χοιρινού, 1:1 και η τιμή-α μετρώταν 50,2. Αυτό θα φανέρωνε ότι η αρχική υπόθεση ήταν εσφαλμένη, και δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των σημείων A και B. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των τριών μετρήσεων η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή είναι δευτέρου βαθμού. Η εξίσωση αυτή ισχύει σε όλες τις δυνατών μείξεις των δύο συστατικών (από 0%:100% έως 100%:0%). Όπως φαίνεται στο Σχήμα ?? ούτε η τριτοβάθμια εξίσωση μπορεί να περιγράψει το φαινόμενο.

- Οι περιορισμοί των πειραμάτων μείξεις

Παραπάνω παρουσιάστηκε ένα παράδειγμα μείξης με ανώτερα και κατώτερα όρια ανά συστατικό που φανερώνει την σημαντικότητα της μεθόδου. Σε αυτό το παράδειγμα μελετήθηκε μείγμα αποτελούμενο από δύο συστατικά ( $q=2$ ) και ο χώρος που περιείχε τα μείγματα οριζόταν από μία γραμμή. Οι άκρες τις γραμμής αντιπροσώπευαν τα καθαρά συστατικά, ενώ όλα τα άλλα σημεία αποτελούσαν τα ενδιάμεσα δυαδικά μείγματα.

Στην περίπτωση που μελετώνται τρία συστατικά ( $q=3$ ) ο χώρος ή αλλιώς το πεδίο των μειγμάτων ορίζεται από ένα ισόπλευρο τρίγωνο (Σχήμα 3). Οι κορυφές του τριγώνου αναπαριστούν τα καθαρά συστατικά, οι πλευρές του τα δυαδικά μείγματα ενώ κάθε άλλο σημείο εντός του τριγώνου αντιπροσωπεύει κάποιο τριαδικό μείγμα. Γενικότερα, το πεδίο που περιέχει τις μείξεις  $q$  συστατικών ονομάζεται σχήδιο simplex.





Σχήμα 3. Περίγραμμα σχεδίου simplex.

▪ Σχέδια simplex

Τα σχέδια simplex χρησιμοποιούνται για την μελέτη της δράσης των παραγόντων (συστατικών μείξης) στη μεταβλητή. Δύο είναι τα περισσότερο δημοφιλή σχέδια simplex:

- i. Το δικτυωτό σχέδιο simplex (simplex lattice design)

Το δικτυωτό σχέδιο simplex εκφράζεται από δύο παραμέτρους. Τον αριθμό των συστατικών  $q$ , και από το πλήθος των δυαδικών μείξεων συν ένα  $\{q,m\}$ .

- ii. Το σχέδιο κέντρου βάρους simplex (simplex centroid design).

Για κάθε πλήθος  $q$  συστατικών υπάρχει μόνο ένα σχέδιο κέντρου βάρους simplex με  $2^p-1$  μείξεις. Το σχέδιο αυτό αποτελείται από μείξεις που βρίσκονται στις κορυφές (καθαρά συστατικά) και από μείξεις που βρίσκονται στο κέντρο των δυαδικών μειγμάτων και των τριαδικών μειγμάτων. (Πετρίδης, 2000; Cornell, 1990)

Οι περισσότερες μείξεις και στα δύο σχέδια εμφανίζονται στο περίγραμμα της σχεδιαζόμενης περιοχής (πλευρές). Το πρόβλημα αυτό διορθώνεται με την ένταξη νέων συντεταγμένων μείξεων στο εσωτερικό της σχεδιαζόμενης περιοχής. Τα νέα αυτά σχέδια simplex ονομάζονται πλεονάζοντα (augmented) ή ενισχυμένα. Τα πειράματα μείξης στοχεύουν στην εύρεση της πολυωνυμικής εκείνης εξίσωσης που περιγράφει, με εμπειρικό τρόπο, άριστα τη σχέση μεταξύ διαφορετικών μείξεων  $q$  συστατικών.

▪ Μοντελοποίηση των πειραμάτων μείξης

Οι πολυωνυμικές εξισώσεις (Πίνακας 3) που περιγράφουν με επιτυχία μεγάλο φάσμα πειραματικών μείξεων, υπόκεινται όλες στον περιορισμό  $\sum x_i=1$  και στην απουσία της παραμέτρου  $\alpha$ .

Πίνακας 3. Πολυωνυμικές εξισώσεις που περιγράφουν τις μείξεις.

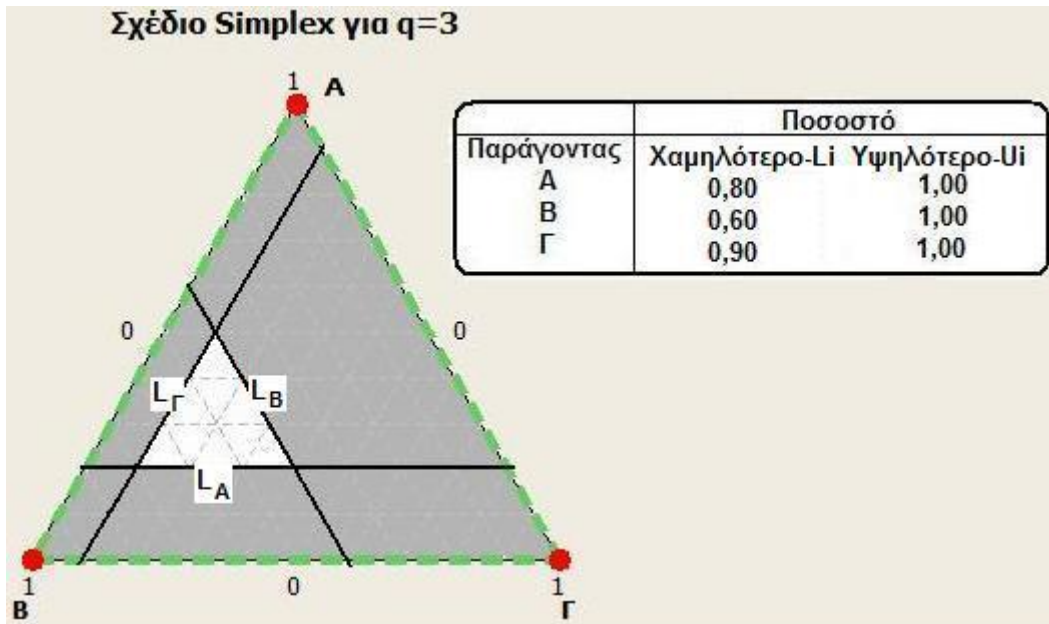
Πρώτου βαθμού	$\hat{Y} = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i$
Δευτέρου βαθμού	$\hat{Y} = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j$
Ειδικού τρίτου βαθμού	$\hat{Y} = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j<k}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k$
Τρίτου βαθμού	$\hat{Y} = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j}^q \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum_{i<j<k}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k$

\*: Η κατάταξη των εξισώσεων έγινε με βάση το πλήθος των όρων που περιέχουν.

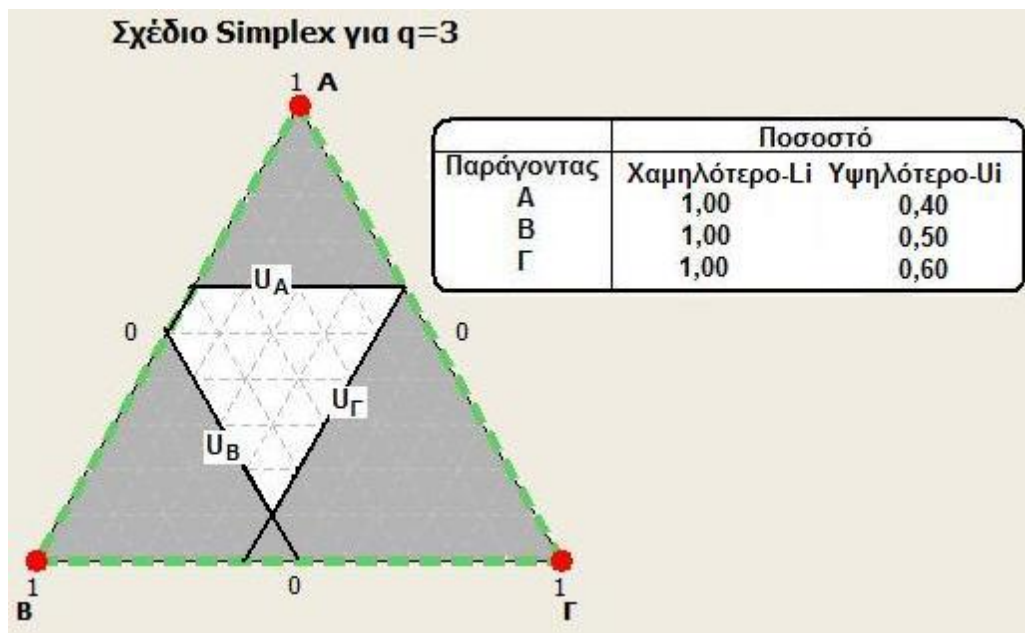
Οι συντελεστές  $\beta_i$  αντιπροσωπεύουν την τιμή της μεταβλητής στα καθαρά συστατικά (στις κορυφές του τριγώνου). Οι συντελεστές  $\beta_{ij}$  αντιπροσωπεύουν τις μείξεις των δυαδικών συστατικών (στις πλευρές του τριγώνου) και εκφράζουν συνεργαστικές ή ανταγωνιστικές μείξεις. Ο συντελεστής  $\beta_{ijk}$  δείχνει την τιμή της μεταβλητής όταν το μείγμα περιέχει ποσοστά όλων των συστατικών (αντιπροσωπεύει μείξεις στο εσωτερικό του τριγώνου). Τέλος ο συντελεστής  $\delta_{ij}$  που εμφανίζεται στην εξίσωση τρίτου βαθμού αφορά τα δυαδικά μείγματα. Οι όροι  $\delta_{ij}x_i x_j (x_i - x_j)$  παίρνοντας είτε αρνητικές είτε θετικές τιμές επιτρέπουν την ταυτόχρονη ανίχνευση συνεργαστικών και ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δύο συστατικών. Ο όρος αυτός εξαιρείται από τις ειδικές πολυωνυμικές εξισώσεις. Για  $q=3$  η ειδική τριτοβάθμια εξίσωση γράφεται ως εξής:

$$\hat{Y} = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3.$$
 Οι χαμηλότερου βαθμού πολυωνυμικές εξισώσεις θεωρούνται ευκολότερες στον χειρισμό τους καθώς περιέχουν λιγότερους όρους και άρα απαιτούν μικρότερο αριθμό μείξεων για την εκτίμηση των παραμέτρων τους (Πετρίδης, 2000; Wendell, 2005).

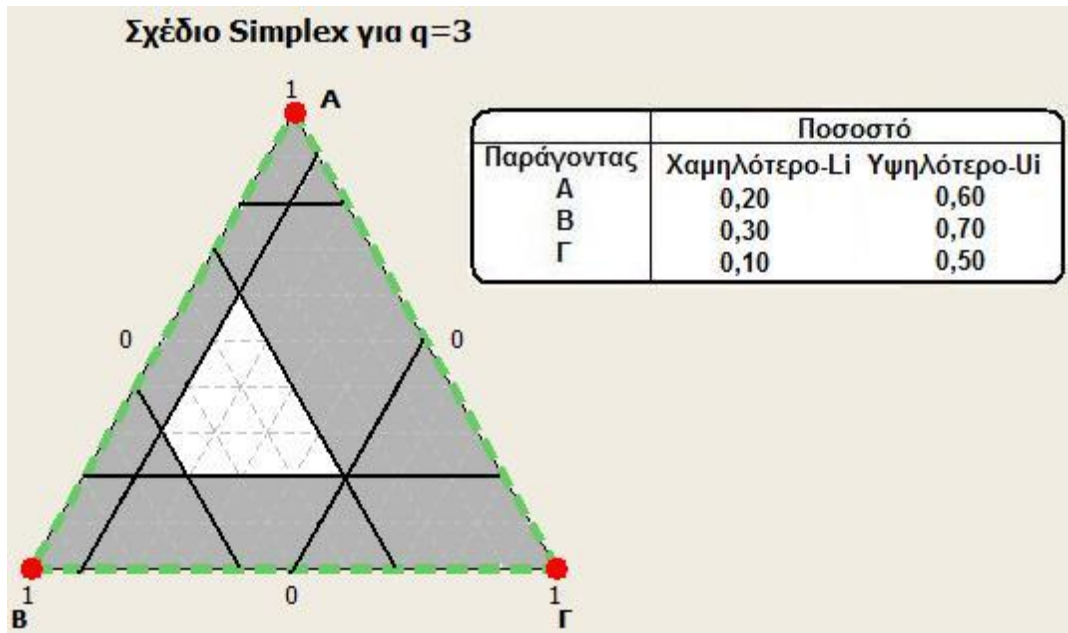
Στο παράδειγμα της αναλογίας των κρεάτων το άθροισμα των ποσοστών των παραγόντων είναι 100%, ενώ ταυτόχρονα έχουν τεθεί μέγιστα και ελάχιστα όρια συμμετοχής του κάθε παράγοντα στο μίγμα (δηλαδή  $L_i \leq x_i \leq U_i$ , όπου  $x_i$  το ποσοστό του κάθε συστατικού,  $L_i$  το κατώτερο όριο και  $U_i$  το ανώτερο όριο). Στα Σχήματα 3α-3γ παρουσιάζεται το δικτυωτό σχέδιο simplex για  $q=3$  όπου α) στα τρία συστατικά έχουν οριστεί κατώτερα όρια συμμετοχής, β) στα τρία συστατικά έχουν τεθεί ανώτερα όρια συμμετοχής και τέλος γ) έχουν οριστεί ανώτερα και κατώτερα όρια για όλα τα συστατικά



Σχήμα 3α.. Χρήση κατώτερων ορίων στο σχέδιο Simplex.



Σχήμα 3β.. Χρήση ανώτερων ορίων στο σχέδιο Simplex.



Σχήμα 3γ.. Ταυτόχρονη εφαρμογή ανώτερων και κατώτερων ορίων στο σχέδιο Simplex.

Για να οριστεί σχέδιο simplex με ανώτερα και κατώτερα όρια θα πρέπει να ισχύουν οι εξής σχέσεις μεταξύ των ορίων,

$$U_i + \sum_{j \neq i}^q L_j \leq 1 \text{ (ή Συνολικά)} \quad \text{και} \quad L_i + \sum_{j \neq i}^q U_j \geq 1 \text{ (ή Συνολικά)}$$

- Ποσοτική μείξη (mixture amount)

Από τα Σχήματα 3α έως 3γ γίνεται φανερό πως τα όρια των μεταβλητών μπορούν να περιορίσουν σημαντικά το πεδίο των μείξεων. Γενικά η εφαρμογή ενός μοντέλου μείξης στα προβλήματα της βιομηχανίας και της επιστήμης είναι δύσκολη εξαιτίας των περιορισμών του. Για να γίνει η μέθοδος πιο ευέλικτη και να εφαρμόζεται ευκολότερα στα πραγματικά προβλήματα χρησιμοποιούνται μία ή περισσότερες μεταβλητές διεργασίας (process variables). Παραδείγματα των μεταβλητών διεργασίας στην τεχνολογία τροφίμων αποτελούν ο χρόνος και η θερμοκρασία κατά την θερμική επεξεργασία, το πάχος του τροφίμου (όταν πρόκειται να επεξεργαστεί θερμικά), η ποσότητα ενός μείγματος (π.χ. ενισχυτικό γεύσης) κ.α. Η μεταβολή της ποσότητας του μείγματος ονομάζεται ποσοτική μείξη και θεωρείται υποκατηγορία των μεταβλητών διεργασίας. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται στις δύο μεθόδους είναι ίδιες. Η διαφοροποίηση τους έγκειται στον σχεδιασμό του πειράματος (Wendell, 2005).

Τα μείγματα στις μεταβλητές διεργασίας έχουν πάντα το ίδιο βάρος ή όγκο ή mol. Διαφοροποίηση υπάρχει στο περιβάλλον του πειράματος (π.χ. παρουσία ή απουσία κάποιου άλλου συστατικού, διαφορετικές θερμοκρασίες, διαφορετικά χρονικά διαστήματα κ.α.). Στην ποσοτική μείξη υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των ποσοτήτων των μειγμάτων και άρα των ποσοστών των συστατικών στα μείγματα (Παράδειγμα 2). Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η αύξηση των ευρών των παραγόντων και η δυνατότητα υπολογισμού των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων.

### Παράδειγμα 2:

Έστω πως χρησιμοποιούταν η ποσοτική μείξη στο αρχικό παράδειγμα. Το κρέας στα λουκάνικα Φρανκφούρτης αποτελεί το 25%. Δηλαδή αν παρήχθησαν 100 kg λουκάνικα τα 25 kg ήταν κρέας. Έστω, ότι θέλαμε να μελετήσουμε το χρώμα των λουκάνικων όταν σε αυτά έχει προστεθεί 30 kg κρέας (ή 28,6%). Οι μετρήσεις θα πραγματοποιούνταν στα μείγματα του Πίνακα 4. Στον Πίνακα 4 φαίνονται οι μείξεις για  $q=2$  ενώ στις παρενθέσεις βρίσκεται το ποσοστό του κρέατος στα λουκάνικα.

Πίνακας 4. Εφαρμογή της ποσοτικής μείξης σε λουκάνικα Φρανκφούρτης.

Ποσότητα	25 kg κρέας για 100 Kg λουκάνικα		Μείγμα	30 kg κρέας για 105 kg λουκάνικα	
	Βόειο Kg	Χοιρινό Kg		Βόειο Kg	Χοιρινό Kg
Μείγμα					
1	25,0 (25,0%)	0,0 (0,0%)	5	30 (28,6%)	0 (0,0%)
2	16,7 (16,7%)	8,3 (8,3%)	6	20 (19%)	10 (9,5%)
3	8,3 (8,3%)	16,7 (16,7%)	7	10 (9,5%)	20 (19,0%)
4	0,0 (0,0%)	25,0 (25,0%)	8	0 (0,0%)	30 (28,6%)
Εύρος κιλών κρέατος (ποσοστού)	0-25 (0,0%-25,0%)	0-25 (0,0%-25,0%)		0-30 (0,0%-28,6%)	0-30 (0,0%-28,6%)

- Τα επίπεδα της ποσοτικής μείξης

Η μετρούμενη μεταβλητή μπορεί να επηρεάζεται από τις μεταβολές της ποσότητας του μείγματος. Αυτές οι μεταβολές περιγράφονται είτε από κάποια γραμμική σχέση είτε και από κάποια ανώτερου βαθμού εξίσωση. Έτσι αν όπου  $Z$  ο παράγοντας της ποσότητας ισχύει η εξής σχέση,

Μεταβλητή =  $\beta_0$  + [επίδραση του  $Z$ ], όπου

$$[\text{Επίδραση του } Z] = \begin{cases} \beta_1 Z & (\text{για γραμμική σχέση}) \\ \beta_1 Z + \beta_2 Z^2 & (\text{για δευτεροβάθμια}) \\ \beta_1 Z + \beta_2 Z^2 + \beta_3 Z^3 & (\text{για τριτοβάθμια}) \end{cases}$$

Στα πειράματα της ποσοτικής μείξης ισχύει η εξής εξίσωση,

$$\begin{aligned} \text{Μεταβλητή} &= f(\text{ποσοστό συστατικού}) + f(\text{ποσότητα μείγματος}) \\ &+ f(\text{ποσοστό συστατικού} \times \text{ποσότητα μείγματος}) \end{aligned}$$

Έστω ότι υπάρχουν  $q=3$  συστατικά που τα συνδέει εξίσωση πρώτου βαθμού ( $\beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \beta_3 \chi_3$ ). Επίσης μεταξύ δύο διαφορετικών ποσοτήτων-επιπέδων ( $Z=2$ ) ισχύει η δευτεροβάθμια εξίσωση ( $\beta_1 Z + \beta_2 Z^2$ ). Συνδυάζοντας τα δύο μοντέλα έχουμε,

$$\hat{Y} = \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 + \beta_3 \chi_3 + (\beta_1^A \chi_1 + \beta_2^A \chi_2 + \beta_3^A \chi_3) Z_A + (\beta_1^B \chi_1 + \beta_2^B \chi_2 + \beta_3^B \chi_3) Z_B^2$$

(Cornell, 1995)

### 3. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της εργασίας είναι:

- Η μελέτη της επίδρασης του καζεϊνικού νατρίου, του αμύλου και του λαρδιού, σε ποικίλες συγκεντρώσεις, στην υφή (οργανοληπτικές αντικειμενικές-υποκειμενικές) και στο χρώμα (οργανοληπτικά και μηχανικά) των παστεριωμένων αλλαντικών τύπου Φρανκφούρτης.
- Το πως επηρεάζεται (μοντέλο της εξίσωσης) η εκάστοτε μεταβλητή από το κάθε συστατικό ή από συνδυασμό των συστατικών.
- Η πρόβλεψη της απόκρισης κάθε μεταβλητής που προκαλείται απ' οποιαδήποτε συνδυασμό μείξης των συστατικών και βασίζεται στο μοντέλο της εξίσωσης.
- Η βέλτιστη αντιστοίχιση των υποκειμενικών και αντικειμενικών μεταβλητών.



#### 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ο σχεδιασμός του πειράματος και η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγιναν με την μέθοδο των ποσοτικών μείξεων (mixture amount). Μελετήθηκαν τρεις παράγοντες με ενισχυμένο δικτυωτό σχέδιο simplex ( $q=3, m=3$ ). Στους παράγοντες τέθηκαν ανώτερα και κατώτερα όρια. Το μείγμα που μελετήθηκε αποτελεί μέρος της σύστασης των λουκάνικων Φρανκφούρτης και περιείχε τα εξής συστατικά: το καζεϊνικό νάτριο, το άμυλο και το λαρδί. Δύο ποσοτικά μίγματα χρησιμοποιήθηκαν ( $Z=2$ ). Στο πρώτο το άθροισμα των ποσοστών των συστατικών ήταν 17% κατά βάρος, ενώ στο δεύτερο το άθροισμα τους ήταν 27%.

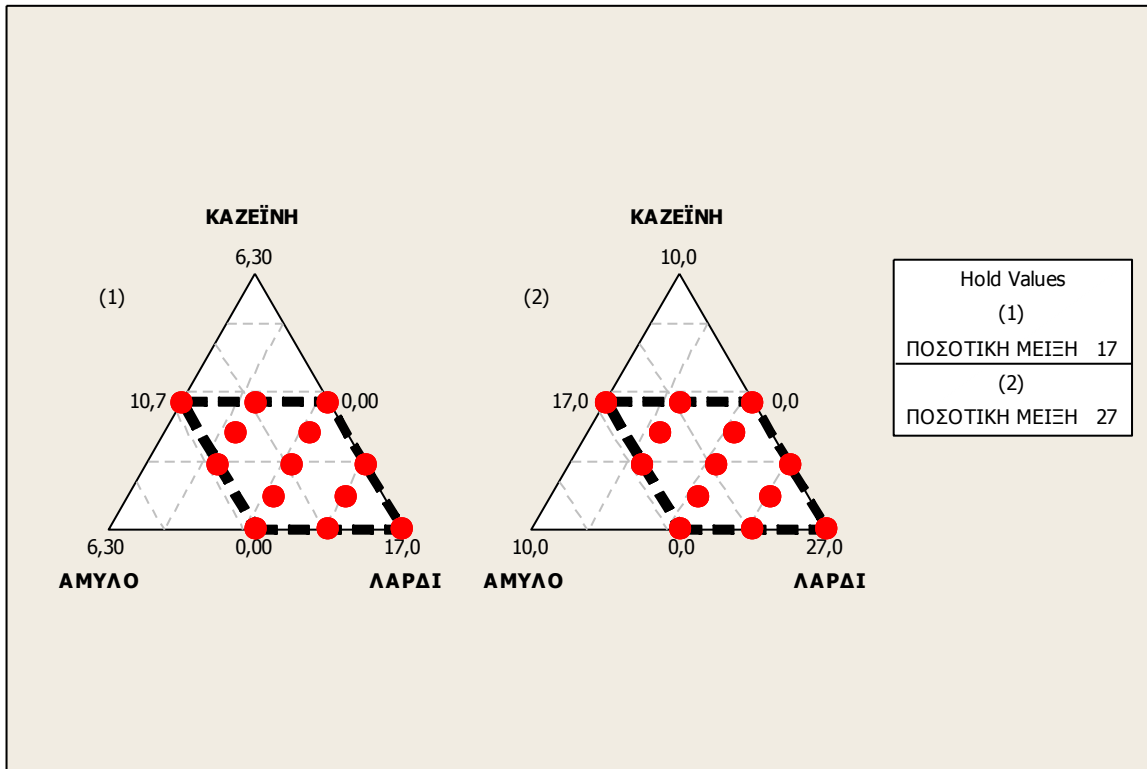
- Σχεδιασμός του πειράματος

Για τον υπολογισμό των δύο ποσοτικών μειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ως βάση υπολογισμού η εξής σύσταση των λουκάνικων: 25% λαρδί+50% κρέας+25% πάγος. Υποθέτοντας ότι η κρεατόπαστα ζυγίζει 4 kg υπολογίστηκε το 17%w/w και το 27%w/w των 4 kg. Και στα δύο ποσοτικά μίγματα η ποσότητα του κρέατος και του νερού παρέμεινε σταθερή (3 kg). Άρα μεταβαλλόταν μόνο η

	Ποσοτική μείξη	
	17% w/w	27% w/w
Καζεϊνικό %	0-3,15	0-5,0
Άμυλο %	0-3,15	0-5,0
Λαρδί %	10,7-17,0	17,0-27,0

ποσότητα του λίπους στα λουκάνικα. Στην συνέχεια με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Minitab υπολογίστηκαν τα μίγματα όπου η καζεϊνή και το άμυλο αντικαθιστούσαν το λαρδί (έως των ορίων του Πίνακα).

Το ενισχυμένο διάπλεγμα simplex μετά την εφαρμογή των ορίων παίρνει την μορφή του Σχήματος 4. Το πεδίο που περιβάλλεται από την μαύρη διακεκομμένη γραμμή περιέχει τις μείξεις που μελετήθηκαν. Αποτελέσματα εκτός του πεδίου αυτού θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας, κι αυτός είναι ο λόγος που το πεδίο στο εξής θα καλείται πεδίο ενδιαφέροντος.



Σχήμα 4: Το πεδίο ενδιαφέροντος για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

Συνολικά παρήχθησαν 26 μείξεις καζεϊνικού νατρίου, αμύλου και λαρδιού (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Η τοις εκατό και κατά βάρος σύσταση των 26 μειγμάτων.

Μείξη	Καζεϊνικό %	Άμυλο %	Λαρδί %	Ποσοτική μείξη	Καζεϊνικό% 4000g	Άμυλο% 4000g	Λαρδί% 4000g	Καζεϊνικό +Άμυλο +Λαρδί (g)	Κρέας (g)	Νερό (g)	Κρεατόπαστα (g)
1	0,0	0,0	17,0	17	0,0	0,0	680,0	680	2000	1000	3680
2	3,1	0,0	13,9	17	125,9	0,0	554,1	680	2000	1000	3680
3	0,0	3,1	13,9	17	0,0	125,9	554,1	680	2000	1000	3680
4	3,1	3,1	10,7	17	125,9	125,9	428,1	680	2000	1000	3680
5	0,0	1,6	15,4	17	0,0	63,0	617,0	680	2000	1000	3680
6	1,6	0,0	15,4	17	63,0	0,0	617,0	680	2000	1000	3680
7	3,1	1,6	12,3	17	125,9	63,0	491,1	680	2000	1000	3680
8	1,6	3,1	12,3	17	63,0	125,9	491,1	680	2000	1000	3680
9	1,6	1,6	13,9	17	63,0	63,0	554,1	680	2000	1000	3680
10	0,8	0,8	15,4	17	31,5	31,5	617,0	680	2000	1000	3680
11	2,4	0,8	13,9	17	94,4	31,5	554,1	680	2000	1000	3680
12	0,8	2,4	13,9	17	31,5	94,4	554,1	680	2000	1000	3680
13	2,4	2,4	12,3	17	94,4	94,4	491,1	680	2000	1000	3680
14	0,0	0,0	27,0	27	0,0	0,0	1080,0	1080	2000	1000	4080
15	5,0	0,0	22,0	27	200,0	0,0	880,0	1080	2000	1000	4080
16	0,0	5,0	22,0	27	0,0	200,0	880,0	1080	2000	1000	4080
17	5,0	5,0	17,0	27	200,0	200,0	680,0	1080	2000	1000	4080
18	0,0	2,5	24,5	27	0,0	100,0	980,0	1080	2000	1000	4080
19	2,5	0,0	24,5	27	100,0	0,0	980,0	1080	2000	1000	4080
20	5,0	2,5	19,5	27	200,0	100,0	780,0	1080	2000	1000	4080
21	2,5	5,0	19,5	27	100,0	200,0	780,0	1080	2000	1000	4080
22	2,5	2,5	22,0	27	100,0	100,0	880,0	1080	2000	1000	4080
23	1,3	1,3	24,5	27	50,0	50,0	980,0	1080	2000	1000	4080
24	3,8	1,3	22,0	27	150,0	50,0	880,0	1080	2000	1000	4080
25	1,3	3,8	22,0	27	50,0	150,0	880,0	1080	2000	1000	4080
26	3,8	3,8	19,5	27	150,0	150,0	780,0	1080	2000	1000	4080

▪ Πραγματοποίηση οργανοληπτικών δοκιμών

Όπως αναφέρθηκε απαιτούνται 26 μείξεις για την πραγματοποίηση της μεθόδου. Το οργανοληπτικό σχέδιο είχε τα εξής χαρακτηριστικά:  $t=13$  (αριθμός μεταχειρίσεων),  $k=4$  (μεταχειρίσεις που αξιολογεί ο κάθε δοκιμαστής),  $b=13$  (δοκιμαστές). Έτσι, το οργανοληπτικό σχέδιο, χρειάστηκε να «τρέξει» δύο φορές για να καλυφθούν οι απαιτήσεις της μεθόδου. Συνολικά το πείραμα πραγματοποιήθηκε δύο φορές για τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά και τρεις φορές για τα υποκειμενικά. Οι αντικειμενικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από έμπειρους δοκιμαστές ενώ οι υποκειμενικές από επί το πλείστον μη εκπαιδευμένους. Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους δοκιμαστές παρουσιάζονται στους Πίνακες 6α, 6β και 7. Επίσης δόθηκαν οι οδηγίες του Πίνακα 8 και 9.

**Όνοματεπώνυμο:**

## **Οργανοληπτικός έλεγχος αλλαντικού τύπου Φρανκφούρτης**

### **Αντικειμενική αξιολόγηση**

1. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με τη **λιπαρότητα** τους. Ως λιπαρότητα ορίζεται η αντίληψη του λίπους στο προϊόν.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με τη λιπαρότητά του.*

Καθόλου Λιπαρό

Πολύ Λιπαρό

---

2. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την **ελαστικότητα** της υφής τους. Ως ελαστικότητα ορίζεται η αναπήδηση που κάνει το δείγμα μεταξύ δύο διαδοχικών δαγκωμάτων.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την ελαστικότητά του.*

Καθόλου Ελαστικό

Πολύ Ελαστικό

---

3. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με τη **συνεκτικότητα** της υφής τους. Ως συνεκτικότητα ορίζεται το πόσο συμπαγής εμφανίζεται να είναι η δομή του δείγματος κατά τη μάσηση.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με τη συνεκτικότητά του.*

Καθόλου Συνεκτικό

Πολύ Συνεκτικό

---

Πίνακας 6β. Ερωτηματολόγιο αντηκειμενικής αξιολόγησης

4. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με τη **δύναμη** που απαιτείται **για το πρώτο δάγκωμα**.

Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με τη δύναμη που απαιτείται για το πρώτο δάγκωμα

Ελάχιστη/ καθόλου δύναμη

Μεγάλη δύναμη

---

5. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με τη **μασητικότητα** της υφής τους. Ως μασητικότητα ορίζεται το μέγεθος της προσπάθειας (ενέργειας) που πρέπει να καταβληθεί ώστε το δείγμα με τη μάσηση να πολτοποιηθεί προτού καταποθεί.

Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με τη μασητικότητά του.

Καθόλου εύκολο στη μάσηση

Πολύ εύκολο στη μάσηση

---

6. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με τη **συνολική αποδεκτότητα** τους.

Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την συνολική αποδεκτότητά του.

Καθόλου Αποδεκτό

Πολύ Αποδεκτό

---

7. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ένταση του κόκκινου χρώματος.

Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την ένταση του κόκκινου χρώματος.

Καθόλου Κόκκινο

Πολύ Κόκκινο

---

## Πίνακας 7. Ερωτηματολόγιο υποκειμενικής-ηδονικής αξιολόγησης

Όνοματεπώνυμο:

### Ηδονική - Υποκειμενική αξιολόγηση

#### Οργανοληπτικός έλεγχος αλλαντικού τύπου Φρανκφούρτης Δελτίο αξιολόγησης αποδεκτότητας

1. Πόσο σάς αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με τη λιπαρότητά τους. Ως λιπαρότητα ορίζεται η αντίληψη του λίπους στο προϊόν.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την λιπαρότητά του.*

Καθόλου αποδεκτό

Πολύ αποδεκτό

---

2. Πόσο σάς αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με την ελαστικότητα της υφής τους. Ως ελαστικότητα ορίζεται η αναπήδηση που κάνει το δείγμα μεταξύ δύο διαδοχικών δαγκωμάτων.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς την ελαστικότητά του.*

Καθόλου αποδεκτό

Πολύ αποδεκτό

---

3. Πόσο σάς αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με τη συνεκτικότητα της υφής τους. Ως συνεκτικότητα ορίζεται το πόσο συμπαγής εμφανίζεται να είναι η δομή του δείγματος κατά τη μάσηση.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς τη συνεκτικότητά του.*

Καθόλου αποδεκτό

Πολύ αποδεκτό

---

4. Πόσο σάς αρέσουν τα δείγματα αναφορικά με τη μασητικότητα της υφής τους. Ως μασητικότητα ορίζεται το μέγεθος της προσπάθειας (ενέργειας) που πρέπει να καταβληθεί ώστε το δείγμα με τη μάσηση να πολτοποιηθεί προτού καταποθεί.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την αποδεκτότητα ως προς τη μασητικότητά του.*

Καθόλου αποδεκτό

Πολύ αποδεκτό

---

5. Χαρακτηρίστε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την αρεστότητα του κόκκινου χρώματος.

*Σημειώστε πάνω στην παρακάτω γραμμή τη θέση που κατά την κρίση σας βρίσκεται το δείγμα αναφορικά με την αρεστότητα του κόκκινου χρώματος.*

Καθόλου Κόκκινο

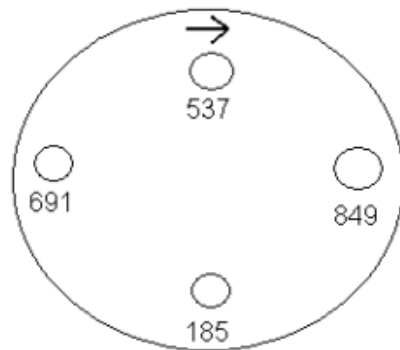
Πολύ Κόκκινο

---

Πίνακας 8. Οδηγίες για την πραγματοποίηση της αντικειμενικής αξιολόγησης

**Οδηγίες για τον αντικειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο**

Το πατάκι με τα δείγματα που θα σας δοθεί θα μοιάζει με το παρακάτω σχήμα.



Παράδειγμα  
σημειώσεων περιθωρίου

$$185 < 691 < 537 < 849$$

Κάθε δείγμα φέρει έναν τυχαίο τριψήφιο αριθμό.

Σας ζητείται σε κάθε ερώτηση να αξιολογήσετε ένα καθορισμένο χαρακτηριστικό ως προς την ένταση (π.χ. όταν σας ζητάμε να "χαρακτηρίσετε τα δείγματα αυτά αναφορικά με την ελαστικότητα της υφής τους" εννοούμε να τα βαθμολογήσετε με βάση την ένταση της ελαστικότητας.)

1. Δοκιμάζετε τα δείγματα με την φορά που δείχνει το βέλος.
2. Πριν βάλετε την βαθμολογία σας στην κλίμακα δοκιμάστε όλα τα δείγματα διαδοχικά. Έτσι θα έχετε μια πρώτη σύγκριση.
3. Κάθε φορά που δοκιμάζετε ένα δείγμα ξεπλένετε το στόμα σας πριν δοκιμάσετε το επόμενο.
4. Σημειώστε στο περιθώριο, για να θυμάστε, τους κωδικούς βάζοντάς τους σε αυξανόμενη σειρά ως προς την ένταση.
5. Τέλος, σημειώνετε πάνω στην κλίμακα βάζοντας μια κάθετη γραμμή και αναγράφοντας από πάνω της τον κωδικό του δείγματος (όπως απεικονίζεται παρακάτω).
6. Σε όποιο δείγμα χρειάζεται, δοκιμάστε ξανά πριν σημειώσετε στην κλίμακα.

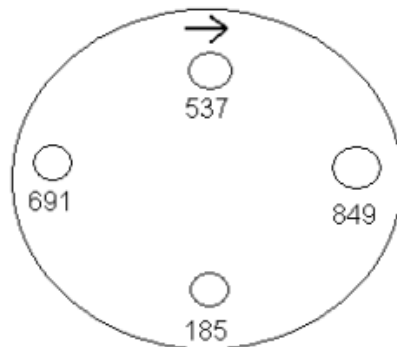
Καθόλου Αποδεκτό				Πολύ Αποδεκτό
	185	691	537	849

- Μη διστάσετε να ρωτήσετε όποια απορία έχετε.
- Μην ξεχάσετε να γράψετε το ονοματεπώνυμο σας.

Ευχαριστούμε για το χρόνο σας !

### Οδηγίες για τον ηδονικό - υποκειμενικό οργανοληπτικό έλεγχο

Το πατάκι με τα δείγματα που θα σας δοθεί θα μοιάζει με το παρακάτω σχήμα.



Παράδειγμα  
σημειώσεων περιθωρίου

$$185 < 691 < 537 < 894$$

Κάθε δείγμα φέρει έναν τυχαίο τριψήφιο αριθμό.

Σας ζητείται σε κάθε ερώτηση να αξιολογήσετε ένα καθορισμένο χαρακτηριστικό ως προς την αρεστότητα (π.χ. όταν σας ζητάμε την "αρεστότητα" ως προς την σκληρότητα" εννοούμε να τη βαθμολογήσετε με βάση την ιδανική σκληρότητα που ταιριάζει για εσάς και όχι πόσο σκληρό είναι)

1. Δοκιμάζετε τα δείγματα με την φορά που δείχνει το βέλος.
2. Πριν βάλετε την βαθμολογία σας στην κλίμακα δοκιμάστε όλα τα δείγματα διαδοχικά. Έτσι θα έχετε μια πρώτη σύγκριση.
3. Κάθε φορά που δοκιμάζετε ένα δείγμα ξεπλένετε το στόμα σας πριν δοκιμάσετε το επόμενο.
4. Σημειώστε στο περιθώριο, για να θυμάστε, τους κωδικούς βάζοντάς τους σε αντιστρεφόμενη σειρά ως προς την αρεστότητα.
5. Τέλος, σημειώνετε το πόσο σας άρεσε πάνω στην κλίμακα βάζοντας μια κάθετη γραμμή και αναγράφοντας από πάνω της τον κωδικό του δείγματος (όπως απεικονίζεται παρακάτω).
6. Σε όποιο δείγμα χρειάζεται, δοκιμάστε ξανά πριν σημειώσετε στην κλίμακα.

Καθόλου Αποδεκτό					Πολύ Αποδεκτό
	185	691	537	849	

- Μη διστάσετε να ρωτήσετε όποια απορία έχετε.
- Μην ξεχάσετε να γράψετε το ονοματεπώνυμο σας.

Ευχαριστούμε για το χρόνο σας !



- Μετρήσεις χρώματος

Η μέτρηση της έντασης του κόκκινου χρώματος έγινε με την συσκευή Micro Colour LMC και οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν τρεις φορές.

- Ανάλυση των δεδομένων

Για την εύρεση του μοντέλου που περιγράφει επιτυχώς την κάθε μεταβλητή επιλέχθηκε το μοντέλο της ειδικής τριτοβάθμιας εξίσωσης. Επειδή δεν αναμενόταν η ευχέρεια ανίχνευσης των διαφορών από τους δοκιμαστές θεωρήθηκε ως υπερβολικά σύνθετο κάποιο μοντέλο μεγαλύτερο του ειδικού τριτοβάθμιου για την ανάλυση των υποκειμενικών ειδικά μεταβλητών. Για το λόγο αυτό στην ειδική τριτοβάθμια εξίσωση εφαρμόστηκε η μέθοδος της σταδιακής απόρριψης των όρων εκείνων της εξίσωσης που δεν ήταν στατιστικά σημαντικοί σε πιθανότητα σφάλματος 0,05. Όλα τα μοντέλα εξετάστηκαν ως προς την έλλειψη προσαρμογής των στοιχείων (επαναλήψεων) και επιλέχθηκαν μόνο εκείνα που υπάκουαν στην παραπάνω συνθήκη.

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι μεταβλητές σχολιάζονται βάση των εξισώσεων που τις περιγράφουν. Επίσης αναφέρονται ο βαθμός της κάθε εξίσωσης, το  $R^2$  και το  $R^2_{(pred)}$ . Το «προβλεπόμενο  $R^2$ » ( $R^2_{(pred)}$ ) γενικά δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 20% του  $R^2$ . Τέλος, στις παρενθέσεις κάτω από τους όρους των εξισώσεων βρίσκεται η τυπική απόκλιση του κάθε συντελεστή επί δύο ( $SE \times 2$ ). Όταν το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης είναι μεγαλύτερο της απόλυτης τιμής του συντελεστή τότε αυτός ο όρος δεν είναι στατιστικά σημαντικός (όταν  $SE \times 2 > \beta_i$ , τότε  $p > 0,05$ ).

##### 5.1 Αντικειμενικές μεταβλητές

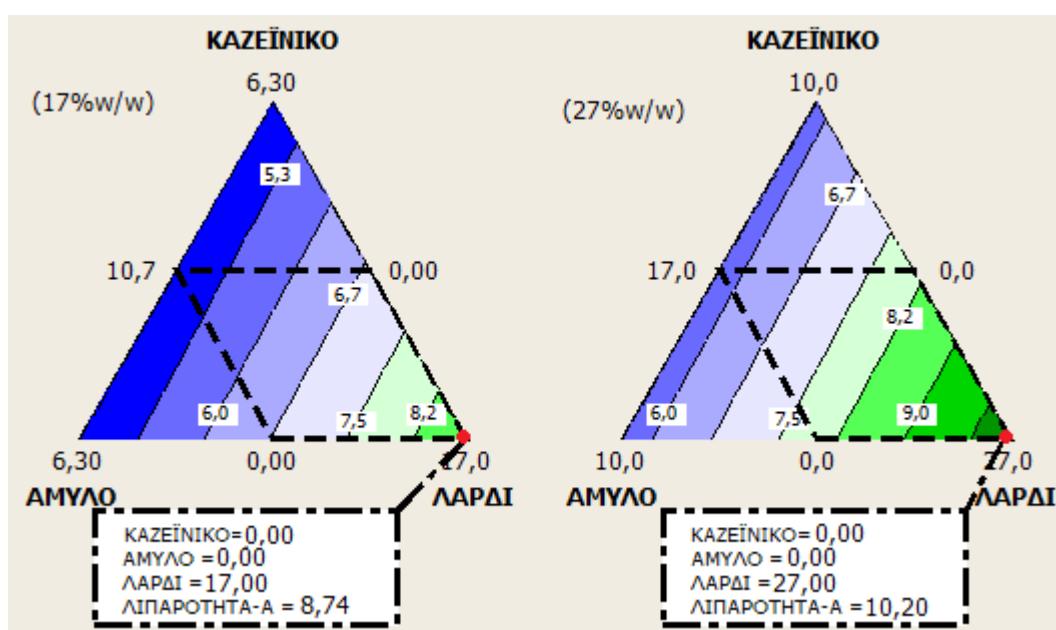
Σκοπός των αντικειμενικών μετρήσεων είναι η ανίχνευση της έντασης του μελετώμενου χαρακτηριστικού. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η αδιαβάθμιστη κλίμακα των 15 cm.

###### ❖ Λιπαρότητα

Η αντικειμενική λιπαρότητα αυξάνεται όσο μεγαλώνει το ποσοστό του λαρδιού στο μείγμα ( $p < 0,05$ ). Επίσης, μικρή αύξηση της μεταβλητής επιτυγχάνεται εξαιτίας της συνεργετικής επίδρασης του ποσοστού του λίπους με την ποσότητα του μείγματος ( $p = 0,001$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή είναι πρώτου βαθμού με  $R^2 = 52,64$  και  $R^2_{(pred)} = 43,82$ .

$$\hat{Y} = -1,9 \cdot \text{καζεΐνικό} - 2,2 \cdot \text{άμυλο} + 9,5 \cdot \text{λαρδί} + 0,15 \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}$$

(4,7)
(5,0)
(0,8)
(0,09)



Σχήμα 5. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αντικειμενικής λιπαρότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

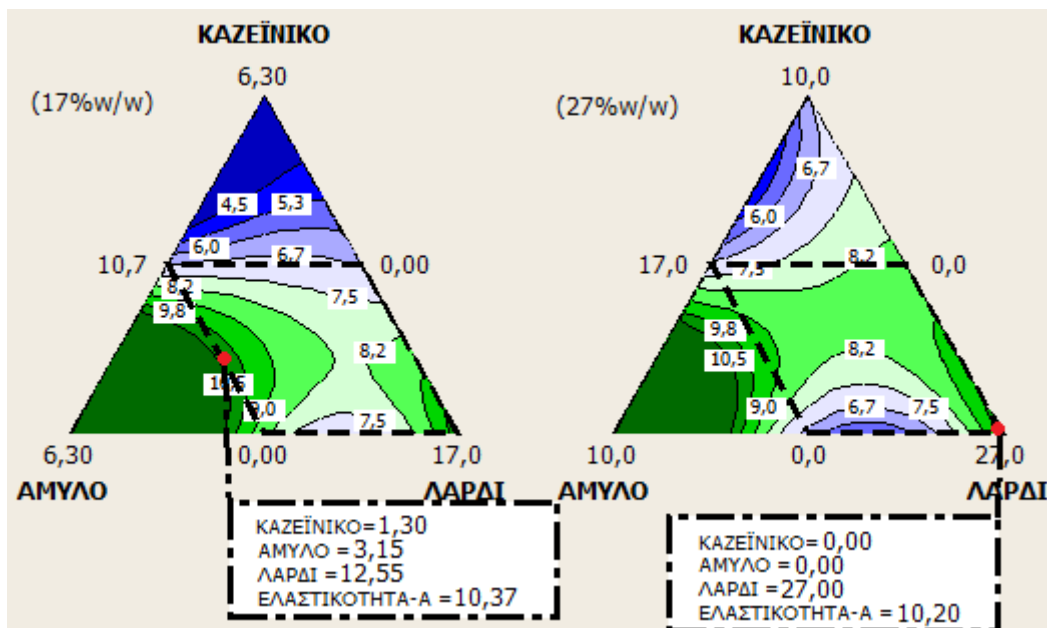
❖ *Ελαστικότητα*

Η απόκριση της μεταβλητής μεγαλώνει με την αύξηση του ποσοστού του λαρδιού ( $p < 0,05$ ), και κυρίως, του αμύλου ( $p < 0,05$ ). Έντονη ανταγωνιστική δράση έχει ο παράγοντας καζεϊνικό με το άμυλο ( $p < 0,001$ ) και του αμύλου με το λαρδί ( $p < 0,001$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή είναι δευτέρου βαθμού με  $R^2 = 52,01\%$  και  $R^2_{(pred)} = 33,12\%$ .

$$\hat{Y} = -4 \cdot \text{καζεϊνικό} + 230 \cdot \text{άμυλο} + 10 \cdot \text{λαρδί} - 1315 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} - 288 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} + 1722 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} + 1 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{ποσότητα} - 1 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα}$$

(8,4)
(104)
(1,1)
(538)
(129)

(704)
(0,8)
(8,4)

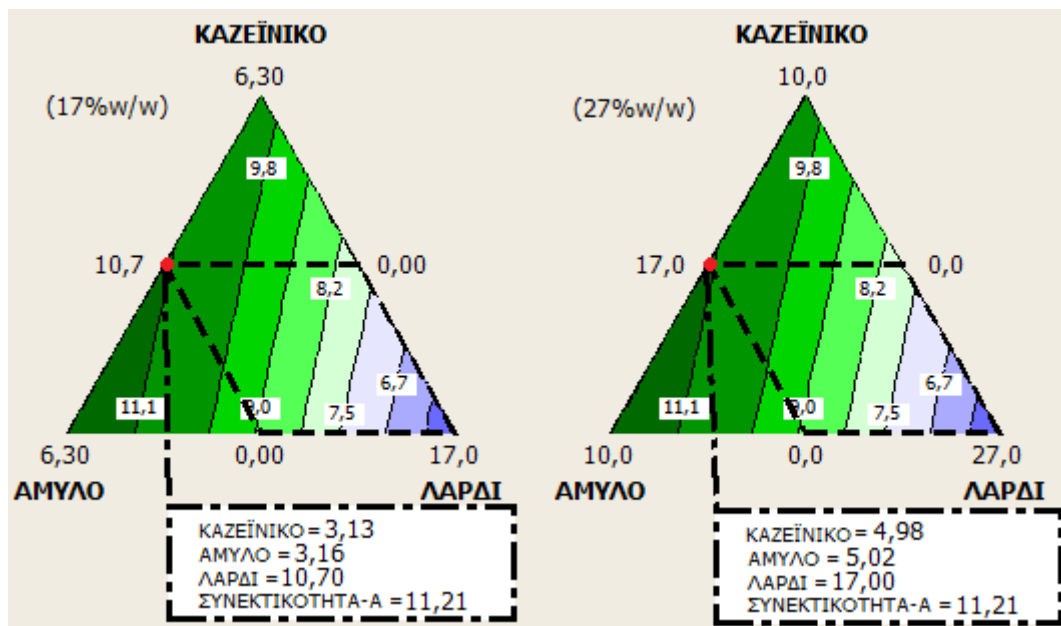


Σχήμα 6. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αντικειμενικής ελαστικότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ Συνεκτικότητα

Η μεταβλητή αυξάνεται περισσότερο με την αύξηση της συγκέντρωσης του αμύλου ( $p < 0,05$ ) και του καζεϊνικού ( $p < 0,05$ ), ενώ λιγότερο με την αύξηση του ποσοστού του λαρδιού ( $p < 0,05$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την συνεκτικότητα είναι μονοβάθμια με  $R^2 = 40,24\%$  και  $R^2_{(pred)} = 33,77\%$

$$\hat{Y} = +18,091 \cdot \underset{(7,1)}{\text{καζεΐνικό}} + 23,817 \cdot \underset{(7,1)}{\text{άμυλο}} + 5,494 \cdot \underset{(1,1)}{\text{λαρδί}}$$



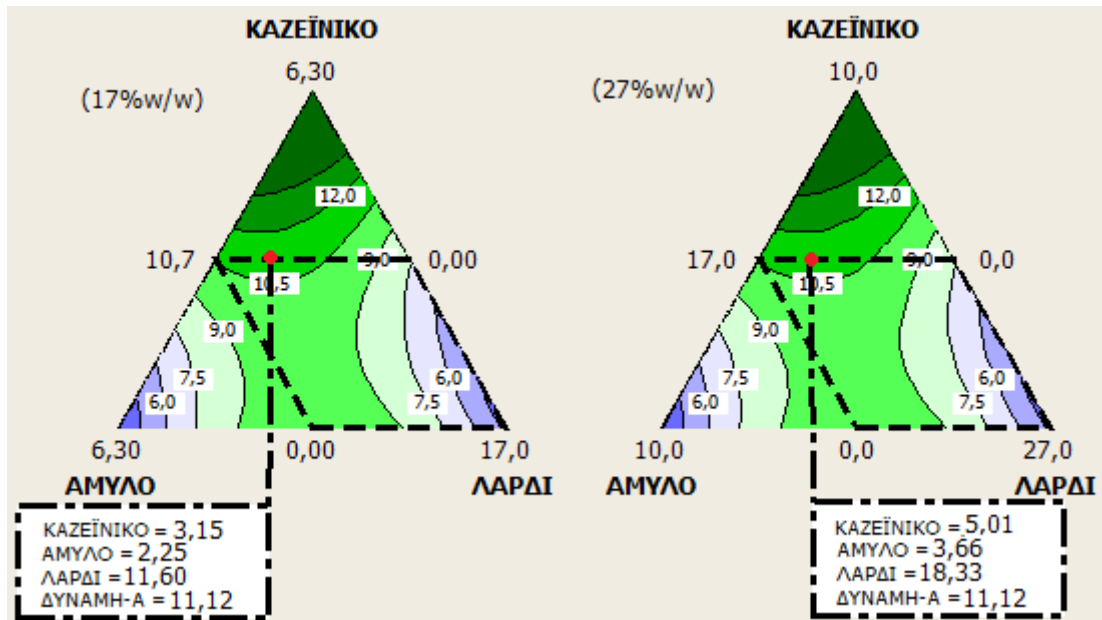
Σχήμα 7. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αντικειμενικής συνεκτικότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ Δύναμη

Η απαιτούμενη δύναμη μειώνεται με αύξηση της συγκέντρωσης του αμύλου ( $p < 0,05$ ) ενώ αυξάνεται με την αύξηση του ποσοστού του καζεϊνικού ( $p < 0,05$ ) και του λαρδιού ( $p < 0,05$ ). Έντονη συνεργητική δράση παρουσιάζει το άμυλο με το λαρδί ( $p < 0,001$ ) ενώ έντονη ανταγωνιστική δράση παρουσιάζει ο παράγοντας του καζεϊνικού με το λαρδί ( $p = 0,044$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή δύναμη είναι δευτεροβάθμια με  $R^2 = 66,91\%$  και  $R^2_{(pred)} = 59,54\%$

$$\hat{Y} = +106,4 \cdot \text{καζεϊνικό} - 117,5 \cdot \text{άμυλο} + 4,2 \cdot \text{λαρδί} - 102,7 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} + 188,9 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί}$$

(79)                      (79)                      (1,3)                      (99)                      (98)



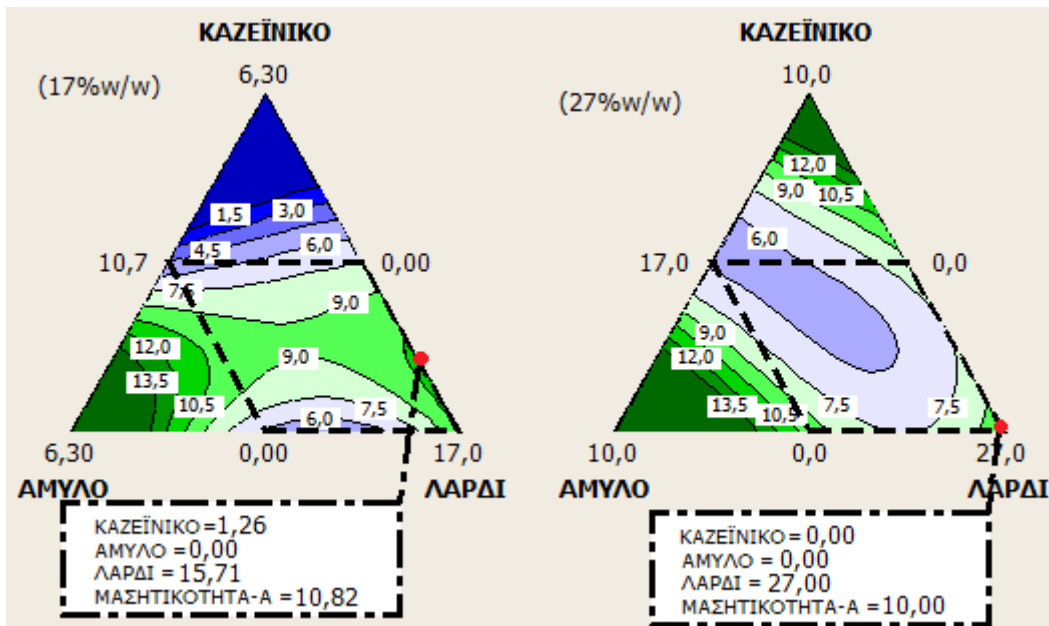
Σχήμα 8. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αντικειμενικής δύναμης για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ *Μασητικότητα*

Η απόκριση της μεταβλητής αυξάνεται κυρίως με την αύξηση της συγκέντρωσής του αμύλου ( $p < 0,05$ ) παρά με την αύξηση του ποσοστού του λαρδιού ( $p < 0,05$ ). Ανταγωνιστική δράση παρουσιάζουν το καζεϊνικό με το άμυλο ( $p = 0,001$ ) όπως επίσης το άμυλο με το λαρδί ( $p < 0,001$ ). Συνεργιτική δράση παρουσιάζουν οι παράγοντες καζεϊνικό, άμυλο και λαρδί ( $p = 0,003$ ). Επίσης συνεργιτική δράση αλλά όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό παρουσιάζουν ακόμα το καζεϊνικό με την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ) όπως και το άμυλο με την ποσότητα μείξης. ( $p = 0,005$ ). Τέλος ανταγωνιστική δράση παρουσιάζουν το καζεϊνικό με το λαρδί και την ποσότητα μείξης ( $p = 0,001$ ) και το καζεϊνικό με το άμυλο και την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή μασητικότητα είναι η ειδική τριτοβάθμια με  $R^2 = 61,10\%$  και  $R^2_{(pred)} = 35,74\%$

$$\hat{Y} = -2 \cdot \text{καζεϊνικό} + 252 \cdot \text{άμυλο} + 10 \cdot \text{λαρδί} + 1220 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} - 312 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \\ + 1420 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} + 35 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{ποσότητα} + 2 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} \\ - 42 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} - 85 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα}$$

(9,7)                      (126)                      (1,3)                      (672)                      (156)                      (884)                      (15,9)                      (1,4)                      (18,8)                      (39,2)

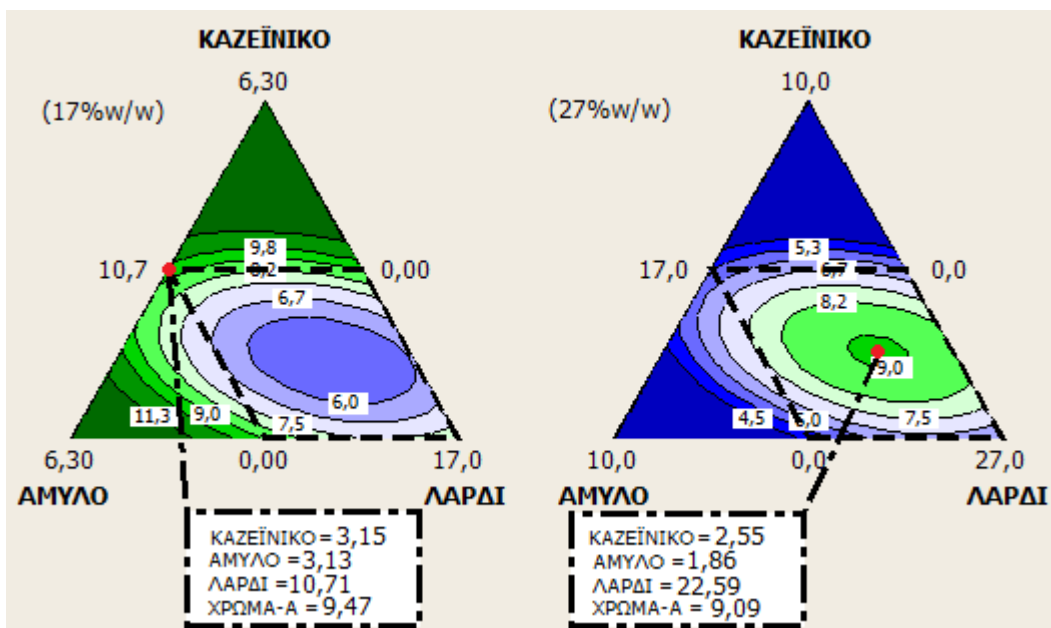


Σχήμα 9. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αντικειμενικής μασητικότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ *Χρώμα*

Η ένταση του αντικειμενικού χρώματος αυξάνεται με την προσθήκη οποιουδήποτε συστατικού ( $p < 0,05$ ). Επίσης ανταγωνιστική δράση έχει το καζεϊνικό με την ποσότητα ( $p < 0,001$ ) και το άμυλο με την ποσότητα ( $p = 0,011$ ). Τέλος η ένταση του κόκκινου χρώματος μεγαλώνει όσο αυξάνεται το καζεϊνικό, το άμυλο και η ποσότητα ( $p < 0,001$ ), το καζεϊνικό, το λαρδί και η ποσότητα ( $p < 0,001$ ) και το άμυλο το λαρδί και η ποσότητα ( $p < 0,016$ ). Η μεταβλητή περιγράφεται από εξίσωση δευτέρου βαθμού με  $R^2 = 52,01$  και  $R^2_{(pred)} = 33,12$

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & + 9,86 \cdot \text{καζεϊνικό} + 6,08 \cdot \text{άμυλο} + 7,03 \cdot \text{λαρδί} - 48,73 \cdot \text{καζεϊνή} \cdot \text{ποσότητα} \\ & \quad (4,24) \quad (4,03) \quad (0,68) \quad (15,26) \\ & - 20,18 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} - 0,21 \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} + 84,74 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} \\ & \quad (15,10) \quad (0,18) \quad (26,36) \\ & + 58,82 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} + 23,22 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} \\ & \quad (18,56) \quad (18,40) \end{aligned}$$



Σχήμα 10. Τα διαγράμματα της απόκρισης της έντασης του κόκκινου χρώματος για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι κύριες συνιστώσες και οι στατιστικά σημαντικοί όροι των εξισώσεων που περιγράφουν τις αντικειμενικές μεταβλητές.

Πίνακας 10. Η επίδραση των συστατικών και των αλληλεπιδράσεων τους στις αντικειμενικές μεταβλητές

Αντικειμενικές Μεταβλητές (Αποκρίσεις)						Παράγοντες
Χρώμα	Μασητικότητα	Δύναμη	Συνεκτικότητα	Ελαστικότητα	Λιπαρότητα	
<b>+9,86</b> (4,24)	- 2 (9,7)	<b>+ 106,4</b> (78,7)	<b>+ 18,05</b> (7,07)	- 4 (8,4)	-1,87 (4,74)	Καζεϊνικό
<b>+6,08</b> (4,03)	<b>+ 252</b> (126)	<b>- 117,5</b> (78,7)	<b>+ 29,82</b> (7,07)	<b>+ 230</b> (104)	-2,23 (5,02)	Άμυλο
<b>+ 7,03</b> (0,68)	<b>+ 10</b> (1,3)	<b>+ 4,2</b> (1,30)	<b>+ 5,49</b> (1,14)	<b>+ 10</b> (1,1)	<b>+ 9,51</b> (0,78)	Λαρδί
	<b>- 1220</b> (672)			<b>- 1315</b> (539)		Καζεϊνική * Άμυλο
		<b>- 102,7</b> (98,7)				Καζεϊνικό * Λαρδί
	<b>-312</b> (156)	<b>+ 188,9</b> (98,4)		<b>- 288</b> (129)		Άμυλο * Λαρδί
<b>-48,73</b> (15,26)	<b>+ 35</b> (15,8)			<b>+ 1</b> (0,82)		Καζεϊνικό * Ποσότητα
<b>-20,18</b> (15,10)	<b>+ 2</b> (1,4)					Άμυλο * Ποσότητα
-0,21 (0,18)					<b>+ 0,151</b> (0,089)	Λαρδί * Ποσότητα
	<b>+ 1420</b> (884)			<b>+ 1722</b> (704)		Καζεϊνικό * Άμυλο * Λαρδί
<b>+84,74</b> (26,36)						Καζεϊνικό*Άμυ λο*Ποσότητα
<b>+58,82</b> (18,56)	<b>- 42</b> (18,7)			<b>- 1</b> (1,09)		Καζεϊνικό * Λαρδί * Ποσότητα
<b>+23,22</b> (18,40)						Άμυλο*Λαρδί* Ποσότητα



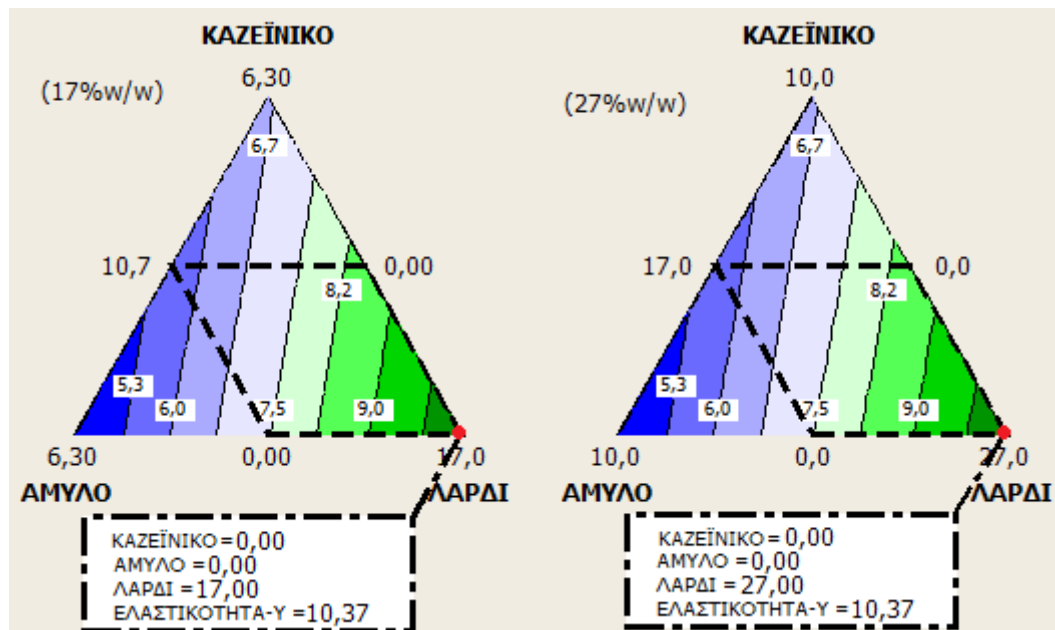
## 5.2 Υποκειμενικές – Ήδονικές μεταβλητές

Σκοπός των υποκειμενικών μετρήσεων είναι ο εντοπισμός των περισσότερο αρεστών μειγμάτων.

### ❖ Ελαστικότητα

Η μεταβλητή αυξάνεται με αύξηση της συγκέντρωσης του λαρδιού ( $p < 0,05$ ) και με μείωση της ποσότητας του αμύλου ( $p < 0,05$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την ελαστικότητα είναι μονοβάθμια με  $R^2 = 41,80\%$  και  $R^2_{(pred)} = 36,28\%$

$$\hat{Y} = +0,10 \cdot \underset{(5,04)}{\text{καζεΐνικό}} - 5,35 \cdot \underset{(5,10)}{\text{άμυλο}} + 10,4 \cdot \underset{(0,8)}{\text{λαρδί}}$$



Σχήμα 11. Τα διαγράμματα της απόκρισης της υποκειμενικής ελαστικότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ Συνεκτικότητα

Η μεταβλητή αυξάνεται κυρίως με την αύξηση του καζεϊνικού ( $p < 0,05$ ) απ' ό τι με την αύξηση της συγκέντρωσης του λαρδιού ( $p < 0,05$ ). Αυξημένη συνεργιτική δράση παρουσιάζουν και οι τρεις παράγοντες μαζί ( $p = 0,002$ ) όπως επίσης οι παράγοντες του καζεϊνικού και του αμύλου με την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Ανταγωνιστική δράση παρουσιάζουν το καζεϊνικό με το άμυλο ( $p = 0,004$ ), καθώς και οι τρεις παράγοντες μαζί με την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Ακόμα, μεγάλη ανταγωνιστική δράση παρουσιάζουν το άμυλο με το λαρδί ( $p = 0,022$ ). Επίσης, λιγότερο συνεργιτική δράση παρουσιάζει ο παράγοντας του καζεϊνικού με το λαρδί και την ποσότητα μείξης ( $p = 0,001$ ), και το άμυλο με το λαρδί και την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Τέλος ανταγωνιστική δράση παρουσιάζουν το άμυλο με την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ) και η καζεΐνη με την ποσότητα μείξης ( $p = 0,001$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την συνεκτικότητα είναι ειδική τριτοβάθμια με  $R^2 = 64,70\%$  και  $R^2_{(pred)} = 45,26\%$

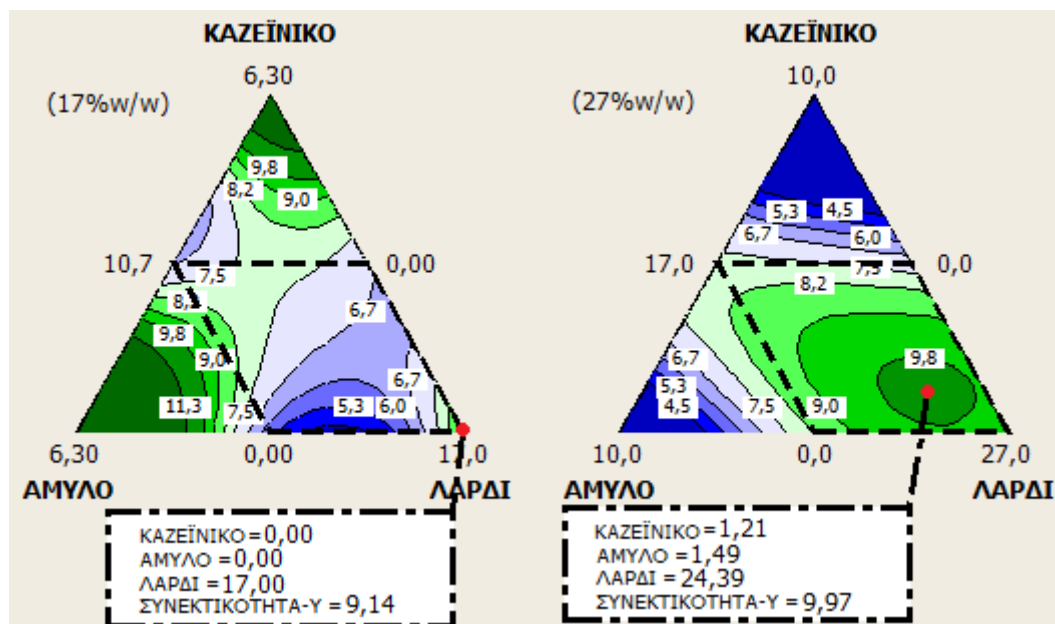
$$\begin{aligned} \hat{Y} = & -3 \cdot \text{καζεΐνικό} + 92,3 \cdot \text{άμυλο} + 9,3 \cdot \text{λαρδί} - 657 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{άμυλο} - 117 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \\ & + 972 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} - 25,4 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{ποσότητα} - 34,8 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} \\ & + 254 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} + 31,3 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} \\ & + 44,4 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} \end{aligned}$$

(6,6)                      (80,6)                      (0,9)                      (440)                      (100)

(588)                      (14,8)                      (15,4)

(111)                      (17,7)

(18,5)



Σχήμα 12. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αρεστότητας στην συνεκτικότητα για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ *Μασητικότητα*

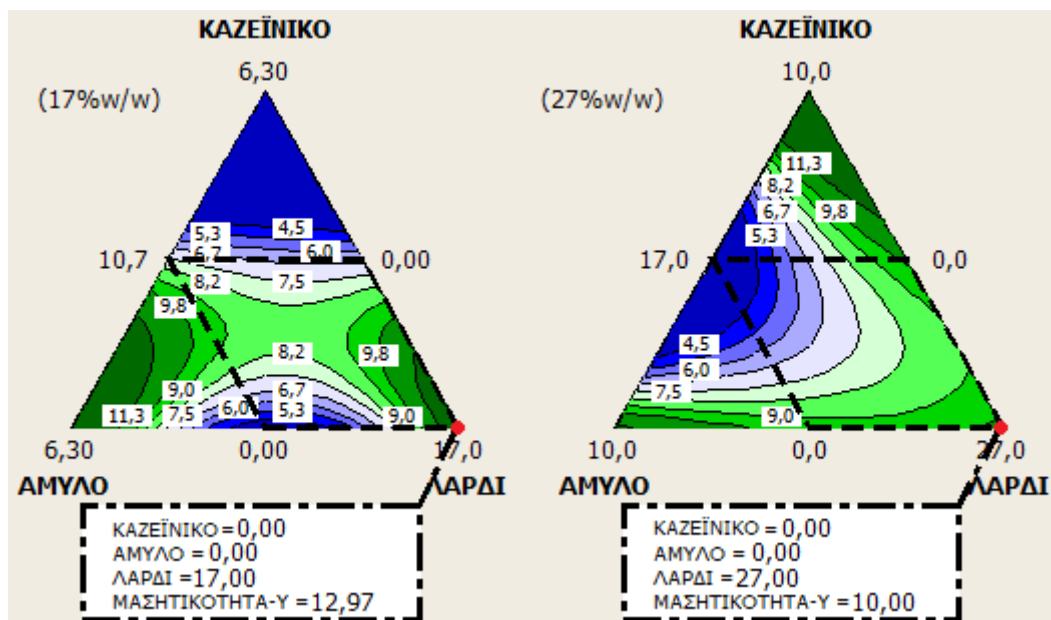
Η μεταβλητή αυξάνεται πρωτεύοντος από την αύξηση της συγκέντρωσης του αμύλου ( $p < 0,05$ ) και έπειτα από την αύξηση της ποσότητας του λίπος ( $p < 0,05$ ). Αυξημένη συνεργιστική δράση υπάρχει μεταξύ και των τριών παραγόντων ( $p = 0,025$ ), ενώ αυξημένη ανταγωνιστική δράση παρατηρείται μεταξύ του καζεϊνικού και του αμύλου ( $p = 0,025$ ) αλλά και μεταξύ του αμύλου και του λαρδιού ( $p = 0,017$ ). Ακόμα, μικρότερη συνεργιστική δράση υπάρχει τόσο μεταξύ του καζεϊνικού και της ποσότητας μείξης ( $p = 0,008$ ) όσο και μεταξύ του αμύλου με το λαρδί και την ποσότητα μείξης ( $p = 0,014$ ). Ανταγωνιστική δράση υπάρχει μεταξύ του άμυλου και της ποσότητα μείξης ( $p = 0,017$ ). Όπως επίσης και μεταξύ καζεΐνης, λαρδιού και ποσότητας μείξης ( $p = 0,019$ ), Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή μασητικότητα είναι ειδική τριτοβάθμια με  $R^2 = 62,61\%$  και  $R^2_{(pred)} = 46,17\%$

$$\hat{Y} = -6,7 \cdot \text{καζεΐνικό} + 131 \cdot \text{άμυλο} + 11,6 \cdot \text{λαρδί} - 812 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{άμυλο} - 180 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} + 1076 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} + 24,7 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{ποσότητα} - 18,3 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} - 0,3 \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} - 26,3 \cdot \text{καζεΐνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} + 27,8 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}$$

(10,0)
(119)
(1,3)
(707)
(146)

(933)
(17,9)
(17,9)

(0,27)
(21,9)
(21,9)



Σχήμα 13. Τα διαγράμματα της απόκρισης της υποκειμενικής στην μασητικότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ Χρώμα

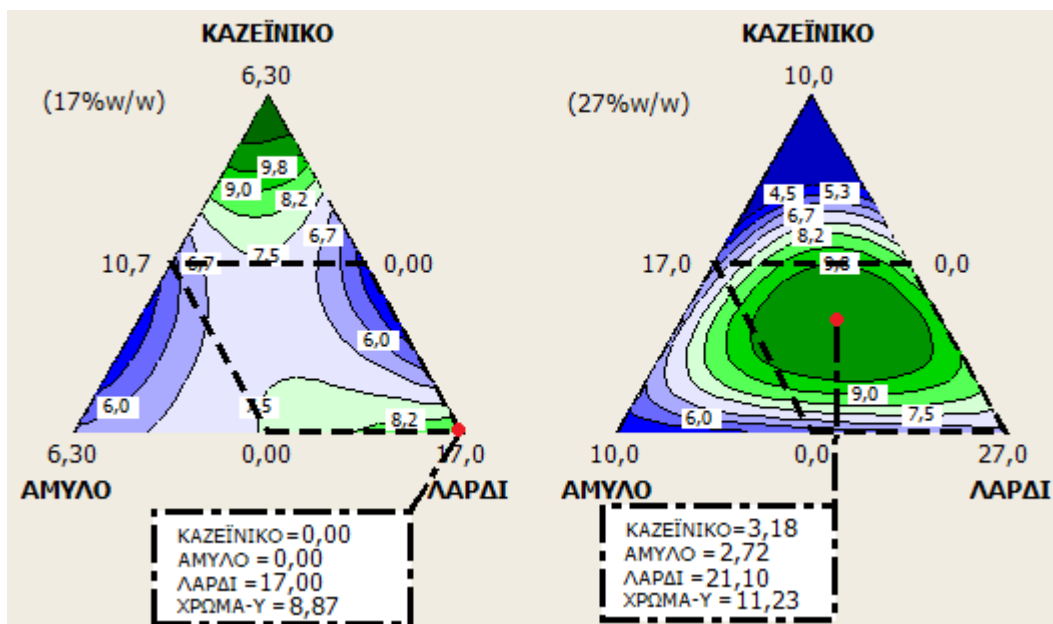
Η απόκριση της μεταβλητής αυξάνεται κυρίως με μείωση της συγκέντρωσης του λαρδιού ( $p < 0,05$ ) και λιγότερο με αύξηση της ποσότητας του αμύλου ( $p < 0,05$ ). Αυξημένη ανεργιτική δράση υπάρχει μεταξύ των τριών παραγόντων ( $p < 0,001$ ). Ακόμα υπάρχει συνεργιτική δράση, αλλά σε μικρότερο βαθμό, μεταξύ του καζεϊνικού με το λαρδί και της ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Τέλος ανταγωνιστική δράση υπάρχει μεταξύ του καζεϊνικού με την ποσότητα μείξης. ( $p < 0,001$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή είναι η ειδική τριτοβάθμια εξίσωση με  $R^2 = 62,04\%$  και  $R^2_{(pred)} = 49,92\%$

$$\hat{Y} = +1,4 \cdot \text{καζεϊνικό} + 1,4 \cdot \text{άμυλο} + 941 \cdot \text{λαρδί} + 1507 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί}$$

(8,3)                      (7,3)                      (358)                      (555)

$$-29,7 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{ποσότητα} + 0,2 \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} + 39,9 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}$$

(13,1)                      (0,14)                      (15,9)

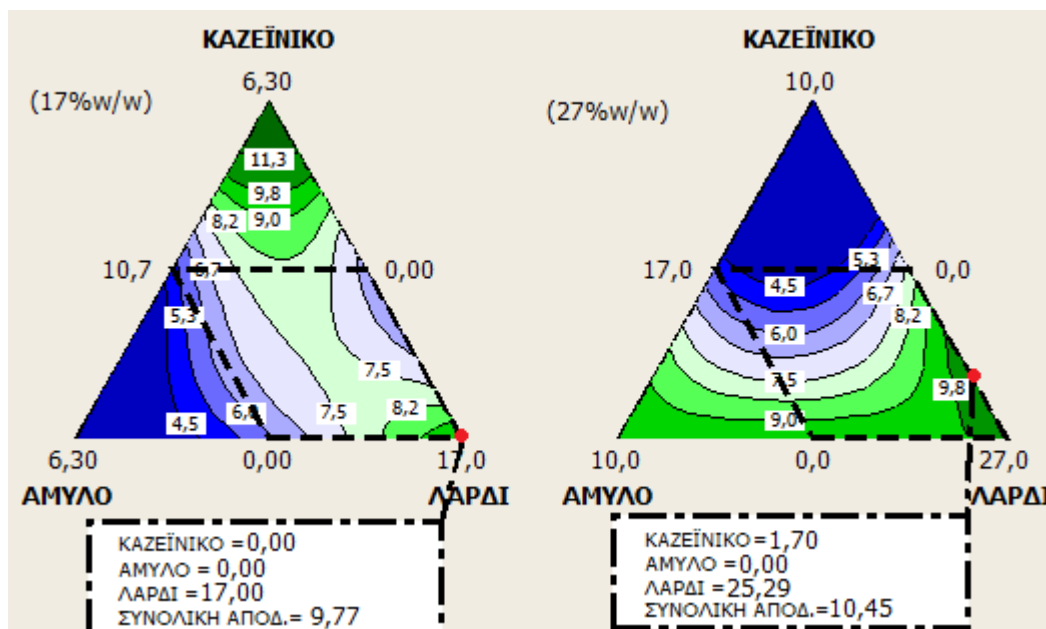


Σχήμα 14. Τα διαγράμματα της απόκρισης της αρεστότητας στην ένταση του κόκκινου χρώματος για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

❖ *Συνολική αποδεκτότητα*

Η συνολική αποδεκτότητα αυξάνεται με αύξηση του λαρδιού ( $p < 0,05$ ) και με μείωση του καζεϊνικού ( $p < 0,05$ ). Αυξημένη ανταγωνιστική δράση υπάρχει μεταξύ του καζεϊνικού με το άμυλο το λαρδί και την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ) ενώ αυξημένη συνεργιατική δράση υπάρχει μεταξύ των παραγόντων του καζεϊνικού με το άμυλο και την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Ακόμα, συνεργιατική δράση υπάρχει μεταξύ του καζεϊνικού με το λαρδί και την ποσότητα μείξης ( $p = 0,001$ ) όπως και μεταξύ του αμύλου με την ποσότητα μείξης ( $p < 0,001$ ). Τέλος, ανταγωνιστική δράση υπάρχει μεταξύ του καζεϊνικού με την ποσότητας μείξης ( $p = 0,002$ ). Η εξίσωση που περιγράφει την μεταβλητή είναι ειδική τριτοβάθμια με  $R^2 = 62,04\%$  και  $R^2_{(pred)} = 49,92\%$ .

$$\hat{Y} = -5,1 \cdot \underset{(4,4)}{\text{καζεϊνικό}} - 0,9 \cdot \underset{(4,4)}{\text{άμυλο}} + 9,8 \cdot \underset{(0,7)}{\text{λαρδί}} - 28,3 \cdot \underset{(16,9)}{\text{καζεϊνικό} \cdot \text{ποσότητα}} + 2,1 \cdot \underset{(1,1)}{\text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}} + 206,7 \cdot \underset{(95,4)}{\text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα}} + 35,6 \cdot \underset{(20,4)}{\text{καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}}$$



Σχήμα 15. Τα διαγράμματα της απόκρισης της συνολικής αποδεκτότητας για τις δύο ποσοτικές μείξεις.

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται οι κύριες συνιστώσες και οι στατιστικά σημαντικοί όροι των εξισώσεων που περιγράφουν τις υποκειμενικές μεταβλητές.

Πίνακας 11. Η επίδραση των συστατικών και των αλληλεπιδράσεων τους στις υποκειμενικές μεταβλητές

Παράγοντες	Υποκειμενικές Μεταβλητές (Αποκρίσεις)				
	Συνολική Αποδεκτ.	Χρώμα	Μασητικότητα	Συνεκτικότητα	Ελαστικότητα
Καζεϊνικού	<b>-5,1</b> (4,4)	+1,4 (8,2)	-6,7 (10,0)	-3 (6,6)	+ 0,14 (5,04)
Άμυλο	<b>-0,9</b> (4,4)	+1,4 (7,3)	<b>+131</b> (118,1)	<b>+92,3</b> (80,6)	<b>-5,35</b> (5,10)
Λαρδί	<b>+9,8</b> (0,7)	<b>-941</b> (358)	<b>+11,6</b> (1,3)	<b>+9,3</b> (0,87)	<b>+10,4</b> (0,8)
Καζεϊνικού* Άμυλο			<b>-811,6</b> (707,1)	<b>-657</b> (440)	
Καζεϊνικού* Λαρδί					
Άμυλο* Λαρδί			<b>-180</b> (146)	<b>-117</b> (99,6)	
Καζεϊνικού* Ποσότητα	<b>-28,3</b> (16,9)	<b>-29,7</b> (13,1)	<b>+24,7</b> (17,9)	<b>-25,4</b> (14,8)	
Άμυλο* Ποσότητα	<b>+2,1</b> (1,1)		<b>-18,3</b> (17,9)	<b>-34,8</b> (15,4)	
Λαρδί* Ποσότητα		-0,2 (0,14)	-0,3 (0,27)		
Καζεϊνικού* Άμυλο* Λαρδί		<b>+1507</b> (555)	<b>+1076</b> (933)	<b>+972</b> (587)	
Καζεϊνικού*Άμυλο*Ποσότητα	<b>+207</b> (95)			<b>+254</b> (111)	
Καζεϊνικού* Λαρδί* Ποσότητα	<b>+35,6</b> (20,4)	<b>+39,9</b> (15,8)	<b>-26,3</b> (21,9)	<b>+31,3</b> (17,7)	
Άμυλο*Λαρδί* Ποσότητα			<b>+27,8</b> (21,9)	<b>+44,4</b> (18,5)	

### 5.3 Μηχανικές μετρήσεις χρώματος

❖ Η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή-α) μετά το βράσιμο των λουκάνικων

Μετά το βράσιμο των λουκάνικων η τιμή-α αυξάνεται με την προσθήκη οποιουδήποτε παράγοντα ( $p < 0,05$ ). Ανταγωνιστική δράση έχουν το καζεϊνικό με την ποσότητα ( $p < 0,001$ ) και το άμυλο με την ποσότητα ( $p = 0,004$ ). Τέλος η μεταβλητή αυξάνεται με την αύξηση του καζεϊνικού, του αμύλου και της ποσότητας ( $p < 0,001$ ), του καζεϊνικού του λαρδιού και της ποσότητας ( $p < 0,001$ ), και του αμύλου, του λαρδιού και της ποσότητας του μείγματος ( $p = 0,005$ ). Η μεταβλητή περιγράφεται από εξίσωση δευτέρου βαθμού με  $R^2 = 59,91\%$  και  $R^2_{(pred)} = 46,32\%$ .

Συντελεστής	Απόκριση	Τυπική απόκλιση	T	Τιμή-p
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟ	2,143	0,07921	*	0,05>
ΑΜΥΛΟ	2,296	0,07893	*	0,05>
ΛΑΡΔΙ	2,488	0,01250	*	0,05>
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟ×Ποσότητα	-1,464	0,24195	-6,05	0,000
ΑΜΥΛΟ×Ποσότητα	-0,723	0,23987	-3,02	0,004
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟ×ΑΜΥΛΟ×Ποσότητα	2,681	0,49467	5,42	0,000
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟ×ΛΑΡΔΙ×Ποσότητα	1,740	0,28562	6,09	0,000
ΑΜΥΛΟ×ΛΑΡΔΙ×Ποσότητα	0,839	0,28562	2,94	0,005

$$\hat{Y} = 2,1 \cdot \text{καζεϊνικό} + 2,3 \cdot \text{άμυλο} + 2,5 \cdot \text{λαρδί} - 4,5 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{ποσότητα}$$

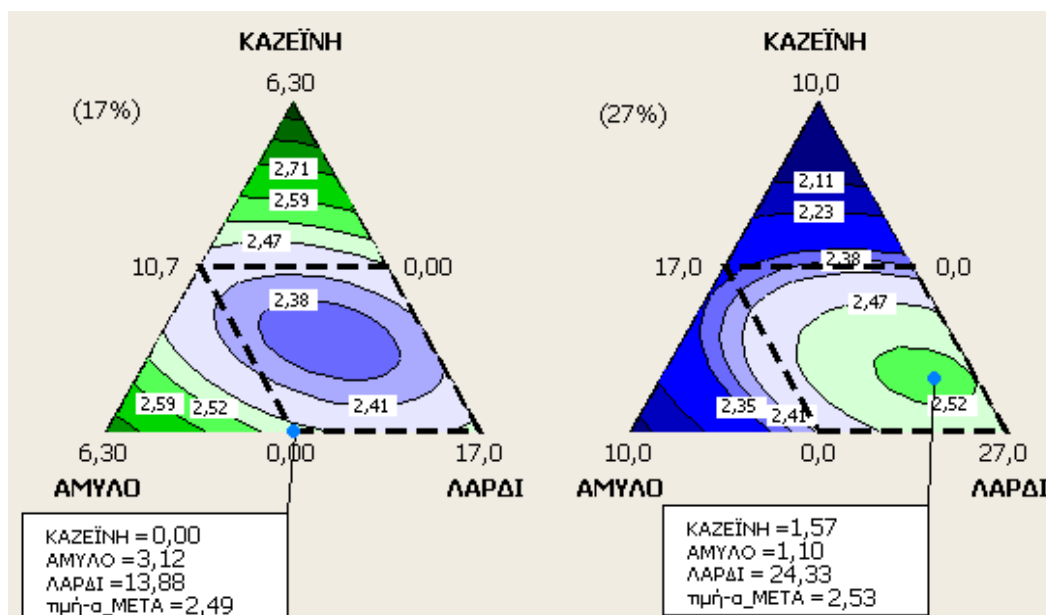
(0,2)                      (0,2)                      (0,03)                      (0,5)

$$-0,72 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} + 2,7 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} + 1,74 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}$$

(0,48)                      (0,99)                      (0,57)

$$+0,84 \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα}$$

(0,57)



Σχήμα 16. Τα διαγράμματα της απόκρισης της τιμής-α για τα βρασμένα λουκάνικα.

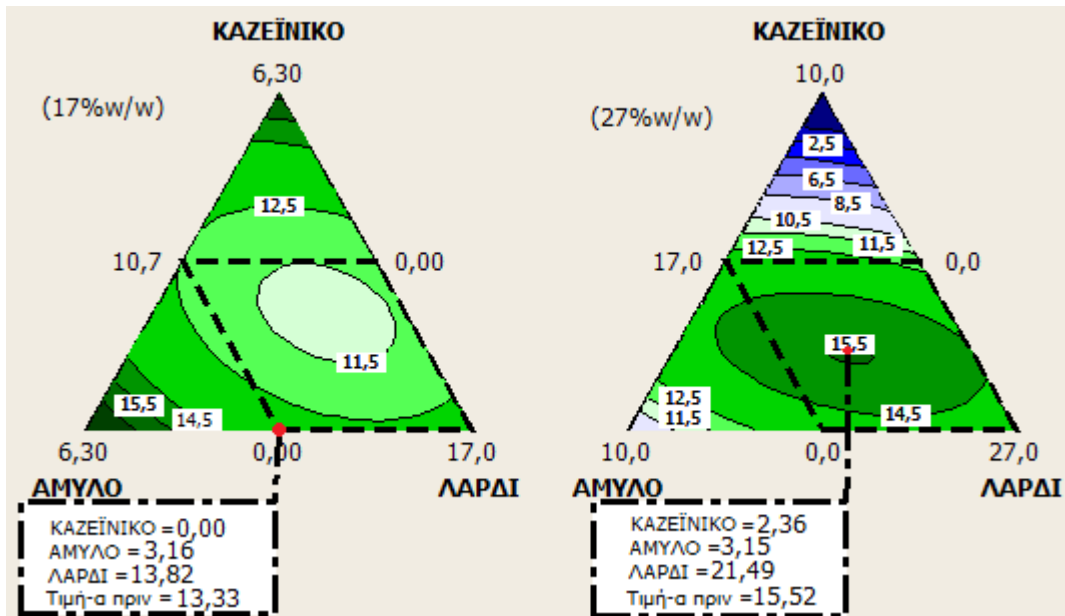
❖ Η ένταση του κόκκινου χρώματος (τιμή-α) πριν το βράσιμο των λουκάνικων

Το κόκκινο χρώμα μειώνεται με την προσθήκη καζεϊνικού ( $p < 0,05$ ), ενώ αυξάνεται με την προσθήκη του άμυλου ( $p < 0,05$ ) και του λαρδιού ( $p < 0,05$ ). Συνεργιστική δράση έχει το καζεϊνικό με το άμυλο ( $p = 0,001$ ) και το καζεϊνικό με το άμυλο και το λαρδί ( $p = 0,015$ ). Ανταγωνιστική δράση έχει το καζεϊνικό με την ποσότητα ( $p < 0,001$ ) και το άμυλο με την ποσότητα ( $p = 0,004$ ). Τέλος το κόκκινο χρώμα γίνεται εντονότερο με την αύξηση του καζεϊνικού, του άμυλου και της ποσότητας ( $p < 0,001$ ) και με την αύξηση του καζεϊνικού του λαρδιού και της ποσότητας ( $p < 0,001$ ). Η μεταβλητή περιγράφεται από δευτεροβάθμια εξίσωση με  $R^2 = 85,94\%$  και  $R^2_{(pred)} = 80,81\%$ .

Συντελεστής	Απόκριση	Τυπική απόκλιση	T	Τιμή-p
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟΥ	-23491	6687,1	*	0,05>
ΑΜΥΛΟ	3196	737,1	*	0,05>
ΛΑΡΔΙ	2319	99,8	*	0,05>
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟΥ×ΛΑΡΔΙ	29644	8102,3	3,66	0,001
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟΥ×ΑΜΥΛΟ×ΛΑΡΔΙ	39982	15877,1	2,52	0,015
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟΥ×Ποσότητα	-11985	1577,8	-7,60	0,000
ΑΜΥΛΟ× Ποσότητα	-4745	1569,6	-3,02	0,004
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟΥ×ΑΜΥΛΟ× Ποσότητα	19090	2911,7	6,56	0,000
ΚΑΖΕΪΝΙΚΟΥ×ΛΑΡΔΙ× Ποσότητα	15163	1880,2	8,06	0,000
ΑΜΥΛΟ×ΛΑΡΔΙ×Ποσότητα	5987	1882,8	3,18	0,002

$$\hat{Y} = -23491 \text{ καζεϊνικό} + 3196 \text{ άμυλο} + 2319 \text{ λαρδί} + 29644 \text{ καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \\ (13374) \quad (1474) \quad (200) \quad (16205) \\ + 39982 \text{ καζεϊνικό} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{λαρδί} - 11985 \cdot \text{καζεϊνικό} \cdot \text{ποσότητα} \\ (31754) \quad (3156) \\ - 4745 \text{ άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} + 19090 \text{ καζεϊνη} \cdot \text{άμυλο} \cdot \text{ποσότητα} \\ (3139) \quad (5823) \\ + 15163 \text{ καζεϊνικό} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} + 5987 \text{ άμυλο} \cdot \text{λαρδί} \cdot \text{ποσότητα} \\ (3760) \quad (3766)$$





Σχήμα 17. Τα διαγράμματα της απόκρισης της τιμής-α για τα λουκάνικα πριν το βράσιμο.

Για την ευκολότερη περιγραφή των αποτελεσμάτων γίνεται βαθμονόμηση των μεταβλητών χρησιμοποιώντας μονοπολική κλίμακα (Πίνακας 12 και 13). Η κλίμακα έχει χωριστεί σε 5 διαφορετικούς χαρακτηρισμούς, ενώ κάθε χαρακτηρισμός έχει διαιρεθεί σε άλλα δύο μέρη ώστε κατά την χρήση της να φανερώνετε η περισσότερο (+) ή λιγότερο (-) προσαρμογή, της κάθε μεταβλητής, στον χαρακτηρισμό

Πίνακας 12: Βαθμονόμηση των αντικειμενικών μεταβλητών.

Καθόλου Λιπαρό (άλιπο)		Λιπαρότητα		Πολύ Λιπαρό															
Καθόλου Ελαστικό		Ελαστικότητα		Πολύ Ελαστικό															
Καθόλου Συνεκτικό (Μαλακό)		Συνεκτικότητα		Πολύ Συνεκτικό															
Καθόλου Σκληρό (Εύθρυπτο)		Δύναμη		Πολύ Σκληρό															
Καθόλου εύκολο στην Μάσηση		Μασητικότητα		Πολύ εύκολο στην Μάσηση															
Καθόλου		Λίγο		Μέτρια		Αρκετά		Πολύ											
(-) (+)		(-) (+)		(-) (+)		(-) (+)		(-) (+)											
0,0 – 1,5		1,6-3,0		3,1-4,5		4,6-6,0		6,1-7,5		7,6-9,0		9,1-10,5		10,6-12,0		12,1-13,5		13,6-15,0	

Πίνακας 13: Βαθμονόμηση των υποκειμενικών μεταβλητών.

Αρεστό ως προς την { <ul style="list-style-type: none"> <li>Ελαστικότητα</li> <li>Συνεκτικότητα</li> <li>Μασητικότητα</li> <li>Απόχρωση του Κόκκινου</li> <li>Συνολική Αποδεκτότητα</li> </ul>									
Καθόλου		Λίγο		Μέτρια		Αρκετά		Πολύ	
(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
0 – 1,5	1,6-3	3,1-4,5	4,6-6	6,1-7,5	7,6-9	9,1-10,5	10,6-12	12,1-13,5	13,6-15

Οι χαμηλότερες και οι μεγαλύτερες τιμές που εντοπίζονται στο πεδίο ενδιαφέροντος της κάθε μεταβλητής παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14. Χαμηλότερες και μεγαλύτερες τιμές των πεδίων της κάθε μεταβλητής..

	Χαμηλότερες (17% / 27%)	Μεγαλύτερες (17% / 27%)
Αντικειμενικές μεταβλητές		
Λιπαρότητα	6,1	7,5/9
Ελαστικότητα*	7,6	9
Συνεκτικότητα*	7,6	10,5
Δύναμη	7,6	10,5
Μασητικότητα*	7,6/4,6	10,5/7,5
Χρώμα*	6,1	7,5/9
Υποκειμενικές μεταβλητές		
Ελαστικότητα*	6,1	9
Συνεκτικότητα*	6,1/7,6	7,5/9
Μασητικότητα*	7,6/6,1	9
Χρώμα*	6,1/9,1	7,5/12
Συνολική αποδεκτότητα	7,6/6,1	9

Όπου: \*, η μεταβλητή παίρνει μέρος τόσο σε αντικειμενικές όσο και σε υποκειμενικές μεταβλητές.

### 5.3. Εντοπισμός των βέλτιστων Μειξέων

#### 5.3.1 Πεδία μειξέων των Επικαλυπτόμενων Περιγραμμάτων (Overlaid Contour Plot)

Σκοπός είναι να γίνει συνδυασμός των υποκειμενικών και των αντικειμενικών μεταβλητών με την μέθοδο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων (Overlaid Contour Plot). Λεπτομερειακώς, ζητείται να βρεθεί ένα πεδίο μειγμάτων όπου η ένταση της υποκειμενικής μεταβλητής, παρουσιάζει την μέγιστη αρεστότητα. Κατά την χρήση της μεθόδου ορίστηκαν οι εξής στόχοι:

1. Στις αντικειμενικές μεταβλητές, οι χαρακτηρισμοί που αποτελούν το 50% και πάνω τον παρατηρήσεων τοποθετήθηκαν ως όρια.
2. Στις υποκειμενικές μεταβλητές ως κατώτερο όριο ορίστηκε η μέγιστη τιμή του χαρακτηρισμού της μεταβλητής ενώ ως ανώτερο η μέγιστη αρεστότητα (η τιμή 15 από την κλίμακα).

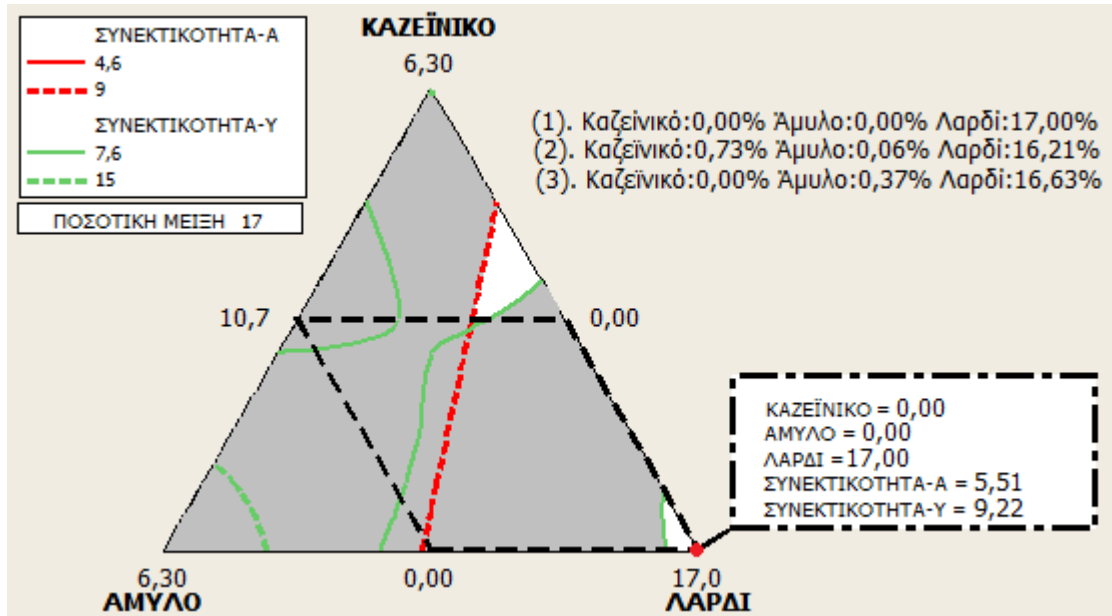
Τα λευκά πεδία στα γραφήματα των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων παρουσιάζουν την περιοχή (σύνολο μειξέων) όπου τα όρια που έχουν τεθεί για τις μεταβλητές επικαλύπτονται. Στη συνέχεια με την μέθοδο εντοπισμού της βέλτιστης μείξης (Response Optimization) στοχοποιείται η μείξη με την μέγιστη αρεστότητα και χαρακτηρίζεται βάση της αντικειμενικής κλίμακας.

Στο Σχήμα 18 παρουσιάζεται το πεδίο των μειξέων για την υποκειμενική και αντικειμενική συνεκτικότητα στην ποσοτική μείξη 17%. Τα όρια της υποκειμενικής συνεκτικότητας είναι από **μέτρια(+)** έως **πολύ(+)** ευχάριστη ενώ της αντικειμενικής από **λίγο(+)** έως **μέτρια(+)** συνεκτικό (αντιπροσωπεύοντας το 59% των παρατηρήσεων).

Το εμβαδόν του πεδίου των επικαλυπτόμενων ορίων ορίζεται από τα εξής τρία σημεία με μειξείς

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,000	0,000	17,000
(2)	0,732	0,060	16,208
(3)	0,000	0,370	16,630

Σύμφωνα με την μέθοδο της βέλτιστης μείξης η υποκειμενική συνεκτικότητα είναι **αρκετή(-)** όταν το λουκάνικο είναι **λίγο(+)** συνεκτικό και η σύσταση είναι η εξής: Καζεϊνικό 0,00%, Άμυλο 0,00% και Λίπος 17,00%.



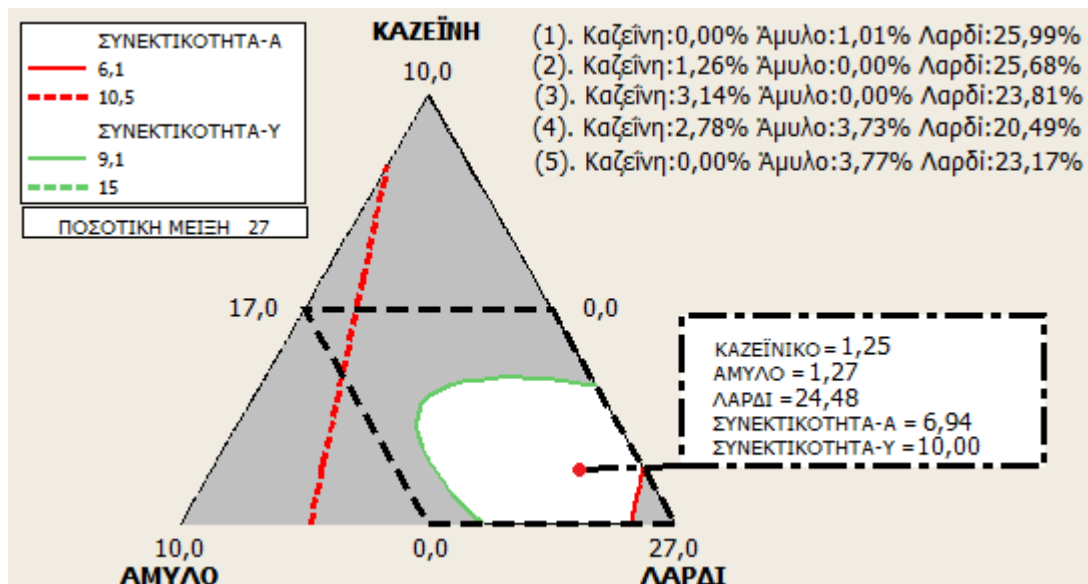
Σχήμα 18. Το πεδίο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για την αντικειμενική και υποκειμενική συνεκτικότητα για την ποσοτική μείξη 17%w/w.

Στο σχήμα 19 παρουσιάζεται το πεδίο μείξεων πάλι για την αντικειμενική και υποκειμενική συνεκτικότητα αλλά για την ποσοτική μείξη 27%. Τα όρια της υποκειμενικής συνεκτικότητας είναι από **αρκετά(-)** έως **πολύ(+)** αρεστή ενώ τα όρια της αντικειμενικής είναι από **μέτρια(-)** έως **αρκετά(-)** συνεκτικό (αντιπροσωπεύοντας το 61% των παρατηρήσεων).

Το εμβαδόν του πεδίου των επικαλυπτόμενων ορίων ορίζεται από τα εξής πέντε σημεία με μείξεις

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,00	1,01	25,99
(2)	1,27	0,00	25,68
(3)	3,14	0,00	23,81
(4)	2,78	3,73	20,49
(5)	0,00	3,77	23,17

Σύμφωνα με την μέθοδο της βέλτιστης μείξης η αρεστότητα χαρακτηρίζεται **αρκετή(-)** όταν η ένταση της συνεκτικότητας είναι **μέτρια(-)** ενώ το μείγμα έχει την εξής σύσταση: Καζεϊνικό 1,26%, Άμυλο 1,26% και Λίπος 24,48%.



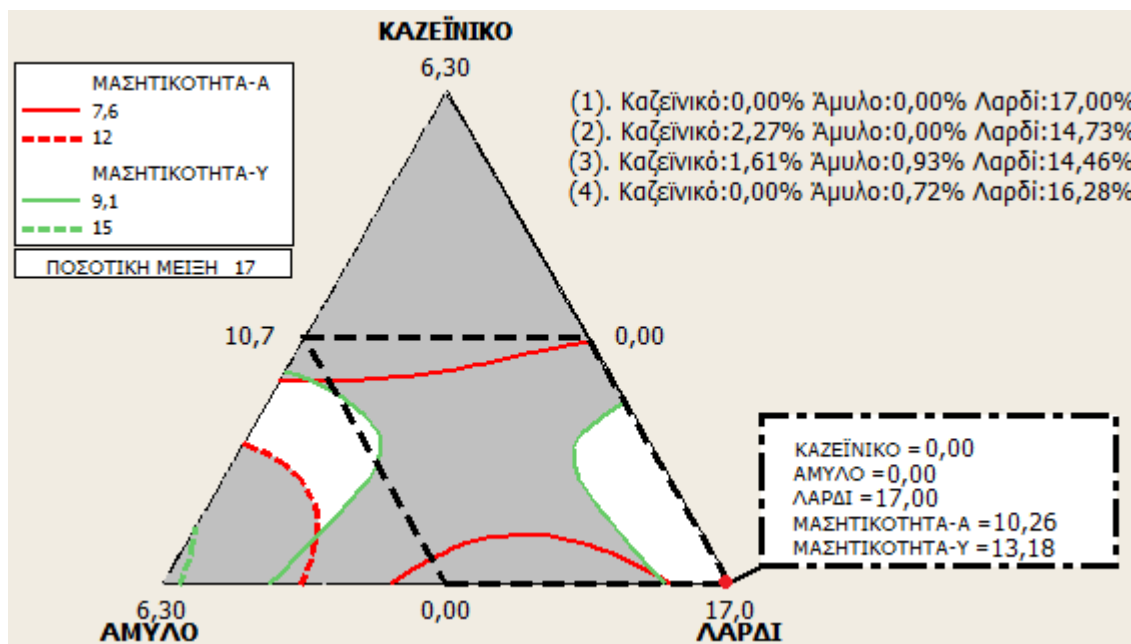
Σχήμα 19. Σχήμα των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για την αντικειμενική και υποκειμενική συνεκτικότητα για την ποσοτική μείξη 27%w/w.

Στο Σχήμα 20 παρουσιάζεται το πεδίο μείξεων για την αντικειμενική και υποκειμενική μασητικότητα της ποσοτικής μείξης 17%. Τα όρια της υποκειμενικής μεταβλητής είναι από **αρκετά(-)** έως **πολύ(+)** ως προς την συνεκτικότητα ενώ της αντικειμενικής είναι από **μέτρια(+)** έως **αρκετά(+)** συνεκτικό (αντιπροσωπεύοντας το 56% των παρατηρήσεων).

Το εμβαδόν του πεδίου των επικαλυπτόμενων ορίων ορίζεται από τα εξής τέσσερα σημεία με μείξεις

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,000	0,000	17,000
(2)	2,270	0,000	14,730
(3)	1,611	0,931	14,458
(4)	0,000	0,722	16,278

Σύμφωνα με την μέθοδο της βέλτιστης μείξης η αρεστότητα στην μασητικότητα είναι **πολύ(-)** όταν το λουκάνικο είναι **πολύ(-)** συνεκτικό. Η μείξη είναι η εξής: Καζεϊνικό 0,00%, Άμυλο 0,00% και Λίπος 17,00%.



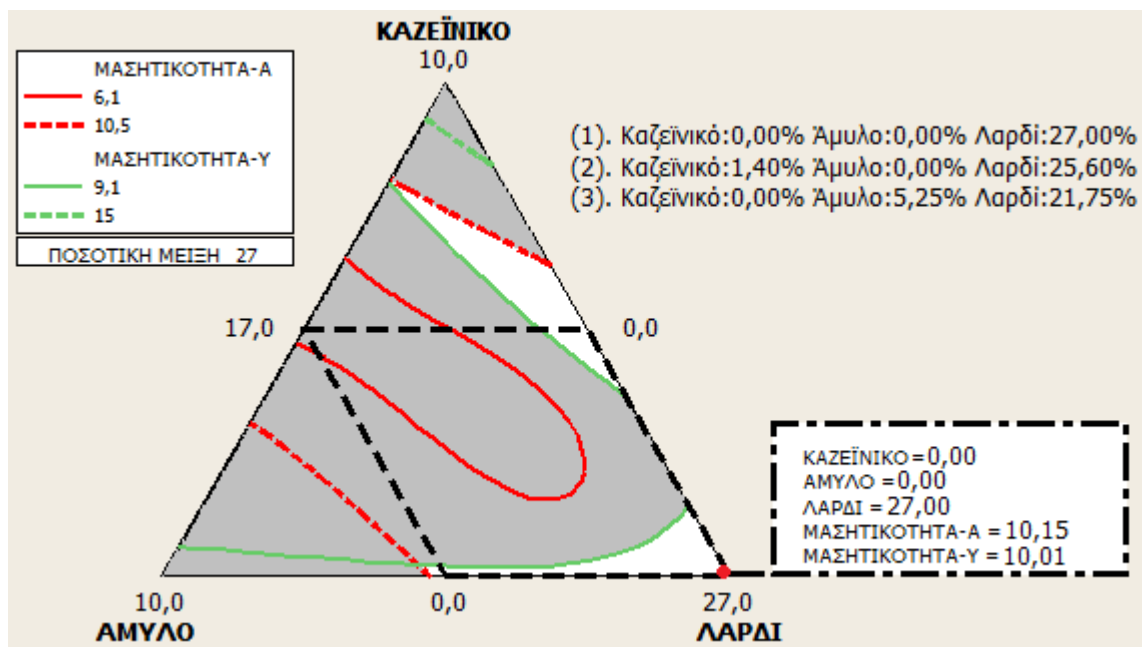
Σχήμα 21. Διάγραμμα των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για την αντικειμενική και υποκειμενική μασητικότητα για την ποσοτική μείξη 17% w/w.

Εν συνεχεία, στο σχήμα ? παρουσιάζεται το πεδίο μείξεων για την υποκειμενική και αντικειμενική μασητικότητα για την ποσοτική μείξη 27%. Τα όρια της υποκειμενικής μεταβλητής είναι από **αρκετά(-)** έως **πολύ(+)** αρεστό ως προς την μασητικότητα ενώ η αντικειμενική μεταβλητή χαρακτηρίζεται από **μέτρια(-)** έως **αρκετά(-)** (αντιπροσωπεύοντας το 68% των παρατηρήσεων)

Η περιοχή των επικαλυπτόμενων πεδίων ορίζεται προσεγγιστικά από τα εξής τρία σημεία με μείξεις:

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό(%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,000	0,000	27,000
(2)	1,396	0,000	25,604
(3)	0,000	5,254	21,746

Από το τρίγωνο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων συμπεραίνουμε ότι όταν το λουκάνικο είναι **αρκετά(-)** μασητικό, η αρεστότητα ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό είναι και αυτή **αρκετή(-)** και η μείξη των συστατικών είναι Καζεϊνικό 0,00% ,Άμυλο 0,00% και Λίπος 27,00%.



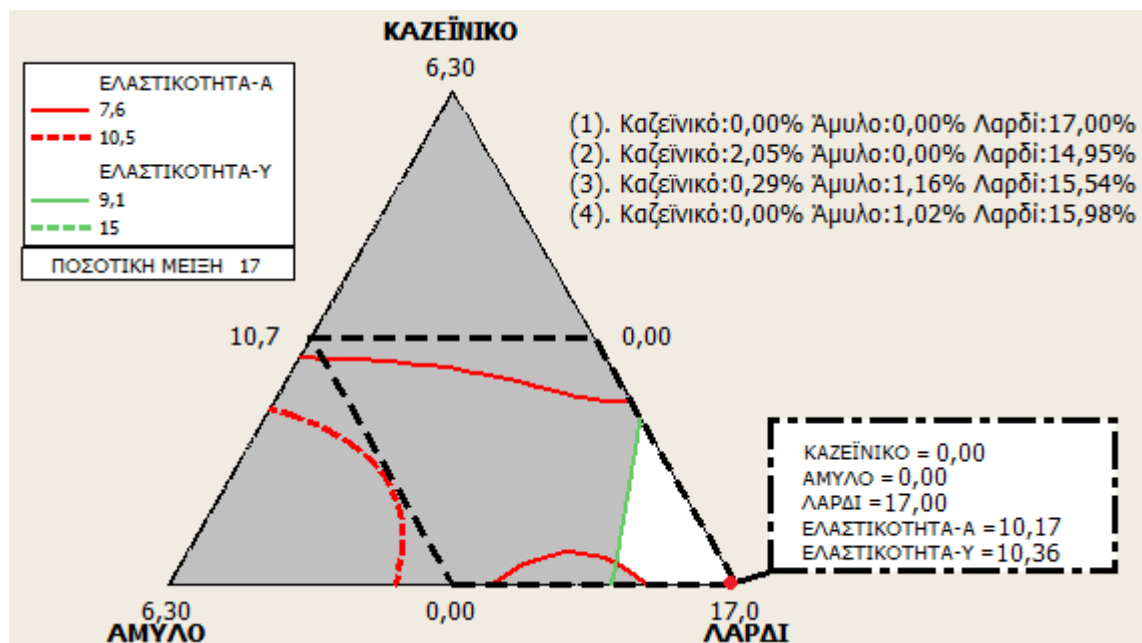
Σχήμα 22. Πεδίο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για την αντικειμενική και υποκειμενική μασητικότητα για την ποσοτική μείξη 27% w/w.

Στο Σχήμα 23 δίνεται το πεδίο των μείξεων για την αντικειμενική και υποκειμενική ελαστικότητα για την ποσοτική μείξη 17%. Η υποκειμενική μεταβλητή χαρακτηρίζεται από **αρκετά(-)** έως **πολύ(+)** ενώ η αντικειμενική από **μέτρια(+)** έως **αρκετά(-)** ελαστικό (αντιπροσωπεύοντας το 67% των παρατηρήσεων).

Η περιοχή των επικαλυπτόμενων πεδίων ορίζεται από τα εξής τέσσερα σημεία με μείξεις:

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,000	0,000	17,000
(2)	2,051	0,000	14,949
(3)	0,293	1,163	15,544
(4)	0,000	1,022	15,978

Σύμφωνα με την μέθοδο της βέλτιστης μείξης η αρεστότητα ως προς την ελαστικότητα χαρακτηρίζεται **αρκετή(-)** όταν η ένταση της ελαστικότητας είναι **αρκετή(-)**. Η μείξη των μελετώμενων συστατικών είναι η εξής: Καζεϊνικό 0,00%, Άμυλο 0,00% και Λίπος 17,00%.



Σχήμα 23. Τρίγωνο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για την αντικειμενική και υποκειμενική ελαστικότητα για την ποσοτική μείξη 17%w/w.

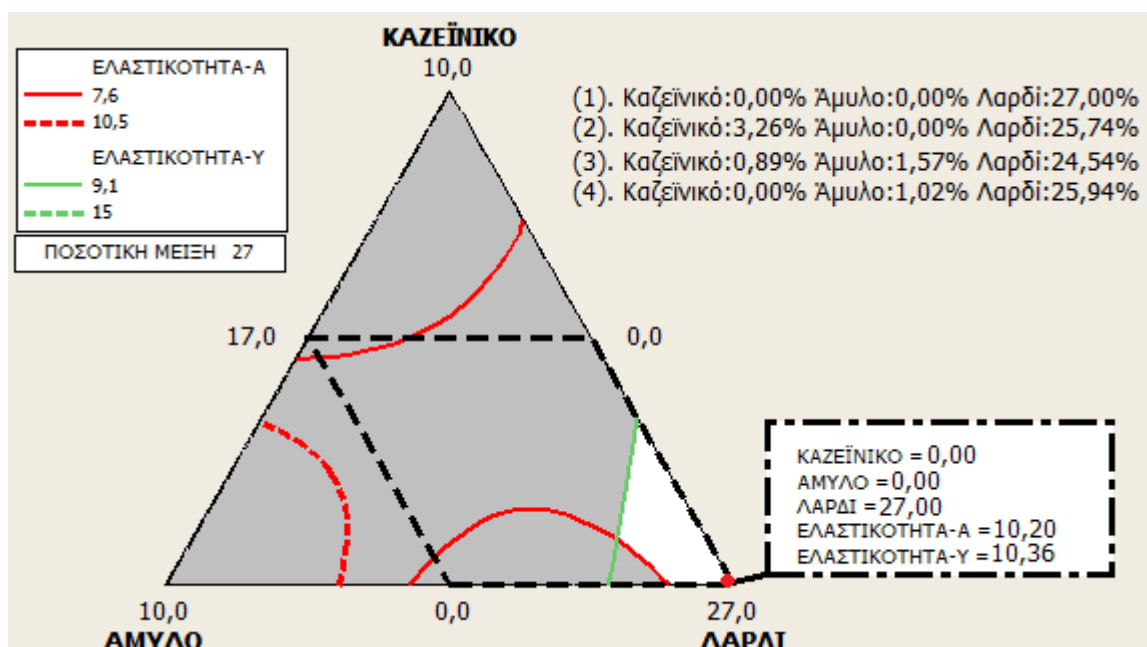


Στο Σχήμα 24 παρουσιάζεται το πεδίο μείξης για την υποκειμενική και αντικειμενική ελαστικότητα για την ποσοτική μείξη 27%. Τα όρια της υποκειμενικής μεταβλητής είναι από **αρκετά(-)** έως **πολύ(+)** ως προς την ελαστικότητα ενώ της αντικειμενικής ελαστικότητα από **μέτρια(+)** έως **αρκετά(-)** ελαστικό (αντιπροσωπεύοντας το 59%).

Η περιοχή των επικαλυπτόμενων πεδίων ορίζεται από τα εξής τέσσερα σημεία με μείξεις:

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,000	0,000	27,000
(2)	3,259	0,000	23,741
(3)	0,892	1,567	24,541
(4)	0,000	1,020	25,941

Σύμφωνα με την μέθοδο της βέλτιστης μείξης συμπεραίνουμε ότι η αρεστότητα είναι **αρκετή(-)** ως προς την εξεταζόμενη μεταβλητή όταν η ένταση της ελαστικότητας είναι και αυτή **αρκετή(-)** ενώ η μελετώμενη μείξη έχει την εξής σύσταση: Καζεϊνικό 0,00%, Άμυλο 0,00% και Λίπος 27,00%.



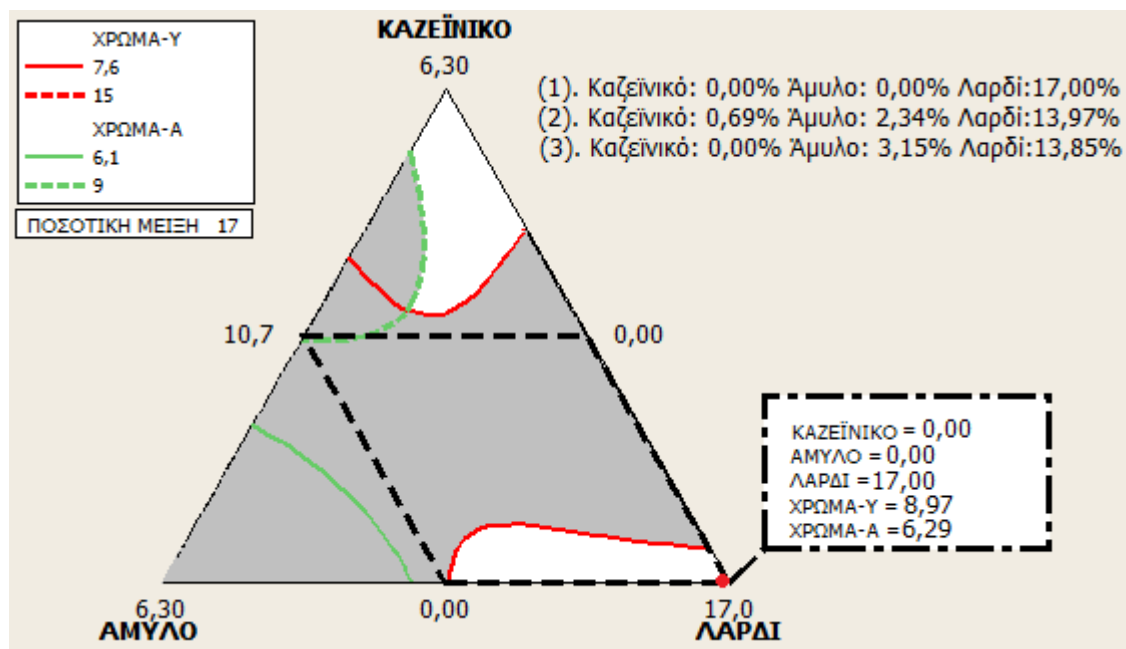
Σχήμα 25. Πεδίο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για την αντικειμενική και υποκειμενική ελαστικότητα για την ποσοτική μείξη 27%w/w

Στο Σχήμα 26 παρουσιάζεται το πεδίο των μειξεων για το υποκειμενικό και αντικειμενικό κόκκινο χρωματισμό στην ποσοτική μείξη 17%. Τα όρια του υποκειμενικού χρώματος είναι από **μέτρια(-)** έως **πολύ(+)** ευχάριστο ενώ της αντικειμενικής από **μέτρια(-)** έως **μέτρια(+)** κόκκινο (αντιπροσωπεύοντας το 61,5% των παρατηρήσεων).

Το εμβαδόν του πεδίου των επικαλυπτόμενων ορίων ορίζεται από τα εξής τρία σημεία με μείξεις

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,000	0,000	17,000
(2)	0,693	2,338	13,969
(3)	0,000	3,154	13,846

Σύμφωνα με την μέθοδο της βέλτιστης μείξης το υποκειμενικό χρώμα είναι **μέτρια(+)** όταν το λουκάνικο είναι **μετρία(-)** ως προς την ένταση του κόκκινου χρώματος και η σύσταση είναι ως εξής: Καζεϊνικό 0,000%, Άμυλο 0,000% και Λαρδί 17,000% .



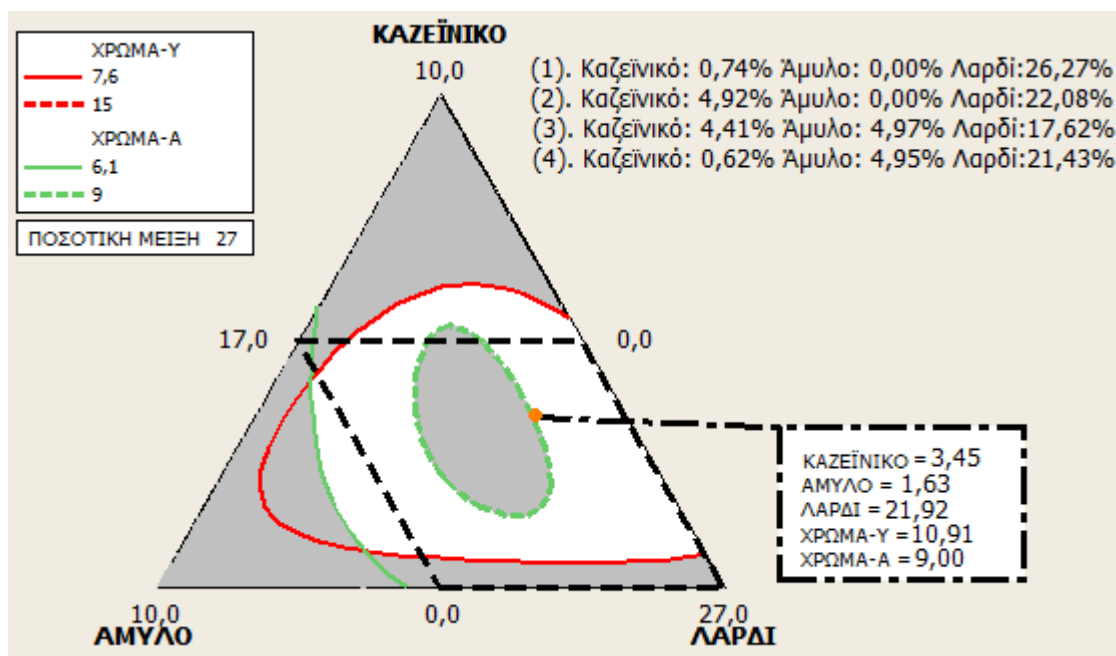
Σχήμα 27. Πεδίο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για το αντικειμενικό και υποκειμενικό χρώμα για την ποσοτική μείξη 17%w/w.

Τέλος, στο Σχήμα 28 παρουσιάζεται το πεδίο μείξεων για το υποκειμενικό και αντικειμενικό χρώμα στην ποσότητα μείξης 27%. Τα όρια του υποκειμενικού χρώματος είναι από **μέτρια(+)** έως **πολύ(+)** ενώ της αντικειμενικής μεταβλητής από **μέτρια(-)** έως **μέτρια(+)** ως προς την ένταση του κόκκινου χρώματος.

Το εμβαδόν του πεδίου των επικαλυπτόμενων ορίων ορίζεται από τα εξής τέσσερα σημεία με μείξεις

Παράγοντες			
Σημείο	Καζεϊνικό (%)	Άμυλο (%)	Λαρδί (%)
(1)	0,735	0,000	26,265
(2)	4,923	0,000	22,077
(3)	4,414	4,967	17,619
(4)	0,619	4,954	21,427

Από την μέθοδο της βέλτιστης μείξης προκύπτει ότι το χρώμα είναι **αρκετά(+)** αρεστό όταν η ένταση του είναι **μέτρια(+)** και η σύσταση είναι: Καζεϊνικό 3,450%, Άμυλο 1,625% και Λαρδί 21,925%



Σχήμα 28. Πεδίο των επικαλυπτόμενων περιγραμμάτων για το αντικειμενικό και υποκειμενικό χρώμα για την ποσοτική μείξη 27%.w/w

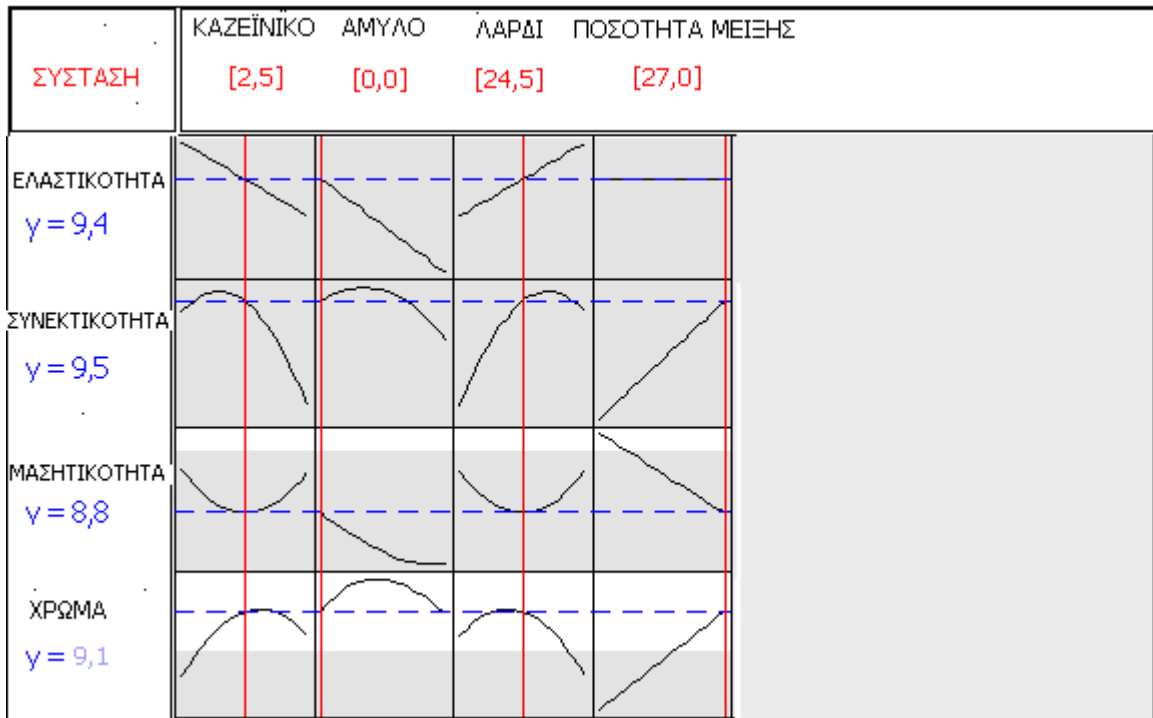
### 5.3.2 Εντοπισμός της βέλτιστης μείξης (Response Optimization)

Στην συνέχεια, περιγράφεται η επίδραση των συστατικών στις υποκειμενικές και αντικειμενικές μεταβλητές και τέλος παρουσιάζεται η μείξη που προτείνεται για μαζική παραγωγή.

- Επίδραση των παραγόντων στις υποκειμενικές μεταβλητές

Για την ποσοτική μείξη 27% κατά βάρος όλες οι υποκειμενικές μεταβλητές παίρνουν ταυτόχρονα την μέγιστη τιμή τους στην εξής μείξη: Καζεΐνη 2,5%, άμυλο 0,0%, και λαρδί 24,5%. Παρατηρούμε ότι η μασητικότητα (8,8) χαρακτηρίζεται ως **μέτρια(+)**. Η ελαστικότητα (9,4), η συνεκτικότητα (9,5) και το χρώμα (9,1) ως **αρκετά(-)**. Αναλυτικότερα:

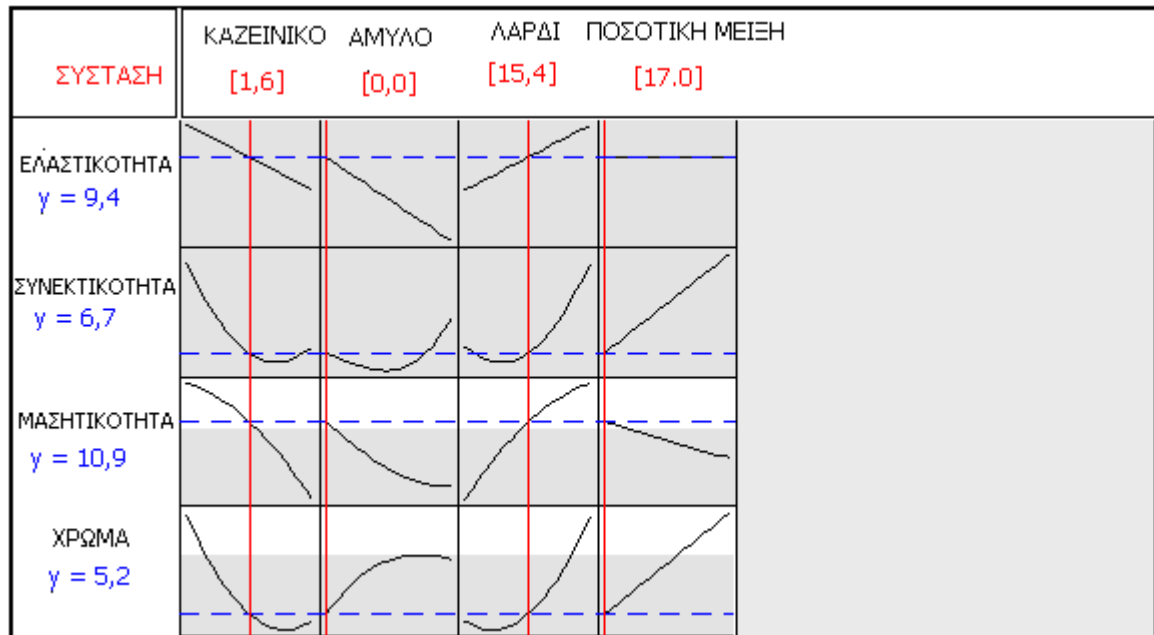
- ❖ Η ελαστικότητα αυξάνεται μόνο με την προσθήκη λαρδιού, ενώ η προσθήκη των άλλων δύο παραγόντων μειώνουν την αρεστότητα. Η ποσότητα μείξης δεν επηρεάζει την μεταβλητή.
- ❖ Η συνεκτικότητα επίσης αυξάνεται μόνο με την προσθήκη λαρδιού, ενώ με την προσθήκη των άλλων δύο παραγόντων μειώνεται η αρεστότητα ενώ η ποσότητα μείξης αυξάνει την μεταβλητή.
- ❖ Η μασητικότητα μειώνεται με την προσθήκη του καζεϊνικού και λαρδιού ως ένα σημείο ενώ μετά οι δυο παράγοντες προκαλούν αύξηση της αρεστότητας της μεταβλητής. Το άμυλο και η ποσότητα μείξης προκαλούν μείωση της μεταβλητής.
- ❖ Η αρεστότητα ως προς το κόκκινο χρώμα με την προσθήκη καζεϊνικού. Το άμυλο και το λαρδί προκαλούν αύξηση της μεταβλητής ενώ από μια συγκέντρωση και μετά προκαλούν μείωση. Η ποσότητα μείξης προκαλεί αύξηση της μεταβλητής.



Σχήμα 29. Επίδραση των παραγόντων για τις υποκειμενικές μεταβλητές στην ποσοτική μείξη 27% w/w.

Για την ποσοτική μείξη 17% κατά βάρος όλες οι υποκειμενικές μεταβλητές παίρνουν ταυτόχρονα την μέγιστη τιμή τους στην εξής μείξη: Καζεΐνη 1,6%, άμυλο 0,0%, και λαρδί 15,4%. Παρατηρούμε ότι η μασητικότητα (10,9) χαρακτηρίζεται ως **αρκετά(+)**, ενώ η ελαστικότητα (9,4) **αρκετά(-)**. Η συνεκτικότητα (6,7) χαρακτηρίζεται ως **μέτρια(-)** και το χρώμα (5,2) ως **λίγο(+)**. Αναλυτικότερα:

- ❖ Η ελαστικότητα αυξάνεται περισσότερο με την προσθήκη λαρδιού σε σχέση με την προσθήκη αμύλου ενώ η προσθήκη καζεϊνικού μειώνει την αρεστότητα. Η ποσότητα μείξης αυξάνει την μεταβλητή.
- ❖ Η συνεκτικότητα επίσης αυξάνεται μόνο με την προσθήκη λαρδιού, ενώ με την προσθήκη των άλλων δύο παραγόντων μειώνεται η αρεστότητα ενώ η ποσότητα μείξης αυξάνει την μεταβλητή.
- ❖ Η μασητικότητα μειώνεται με την προσθήκη του καζεϊνικού και αμύλου ενώ η προσθήκη λαρδιού αυξάνει την αρεστότητα. Η ποσότητα μείξης μειώνει την μεταβλητή.
- ❖ Η αρεστότητα ως προς το κόκκινο χρώμα αυξάνεται κυρίως με την προσθήκη λαρδιού σε σχέση με την προσθήκη αμύλου. η προσθήκη καζεϊνικού προκαλεί μείωση της αρεστότητας. Η ποσότητα μείξης προκαλεί αύξηση της μεταβλητής.



Σχήμα 30 Επίδραση των παραγόντων στις υποκειμενικές μεταβλητές για την ποσοτική μείξη 17% w/w.

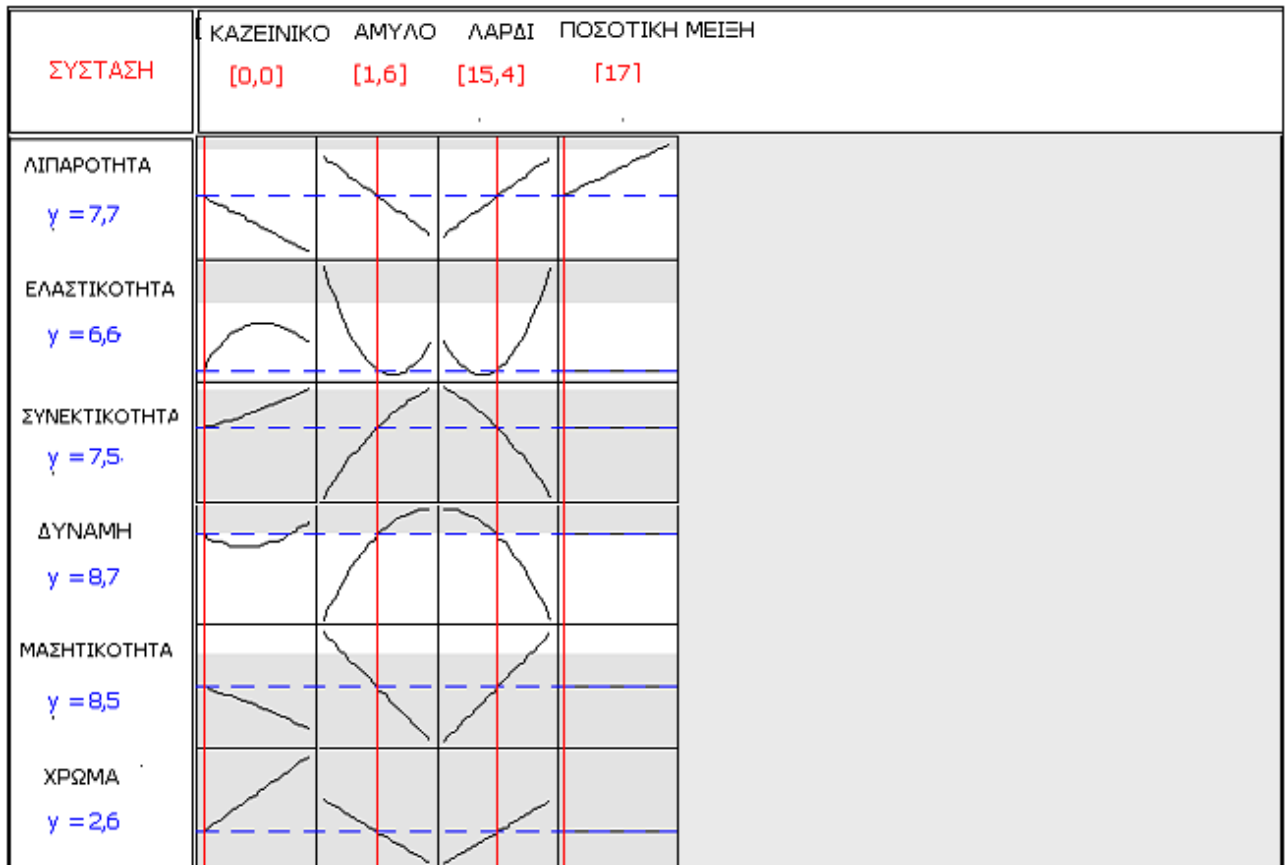
- Επίδραση των παραγόντων στις αντικειμενικές μεταβλητές

Σκοπός της μεθόδου είναι να περιγραφεί η επίδραση της προσθήκης του κάθε συστατικού στις μεταβλητές. Η μείξη που επιλέχτηκε για αυτό τον σχολιασμό είναι η μείξη που όλες οι υποκειμενικές μεταβλητές είναι ταυτόχρονα μέγιστες.

Τα όρια τα οποία τέθηκαν είναι **λίγη(-) ως μέτρια(+)** λιπαρότητα, **λίγη(-) ως μέτρια(+)** ελαστικότητα, **λίγη(-) ως μέτρια(+)** δύναμη, **αρκετή(-) ως πολύ(+)** συνεκτικότητα, **αρκετή(-) ως πολύ(+)** μασητικότητα και **αρκετά(-) έως πολύ(+)** έντονο χρώμα.

Για την ποσοτική μείξη 17% και την σύσταση: καζεΐνη 0,00%, άμυλο 1,6% και λαρδί 15,4% η δύναμη (8,8) η μασητικότητα (8,5) και η λιπαρότητα (7,7) χαρακτηρίζονται ως **μέτρια(+)**. Η συνεκτικότητα (7,5) και η ελαστικότητα (6,6) χαρακτηρίζονται ως προς την ένταση τους **μέτρια(-)**. Τέλος η ένταση του κόκκινου χρώματος (2,6) χαρακτηρίζεται **καθόλου(+)** έντονο. Αναλυτικότερα,

- ❖ Η λιπαρότητα αυξάνεται μόνο με την προσθήκη λαρδιού, ενώ η προσθήκη καζεϊνικού και αμύλου προκαλούν μείωση. Η αύξηση της ποσότητας μείξης προκαλεί αύξηση στην ένταση της λιπαρότητας.
- ❖ Η ελαστικότητα αυξάνεται με την προσθήκη καζεϊνικού ενώ μειώνεται με την προσθήκη του αμύλου. Μεγάλη αύξηση προκαλεί η προσθήκη λαρδιού. Η ποσότητα μείξης δεν επηρεάζει την ένταση της ελαστικότητας.
- ❖ Η συνεκτικότητα μειώνεται με προσθήκη αμύλου ενώ αυξάνεται με προσθήκη λαρδιού. Η προσθήκη καζεϊνικού προκαλεί μικρή αύξηση. Η ποσότητα μείξης δεν επηρεάζει την ένταση της συνεκτικότητας.
- ❖ Η δύναμη στο πρώτο δάγκωμα αυξάνεται με προσθήκη του αμύλου ενώ μειώνεται με την προσθήκη λαρδιού. Η προσθήκη καζεϊνικού αυξάνει ελάχιστα την μεταβλητή. Η ποσότητα μείξης δεν επηρεάζει την ένταση της δύναμης στο πρώτο δάγκωμα.
- ❖ Η μασητικότητα μειώνεται με την προσθήκη καζεϊνικού και αμύλου ενώ αυξάνεται με την προσθήκη λαρδιού. Η ποσότητα μείξης δεν επηρεάζει την ένταση της μασητικότητας.
- ❖ Το κόκκινο χρώμα αυξάνεται με την προσθήκη καζεϊνικού και λαρδιού, ενώ μειώνεται με την προσθήκη αμύλου. Η ποσότητα μείξης δεν επηρεάζει την ένταση του κόκκινου χρώματος.



Σχήμα 31. Επίδραση των παραγόντων στις αντικειμενικές μεταβλητές για την ποσοτική μείξη 17% w/w.



## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στις αντικειμενικές μεταβλητές
  - i. Η προσθήκη του καζεϊνικού αυξάνει την Δύναμη, την Συνεκτικότητα και την ένταση του κόκκινου Χρώματος.
  - ii. Η προσθήκη του αμύλου αυξάνει την Ελαστικότητα, την Μασητικότητα, την Συνεκτικότητα και την ένταση του κόκκινου Χρώματος ενώ μειώνει την Δύναμη.
  - iii. Η προσθήκη του λαρδιού αυξάνει όλες τις μεταβλητές.
  - iv. Η συνέργια του καζεϊνικού με την ποσοτική μείξη αυξάνει την Μασητικότητα και την Ελαστικότητα. Η μεταξύ τους ανταγωνιστική δράση μειώνει την ένταση του κόκκινου Χρώματος.
  - v. Η συνέργια του αμύλου με την ποσοτική μείξη αυξάνει την Μασητικότητα ενώ η μεταξύ τους ανταγωνιστική δράση μειώνει την ένταση του κόκκινου Χρώματος.
  - vi. Η συνέργια του λαρδιού με την ποσοτική μείξη αυξάνει την Λιπαρότητα.
  
- Στις υποκειμενικές μεταβλητές
  - i. Η προσθήκη του καζεϊνικού μειώνει την Συνολική Αποδεκτότητα.
  - ii. Η προσθήκη του αμύλου αυξάνει την Μασητικότητα την Συνεκτικότητα και την αρεστότητα ως προς το κόκκινο Χρωματισμό ενώ μειώνει την Ελαστικότητα.
  - iii. Η προσθήκη του λαρδιού αυξάνει την Μασητικότητα, την Ελαστικότητα, την Συνολική Αποδεκτότητα και την Συνεκτικότητα ενώ μειώνει την αρεστότητα ως προς το κόκκινο Χρώμα.
  - iv. Η συνέργια του καζεϊνικού με την ποσοτική μείξη αυξάνει την Μασητικότητα, ενώ η μεταξύ τους ανταγωνιστική δράση μειώνει την αρεστότητα ως προς το κόκκινο Χρώμα, την Συνολική Αποδεκτότητα και την Συνεκτικότητα.

- v. Η συνέργια του αμύλου με την ποσοτική μείξη αυξάνει την Συνολική Αποδεκτότητα ενώ η μεταξύ τους ανταγωνιστική δράση μειώνει την αρεστότητα ως προς την Συνεκτικότητα και την Μασητικότητα.
- vi. Η συνέργια του λαρδιού με την ποσοτική μείξη δεν επηρεάζει καμιά μεταβλητή.

Αντιστοίχιση υποκειμενικών και αντικειμενικών μεταβλητών.

- Συνεκτικότητα

- 1) Ποσοτική μείξη 17% κατά βάρος.

Όταν η ένταση της Συνεκτικότητας ήταν **λίγη(+)** η αρεστότητα ήταν μέγιστη. Η σύσταση της μείξης ήταν η εξής: καζεϊνικό 0,00% άμυλο 0,00% και λαρδί 17,00%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν οι μείξεις με εύρος, για το καζεϊνικό από 0,00% έως 0,73%, για το άμυλο από 0,00% έως 0,37% και για το λαρδί από 16,63% έως 17,00%.

- 2) Ποσοτική μείξη 27% κατά βάρος

Όταν η ένταση της Συνεκτικότητας ήταν **μέτρια(-)** η αρεστότητα ήταν μέγιστη και η μείξη είχε την εξής σύσταση: καζεϊνικό 1,25% άμυλο 1,27% και λαρδί 24,48%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 2,66%, για το άμυλο από 0,00% έως 3,91% και για το λαρδί από 20,44% έως 26,02%.

- **Μασητικότητα**

- 1) Ποσοτική μείξη 17% κατά βάρος

Όταν η ένταση της Μασητικότητας ήταν **αρκετή(-)** η αρεστότητα ήταν μέγιστη και η μείξη είχε την εξής σύσταση: καζεϊνικό 0,00%, άμυλο 0,00% και λαρδί 17,00%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν και οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 2,21%, για το άμυλο από 0,00% έως 0,93% και για το λαρδί από 14,73% έως 17,00%

- 2) Ποσοτική μείξη 27% κατά βάρος

Όταν η ένταση της Μασητικότητας ήταν **αρκετή(-)** η αρεστότητα ήταν μέγιστη. Η σύσταση του μείγματος ήταν η εξής: καζεϊνικό 0,00% άμυλο 0,00% και λαρδί 27,00%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν και οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 1,4%, για το άμυλο από 0,00% έως 5,25% και για το λαρδί από 21,75% έως 27,00%

- **Ελαστικότητα**

- 1) Ποσοτική μείξη 17% κατά βάρος.

Όταν η ένταση της Ελαστικότητας ήταν **αρκετή(-)** η αρεστότητα ήταν μέγιστη. Η σύσταση του μείγματος ήταν η εξής: καζεϊνικό 0,00%, άμυλο 0,00% και λαρδί 17,00%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν και οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 2,05%, για το άμυλο από 0,00% έως 1,16% και για το λαρδί από 14,95% έως 17,00%

- 2) Ποσοτική μείξη 27% κατά βάρος.

Όταν η ένταση της Συνεκτικότητας ήταν **μέτρια(-)** η αρεστότητα ήταν μέγιστη και η μείξη είχε την εξής σύσταση: καζεϊνικό 1,25%, άμυλο 1,27% και λαρδί 24,48%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 3,14%, για το άμυλο από 0,00% έως 3,73% και για το λαρδί από 20,49% έως 25,99%.

- Κόκκινο Χρώμα

- 1) Ποσοτική μείξη 17% κατά βάρος

Η μέγιστη αρεστότητα ως προς το κόκκινο χρώμα βρέθηκε όταν η ένταση του ήταν **μέτριο(-)**. Η σύσταση της μείξης ήταν καζεϊνικό 0,00%, άμυλο 0,00% και λαρδί 17,00%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν και οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 0,69%, για το άμυλο από 0,00% έως 3,15% και για το λαρδί από 13,85% έως 17,00%

- 2) Ποσοτική μείξη 27% κατά βάρος

Τέλος, η μέγιστη αρεστότητα ως προς το κόκκινο χρώμα βρέθηκε όταν η ένταση του ήταν **μέτριο(+)** και η μείξη είχε την εξής σύσταση: καζεϊνικό 3,45% άμυλο 1,62% και λαρδί 21,91%. Παρόμοιους χαρακτηρισμούς είχαν οι μείξεις με εύρος για το καζεϊνικό από 0,00% έως 4,92% για το άμυλο από 0,00% έως 4,97% και για το λαρδί από 21,00% έως 26,27%

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξεπόλωση βιβλιογραφία

1. Akhar M., Muray S.B. & Dickinson E. (2006). Percertion of creaminess of model oil-in-water dairy emulsions: Influence of the shear-thinning nature of a viscosity-controlling hydrocplloid, *Food Hydrocolloids*, 20, pp 839-847.
2. Bloukas G.J., Paneras D. E. & Papadima S. (1997). Effect of carrageenan on processing and quality characteristics of low-fat Frankfurters, *Journal of muscle foods*, **8**, pp 63-83.
3. Chen J. (2009). Food oral processing- A review, *Food Hydrocolloids*, 23, pp 1-25.
4. Condogan K. & Kolsarici N. (2002). The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters, *Meat Science*, 64, pp 199-206.
5. Cornell A. J. (1990). Experiments with mixtures designs, models, and the analysis of mixture data, 2<sup>nd</sup> Edition, pp 1-86, John Wiley and sons inc, Canada.
6. Cornell A. J. (1995). Fitting models to data from mixture experiments containing other factors, *Journal of quality technology*, **27(1)**, pp 13-33.
7. Crehan C.M., Hughes E., Troy D.J. & Buckley D.J., (2000). Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat, *Meat Science*, 55, pp 463-469.
8. Ercelebi A.E. & Ibanoglu E. (2009). Rheological properties of whey protein isolate stabilized emulsions with pectin and guar gum, *Springer-Verlag*, **229**, pp 281-286.
9. Huffman D.L., Bradrord D.D., Egbert W.R., Mikel W,B. & Jones W.R., (1995). Storage stability of vacuum packaged frozen pork sausage containing soy protein concentrate, carrageenan or antioxidants, *Journal of Food Science*, 60 (**2**), pp 257-261.
10. Hughes E., Coyfrades S. & Tro J. D. (1997). Effect of fat level, oat fibre and carrageenan on Frankfurters formulated with 5,12 and 30% fat, *Meat Science*, 45 (**3**), pp 273-281.

11. Jeng-Yune L. & An-I Y. (2003). Effect of starch properties on rheological characteristics of starch/meat complexes. *57*, pp 287-294.
12. Kahkonen P. & Tuorila H. (1998). Effect of reduced-fat information on expected and actual hedonic and sensory ratings of sausage, Academic Press Limited, 30, pp13-23.
13. Lawrie R (1991). Development in meat science, volume 5, development of texture in meat products through thermodynamic incompatibility, pp. 176-181, Elsevier Science Publishers LTD, Essex, England.
14. Myers H. R. & Montgomery C. D. (1995). Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments, pp 535-614, John Wiley and Sons inc, Canada.
15. Lyons H.P., Kerry F.J., Morrissey A.P. & Buckley J.D. (1998). The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages, *Meat Science*, 51, pp 43-52.
16. O'Brien Richard D, (2009). Fat and oils : Formulating and processing for applications 3rd edition, pp 319-324.
17. Pearson M.A. & Tauber W.F. (1984). Processed Meats second edition, pp. 192-201, 259-262, AVI Publishing Company inc, Westport, Connecticut
18. Sampaio R.G., Castellucci M.N.C., Pinto e Silva M.M.E & Torres A.F.S.E., (2004). Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters, *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, pp 469-474.
19. Schilling W. M. (2002). Functional properties of restructured boneless pork produced from pse and rfn pork utilizing non-meats adjuncts, Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in Food Science and Technology (Meat Science), pp 26-33, Blacksburg .
20. Trius A., Seabranek J.G., Rust R.E. & Carr J.M., (1994). Low-fat bologna and beaker sausage: effects of carrageenans and chloride salts, *Journal of Food Science*, 59 (5), pp 941-945.

21. Vingerhoeds H.M., Wijk A.R., Zoet D.F., Nixdorf R.R. & Aken A.G. (2008). How emulsions composition and structure effect sensory perception of low-viscosity model emulsions, *Food Hydrocolloids*, 22, pp 631-646.
22. Wendell F.S. (2005). Experimental design for formulation, pp 9-57, 299-314, American Statistical Association and the Society for Industrial and Applied Mathematics, Pittsford, New York.
23. Wilson N.R.P., (1981). Meat and meat products factors affecting quality control, pp.164-181, Applied Science Publishers, New York.
24. Yang A., Keeton J.T., Beilken S.L., & Trout G.R, (2001). Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat frankfurters, *Journal of Food Science*, 66 (7), pp 1039-1046.

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

1. Belitz D.H., Grosch W. & Schieberle P. (2006). Χημεία τροφίμων, 3<sup>η</sup> έκδοση, pp. 915-920, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
2. Κώδικας τροφίμων, ποτών και αντικειμένων κοινής χρήσης (2009), κρέας και προϊόντα με βάση το κρέας, Άρθρο 90, έκδοση 1, pp 1, [www.gesl.gr](http://www.gesl.gr)
3. Πετρίδης Δ. (2000). Εφαρμοσμένη στατιστική με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων, pp 248-254, Όμηρος Εκδοτική, Θεσσαλονίκη.