



ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
**«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗ
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Βελτιστοποίηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων τυριού αλοιφώδους υφής με τη
χρήση καλλιέργειας εκκίνησης από κεφίρ

ΠΕΧΛΙΒΑΝΗ ΧΡΥΣΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2023

Βελτιστοποίηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων τυριού αλοιφώδους υφής με τη
χρήση καλλιέργειας εκκίνησης από κεφίρ

ΠΕΧΛΙΒΑΝΗ ΧΡΥΣΑ

Υποβολή Μεταπτυχιακής Διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την
απονομή του Μεταπτυχιακού Διπλώματος του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας
Τροφίμων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος

Σεπτέμβριος 2022

Εισηγητής

Πετρίδης Δημήτριος

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τις μεταπτυχιακές μου σπουδές στο Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος (πρώην Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης) αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, για όλα όσα αποκόμισα από αυτούς.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κύριο Δημήτρη Πετρίδη, για την αμέριστη βοήθειά του, που πάντα μου προσέφερε απλόχερα.

Επιπλέον, θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την κα. Δημητρέλη Γεωργία, καθηγήτρια του Τμήματος, για την πολύτιμη βοήθεια, την πλήρη καθοδήγηση, και τη συνεχή υποστήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα την οικογένειά μου, που χωρίς την βοήθεια και την υποστήριξή τους θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

Πεχλιβάνη Χρύσα

Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Τ. Θ. 141, Τ.Κ. 57400 Σίνδος Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης ή μη πρωτεϊνών γάλακτος (0% έως 3%), της προσθήκης διαφορετικού ποσοστού καλλιέργειας εκκίνησης (4% έως 6%), της διαφορετικής θερμοκρασίας επώασης (18°C έως 22°C), της διαφορετικής θερμοκρασίας διαίρεσης (20°C έως 45°C), της προσθήκης ή μη κρέμας γάλακτος (0% έως 10%) και της διαφορετικής θερμοκρασίας στραγγίσματος (8°C έως 14°C) στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά προϊόντων τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ. Χρησιμοποιώντας το πειραματικό εγκυρότερο σχέδιο προ διαλογής DSD, προσδιορίστηκαν δεκαεπτά (17) διαφορετικές μεταχειρίσεις/δείγματα προϊόντων τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ η καθεμία από αυτές έχοντας παρασκευαστεί με διαφορετικούς συνδυασμούς των παραπάνω παραγόντων. Για την παρασκευή των μεταχειρίσεων/δειγμάτων τυριού χρησιμοποιήθηκε καλλιέργεια του εμπορίου σε λυοφιλωμένη μορφή και παστεριωμένο αγελαδινό γάλα λιποπεριεκτικότητας 3,5%.

Κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση εξετάστηκε η ένταση του χρώματος, του αρώματος, της ικανότητας επάλειψης, της οξύτητας, της συνεκτικότητας, της λιπαρότητας, της κρεμώδους υφής (αντικειμενικά χαρακτηριστικά), καθώς και η συνολική αρεστότητα των δειγμάτων.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η θερμοκρασία επώασης 22°C σε συνδυασμό με την προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος 3% προκάλεσε αύξηση της ικανότητας επάλειψης του τυριού, ενώ η θερμοκρασία επώασης 20°C σε συνδυασμό με την απουσία πρωτεϊνών γάλακτος, σε θερμοκρασία διαίρεσης 20°C και με προσθήκη κρέμας 10% είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της κρεμώδους υφής. Η θερμοκρασία επώασης 18°C σε συνδυασμό με την προσθήκη κρέμας 10% προξένησε αύξηση της αντικειμενικής αίσθησης της λιπαρότητας. Στους δοκιμαστές άρεσαν όλα τα δείγματα/μεταχειρίσεις το ίδιο χωρίς να εμφανίζεται στατιστικά σημαντικότερη κάποια έναντι των υπολοίπων. Η βέλτιστη σύσταση για την παρασκευή προϊόντων τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ επιτυγχάνεται με τη χρήση πρωτεϊνών γάλακτος σε ποσοστό 1,5%, καλλιέργεια εκκίνησης 5%, θερμοκρασία επώασης 20°C, θερμοκρασία διαίρεσης 32,5°C, προσθήκη κρέμας γάλακτος 5% και θερμοκρασία στραγγίσματος 11°C.

Abstract

The impact effect of way protein (0% to 3%), different percentage of starter culture (4% to 6%), different incubation temperature (18°C to 22°C), different division temperature (20°C to 45°C), the addition or absence of milk cream (0% to 10%) and the different straining temperature (8°C to 14°C) on the sensory properties of cream cheese products with kefir culture were investigated. Seventeen (17) different treatments/samples of kefir-cultured cream cheese products were derived using the DSD Design, each one prepared with different combinations of the above factors. For the preparation of the kefir-cultured cream cheese types commercial lyophilized culture and pasteurized full fat (3.5%) cow milk were used.

As far as the sensory evaluation is concerned, the intensity of color, aroma, spread ability, acidity, consistency, unctuousness, creaminess (objective characteristics), as well as the overall acceptability of the samples were evaluated.

According to the results, the incubation temperature of 22°C combined with the addition of 3% whey proteins caused an increase in the spread ability of the cheese, while the incubation temperature of 20°C combined with the absence of whey proteins, at a division temperature of 20°C and with the addition of 10% cream had as a result increase in creaminess. The incubation temperature of 18°C combined with the addition of 10% milk cream caused an increase in the objective sensation of unctuousness. Panelists preferred the samples with 1.5% whey proteins, 5% starter culture, incubation temperature 20°C, division temperature 32.5°C, addition of 5% cream and straining temperature 11°C.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	2
2.1 Κεφίρ.....	2
2.1.1 Πρώτες ύλες για την παραγωγή κεφίρ.....	2
2.1.2 Βασικά χαρακτηριστικά κεφίρ.....	2
2.1.2.1 Δομικά χαρακτηριστικά	2
2.1.2.2 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	3
2.1.2.3 Οφέλη κεφίρ	3
2.1.3 Βιοδραστικά χαρακτηριστικά κεφίρ.....	3
2.1.3.1 Εξωπολυσακχαρίτες.....	4
2.1.3.2 Βιοδραστικά πεπτίδια	4
2.1.4 Διαδικασία παραγωγής κεφίρ.....	4
2.1.4.1 Παραδοσιακή τεχνική	5
2.1.4.2 Βιομηχανική τεχνική	5
2.2 Τυριά αλοιφώδους υφής χωρίς ωρίμανση	6
2.2.1 Γενικά.....	6
2.2.2 Μηχανισμός πήξης	6
2.2.3 Παράγοντες πήξης	7
2.1.3.1 Επίδραση πυτιάς.....	7
2.1.3.2 Επίδραση μικροοργανισμών	9
2.1.3.3 Συνδυασμός.....	9
Κεφάλαιο 3. Σκοπός της εργασίας	10
Κεφάλαιο 4. Υλικά και μέθοδοι.....	11
4.1 Πρώτες ύλες.....	11
4.2 Παρασκευή δειγμάτων	12
4.3 Οργανοληπτικός έλεγχος	14
4.4 Τεχνική της καλύτερης-χειρότερης κλίμακας Best Worst Scaling.....	17
4.5 Τεχνική των ισορροπημένων ατελώς ομαδοποιημένων σχεδίων-Balanced Incomplete Block Design.....	19
4.6 Εγκυρότερα σχέδια προδιαλογής-Definitive Screening Designs	21
Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα	26
5.1 Εφαρμογή της κλίμακας B-W στην οργανοληπτική δοκιμή	26
5.2 Εγκυρότερα σχέδια προδιαλογής-Definitive Screening Designs	39
Κεφάλαιο 6. Συζήτηση & Σύγκριση με βιβλιογραφία.....	50
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα	53
Κεφάλαιο 8. Προοπτικές έρευνας για το μέλλον.....	54

Βιβλιογραφία 55

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Το κεφίρ είναι ένα παχύρρευστο ζυμούμενο γαλακτοκομικό προϊόν, το οποίο έχει ως τόπο προέλευσης τις χώρες γύρω από τον Καύκασο (Irigoyen et al., 2005). Παράγεται από την μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών (γαλακτικά βακτήρια, οξικά βακτήρια και ζύμες) (Garrote et al., 1998) που βρίσκονται στους κόκκους κεφίρ, δηλαδή την καλλιέργεια εκκίνησης του προϊόντος (Koroleva, 1988). Ο μεγάλος αριθμός των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο κεφίρ και οι μικροβιακές αλληλεπιδράσεις τους, οι πιθανές βιοδραστικές ενώσεις που προκύπτουν από τον μικροβιακό μεταβολισμό, καθώς και οι ευεργετικές ιδιότητες του κεφίρ και η θρεπτική του αξία του αποδίδουν την ιδιότητα του φυσικού προβιοτικού (Leite et al., 2013).

Η μελέτη της τεχνολογίας παρασκευής, του μικροβιακού πληθυσμού, των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και της θρεπτικής - διαιτητικής αξίας του κεφίρ έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνητών (Beshkova et al., 2002). Ωστόσο, η μελέτη της ρεολογικής του συμπεριφοράς είναι περιορισμένη (Dimitreli et al., 2013).

Η ιδέα για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας προήλθε από την ανάγκη δημιουργίας ενός καινοτόμου προϊόντος, το οποίο θα αποτελεί δημιούργημα υψηλής θρεπτικής αξίας.

Με γνώμονα τα παραπάνω, έγινε προσπάθεια ανάπτυξης ενός νέου προϊόντος, όπου μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης πρωτεϊνών γάλακτος, της προσθήκης διαφορετικών ποσοστών καλλιέργειας εκκίνησης, κρέμας γάλακτος και των διαφορετικών θερμοκρασιών επώασης, διαίρεσης και στραγγίσματος στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των νέων προϊόντων τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας εκκίνησης από κεφίρ. Έτσι, παρασκευάστηκε ένα φυσικό προβιοτικό προϊόν, όπως το τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ εμπλουτισμένο με πρωτεΐνες γάλακτος και κρέμα γάλακτος.

Κεφάλαιο 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Κεφίρ

Το κεφίρ είναι ένα ρόφημα γάλακτος που έχει υποστεί ζύμωση και παράγεται από τις δράσεις των βακτηρίων και των ζυμών που περιέχονται στους κόκκους κεφίρ. Ανήκει στον τομέα των λειτουργικών τροφίμων και συγκεκριμένα στα προβιοτικά, καθώς περιέχει βιοδραστικά συστατικά που προσφέρουν οφέλη για την υγεία ή ανθεκτικότητα στις ασθένειες (Farnworth, 2005).

2.1.1 Πρώτες ύλες για την παραγωγή κεφίρ

Αν και το εμπορικό κεφίρ παράγεται παραδοσιακά από αγελαδινό γάλα, έχει παρασκευαστεί επίσης και από πρόβειο γάλα, κατσικίσιο και βουβαλίσιο. Το γάλα βουβάλου διαφέρει από τα άλλα γάλατα όχι μόνο ως προς τη γεύση του, αλλά και ως προς τη χημική του σύνθεση. Εμφανίζει υψηλότερη περιεκτικότητα σε ασβέστιο και πρωτεΐνες και μικρότερα ποσά χοληστερόλης σε σχέση με το αγελαδινό γάλα. Το γάλα βουβάλου μπορεί να θεωρηθεί ως ευνοϊκή πρώτη ύλη για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων με βάση την περιεκτικότητα σε λιπαρά και πρωτεΐνες. Έχει επίσης αναφερθεί και η παραγωγή κεφίρ με τη χρήση εκχυλίσματος σόγιας, όπου έχει διαπιστωθεί ότι τα βακτήρια γαλακτικού οξέος από τους κόκκους κεφίρ αναπτύσσονται πιο αργά σε σύγκριση με το αγελαδινό γάλα λόγω της βραδύτερης παραγωγής αυξητικών παραγόντων στην αρχή της ζύμωσης (Gul et al, 2005).

2.1.2 Βασικά χαρακτηριστικά κεφίρ

2.1.2.1 Δομικά χαρακτηριστικά

Οι κόκκοι κεφίρ μοιάζουν με μικρά άνθη κουνουπιδιού: έχουν μήκος 1-3 cm, έχουν λοβούς, ακανόνιστο σχήμα, λευκό έως κίτρινο-λευκό χρώμα και έχουν λεπτή αλλά σταθερή υφή. Ο μικροβιακός πληθυσμός που βρέθηκε στους κόκκους κεφίρ είναι παράδειγμα μιας συμβιωτικής κοινότητας. Τα βακτήρια που περιέχονται στους κόκκους κεφίρ και οι ζύμες, όταν διαχωρίζονται ως καθαρές καλλιέργειες, είτε δεν αναπτύσσονται στο γάλα ή έχουν μειωμένη βιοχημική δραστηριότητα. Ο *Lactobacillus kefir* αναπτύχθηκε έντονα όταν προστέθηκε η ζύμη *Candida kefir* στο γάλα. Οι ζύμες παίζουν σημαντικό ρόλο στην παρασκευή των ζυμωμένων γαλακτοκομικών προϊόντων, καθώς παρέχουν βασικά θρεπτικά συστατικά ανάπτυξης, όπως αμινοξέα και βιταμίνες, αλλάζουν το pH, εκκρίνουν αιθανόλη και παράγουν CO₂. Οι ζύμες στους κόκκους κεφίρ παρέχουν κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη των βακτηρίων του κεφίρ, μεταβολικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη γεύση και στην αίσθηση που έχει στο στόμα το κεφίρ. Ορισμένοι τύποι ζυμών βρίσκονται στην επιφάνεια του κόκκου, ενώ

άλλοι κατοικούν στο εσωτερικό. Μπορεί οι ζύμες που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες στους κόκκους κεφίρ να παίζουν διαφορετικούς ρόλους στη διαδικασία ζύμωσης (Farnworth, 2005).

2.1.2.2 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Το κεφίρ είναι ένα παχύρρευστο, ελαφρώς ανθρακούχο γαλακτοκομικό ρόφημα που περιέχει μικρές ποσότητες αλκοόλης. Η γεύση του προέρχεται από ενώσεις όπως γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, διακετύλιο, αιθανόλη και ακεταλδεΐδη, οι οποίες παράγονται μέσω ζύμωσης. Κατά τη ζύμωση παράγεται επίσης διοξείδιο του άνθρακα, που δίνει στο κεφίρ μια αφρώδη αίσθηση κατά την κατάποση. Στην παραδοσιακή παραγωγή κεφίρ, το γάλα ζυμώνεται με τη χρήση κόκκων κεφίρ και το τελικό προϊόν έχει ελαφρώς όξινη γεύση και είναι κρεμώδες (Farnworth, 2005).

2.1.2.3 Οφέλη κεφίρ

Όπως προαναφέρθηκε το κεφίρ ανήκει στον τομέα των λειτουργικών τροφίμων και συγκεκριμένα στα προβιοτικά. Αυτό οφείλεται στα βιοδραστικά συστατικά που περιέχει και προσφέρουν οφέλη στην υγεία ή ανθεκτικότητα στις ασθένειες. Πιο συγκεκριμένα πολλά από τα οφέλη είναι η βελτίωση της πέψης και της ανοχής της λακτόζης σε ενήλικες, καθώς και αντιμικροβιακά, αντικαρκινικά, αντιοξειδωτικά, αντιμεταλλαξιγόνα και αντιαποπτωτικά αποτελέσματα, (Gul et al, 2005) όπου απόπτωση είναι μια διεργασία προγραμματισμένου κυτταρικού θανάτου (Mednet.gr). Η προβιοτική ιδιότητα του κεφίρ προέρχεται από τους κόκκους κεφίρ ή καλλιέργειες που περιέχουν *Lactococcus subsp.*, *Leuconostoc spp.*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus spp.*, βακτήρια οξικού οξέος και ζύμες. Η μικροχλωρίδα των κόκκων κεφίρ και αντίστοιχα του κεφίρ διαφέρει ανάλογα με την προέλευσή τους και τις μεθόδους παραγωγής τους (Gul et al, 2005).

2.1.3 Βιοδραστικά χαρακτηριστικά κεφίρ

Υπάρχουν αρκετές ενώσεις στο κεφίρ που μπορεί να έχουν βιοδραστικές ιδιότητες. Υπεύθυνοι για αυτές τις ευεργετικές επιδράσεις μπορεί να είναι οι ίδιοι οι μικροοργανισμοί (νεκροί ή ζωντανοί), οι μεταβολίτες των μικροοργανισμών που σχηματίζονται κατά τη ζύμωση καθώς και τα πεπτίδια. Τέτοιες ενώσεις αναφέρονται παρακάτω.

2.1.3.1 Εξωπολυσακχαρίτες

Εξωπολυσακχαρίτες διαφορετικών δομών και συνθέσεων παράγονται από μια ποικιλία βακτηρίων γαλακτικού οξέος συμπεριλαμβανομένων των *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* και *Leuconostoc*. Αυτοί οι υδατάνθρακες παρέχουν προστατευτικές και προσαρμοστικές ιδιότητες στα βακτήρια από τα οποία προέρχονται. Δεδομένου ότι συχνά συνδέονται χαλαρά με την κυτταρική μεμβράνη, χάνονται εύκολα στο περιβάλλον. Στα προϊόντα διατροφής, οι εξωπολυσακχαρίτες συμβάλλουν συχνά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και στη σταθερότητά τους. Ανάμεσα στους πολυσακχαρίτες που μπορεί να περιέχονται στους κόκκους κεφίρ, εντοπίζεται ένας μοναδικός πολυσακχαρίτης που ονομάζεται κεφιράνη. Η κεφιράνη περιέχει D-γλυκόζη και D-γαλακτόζη. Η προτεινόμενη δομή είναι μια διακλαδισμένη επαναλαμβανόμενη μονάδα εξα- ή επτασακχαρίτη που αποτελείται από μια κανονική μονάδα πεντασακχαρίτη με την οποία ένα ή δύο υπολείμματα σακχάρου συνδέονται τυχαία. Αναφέρονται οι καλύτερες αποδόσεις κεφίρ κατά τον συνδυασμό του βακτηρίου που παράγει κεφιράνη, το *Lactobacillus kefiranofaciens*, με τη ζύμη *Torulaspora delbrueckii* (Farnworth, 2005).

2.1.3.2 Βιοδραστικά πεπτίδια

Πολλοί οργανισμοί διαθέτουν ένζυμα (π.χ. πρωτεϊνάσες και πεπτιδάσες) που είναι ικανά να υδρολύσουν την πρωτεΐνη σε ένα μέσο, υποστηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη του οργανισμού με την απελευθέρωση πεπτιδίων και αμινοξέων. Η δράση των ενζύμων πρωτεϊνάσης και πεπτιδάσης στις πρωτεΐνες γάλακτος μπορεί θεωρητικά να οδηγήσει σε πολύ μεγάλο αριθμό πιθανών πεπτιδίων. Μια ανάλυση της δραστικότητας πρωτεϊνάσης των βακτηριακών προϊόντων απομόνωσης κεφίρ έχει δείξει ότι αρκετά προϊόντα απομόνωσης έχουν υψηλή δράση πρωτεϊνάσης, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα να υπάρχουν βιοενεργά πεπτίδια στο κεφίρ (Farnworth, 2005).

2.1.4 Διαδικασία παραγωγής κεφίρ

Η διαδικασία παραγωγής κεφίρ χωρίζεται σε 2 κατηγορίες: παραδοσιακές και βιομηχανικές μεθόδους. Η κύρια διαφορά μεταξύ των 2 τεχνικών είναι ο εμβολιασμός των κόκκων ή της καλλιέργειας κεφίρ στο γάλα. Οι κόκκοι κεφίρ χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραδοσιακή παραγωγή κεφίρ, ενώ στη βιομηχανική μέθοδο χρησιμοποιούν καλλιέργειες εκκίνησης κεφίρ που περιλαμβάνουν καθαρά στελέχη της μικροχλωρίδας του κεφίρ (Gul et al, 2005).

2.1.4.1 Παραδοσιακή τεχνική

Παραδοσιακά, το κεφίρ παράγεται με την προσθήκη κόκκων κεφίρ σε ποσότητα γάλακτος. Το γάλα που έχει υποστεί ζύμωση διηθείται και οι κόκκοι κεφίρ ανακτώνται για χρήση στην επόμενη παραγωγή κεφίρ. Οι κόκκοι διατηρούνται βιώσιμοι μεταφέροντας τους καθημερινά σε φρέσκο γάλα και αφήνοντάς τους να αναπτυχθούν για περίπου 20 ώρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι κόκκοι θα έχουν αυξήσει τη μάζα τους κατά 25%. Οι κόκκοι πρέπει να δραστηριοποιούνται με αυτόν τον τρόπο για να διατηρήσουν τη βιωσιμότητά τους, καθώς οι παλαιοί και ξηροί κόκκοι κεφίρ έχουν μικρή έως καθόλου ικανότητα αναπαραγωγής. Η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία φαίνεται να είναι ο καλύτερος τρόπος για τη διατήρηση των κόκκων κεφίρ για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η διακύμανση των συνθηκών ζύμωσης και η αναλογία κόκκων προς γάλα μπορούν ουσιαστικά να επηρεάσουν τις τελικές ιδιότητες της ζύμωσης κεφίρ (Farnworth, 2005).

2.1.4.2 Βιομηχανική τεχνική

Η βιομηχανική παρασκευή του κεφίρ που χρησιμοποιεί κόκκους ως καλλιέργεια εκκίνησης είναι δύσκολη, λόγω της πολυπλοκότητας της μικροβιολογικής σύνθεσης των κόκκων, η οποία ποικίλλει ανάλογα με την προέλευσή τους και τις συνθήκες αποθήκευσης και χειρισμού. Κατάλληλη προσέγγιση για την απόκτηση ενός ποιοτικού προϊόντος με σταθερά χαρακτηριστικά είναι η χρήση καθορισμένων καλλιεργειών εκκίνησης, οι οποίες προσφέρουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Οι καλλιέργειες εκκίνησης κεφίρ περιλαμβάνουν καθαρά στελέχη μικροχλωρίδας κεφίρ, αλλά πολλές φορές συμπληρώνονται με επιπλέον μικροοργανισμούς για να προσδώσουν επιθυμητά χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν κεφίρ. Συνήθως οι καλλιέργειες εκκίνησης που χρησιμοποιούνται είναι σε λυοφιλιωμένη μορφή, προστίθενται στο γάλα και ακολουθεί επώαση (Gul et al, 2005).

2.2 Τυριά αλοιφώδους υφής χωρίς ωρίμανση

2.2.1 Γενικά

Τυριά χωρίς ωρίμανση με αλοιφώδη υφή χαρακτηρίζονται τα φρέσκα (νωπά) τυριά που παρασκευάζονται με την επενέργεια αβλαβών οξυγαλακτικών καλλιεργειών βακτηρίων σε παστεριωμένο γάλα ή παστεριωμένο γάλα και παστεριωμένη κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα) και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 75%. Επιπλέον, μπορεί να προστεθεί πυτιά κατά την παρασκευή τους. Τα φρέσκα (νωπά) τυριά με αλοιφώδη υφή επιτρέπεται να διατίθενται στην κατανάλωση σε συγκεκριμένες ποιότητες (Πίνακας 2.1) (Κ.Τ.Π.,2014).

Πίνακας 2.1 Σταθερές που καθορίζουν τις διαφορετικές ποιότητες των φρέσκων τυριών αλοιφώδους υφής σύμφωνα με τον ΚΤΠ (Κ.Τ.Π.,2014).

	Μέγιστη υγρασία	Λίπος Υπολογισμένο σε ξηρή ουσία τουλάχιστον
α) Εξαιρετική ποιότητα	58%	70%
β) Πρώτη ποιότητα	62%	60%
γ) Δεύτερη ποιότητα	75%	60%
δ) Μερικώς αποβουτυρωμένα	75%	50% (συμπ/νου) – 60% (ή 10% σε τυρί ως έχει)

Επιπλέον, για τη παρασκευή τυριών χωρίς ωρίμανση με αλοιφώδη υφή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη τυρόγαλα μετά από ισχυρή θέρμανση (με ή χωρίς οξίνιση) (Κ.Τ.Π.,2014).

2.2.2 Μηχανισμός πήξης

Τα τυριά αλοιφώδους υφής χωρίς ωρίμανση παρασκευάζονται από πλήρες γάλα το οποίο μπορεί να είναι εμπλουτισμένο με κρέμα και με τη προσθήκη ή μη μικρής ποσότητας πυτιάς. Η διαδικασία παραγωγής τους περιλαμβάνει αρχικά την τυποποίηση και ομογενοποίηση του αρχικού μείγματος. Έπειτα το μείγμα παστεριώνεται και ψύχεται στην επιθυμητή θερμοκρασία. Πραγματοποιείται εμβολιασμός του μείγματος με καλλιέργεια εκκίνησης και ακολουθεί επώαση. Η επώαση είναι είτε βραχεία (31°C για 5 ώρες περίπου), είτε μακρόχρονη (22-23°C για 12-16 ώρες περίπου). Το μείγμα διατηρείται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία μέχρι να φτάσει στο επιθυμητό pH, όπου το στάδιο της οξίνισης πραγματοποιείται από τον εκκινητή *Lactococcus*. Το προκύπτον πήγμα αναδεύεται ήπια και θερμαίνεται για τον αποτελεσματικό διαχωρισμό του ορού γάλακτος. Τέλος το πήγμα ψύχεται και αναμειγνύεται προαιρετικά με σταθεροποιητή και αλάτι. Το τελικό προϊόν είναι σημαντικό να έχει σταθερή ικανότητα επάλειψης, δηλαδή η επάλειψή του να μην επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος

στο οποίο εκτίθεται. Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται διαγραμματικά ο μηχανισμός πήξης των τυριών αλοιφώδους υφής (Phadungath, 2005).

2.2.3 Παράγοντες πήξης

Το νωπό γάλα ως πρώτη ύλη επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυριού, την ποιότητά του και την απόδοση. Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν, όπως η σύσταση του γάλακτος και ιδιαίτερα η περιεκτικότητα του σε λίπος και καζεΐνη παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του τυριού. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι εξής (Cheese, 2004):

- Το είδος και η φυλή του ζώου. Το πρόβειο γάλα έχει μεγαλύτερη απόδοση σε τυρί καθώς έχει περισσότερο λίπος και καζεΐνη από το αγελαδινό.
- Η διατροφή του ζώου. Επηρεάζει την ποσότητα και την ποιότητα του παραγόμενου γάλακτος.
- Η γαλακτική περίοδος. Επηρεάζει την ποσότητα και την ποιότητα του γάλακτος, άρα και την απόδοση και ποιότητα του τυριού.

2.1.3.1 Επίδραση πυτιάς

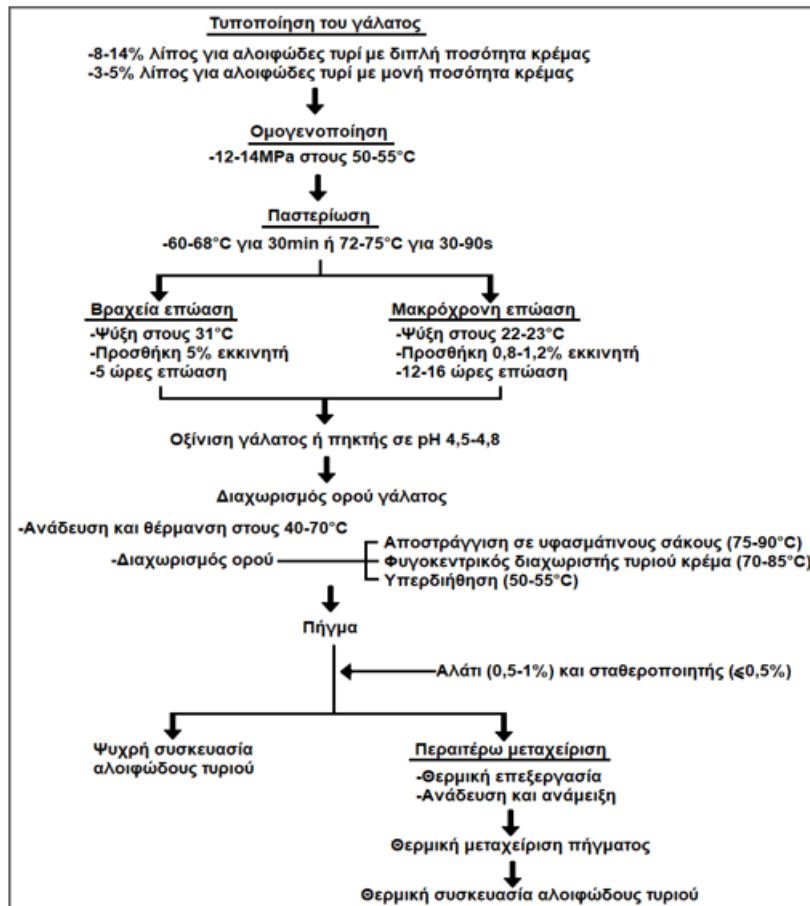
Αυτός ο μηχανισμός πήξης ονομάζεται και γλυκιά πήξη, λόγω του ότι δεν στηρίζεται στην πήξη του γάλακτος από την επίδραση του pH, αλλά από την δράση του ενζύμου χυμοσίνη (ή ρεννίνη) που περιέχεται στην πυτιά. Η πήξη με την χρήση πυτιάς συνίσταται σε δύο φάσεις (Cheese, 2004):

ο Πρώτη Φάση:

Σε αυτήν την φάση παρατηρείται το φαινόμενο της πρωτεόλυσης, κατά την οποία το ένζυμο χυμοσίνη διασπά την κ-καζεΐνη, η οποία βρίσκεται στην επιφάνεια των καζεϊνικών μικκυλίων στον πεπτιδικό δεσμό [φαινυλαλανίνη 105 – μεθειονίνη 106], παράγοντας έτσι την παρα-κ-καζεΐνη και ένα γλυκομακτοπεπτίδιο. Σε αυτό το σημείο, ενώ η κ-καζεΐνη δρούσε προστατευτικά προς την συσσωμάτωση, μετά την διάσπασή της, η παρά-κ-καζεΐνη παραμένει στην επιφάνεια των μικκυλίων και το γλυκομακροπεπτίδιο αποκολλάται και μεταφέρεται στην υδάτινη φάση, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται πλέον παράγοντας παρεμπόδισης της συσσωμάτωσης.

ο Δεύτερη Φάση:

Μετά από την πρώτη φάση, το αποτέλεσμα είναι αποσταθεροποιημένα μικκύλια τα οποία με την παρουσία ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) δημιουργούν σύμπλοκα μεταξύ τους, σχηματίζοντας έτσι ένα τρισδιάστατο πρωτεϊνικό πλέγμα το οποίο συγκρατεί μηχανικά τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Μηχανισμός πήξης αλοιφώδους τυριού (Phadungath, 2005)

2.1.3.2 Επίδραση μικροοργανισμών

Αρχικά η προσθήκη οξυγαλακτικών καλλιιεργειών (LAB-lactic acid bacteria) βοηθά στο σχηματισμό της απαραίτητης οξύτητας που παρεμποδίζει την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών και επηρεάζει την υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυριού. Προστίθενται αφού το γάλα παστεριωθεί για την έναρξη της τυροκόμησης και γι' αυτό αποκαλούνται εκκινητές (starters). Οι μικροοργανισμοί ζυμώνουν τη λακτόζη και σχηματίζεται γαλακτικό οξύ. Από αυτούς απελευθερώνονται τα βασικά ένζυμα που συμβάλλουν στη διαμόρφωση της χαρακτηριστικής οσμής και γεύσης του τυριού. Το γαλακτικό οξύ βοηθά στην δημιουργία του τυροπήγματος. Ακόμα, η οξίνιση προάγει δύο σημαντικές φυσικοχημικές αλλαγές: μείωση του αρνητικού επιφανειακού φορτίου στα μικκύλια της καζεΐνης και διαλυτοποίηση του φωσφορικού ασβεστίου. Αυτές οι αλλαγές (που επηρεάζουν άλλες σχετικές φυσικοχημικές ιδιότητες) παρέχουν αλλαγές στη δομή της καζεΐνης, μέσω δομικών αναδιατάξεων φτάνει σε μια νέα σταθερή κατάσταση με τη μορφή πηκτής (Cheese, 2004).

2.1.3.3 Συνδυασμός

Ο μηχανισμός κατά τη διάρκεια μιας συνδυασμένης πήξης με την επίδραση καλλιέργειας εκκίνησης και πυτιάς είναι ακόμη πιο περίπλοκος. Τα αποτελέσματα της συνδυασμένης δράσης μικροοργανισμών και πυτιάς λειτουργεί συνεργιστικά, με την οξίνιση να ενισχύει την τάση συσσωμάτωσης των ανακαταμεμημένων σωματιδίων καζεΐνης. Οι καλλιέργειες προστίθενται μετά την παστερίωση του γάλακτος, όταν το γάλα ψυχθεί στη θερμοκρασία πήξης και πριν την προσθήκη πυτιάς. Το γαλακτικό οξύ που παράγεται κατά την διάσπαση της λακτόζης βοηθά στο σχηματισμό τυροπήγματος, επιταχύνει τη δράση της πυτιάς, βοηθά στη συναίρεση του τυροπήγματος και την αποβολή ορού. Η δράση της πυτιάς βελτιώνει την αποσταθεροποίηση και τη συσσωμάτωση των μικκυλίων καζεΐνης κατά την οξίνιση. Επίσης, η υπερβολική οξίνιση μπορεί να αποφευχθεί με προσθήκη πυτιάς. Η χρήση πυτιάς στη διαδικασία απόκτησης ενός πιο σταθερού προϊόντος, οδηγεί σε χρήση χαμηλότερης θερμικής επεξεργασίας, δηλαδή περίπου 88°C για 3 min. Πολύ πιο σταθερές πηκτές παράγονται όταν προστίθεται μια μικρή ποσότητα πυτιάς στην αρχή της οξίνισης, καθώς η ενζυματική αντίδραση επιταχύνεται με τη μείωση του pH. Η προσθήκη πυτιάς στην αρχή της οξίνισης προκαλεί ένα πιο συνεκτικό δίκτυο. Τέλος, γνωρίζοντας πως το άριστο pH δράσης της χυμοσίνης στο γάλα είναι 6,0 και πως το pH του γάλακτος είναι 6,7, όσο ταχύτερα μειωθεί το pH προς το 6,0, τόσο ταχύτερα θα δράσει η χυμοσίνη στο μέγιστο και θα προκαλέσει έτσι ταχεία πήξη. Βέβαια, με την μείωση του pH αυξάνεται και η τάση προς μετατροπή του κolloειδούς ασβεστίου σε διαλυτό, άρα προκαλείται αύξηση της συγκέντρωσης διαθέσιμων ιόντων ασβεστίου, με αποτέλεσμα ο σχηματισμός του πλέγματος να διευκολύνεται και ο χρόνος πήξης να μειώνεται (Cheese, 2004).

Κεφάλαιο 3. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας ήταν η δημιουργία τυριού αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας εκκίνησης από κεφίρ, για βελτίωση των ιδιοτήτων του. Για την επίτευξη αυτού του στόχου χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία των εγκυρότερων σχεδίων προ διαλογής- Definitive Screening Designs, προσδιορίστηκαν δεκαεπτά (17) διαφορετικές μεταχειρίσεις τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας από κεφίρ όπου για τη δημιουργία τους τέθηκαν ανώτατα και κατώτατα όρια σε ορισμένες πρώτες ύλες (πρωτεΐνες γάλακτος, καλλιέργεια εκκίνησης, κρέμα γάλακτος) και σε ορισμένους κατηγορικούς παράγοντες (θερμοκρασία επώασης, θερμοκρασία διαίρεσης, θερμοκρασία στραγγίσματος). Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε λυοφιλωμένη καλλιέργεια του εμπορίου, ώστε να επιτευχθεί σταθερή ποιότητα των δειγμάτων, και παστεριωμένο αγελαδινό γάλα με λιποπερικτικότητα 3,5%.

Κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση εξετάστηκε η ένταση του χρώματος, του αρώματος, της ικανότητας επάλειψης, της οξύτητας, της συνεκτικότητας, της λιπαρότητας και της κρεμώδους υφής (αντικειμενικά χαρακτηριστικά), καθώς και η συνολική αρεστότητα των δειγμάτων (ηδονικό χαρακτηριστικό).

Κεφάλαιο 4. Υλικά και μέθοδοι

4.1 Πρώτες ύλες

Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε καλλιέργεια εκκίνησης με τους επιθυμητούς μικροοργανισμούς σε λυοφιλωμένη μορφή (DI-PROX K01, Bioprox, France). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε φρέσκο παστεριωμένο ομογενοποιημένο αγελαδινό γάλα με λιποπεριεκτικότητα 3,5%, καθώς και τυριά σε υγρή μορφή (Κυανούς Σταυρός, Αριστομένης Φίκας & ΣΙΑ Α.Ε., Θεσσαλονίκη), πρωτεΐνες γάλακτος και κρέμα γάλακτος. Το γάλα και η κρέμα γάλακτος προμηθευτήκανε από σούπερ μάρκετ. Η λυοφιλωμένη καλλιέργεια εκκίνησης επιλέχθηκε έναντι των κόκκων κεφίρ προς αποφυγή διακυμάνσεων στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Άλλωστε, σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο παραγωγής, η τεχνική που βασίζεται στη λυοφιλωμένη καλλιέργεια έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας και ως εκ τούτου και τη μείωση του κινδύνου επιμόλυνσης της καλλιέργειας (Bylund, 1995).

4.2 Παρασκευή δειγμάτων

Παρασκευάστηκαν 17 δείγματα προϊόντων τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ από αγελαδινό γάλα με τη χρήση έξι επιλεγμένων παραγόντων. Ως κύριοι παράγοντες χρησιμοποιήθηκαν το ποσοστό πρωτεϊνών γάλακτος (0-3), το ποσοστό της καλλιέργειας εκκίνησης (4-6), η θερμοκρασία (°C) επώασης του τυριού (18-24), η θερμοκρασία (°C) διαίρεσης του τυριού (20-45), το ποσοστό κρέμας γάλακτος (0-15) και η θερμοκρασία (°C) στραγγίσματος του τυριού (8-14). Η σύσταση όλων των δειγμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Σύσταση των 17 δειγμάτων προϊόντος τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ.

Δείγματα	Πρωτεΐνες γάλακτος %	Καλλιέργεια Εκκίνησης %	Θερμ/σία επώασης °C	Θερμ/σία διαίρεσης °C	Κρέμα γάλακτος %	Θερμ/σία στραγγίσματος °C
1	0	4	18	45	0	14
2	0	4	22	20	10	14
3	0	4	22	45	5	8
4	0	5	18	20	10	8
5	0	6	18	45	10	11
6	0	6	20	20	0	14
7	0	6	22	32,5	0	8
8	1,5	4	18	20	0	8
9	1,5	5	20	32,5	5	11
10	1,5	6	22	45	10	14
11	3	4	18	32,5	10	14
12	3	4	20	45	10	8
13	3	4	22	20	0	11
14	3	5	22	45	0	14
15	3	6	18	20	5	14
16	3	6	18	45	0	8
17	3	6	22	20	10	8

Προετοιμασία γάλακτος: Σε δυο μεγάλες μεταλλικές κατσαρόλες προστέθηκαν 14 L φρέσκου παστεριωμένου γάλακτος (7 L στην καθεμία) και έγινε θερμική επεξεργασία του γάλακτος μέχρι τους 90°C, όπου και διατηρήθηκε για 5 min, με ταυτόχρονη ανάδευση προκειμένου να επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός μετουσίωσης των πρωτεϊνών. Μετά τη θερμική επεξεργασία το γάλα ψύχθηκε μέχρι τους 30°C με χρήση κρύου νερού που ερχόταν σε επαφή με τα εξωτερικά τοιχώματα των δύο μεταλλικών σκευών.

Προετοιμασία καλλιέργειας εκκίνησης και δειγμάτων: Σε 2 αποστειρωμένες κωνικές φιάλες των 500 mL προστέθηκε αρχικά μικρή ποσότητα του θερμικά επεξεργασμένου γάλακτος και έπειτα η απαιτούμενη ποσότητα της μητρικής καλλιέργειας εκκίνησης (προηγήθηκε διαλυτοποίηση της απαιτούμενης ποσότητας καλλιέργειας σε 50mL θερμικά επεξεργασμένου γάλακτος, ώστε τα ποσοστά εμβολιασμού που χρησιμοποιήθηκαν να αντιστοιχούν στους μικροβιακούς πληθυσμούς του κεφίρ που προκύπτει από κόκκους κεφίρ), σε ποσοστό 4% και 6% ανά φιάλη υπό ασηπτικές συνθήκες. Ακολούθησε ανάδευση στους 30°C για περίπου 5 min με χρήση μαγνητικού αναδευτήρα και προσθήκη πυτιάς. Τα 2 διαφορετικά εμβολιασμένα γάλατα προστέθηκαν στην υπόλοιπη ποσότητα του θερμικά επεξεργασμένου γάλακτος, ανά κατσαρόλα, με ταυτόχρονη γρήγορη ανάδευση. Κατόπιν, τοποθετήθηκαν σε 17 γυάλινους αποστειρωμένους περιέκτες, όπου προστέθηκαν τα απαιτούμενα ποσοστά πρωτεϊνών γάλακτος και κρέμας γάλακτος ανά δείγμα. Έπειτα ακολούθησε επώαση των δειγμάτων σε επωαστικούς κλιβάνους στους 18-22°C όπου παρέμειναν για περίπου 24 ώρες. Μετά το τέλος της επώασης ορισμένα από τα πήγματα αναθερμάνθηκαν για 10 min και έπειτα όλα διαιρέθηκαν με αποστειρωμένα μεταλλικά μαχαίρια σε διαφορετικές θερμοκρασίες διαίρεσης 20-45°C (ανάλογα με το εάν είχε εφαρμοστεί ή όχι αναθέρμανση). Ακολούθησε τοποθέτηση των 17 δειγμάτων σε τσαντίλες και στράγγιση σε διαφορετικές θερμοκρασίες 18-14°C για 24 ώρες σε ελεγχόμενο καθαρό περιβάλλον του εργαστηρίου ελέγχοντας ανά 2 ώρες την θερμοκρασία (Σχήμα 4.1). Στη συνέχεια τα 17 δείγματα απομακρύνθηκαν από τις τσαντίλες και τοποθετήθηκαν στο ψυγείο στους 4°C σε καθαρούς γυάλινους περιέκτες.

Τέλος, όλα τα δείγματα συντηρήθηκαν στο ψυγείο στους 4°C μέχρι να αναλυθούν (2 ημέρες για την οργανοληπτική αξιολόγηση και 10 ημέρες για τις φυσικοχημικές και ρεολογικές αναλύσεις). Η οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε 2 φορές.



Σχήμα 4.1: Φωτογραφικό υλικό από την προετοιμασία των δειγμάτων

4.3 Οργανοληπτικός έλεγχος

Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση ενός προϊόντος βάση των χαρακτηριστικών του, απαιτείται ο συνδυασμός τόσο της αξιολόγησης με αντικειμενικές μεθόδους και τεχνικές αναλύσεις όσο και με οργανοληπτική αξιολόγηση (Σχήμα 4.2). Ο δοκιμαστής επιλέγει ένα τρόφιμο έναντι κάποιου άλλου στηριζόμενος στην προσωπική του εκτίμηση, η οποία συνήθως στηρίζεται στις γευστικές του προτιμήσεις.

Οι προτιμήσεις αυτές στηρίζονται σε εμπειρίες, στην εκπαίδευσή του δοκιμαστή σε θέματα γεύσης, στη δεκτικότητά του και στη γνώση του σχετικά με το τρόφιμο που αξιολογεί. Η προτίμηση των καταναλωτών όμως, τις περισσότερες φορές στηρίζεται σε παράγοντες που ούτε οι ίδιοι μπορούν να εξηγήσουν από που προέρχονται. Απλούστερα, ένα τρόφιμο απλά τους αρέσει ή δεν τους αρέσει χωρίς πάντα να μπορούν να εξηγήσουν τον βαθύτερο λόγο της απόφασης αυτής.



Σχήμα 4.2 : Φωτογραφικό υλικό από την οργανοληπτική δοκιμή του προϊόντος

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων προκειμένου να προσεγγίσουν όσο γίνεται καλύτερα τα άριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά έχουν εξελιχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία έτη. Πολύ σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια αυτή παίζει η επιλογή των αξιολογητών, το μέγεθος του δείγματος των αξιολογητών και η χρήση κατάλληλων στατιστικών εργαλείων για την σωστή διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Αξιολογητές- Δοκιμαστές

Οι δοκιμαστές σε ένα οργανοληπτικό έλεγχο αποτελούν το βασικό όργανο μέτρησης και για αυτόν ακριβώς τον λόγο η επιλογή τους είναι ουσιαστική.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες εκτιμητών (ISO 5492: 2008).

- ✚ Απλός (Naive): είναι ο δοκιμαστής που δεν έχει κανένα ιδιαίτερο κριτήριο για το οποίο επιλέχθηκε, καμία εκπαίδευση.
- ✚ Μυημένος (Initiated): είναι ο δοκιμαστής που έχει λάβει μέρος σε οργανοληπτικές δοκιμές και έχει την εμπειρία από αυτές.

- ✚ Επιλεγμένος (Selected): είναι ο δοκιμαστής που έχει την ικανότητα να εκτελεί ένα συγκεκριμένο εύρος οργανοληπτικών δοκιμών.
- ✚ Ειδικός (Expert): είναι ο δοκιμαστής που έχει την εμπειρία και τη γνώση να γνωμοδοτεί στα πεδία για τα οποία ζητείται η γνώμη του.
- ✚ Ομάδα Οργανοληπτικού Ελέγχου (Sensory panel): πρόκειται για μία ομάδα οργανοληπτικού ελέγχου που αποτελείται από δοκιμαστές που συμμετέχουν σε κοινές οργανοληπτικές δοκιμές.

Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου

Ο οργανοληπτικός έλεγχος αποτελεί εργαλείο για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των καταναλωτών, λειτουργεί ως δείκτης ασφάλειας και αποτελεί βάση για τη βελτίωση των ήδη υπάρχοντων προϊόντων αλλά και για την παραγωγή νέων.

Οι 68 δοκιμαστές του συγκεκριμένου πειράματος ανήκουν στην κατηγορία «Απλός (Naive)», στους οποίους έγινε μία ωριαία εκπαίδευση πάνω στα θέματα οργανοληπτικού ελέγχου. Το ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε εμφανίζει εύκολες ως προς την κατανόηση ερωτήσεις, με συγκεκριμένα ερωτήματα και δίνει το περιθώριο σε ξεκάθαρες απαντήσεις βάσει της μεθόδου της κλίμακας καλύτερου-χειρότερου (Σχήμα 4.3. Η μορφολογία του επιλέχθηκε να είναι απλή και ξεκάθαρη, στην προσπάθειά μας να μην δυσκολέψουμε τους δοκιμαστές.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΠΡΟΪΟΝ: Τυρί αλοιφώδους υφής

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΟΚΙΜΑΣΤΗ:

- 1) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη (καθόλου λευκό) και τη μέγιστη (πολύ λευκό) ένταση λευκού χρώματος:

Ελάχιστη Ένταση Λευκού Χρώματος	Μέγιστη Ένταση Λευκού Χρώματος

- 2) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και την μέγιστη ένταση αρώματος:

Ελάχιστη Ένταση Αρώματος	Μέγιστη Ένταση Αρώματος

- 3) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος που έχει την ελάχιστη και μέγιστη ικανότητα επάλειψης:

Ελάχιστα Επαλείψιμο	Μέγιστα Επαλείψιμο

4) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και την μέγιστη οξύτητα:

Ελάχιστη Οξύτητα	Μέγιστη Οξύτητα

5) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και την μέγιστη συνεκτικότητα:

Ελάχιστη Συνεκτικότητα	Μέγιστη Συνεκτικότητα

6) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και την μέγιστη αίσθηση λιπαρότητας στο στόμα:

Ελάχιστη Λιπαρότητα	Μέγιστη Λιπαρότητα

7) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και την μέγιστη αίσθηση κρεμώδους υφής στο στόμα:

Ελάχιστη αίσθηση κρεμώδους υφής	Μέγιστη αίσθηση κρεμώδους υφής

8) Σημειώστε τον κωδικό του δείγματος με την ελάχιστη και μέγιστη αρεστότητα:

Ελάχιστα αρεστό	Μέγιστα αρεστό

9) Με βάση ποια χαρακτηριστικά επιλέξατε το μέγιστο αρεστό δείγμα (δεν είναι απαραίτητο να τα επιλέξετε όλα, μπορείτε ωστόσο να επιλέξετε περισσότερα από ένα);

- Λευκό Χρώμα
- Άρωμα
- Ικανότητα επάλειψης
- Οξύτητα
- Συνεκτικότητα
- Λιπαρότητα
- Κρεμώδης υφή

10) Θα αγοράζατε το προϊόν που επιλέξατε ως μέγιστο αρεστό?

- ΝΑΙ
- ΟΧΙ

4.4 Τεχνική της καλύτερης-χειρότερης κλίμακας Best Worst Scaling

Ο Louviere το 1987, είναι αυτός που εφηύρε τις τεχνικές της καλύτερης χειρότερης κλίμακας (Best – Worst Scaling) στην σχολή του Πανεπιστημίου της Αλμπέρτα. Ο Louviere προσάπτει αυτή την ιδέα στην πρωτύτη εργασία του Anthony A. J . Marley κατά την διδακτορική του διατριβή, ο οποίος μαζί με τον Duncan Luce στη δεκαετία του 1960 ανέπτυξαν ένα μεγάλο μέρος της πρωτοποριακής έρευνας στη μαθηματική ψυχολογία και την ψυχοφυσική. Η ανάπτυξη της κλίμακας καλύτερου-χειρότερου καθυστέρησε για τρεις δεκαετίες μέχρι να εμφανιστούν οι πρώτες εργασίες και δημοσιεύσεις στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Το τελικό εγχειρίδιο που την παρουσιάζει λεπτομερώς, δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2015 (Cambridge University Press) από τον Jordan Louviere (Πανεπιστήμιο της Νότιας Αυστραλίας), τον Terry N Flynn (TF Choices Ltd.) και τον Anthony A. J Marley Πανεπιστήμιο της Νότιας Αυστραλίας ("Best-WorstScaling". Cambridge University Press).

Οι τρεις παραπάνω αναλυτές έχουν κάνει δημοσιεύσεις σε πολλά σημαντικά επιστημονικά άρθρα που περιγράφουν τη θεωρία της κλίμακας καλύτερου - χειρότερου, την πρακτική της και διάφορες εφαρμογές της στην υγεία, κοινωνική φροντίδα, εμπορία, μεταφορά, ψηφοφορία και περιβαλλοντική οικονομία. Σήμερα, η μέθοδος έχει γίνει αποδεκτή και δημοφιλής σε πολλές ερευνητικές κοινότητες, ενώ άλλοι ερευνητές διερευνούν τη περαιτέρω χρήση της σε περιοχές τόσο διαφορετικές όσο η αξιολόγηση μαθητών από τη διδασκαλία, η εμπορία του οίνου κ.τ.λ.

Σε γενικές γραμμές με το Best – Worst Scaling, οι ερωτηθέντες/ δοκιμαστές της έρευνας παρουσιάζουν ένα υποσύνολο αντικειμένων από μια κύρια λίστα και καλούνται να εντοπίσουν τα καλύτερα και τα χειρότερα αντικείμενα. Η εργασία επαναλαμβάνεται αρκετές φορές, μεταβάλλοντας το συγκεκριμένο υποσύνολο αντικειμένων με συστηματικό τρόπο, σύμφωνα με ένα στατιστικό σχέδιο. Με την τεχνική αυτή καταγράφονται απλές μετρήσεις ή απαριθμήσεις με τη βοήθεια μίας απλής κλίμακας προτίμησης στην οποία συγκρίνονται οι διαφορές των προϊόντων με τη δημιουργία αποστάσεων μεταξύ τους αντί κάποιας τακτικής κλίμακας με τη μορφή βαθμίδων. Η μέθοδος της κλίμακας Best – Worst Scaling στις οργανοληπτικές δοκιμές, ή αλλιώς γνωστή και ως κλίμακα μέγιστης διαφοράς (Maximum Difference scaling), χρησιμοποιείται από τους δοκιμαστές με σκοπό να εξετάσουν ομάδες προϊόντων και να επιλέξουν το καλύτερο ή ελκυστικότερο και το χειρότερο ή ελάχιστο επιθυμητό, πράγμα το οποίο κάνει την όλη διαδικασία εύκολα αντιληπτή στους δοκιμαστές.

Θεωρία της λήψης αποφάσεων:

Ας υποθέσουμε ένα σύνολο προϊόντων στο οποίο ο δοκιμαστής αξιολογεί τέσσερα στοιχεία: A, B, C και D. Αν ο δοκιμαστής δηλώσει ότι το A είναι καλύτερο και το D είναι χειρότερο, αυτές οι δύο απαντήσεις μας ενημερώνουν σχετικά με πέντε από τις έξι ενδεχόμενες συνεργαζόμενες ζευγαρωμένες συγκρίσεις:

A>B, A>C, A>D, B>D, C>D

Η μόνη σύζευξη που δεν μπορεί να σχολιαστεί είναι το B σε σχέση με το C. Σε μια επιλογή μεταξύ πέντε στοιχείων, η κλίμακα Maximum Difference ενημερώνει για επτά από δέκα υποψήφιας ζευγαρωμένες συγκρίσεις. Έτσι, η Best – Worst scaling μπορεί να θεωρηθεί ως μια παραλλαγή της μεθόδου των συνδυασμένων συγκρίσεων.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου (Best – Worst scaling) είναι:

I. Δηλώνει την ένταση της κατάταξης σπουδαιότητας. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν οι δοκιμαστές όταν καλούνται να αξιολογήσουν πολλά προϊόντα δυσκολεύονται τελικά να επιλέξουν το καλύτερο προϊόν, διότι πολλά από τα δείγματα τείνουν να μοιάζουν μεταξύ τους αισθητικά. Επιπλέον, οι άνθρωποι είναι πολύ καλύτεροι στην κρίση των αντικειμένων σε ακραίες συνθήκες από ό,τι στη διάκριση μεταξύ στοιχείων μεσαίας σημασίας ή προτίμησης. Τα ερωτηματολόγια BWS είναι σχετικά εύκολο να τα κατανοήσουν οι περισσότεροι ερωτηθέντες.

II. Τα αποτελέσματα της Best – Worst εκφράζονται ως πραγματικές διαστάσεις κατά μήκος μίας κλίμακας προτίμησης, έτσι σε παρόμοια πειραματικά σχέδια, εύκολα πραγματοποιούνται συγκρίσεις μεταξύ των αποκρίσεων. Η μέθοδος υποδεικνύει τη φυσική συμπεριφορά των καταναλωτών κάνοντας πιο εύκολη την δυνατότητα διάκρισης της διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων.

III. Είναι ανθεκτική σε πιθανές παρεκκλίσεις της κλίμακας μέτρησης ή και στις πολιτισμικές διαφοροποιήσεις των καταναλωτών. Διαφορετικές έρευνες σφυγμομέτρησης της συμπεριφοράς των καταναλωτών είτε σε εθνικό είτε σε διεθνές επίπεδο, χρησιμοποιούν διαφορετικές κλίμακες αξιολόγησης των προϊόντων με αποτέλεσμα η συγκριτική αξιοπιστία των αποτελεσμάτων να είναι υπό αμφισβήτηση.

IV. Εύκολα διαχειρίζεται μακροσκελή λίστα προϊόντων προς δοκιμή.

V. Οι δοκιμαστές συχνά βρίσκουν τις διάφορες κλίμακες αξιολόγησης πολύ εύκολες, αλλά έχουν την τάση να δίνουν αποτελέσματα που δείχνουν ότι όλα είναι "αρκετά σημαντικά", καθιστώντας τα δεδομένα ιδιαίτερα ακατάλληλα.

Η Best – Worst scaling, από την άλλη πλευρά, υποχρεώνει τους δοκιμαστές να κάνουν επιλογές μεταξύ των επιλογών, δίνοντας κατάταξη που δείχνει τη σχετική σημασία των προϊόντων που έχουν βαθμολογηθεί.

Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η απλότητα των στατιστικών αναλύσεων, αφού προκύπτει μία αναλογία B-W για κάθε προϊόν άμεσα συγκρίσιμη με παρόμοιες έρευνες.

Η κλίμακα της μέγιστης διαφοράς επιλέγεται ως εναλλακτική κλίμακα προτίμησης με βασικό σκοπό να προσδιορίσει τη σχετική σπουδαιότητα των προϊόντων που δόθηκαν προς αξιολόγηση. Η Maximum Difference scaling διαχειρίζεται μετρήσεις βασισμένες στη θεωρία των επιλογών και αντί να ζητήσει από τον καταναλωτή να καταγράψει μια ευνοϊκή επιλογή μεταξύ αρκετών προσφερόμενων διαφορετικών προϊόντων, τον παρακινεί να σημειώσει μόνο μία μέγιστη και μία ελάχιστη επιλογή δύο προϊόντων. Πρακτικά για λόγους στατιστικούς, γίνεται καταγραφή της μέγιστης προτίμησης με τον κωδικό 1, της ελάχιστης με τον κωδικό -1 και των υπολοίπων με 0 (Πίνακας A1, σελ. 616) (Πετρίδης, 2019).

4.5 Τεχνική των ισορροπημένων ατελώς ομαδοποιημένων σχεδίων- Balanced Incomplete Block Design

Στη συνδυαστική, κλάδο των μαθηματικών, ένας σχεδιασμός μπλοκ είναι ένας συνδυασμός υποσυνόλων, τα μέλη των οποίων επιλέγονται για να ικανοποιήσουν κάποια ομάδα ιδιοτήτων που θεωρούνται χρήσιμες για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Αυτές οι εφαρμογές έχουν προέλευση από τον σχεδιασμό πειραμάτων, από την πεπερασμένη γεωμετρία, τις δοκιμές λογισμικού, την κρυπτογράφηση και την αλγεβρική γεωμετρία. Έχουν εξεταστεί πολλές παραλλαγές, αλλά οι πιο έντονα μελετημένες είναι οι ισορροπημένων ατελώς ομαδοποιημένων σχεδίων που ιστορικά σχετίζονταν με στατιστικά ζητήματα στο σχεδιασμό πειραμάτων (Colbourn & Dinitz, 2007).

Ο σχεδιασμός πειραμάτων με την παρούσα μορφή οφείλεται στον Sir. R.A Fisher, ο οποίος έθεσε τα θεμέλια αναπτύσσοντας και διατυπώνοντας τις βασικές ιδέες που αφορούν τον στατιστικό σχεδιασμό. Οι τρεις βασικές αρχές σχεδιασμού του Fisher είναι η τυχαιοποίηση, η αναπαραγωγή και ο αποκλεισμός (block).

Η τεχνική των ισορροπημένων ατελώς ομαδοποιημένων σχεδίων BIB Design (Balanced Incomplete Block Design) ταιριάζει απόλυτα στις απαιτήσεις της Maximum Difference κλίμακας διότι τα σχέδια διαθέτουν τρεις σημαντικές ιδιότητες:

- Κάθε ομάδα επιλογής προϊόντων από μία μεγάλη και συγκεκριμένη γκάμα αυτών περιέχει ίσο αριθμό μεταχειρίσεων (ισοδύναμο με την παράμετρο k των σχεδίων BIB).
- Κάθε ομάδα εξετάζεται χωριστά από κάθε δοκιμαστή και το σύνολο των ομάδων ισοδυναμεί με τον αριθμό των δοκιμαστών εφόσον ισχύει απόλυτη αντιστοιχία.
- Κάθε προϊόν/μεταχείριση εμφανίζεται ισότιμα στις ομάδες επιλογής του πειραματικού σχεδίου και συνδέεται με τις άλλες παραμέτρους από τη σχέση:

$$n = \frac{k * b}{t}$$

Όπου

n =αριθμός εμφανίσεων στο σχέδιο κάθε μεταχείρισης, δηλαδή $n=16$

b =αριθμός ερωτώμενων, δηλαδή $b=68$

k =αριθμός επιλογών ανά ομάδα επιλογής, δηλαδή $k=4$

Ο αριθμός λ των ζευγών ιδίων προϊόντων είναι ισότιμος για όλα τα ζεύγη εμφάνισης του σχεδίου και συνδέεται με τις λοιπές παραμέτρους ως εξής:

$$\lambda = \frac{n(k-1)}{t-1}$$

t= ο συνολικός αριθμός των προϊόντων του σχεδίου, δηλαδή t=17

Η Maximum Difference κλίμακα χρησιμοποιείται στατιστικά για τον υπολογισμό των απარიθμήσεων ή της συχνότητας εμφάνισης ενός προϊόντος προς δοκιμή (δηλαδή πόσες φορές επιλέγεται ως μέγιστα ή ελάχιστα προτεινόμενο) και ενός πολυωνυμικού μοντέλου (multinomial logit model) επιλογής των μέγιστα/ελάχιστα αποδεκτών προϊόντων.

I. Εκτίμηση της συχνότητας εμφάνισης των επιλογών

- Υπολογισμός του βαθμού διαφοράς Best-Worst και διευθέτηση των τιμών σε κλίμακα διαστημάτων
- Υπολογισμός της αναλογίας $v(B/W)$ και διευθέτηση των τιμών σε κλίμακα ψευδοαναλογιών
- Υπολογισμός του εμπειρικού συντελεστή σπουδαιότητας ή αξίας $\ln(B/W)$, η τιμή του οποίου προσεγγίζει σημαντικά εκείνη που λαμβάνεται από τα μοντέλα επιλογής (ωφελιμότητα).

II. Εκτίμηση του πολυωνυμικού μοντέλου επιλογής.

Τα μοντέλα προσδιορίζονται με βάση τους κανόνες που διέπουν τη θεωρία των επιλογών αποσκοπώντας στην εκτίμηση της ωφελιμότητας (utility) των προϊόντων ανά δοκιμαστή. Η ωφελιμότητα αποτελεί ένα σημαντικό συγκριτικό στοιχείο των επιλογών και πληροφορεί για το επίπεδο ικανοποίησης των δοκιμαστών που αισθάνονται ανά προϊόν το οποίο διαθέτει συγκεκριμένες ιδιότητες και υπολογίζεται από τις παραμέτρους των μοντέλων επιλογής. Υψηλές τιμές ωφελιμότητας αντανακλούν υψηλά ποσοστά ή αναλογίες προτίμησης ανά προϊόν στις προσφερόμενες ομάδες επιλογής και επομένως υψηλό βαθμό σπουδαιότητας.

$$B = \frac{e^{u(y)}}{\sum_e u(z)}$$

III. Εκτίμηση της πιθανότητας (αναλογίας) επιλογής μιας συγκεκριμένης μεταχείρισης ως άριστη από μία ομάδα μεταχειρίσεων Y, $U(y)$ είναι η ωφελιμότητα της άριστης επιλογής από μία ομάδα z επιλογών

IV. Εκτίμηση της πιθανότητας επιλογής της ίδιας μεταχείρισης ως χειρίστη από μία ομάδα μεταχειρίσεων Y,

$$W = \frac{e^{-u(y)}}{\sum_e -u(z)}$$

Όπου το αρνητικό πρόσημο της ωφελιμότητας $-u(z)$ υπονοεί τη χειρίστη επιλογή y από την ομάδα z των επιλογών.

V. Εκτίμηση της μέγιστης διαφοράς μεταξύ δύο προϊόντων x και z

$$BW(x,y) = \frac{e^{[u(x)-u(y)]}}{\sum e^{[u(p)-u(q)]}}$$

$U(x)$ η ωφελιμότητα της άριστης επιλογής x μείον την ωφελιμότητα της χειρίστης επιλογής $u(y)$, $U(p)$ και $U(q)$ η ωφελιμότητα μέγιστου και ελάχιστου που ισχύει για κάθε διαφορετικό ζεύγος BW .

Οι πρώτες εργασίες (συμπεριλαμβανομένου του ίδιου του Louviere) χρησιμοποίησαν τον όρο Maximum Difference για να αναφερθούν στο BWS, αλλά με την πρόσληψη του Marley στην ομάδα που ανέπτυξε τη μέθοδο, αποδόθηκε σωστή ακαδημαϊκή ορολογία σε όλη την Ευρώπη και την Ασία-Ειρηνικό (αν όχι Βόρεια Αμερική, που συνεχίζει να χρησιμοποιεί τον όρο Maximum Difference).

4.6 Εγκυρότερα σχέδια προ διαλογής - Definitive Screening Designs

Τα σχέδια αυτά (Definitive Screening Designs-DSD) θεωρούνται ευέλικτα όταν υφίστανται συνδυασμοί ποσοτικών ή κατηγορικών παραγόντων με δύο επίπεδα και παράλληλα υπάρχει υπόνοια αλληλεπίδρασης δύο παραγόντων ή όταν η διαγραμματική εξέλιξη μίας μεταβλητής απόκρισης στα επίπεδα μπορεί να είναι καμπυλόγραμμη.

Τα εγκυρότερα σχέδια προ διαλογής περιέχουν ολιγάριθμες εκτελέσεις, π.χ. για 6 ή περισσότερους παράγοντες απαιτούνται περίπου διπλάσιες εκτελέσεις, και δύνανται να εξακριβώσουν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την απόκριση και ειδικά εκείνους που προκαλούν ισχυρό μη γραμμικό αποτέλεσμα σε αυτήν. Τα σημεία στα οποία υπερέχουν των τυπικών σχεδίων προ διαλογής είναι τα εξής:

- I. Ενισχύουν την ανεύρεση μη γραμμικών δράσεων διαβαθμίζοντας κάθε ποσοτικό παράγοντα σε τρία επίπεδα. Στα τυπικά πειράματα προ διαλογής οι ποσοτικοί παράγοντες διαχειρίζονται αποκλειστικά με δύο επίπεδα συν την προσθήκη κεντρικών σημείων, διά μέσου των οποίων διαπιστώνεται αν πραγματικά υφίσταται καμπυλόγραμμη μεταβολή. Αδυνατούν όμως να εξακριβώσουν τους υπεύθυνους παράγοντες για τις δράσεις β' τάξης, δηλαδή τις αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων και τις τετραγωνικές δράσεις, όπως για παράδειγμα τις δράσεις AxB , A^2 και B^2 .
- II. Αποτρέπουν τη σύγχυση μεταξύ των δράσεων β' τάξης. Σε ποσοτικές μεταβλητές τα εγκυρότερα σχέδια φέρουν τις κύριες δράσεις ορθογώνια μεταξύ τους (δεν συσχετίζονται), όπως και με τις αλληλεπιδράσεις και τις τετραγωνικές δράσεις. Επίσης, οι αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων δεν συγχέονται πλήρως μεταξύ τους κάτι πολύ συνηθισμένο στα τυπικά σχέδια προ διαλογής με παρόμοιο αριθμό εκτελέσεων.

III. Μειώνουν την αναγκαιότητα οργάνωσης νέων κοστοβόρων πειραμάτων στα οποία καταφεύγουμε όταν διαπιστώνονται αμφιβολίες στα αποτελέσματα των τυπικών πειραμάτων προ διαλογής.

Ειδικότερα οι παραπάνω διαφορές μεταξύ των δύο τεχνικών πειραματισμού στους ποσοτικούς παράγοντες προσδιορίζονται από τα ακόλουθα σημεία:

- Οι κύριες δράσεις είναι ορθογώνιες με τις αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων: πάντοτε στα πειράματα DSD και μόνο στην ανάλυση IV ή υψηλότερη στα τυπικά σχέδια.
- Καμία αλληλεπίδραση δύο παραγόντων δεν συγχέεται με οποιαδήποτε άλλη αλληλεπίδραση δύο παραγόντων: πάντοτε στα σχέδια DSD και μόνο στην ανάλυση V ή υψηλότερη στα τυπικά σχέδια.
- Όλες οι τετραγωνικές δράσεις μπορούν να προσδιοριστούν σε μοντέλα που περιέχουν μόνο κύριες και τετραγωνικές δράσεις: πάντοτε στα πειράματα DSD και ουδέποτε στα τυπικά σχέδια.

Τα τυπικά σχέδια προ διαλογής, όπως είναι τα κλασματικά παραγοντικά σχέδια ή τα σχέδια των Plackett-Burman, μελετούν μεν πολλούς παράγοντες με σχετικά μικρό διαχειριστικό κόστος αλλά με αρκετές ανεπιθύμητες ιδιότητες:

- Συμπληρώνουν (συγχέουν) κάποιες κύριες δράσεις με αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων και πολύ εντονότερα στα σχέδια των Plackett-Burman. Έτσι, αν υπάρχουν σημαντικές αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων, ο πειραματιζόμενος αναγκάζεται να οργανώσει πρόσθετες πειραματικές εκτελέσεις για να αποσαφηνίσει πιθανές αμφιβολίες. Στο ίδιο μειονέκτημα οδηγούν και τα τυπικά σχέδια που συγχέουν αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων μεταξύ τους.
- Τα τυπικά σχέδια επεξεργάζονται πάντα δύο επίπεδα ανά παράγοντα οπότε η προσθήκη κεντρικών σημείων είναι απαραίτητη για την ανίχνευση μη γραμμικότητας της απόκρισης, αδυνατούν όμως να προσδιορίσουν ποιοι παράγοντες ευθύνονται για αυτό.

Δομή εγκυρότερων σχεδίων:

Τα εγκυρότερα σχέδια περιλαμβάνουν 2-48 παράγοντες (Πίνακας 4.3) και ακολουθούν συγκεκριμένη μεθοδολογία με ειδική δομή των σχεδίων γνωστή ως τελεσφόρος επιλογή μοντέλου (effective model selection). Η τεχνική αυτή κατορθώνει και εντοπίζει ενεργείς (στατιστικά σημαντικές) δράσεις σε ένα μοντέλο β' τάξης στο οποίο οι τεχνικές της προοδευτικής ένταξης των όρων ή του καλύτερου συνδυασμού παλινδρόμησης αποτυγχάνουν μερικές φορές να το πράξουν.

Τα σχέδια DSD είναι τριών επιπέδων στους ποσοτικούς παράγοντες (αναφέρονται και ως μεταβλητές) κατάλληλα για την αναγνώριση των κύριων και β' τάξης δράσεων σε ένα απλό πείραμα. Ένα ελάχιστου μεγέθους σχέδιο DSD είναι ικανό να ανιχνεύσει ενεργούς όρους με μεγάλη πιθανότητα όταν ο αριθμός των ενεργών δράσεων k είναι μικρότερος του ημίσεος του αριθμού των εκτελέσεων ($k < runs/2$) και παράλληλα τα μεγέθη των δράσεων υπερβαίνουν το διπλάσιο της τυπικής απόκλισης.

Επιπρόσθετα, αν αυξηθεί το ελάχιστο πειραματικό μέγεθος DSD με 4 ή περισσότερες εκτελέσεις αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα αναγνώρισης περισσότερων ενεργών δράσεων. Οι νέες εκτελέσεις καλούνται πρόσθετες (extra runs) και αντιστοιχούν σε $k1$ πλασματικούς (fake) αδρανείς (μη στατιστικά σημαντικούς) παράγοντες, διευκολύνοντας σημαντικά την ανίχνευση β' τάξης δράσεων. Οι πλασματικοί εισάγονται σε κάθε σχέδιο με την εκθετική μορφή 2^{k1} , έτσι για ένα παράγοντα προστίθενται στο σχέδιο 2 εκτελέσεις, για δύο παράγοντες 4, για τρεις 8 κοκ. Η προσθήκη δύο τουλάχιστον πλασματικών παραγόντων θεωρείται πολύ ωφέλιμη για την ορθή επιλογή του τελικού στατιστικού μοντέλου.

Αν c είναι το άθροισμα των παραγόντων και των πλασματικών παραγόντων σε ένα σχέδιο DSD, τότε για την εξέταση πάνω από τρεις ενεργείς κύριες δράσεις μπορούν αξιόπιστα να εξακριβωθούν μέχρι $c/2$ ενεργείς β' τάξης δράσεις. Εφόσον ακολουθείται το ιεραρχικό μοντέλο (κύριες δράσεις και αλληλεπιδράσεις τους) τότε όλες οι ενεργείς β' τάξης δράσεις μπορούν να αναγνωριστούν. Ως επακόλουθο, μία αξιόπιστη ταυτοποίηση (reliable identification) θεωρείται εκείνη που το πηλίκο της απόλυτης τιμής του συντελεστή παλινδρόμησης προς το σφάλμα της τυπικής απόκλισης υπερβαίνει την τιμή 3 και η ισχύς της ανίχνευσης της δράσης θα πρέπει να υπερβαίνει το 0.80. Στα σχέδια DSD όλες οι τετραγωνικές δράσεις είναι ορθογώνιες με τις κύριες δράσεις και δεν συγχέονται απόλυτα με τις αλληλεπιδράσεις δύο παραγόντων, ενδέχεται όμως να συσχετίζονται με κάποιες από αυτές. Σε σχέδια DSD με 6-30 παράγοντες, η εκτίμηση των παραμέτρων ενός πλήρους τετραγωνικού μοντέλου (κύριες δράσεις, οι αλληλεπιδράσεις και τα τετράγωνα τους) που περιλαμβάνει μέχρι και 3 παράγοντες είναι απόλυτα εφικτή και με υψηλή ακρίβεια. Σε σχέδια 18 και άνω παραγόντων το πλήρες τετραγωνικό μοντέλο είναι εφικτό με 4 οποιουδήποτε παράγοντες και σε σχέδια 24 και άνω παραγόντων με 5 παράγοντες.

Πίνακας 4.3 Παράγοντες 2 έως 48 εγκυρότερων σχεδίων προ διαλογής

α) Διαθέσιμα εγκυρότερα σχέδια προδιαλογής με αντιστοιχία ποσοτικών παραγόντων και εκτελέσεων χωρίς την προσθήκη πλασματικών παραγόντων. Σε παρουσία κατηγορικών παραγόντων εισάγεται μία πρόσθετη εκτέλεση. β) Πειραματικό εγκυρότερο σχέδιο προδιαλογής με 8 παράγοντες και 4 πλασματικούς (σκιασμένα κελιά).

(α)		(β)								
Παράγοντες	Εκτελέσεις	Εκτελέσεις	A	B	C	D	E	F	G	H
2-6	13	1	0	1	1	1	1	1	1	1
7-8	17	2	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
9-10	21	3	1	0	1	-1	1	-1	-1	1
11-12	25	4	-1	0	-1	1	-1	1	1	-1
13-14	29	5	1	-1	0	-1	1	1	1	-1
15-16	33	6	-1	1	0	1	-1	-1	-1	1
17-18	37	7	1	1	1	0	-1	1	-1	-1
19-20	41	8	-1	-1	-1	0	1	-1	1	1
21-24	49	9	1	-1	-1	1	0	1	-1	1
25-26	53	10	-1	1	1	-1	0	-1	1	-1
27-30	61	11	1	1	-1	-1	-1	0	1	1
31-32	65	12	-1	-1	1	1	1	0	-1	-1
33-38	77	13	1	1	-1	1	1	-1	0	-1
39-42	85	14	-1	-1	1	-1	-1	1	0	1
43-44	89	15	1	-1	1	1	-1	-1	1	0
45-48	67	16	-1	1	-1	-1	1	1	-1	0
		17	1	1	1	-1	-1	1	-1	1
		18	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1
		19	1	1	1	-1	1	-1	1	-1
		20	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1
		21	0	0	0	0	0	0	0	0

Τα εγκυρότερα σχέδια δημιουργούνται με τη χρήση της συμβατικής μήτρας (conference matrix) C ($m \times m$), η οποία ικανοποιεί τη σχέση $C'C = (m-1)Im \times m$, με βάση την οποία υπολογίζονται συγκεκριμένες πειραματικές εκτελέσεις:

- 1) Αν η μελέτη περιλαμβάνει 5 ή περισσότερους παράγοντες ($k \geq 5$), όλους συνεχείς και με ζυγό αριθμό, τότε στο σχέδιο προστίθεται ένα κεντρικό σημείο (μία κεντρική εκτέλεση) για την διασφάλιση της παραμέτρου α , των κύριων και τετραγωνικών δράσεων και απαιτείται ένας ελάχιστος αριθμός εκτελέσεων ίσος με $2k+1$. Δηλαδή για $k=6$ παράγοντες θα απαιτηθούν 13 εκτελέσεις. Σε περίπτωση συνεχών αλλά με μονό αριθμό παραγόντων, το σχέδιο περιέχει ένα πρόσθετο κεντρικό σημείο και ελάχιστο αριθμό εκτελέσεων $2k+3$, οπότε για $k=5$ θα χρειαστούν 13 εκτελέσεις και για $k=7$ παράγοντες 17 εκτελέσεις.
- 2) Σε συνύπαρξη συνεχών και κατηγορικών παραγόντων απαιτούνται οι ακόλουθες προσαρμογές: δύο κεντρικά σημεία ρυθμισμένα στους μέσους όρους των επιπέδων των συνεχών παραγόντων, $2k+2$ εκτελέσεις παρουσία ζυγών παραγόντων και $2k+4$ εκτελέσεις παρουσία περιττών παραγόντων. Στις περιπτώσεις εκείνες που η συμβατική μήτρα δεν διατίθεται, το εγκυρότερο σχέδιο συντίθεται με την επιλογή $>2k+3$ εκτελέσεων για τους συνεχείς παράγοντες και $>2k+4$ για τους κατηγορικούς παράγοντες. 2) Αν η μελέτη αναφέρεται σε $k \leq 4$ παράγοντες, το προτεινόμενο εγκυρότερο σχέδιο προδιαλογής περιέχει πάντα 5 παράγοντες, απορρίπτονται όμως

οι περιττές στήλες, π.χ. για $k=3$ παράγοντες χρησιμοποιούνται τρεις αντί πέντε στήλες. Ένεκα αυτού του πληθωριστικού περιορισμού, ο αριθμός των εκτελέσεων για ένα σχέδιο με $k \leq 4$ παράγοντες ανέρχεται σε 13 αν όλοι οι παράγοντες είναι ποσοτικοί ή 14 αν κάποιοι είναι κατηγορικοί. Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται ένα σχέδιο DSD με 8 ποσοτικούς παράγοντες και 4 πρόσθετες εκτελέσεις οι οποίες αντιστοιχούν σε 2 πλασματικούς παράγοντες και με τις ακόλουθες επισημάνσεις:

- Κάθε ζεύγος σειρών αποτελεί μία δίπλωση και συγκεκριμένα κάθε ζυγή σειρά είναι -1 φορές της προηγούμενης. Με τη διάταξη αυτή το σχέδιο απομακρύνει τη σύγχυση των κύριων δράσεων και των αλληλεπιδράσεων δύο παραγόντων.
- Κάθε παράγοντας ρυθμίζεται στην κεντρική τιμή του (0) για τρεις εκτελέσεις, καθιστώντας έτσι εφικτή την εκτίμηση των τετραγωνικών δράσεων.
- Οι σειρές 17-20 ανταποκρίνονται στις πρόσθετες εκτελέσεις των πλασματικών παραγόντων.
- Η προσθήκη της κεντρικής εκτέλεσης στην τελευταία σειρά επιτρέπει την προσαρμογή ενός μοντέλου που περιέχει σταθερό συντελεστή, κύριες και τετραγωνικές δράσεις.

Στατιστική ανάλυση των εγκυρότερων σχεδίων:

Σύμφωνα με το θεωρητικό υπόβαθρο της στατιστικής, ο ορθογωνισμός (έλλειψη συσχέτισης) μεταξύ των κύριων και β' τάξης δράσεων πρεσβεύει ότι το γραμμικό διάστημα της μεταβλητής απόκρισης διαχωρίζεται στο υποδιάστημα που ορίζεται από τις κύριες δράσεις και στο ορθογώνιο συμπληρωματικό του υποδιάστημα (Miller and Sitter 2005). Το υποδιάστημα των κύριων δράσεων καλείται περιττό και περιέχει τις κύριες δράσεις τριών, πέντε κοκ. παραγόντων. Το συμπληρωματικό υποδιάστημα καλείται ζυγό και περιέχει το σταθερό συντελεστή και τις δράσεις δύο, τεσσάρων κοκ. παραγόντων. Πάνω σε αυτή τη λογική στηρίζεται και η εφαρμογή του αλγόριθμου της τελεσφόρου επιλογής μοντέλου στα σχέδια DSD (Jones and Nachtsheim 2017), σύμφωνα με την οποία η απόκριση Y περιγράφεται με δύο νέες αποκρίσεις, Y_{ME} των κύριων δράσεων και Y_{2nd} των β' τάξης δράσεων, έτσι ώστε $Y = Y_{ME} + Y_{2nd}$, Y_{ME} είναι η προβλέψιμη απόκριση που προκύπτει από την παλινδρόμηση της Y με τις κύριες δράσεις και τους πλασματικούς παράγοντες, Y_{2nd} είναι η προβλέψιμη απόκριση που προκύπτει ως διαφορά, $Y_{2nd} = Y - Y_{ME}$.

Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει δύο στάδια επεξεργασίας.

Στο στάδιο 1 η απόκριση Y_{ME} χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των ενεργών κύριων δράσεων.

Στο στάδιο 2 η απόκριση Y_{2nd} χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των β' τάξης δράσεων λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους παράγοντες εκείνους των οποίων οι κύριες δράσεις ταυτοποιήθηκαν ως ενεργές στο στάδιο 1, ουσιαστικά δηλαδή μία υποομάδα του σταδίου 1. Η διαδικασία συνεχίζει την προσθήκη β' τάξης δράσεων στο μοντέλο όσο η τιμή RMSE (τετραγωνική ρίζα του μέσου σφάλματος της διακύμανσης) του σταδίου 2 εξακολουθεί να είναι μικρότερη της τιμής RMSE του σταδίου 1. Οι οριακές τιμές για τη στατιστική σημαντικότητα των δράσεων ορίζονται όπως και στο στάδιο 1 (Πετρίδης, 2019).

Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα

5.1 Εφαρμογή της κλίμακας B-W στην οργανοληπτική δοκιμή

Για το πείραμα DSD που ακολουθήθηκε τέθηκαν ανώτατα και κατώτατα όρια σε ορισμένες πρώτες ύλες (πρωτεΐνες γάλακτος, καλλιέργεια εκκίνησης, κρέμα) και σε ορισμένους κατηγορικούς παράγοντες (θερμοκρασία επώασης, θερμοκρασία διαίρεσης, θερμοκρασία στραγγίσματος) και έτσι καταλέχθηκαν οι παρακάτω 17 μεταχειρίσεις/δείγματα.

Πίνακας 5.1: Πίνακας του πειραματικού εγκυρότερου σχεδίου προδιαλογής 6 παραγόντων

Μεταχειρίσεις / Δείγματα	Πρωτεΐνες γάλακτος %	Καλλιέργεια Εκκίνησης %	Θ (°C) επώασης	Θ (°C) διαίρεσης	Κρέμα γάλακτος %	Θ (°C) στραγγίσματος
1	0	4	18	45	0	14
2	0	4	22	20	10	14
3	0	4	22	45	5	8
4	0	5	18	20	10	8
5	0	6	18	45	10	11
6	0	6	20	20	0	14
7	0	6	22	32,5	0	8
8	1,5	4	18	20	0	8
9	1,5	5	20	32,5	5	11
10	1,5	6	22	45	10	14
11	3	4	18	32,5	10	14
12	3	4	20	45	10	8
13	3	4	22	20	0	11
14	3	5	22	45	0	14
15	3	6	18	20	5	14
16	3	6	18	45	0	8
17	3	6	22	20	10	8

Στον Πίνακα 5.2 διαπιστώνεται ότι η μεταχείριση του τελικού προϊόντος που λαμβάνει υψηλές συχνότητες εμφάνισης στο βαθμό 1 των μεταβλητών του χρώματος, του αρώματος, της επαλειψιμότητας, της οξύτητας, της συνεκτικότητας, της λιπαρότητας, της κρεμώδους υφής και της αρέσκειας έχει μεγαλύτερη πιθανότητα για να το αγοράσει ο καταναλωτής.

Πίνακας 5.2: Πίνακας αποτελεσμάτων της κλίμακας της μέγιστης διαφοράς (Best-Worst)

Μεταχειρίσεις / Δείγματα	Χρώμα			Άρωμα			Επάλειψη			Οξύτητα			Συνεκτικότητα			Λιπαρότητα			Κρεμώδης υφή			Αρέσκεια		
	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
1	3	12	1	6	8	2	11	5	0	5	5	6	4	4	8	5	10	1	9	7	0	4	7	5
2	2	9	5	2	10	4	0	8	8	3	10	3	5	5	6	0	5	11	0	6	10	3	8	5
3	4	10	2	4	7	5	5	10	1	9	4	3	2	8	6	3	8	5	3	10	3	2	12	2
4	1	11	4	5	9	2	1	5	10	3	7	6	4	8	4	1	9	6	1	11	4	4	11	1
5	7	7	2	3	9	4	4	10	2	6	8	2	3	10	3	3	7	6	3	11	2	1	10	5
6	0	4	12	2	9	5	0	7	9	2	11	3	5	7	4	1	6	9	0	5	11	4	7	5
7	1	2	13	4	9	3	1	7	8	3	5	8	8	5	3	1	7	8	0	7	9	2	7	7
8	2	11	3	5	5	6	7	9	0	7	8	1	6	9	1	12	4	0	11	5	0	8	6	2
9	2	10	4	2	8	6	1	12	3	0	10	6	0	13	3	3	12	1	0	12	4	1	8	7
10	4	8	4	6	6	4	1	8	7	0	11	5	0	10	6	0	12	4	1	7	8	2	6	8
11	10	5	1	3	9	4	9	6	1	5	6	5	5	5	6	6	9	1	8	8	0	5	6	5
12	5	10	1	4	8	4	2	10	4	1	14	1	3	12	1	4	10	2	2	12	2	4	7	5
13	1	7	8	1	8	7	0	13	3	1	8	7	2	13	1	2	8	6	0	12	4	2	10	4
14	5	9	2	4	8	4	4	11	1	7	8	1	1	11	4	4	8	4	5	8	3	7	8	1
15	7	9	0	4	10	2	8	8	0	4	8	4	6	8	2	8	8	0	9	7	0	5	10	1
16	14	2	0	10	6	0	14	2	0	11	4	1	9	1	6	14	2	0	16	0	0	10	4	2
17	0	10	6	3	7	6	0	5	11	1	9	6	5	7	4	1	11	4	0	8	8	2	10	4

Στον Πίνακα 5.3 αποτυπώνονται οι στατιστικές εκτιμήσεις, τυπικός βαθμός και αξία, των παραμέτρων της μεθόδου Best-Worst.

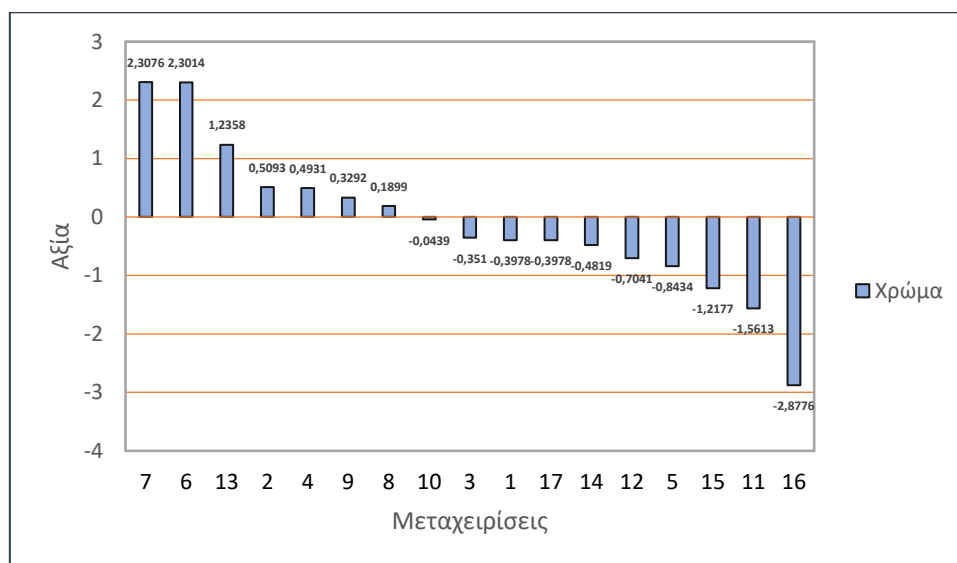
Πίνακας 5.3: Στατιστικές εκτιμήσεις των παραμέτρων της μεθόδου Best-Worst

ΤΥΠΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ							
Χρώμα	Άρωμα	Επάλειψη	Οξύτητα	Συνεκτικό- τητα	Λιπαρότητα	Κρεμώδης υφή	Αρέσκεια
-0,0018	-0,0037	-0,0101	0,0009	0,0037	-0,0037	-0,0083	0,0009
0,0028	0,0018	0,0074	0,0000	0,0009	0,0101	0,0092	0,0018
-0,0018	0,0009	-0,0037	-0,0055	0,0037	0,0018	0,0000	0,0000
0,0028	-0,0028	0,0083	0,0028	0,0000	0,0046	0,0028	-0,0028
-0,0046	0,0009	-0,0018	-0,0037	0,0000	0,0028	-0,0009	0,0037
0,0110	0,0028	0,0083	0,0009	-0,0009	0,0074	0,0101	0,0009
0,0110	-0,0009	0,0064	0,0046	-0,0046	0,0064	0,0083	0,0046
0,0009	0,0009	-0,0064	-0,0055	-0,0046	-0,0110	-0,0101	-0,0055
0,0018	0,0037	0,0018	0,0055	0,0028	-0,0018	0,0037	0,0055
0,0000	-0,0018	0,0055	0,0046	0,0055	0,0037	0,0064	0,0055
-0,0083	0,0009	-0,0074	0,0000	0,0009	-0,0046	-0,0074	0,0000
-0,0037	0,0000	0,0018	0,0000	-0,0018	-0,0018	0,0000	0,0009
0,0064	0,0055	0,0028	0,0055	-0,0009	0,0037	0,0037	0,0018
-0,0028	0,0000	-0,0028	-0,0055	0,0028	0,0000	-0,0018	-0,0055
-0,0064	-0,0018	-0,0074	0,0000	-0,0037	-0,0074	-0,0083	-0,0037
-0,0129	-0,0092	-0,0129	-0,0092	-0,0028	-0,0129	-0,0147	-0,0074
0,0055	0,0028	0,0101	0,0046	-0,0009	0,0028	0,0074	0,0018
ΑΞΙΑ							
Χρώμα	Άρωμα	Επάλειψη	Οξύτητα	Συνεκτικό- τητα	Λιπαρότητα	Κρεμώδης υφή	Αρέσκεια
-0,3978	-0,4747	-2,6152	0,1358	0,4704	-0,6095	-2,6141	0,1431
0,5093	0,2431	1,8351	-0,0037	0,1189	2,0298	2,7716	0,2602
-0,3510	0,1284	-0,7676	-0,7730	0,4764	0,4997	0,5176	0,0078
0,4931	-0,3473	2,0264	0,3841	0,0012	0,9067	1,0839	-0,3762
-0,8434	0,1252	-0,3707	-0,4959	-0,0019	0,5867	0,1502	0,5143
2,3014	0,3648	2,0241	0,1353	-0,1103	1,4462	2,9756	0,0054
2,3076	-0,1106	1,6772	0,6644	-0,5980	1,2873	2,5204	0,6460
0,1899	0,1309	-1,4158	-0,7764	-0,5992	-2,4586	-3,3576	-0,7726
0,3292	0,4859	0,2585	0,7923	0,3499	-0,3307	1,1771	0,7812
-0,0439	-0,2350	1,4275	0,6454	0,7211	0,7588	2,0598	0,7755
-1,5613	0,1289	-1,8632	0,0277	0,1141	-0,7981	-2,3757	0,0145
-0,7041	0,0030	0,5136	0,0017	-0,2314	-0,2521	0,1923	0,1280
1,2358	0,7363	0,6973	0,7995	-0,1152	0,7897	1,3578	0,2636
-0,4819	0,0077	-0,5940	-0,7962	0,3501	0,1027	-0,0076	-0,7743
-1,2177	-0,2329	-1,8495	0,0038	-0,4745	-1,4857	-2,7885	-0,4988
-2,8776	-1,3170	-3,4999	-1,4001	-0,3535	-3,0975	-5,9803	-1,3769
-0,3978	-0,4747	-2,6152	0,1358	0,4704	-0,6095	-2,6141	0,1431

Από τα ευρήματα του Πίνακα στατιστικών εκτιμήσεων των παραμέτρων της μεθόδου Best-Worst (Πίνακας 5.3), χρησιμοποιήθηκαν οι τυποποιημένες αξίες για την δημιουργία της κλίμακας μονοδιάστατης μεταβολής και της ποσοστιαίας κατανομής των αποκρίσεων όλων των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της μελέτης όπως φαίνεται στην αναλυτική παρουσίασή τους παρακάτω (Σχήματα 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8). Με αυτό τον τρόπο γίνεται η λήψη μίας πρώτης εικόνας για το πώς αξιολόγησαν οι δοκιμαστές τα δείγματα. Λαμβάνονται κάποια αρχικά συμπεράσματα με σκοπό να αντιληφθεί κανείς την τάση των απαντήσεων που δόθηκαν.

Χρώμα

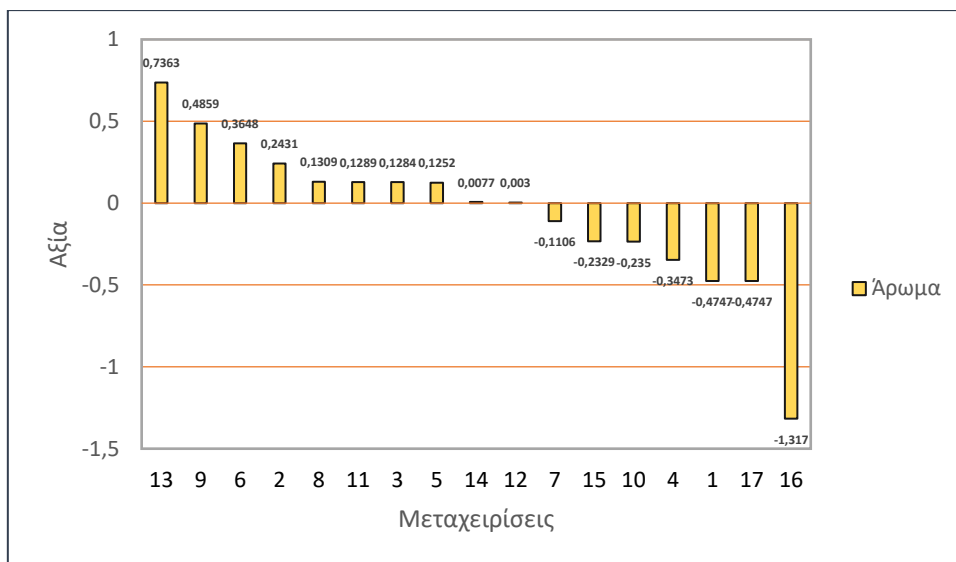
Επτά μεταχειρίσεις εμφανίζουν υπεροχή στο λευκό χρώμα αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και δέκα κρίνονται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτό. Ισάξια σχεδόν υπεροχή στο λευκό χρώμα εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 7 και 6 ενώ ολοσχερώς αρνητική συνεισφορά εμφανίζει η μεταχείριση 16, όπως αποτυπώνονται παρακάτω στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση της αποκρίσεις των δοκιμαστών για το χρώμα

Άρωμα

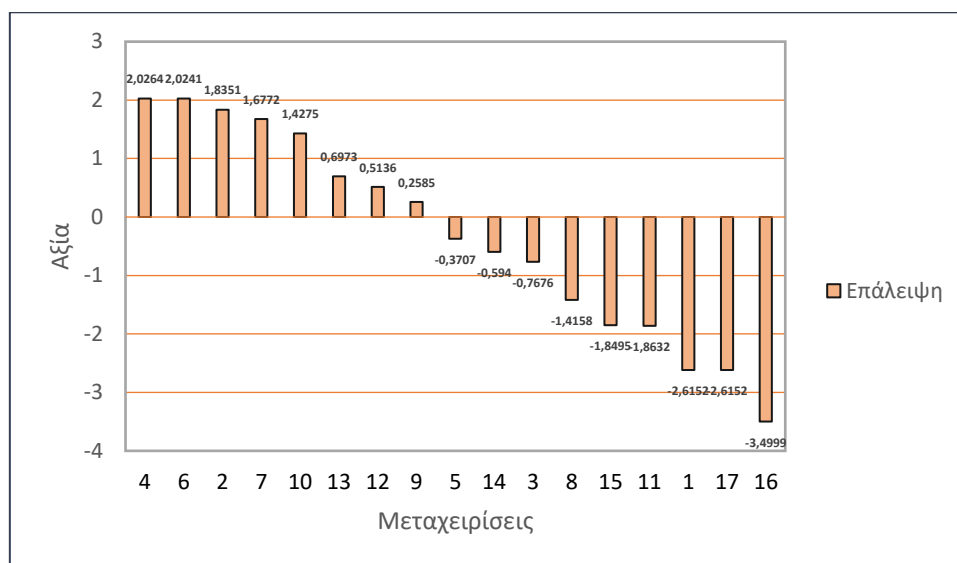
Δέκα μεταχειρίσεις εμφανίζουν υπεροχή στην ένταση του αρώματος αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και επτά κρίνονται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτό. Υπεροχή στο άρωμα εμφανίζει η μεταχείριση 13 ενώ ολοσχερώς απωθητική πιστοποιείται η μεταχείριση 16, όπως φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση τις αποκρίσεις των δοκιμαστών για το άρωμα

Επάλειψη

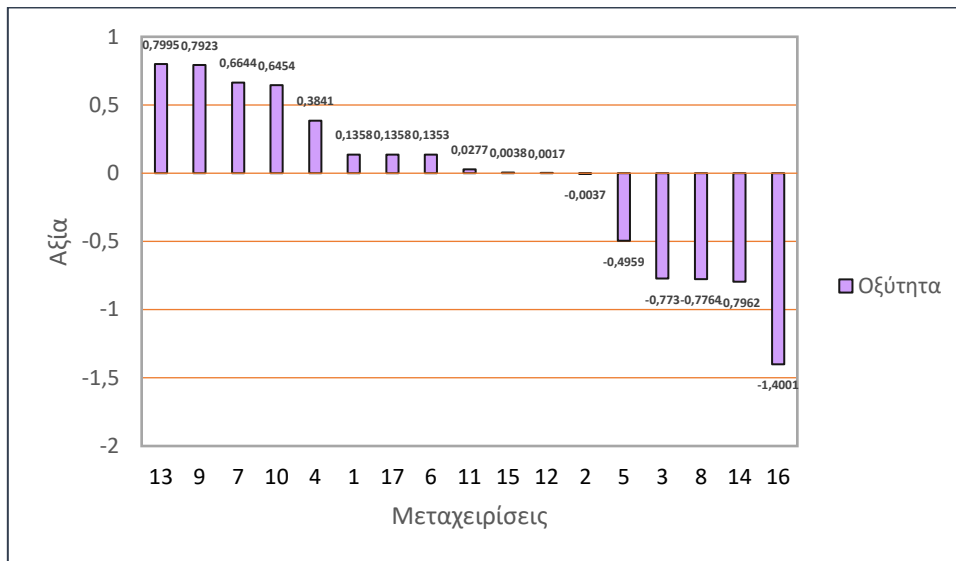
Οκτώ μεταχειρίσεις εμφανίζουν υψηλή ικανότητα επάλειψης αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και εννέα κρίνονται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτήν. Παρόμοια σχεδόν υπεροχή στην ικανότητα επάλειψης εμφανίζουν οι μεταχείριση 4 και 6, ενώ χαμηλή ικανότητα επάλειψης εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 16, 17 και 1 (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.3 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση της αποκρίσεις των δοκιμαστών για την επάλειψη

Οξύτητα

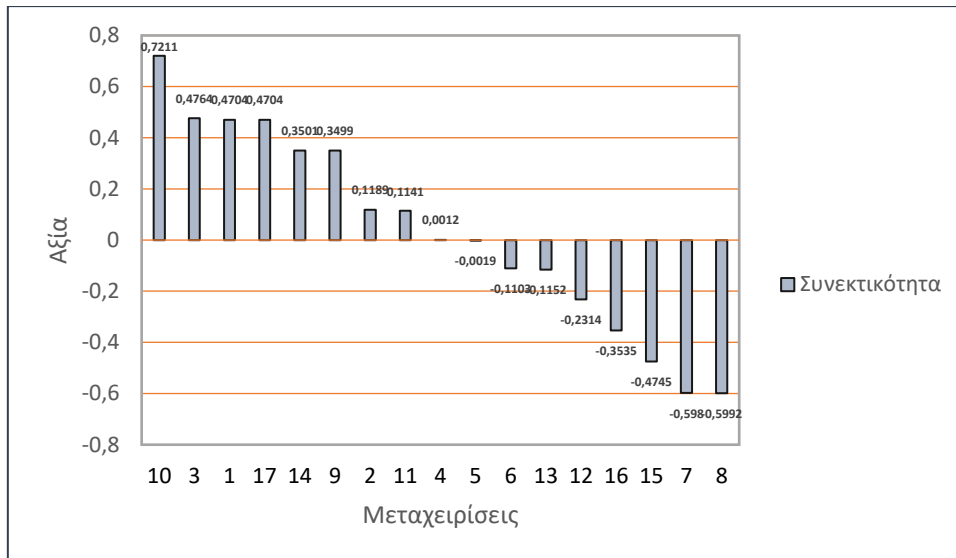
Έντεκα μεταχειρίσεις εμφανίζουν υψηλή οξύτητα, οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός, με τις μεταχειρίσεις 11, 15 και 12 να απέχουν ελάχιστα από το μηδέν (0,0277, 0,0038 και 0,0017 αντίστοιχα) και οκτώ κρίνονται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτήν με την μεταχείριση 2 να απέχει ελάχιστα από το μηδέν (-0,037). Παρόμοια σχεδόν υπεροχή στην οξύτητα, όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 5.4, εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 13 και 9, ενώ ολοσχερώς χαμηλή οξύτητα εμφανίζει η μεταχείριση 16.



Σχήμα 5.4 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση της αποκρίσεις των δοκιμαστών για την οξύτητα

Συνεκτικότητα

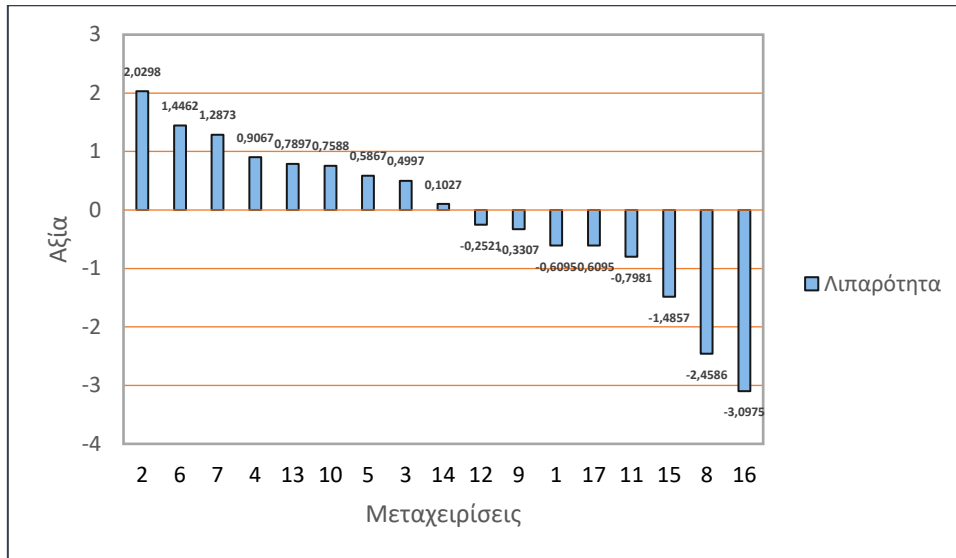
Εννέα μεταχειρίσεις εμφανίζουν υψηλή συνεκτικότητα αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και οκτώ κρίνονται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτήν. Υπεροχή στη συνεκτικότητα εμφανίζει μεταχείριση 10, ενώ ολοσχερώς χαμηλή συνεκτικότητα εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 8 και 7 (Σχήμα 5.5).



Σχήμα 5.5 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση τις αποκρίσεις των δοκιμαστών για τη συνεκτικότητα

Λιπαρότητα

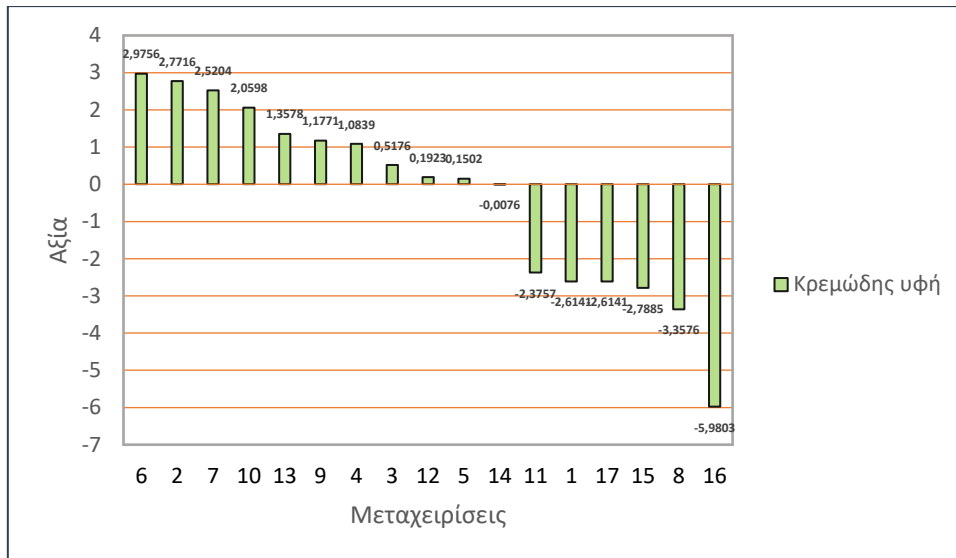
Εννέα μεταχειρίσεις κρίνονται υψηλά ως προς την αίσθηση της λιπαρότητας αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και οκτώ διάκεινται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτήν. Υψηλότερη αίσθηση λιπαρότητας εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 2 και 6, ενώ χαμηλότερη αίσθηση λιπαρότητας εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 16 και 8 (Σχήμα 5.6).



Σχήμα 5.6 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση της αποκρίσεις των δοκιμαστών για την λιπαρότητα

Κρεμώδης υφή

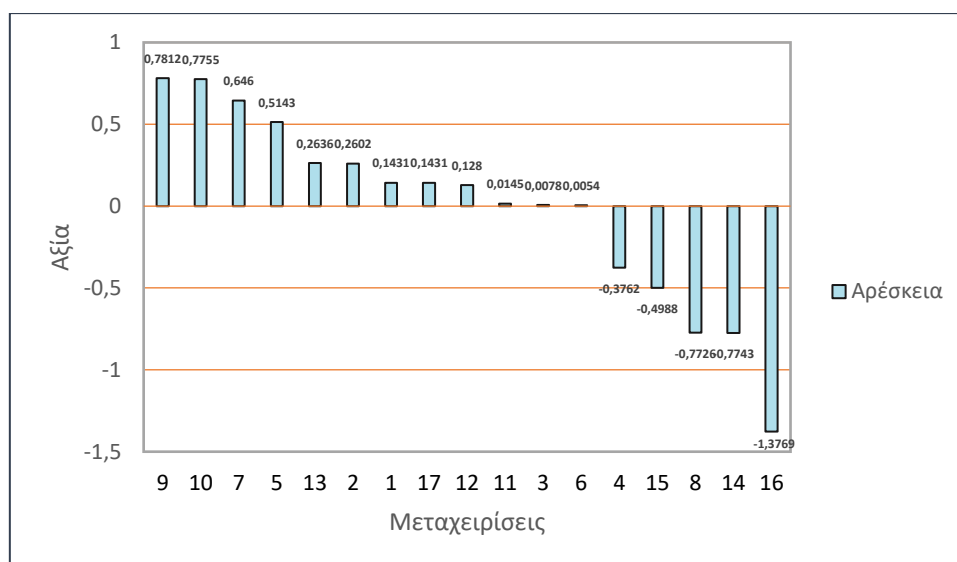
Δέκα μεταχειρίσεις υπερέχουν ως προς την αίσθηση της κρεμώδους υφής αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και επτά διάκεινται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς αυτήν. Υψηλότερη αίσθηση κρεμώδους υφής εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις 6, 2 και 7, ενώ χαμηλότερη οι μεταχειρίσεις 16 και 8 (Σχήμα 5.7).



Σχήμα 5.7 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση τις αποκρίσεις των δοκιμαστών για την κρεμώδη υφή

Αρέσκεια

Δώδεκα μεταχειρίσεις κρίνονται ως συνολικά θετικά αποδεκτές αφού οι τιμές τους είναι μεγαλύτερες του μηδενός και πέντε διάκεινται αρνητικά από τους δοκιμαστές ως προς τη προτίμησή τους. Ως θετικά περισσότερο αποδεκτές ξεχωρίζουν οι μεταχειρίσεις 9, 10 και 7, ενώ ως λιγότερο αποδεκτές κυριαρχούν οι μεταχειρίσεις 16, 14 και 8 (Σχήμα 5.8).



Σχήμα 5.8 : Κατανομή των βαθμών αξίας των μεταχειρίσεων με βάση της αποκρίσεις των δοκιμαστών για την αρέσκεια

Σε συνέχεια των αποτελεσμάτων, παρακάτω, στον συνοπτικό Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές ωφελιμότητας όλων των μεταχειρίσεων.

Οι μεταχειρίσεις 9 και 13 προσδιορίστηκαν υψηλά στην οξύτητα με την δεύτερη να εμφανίζει και την υψηλότερη ένταση αρώματος από όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος. Υψηλότερη σε συνεκτικότητα αποδείχθηκε η μεταχείριση 10.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα οι μεταχειρίσεις 6 και 7 είναι με διαφορά οι πιο υψηλές στην ένταση του λευκού χρώματος, καθώς όπως φαίνεται βαθμολογήθηκαν υψηλότερα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες από τους δοκιμαστές κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο. Επίσης, η μεταχείριση 6 ξεχώρισε στην υψηλή ικανότητα επάλειψης, μαζί με τις μεταχειρίσεις 4 και 17 όπου κρίθηκαν πολύ επαλείψιμες, ενώ πρωταγωνίστησε και στην λιπαρότητα αλλά και στην κρεμώδη υφή. Τα συστατικά που έχει η μεταχείριση 6 σε αντίθεση με τις άλλες μεταχειρίσεις όπου έπαιξαν ρόλο στο έντονο λευκό χρώμα, στην υψηλή επαναλειψιμότητα, στην λιπαρότητα και στην κρεμώδη υφή είναι η καλλιέργεια εκκίνησης 6%, η απουσία πρωτεϊνών γάλακτος και κρέμας γάλακτος και οι θερμοκρασίες επώασης, διαίρεσης και στραγγίσματος ρυθμισμένες στα μεσαία και υψηλά επίπεδα (20°C, 20°C και 14°C αντίστοιχα), παρόλα αυτά η μεταχείριση 6 δεν βρίσκεται με βάση τα αποτελέσματα ανάμεσα στις τοπ αρεστές μεταχειρίσεις, αλλά κρίθηκε κάπου ενδιάμεσα (λίγο πάνω από το μηδέν, 0,054).

Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τις μεταχειρίσεις που παρασκευάστηκαν και αξιολογήθηκαν έχει η μεταχείριση 7, η οποία κρίθηκε αρεστή (βρίσκεται ανάμεσα στις 3 πρώτες μεταχειρίσεις) από τους δοκιμαστές, έχοντας ακριβώς τα ίδια συστατικά με την μεταχείριση 6, η οποία κρίθηκε σχεδόν ουδέτερη όσον αφορά την αρεστότητα. Η μόνη διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις 6 και 7 είναι οι θερμοκρασίες επώασης, διαίρεσης και στραγγίσματος, δηλαδή οι μεταβλητές σχεδίου. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι είναι δυνατό να παρασκευαστεί τυρί κρέμα με καλλιέργεια κεφίρ, με ίδια συστατικά και διαφορετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τροποποιώντας τις παραμέτρους παραγωγής. Συνολικά άρεσαν περισσότερο οι μεταχειρίσεις 10, 9 και 7.

Όλες οι μεταχειρίσεις όμως είχαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου, καθώς όπως αποδείχθηκε, μεταχειρίσεις με τα ίδια συστατικά αλλά διαφορετικές θερμοκρασίες επώασης, διαίρεσης και στραγγίσματος κατά την παρασκευή τους (κατηγορικές μεταβλητές) μπορούν να προσδώσουν στο τελικό προϊόν βελτιωμένες οργανοληπτικές ιδιότητες.

Πίνακας 5.4 Συνοπτικός πίνακας των μέγιστων τιμών ωφελιμότητας των μεταχειρίσεων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Οργανοληπτικές μεταβλητές	Μεταχειρίσεις																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Χρώμα						2,30	2,31										
Άρωμα													0,74				
Ικανότητα επάλειψης				2,03		2,02											2,52
Οξύτητα									0,79				0,80				
Συνεκτικότητα										0,72							
Λυπαρότητα		2,03				1,45											
Κρεμώδης υφή		2,77				2,98	2,59										
Αρέσκεια							0,65		0,78	0,77							

5.2 Εγκυρότερα σχέδια προ διαλογής - Definitive Screening Designs

Στο πλαίσιο αυτής της ενότητας παρουσιάζεται η ανάλυση των στατιστικά σημαντικών μεταβλητών απόκρισης ($p < 0,05$) που προέκυψαν κατά την στατιστική ανάλυση του εγκυρότερου σχεδίου προ διαλογής (DSD) που εφαρμόστηκε.

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΠΑΛΕΙΨΗΣ

Η ικανότητα επάλειψης στο στάδιο 1 έδειξε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τη δράση όλων των παραγόντων πλην της καλλιέργειας εκκίνησης και της $\theta^{\circ}\text{C}$ στραγγίσματος. Στο στάδιο αυτό το σφάλμα της ανάλυσης διακύμανσης ισούται με $\text{RMSE}=0,5517$ και $\text{DF}=3$ βαθμούς ελευθερίας.

Στάδιο 1. Ανάλυση ενεργών κύριων δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Πρωτεΐνες γάλακτος	-0,563	0,1475	-3,821	0,0316*
Καλλιέργεια εκκίνησης	0,3958	0,1475	2,684	0,0748
Θ επώασης	1,1699	0,1475	7,934	0,0042*
Θ διαίρεσης	-0,839	0,1475	-5,687	0,0108*
Προσθήκη κρέμας	0,7008	0,1475	4,7525	0,0177*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,5517
DF	3

Στο στάδιο 2 η ικανότητα επάλειψης, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους ενεργούς παράγοντες επηρεάστηκε από τη δράση δύο αλληλεπιδράσεων στις οποίες οι πρωτεΐνες γάλακτος συνδέονται αποκλειστικά με τους υπόλοιπους παράγοντες. Το κριτήριο RMSE είναι μικρότερο εκείνου του πρώτου σταδίου και αποτελεί ένδειξη επιτυχούς περάτωσης της στατιστικής επεξεργασίας.

Στάδιο 2. Ανάλυση β' τάξης δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Παράμετρος α	-2e-5	0,1153	-2e-4	0,9999
Πρωτεΐνες γάλακτος*Καλλιέργεια εκκίνησης	-0,437	0,142	-3,077	0,0276*
Πρωτεΐνες γάλακτος* Θ επώασης	0,5049	0,142	3,5542	0,0163*
Πρωτεΐνες γάλακτος* Θ διαίρεσης	0,4026	0,142	2,8339	0,0365*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,4754
DF	5

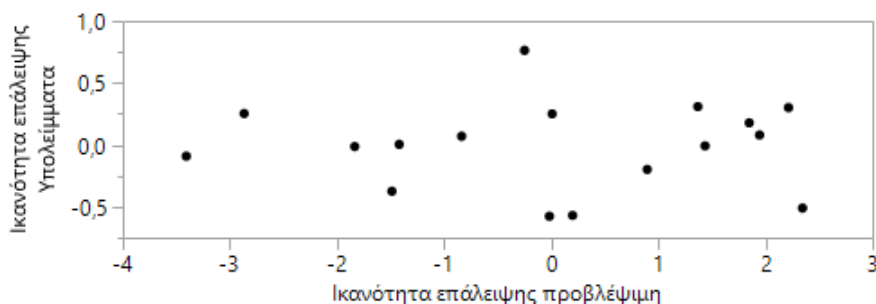
Από τους πίνακες των 2 σταδίων προκύπτει ο συνδυαστικός Πίνακας 5.5, των δράσεων και περαιτέρω το αναγωγικό μοντέλο με φθίνουσα τάξη σημαντικότητας των δράσεων και με πολύ υψηλό συντελεστή προσδιορισμού της προσαρμογής των στοιχείων R^2 Adj=0,92236. Σημαντικότεροι παράγοντες αναδεικνύονται, με φθίνουσα τάξη, η θερμοκρασία επώασης, η θερμοκρασία διαίρεσης, η προσθήκη κρέμας και οι πρωτεΐνες γάλακτος.

Πίνακας 5.5 Συνδυαστικός πίνακας δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Παράμετρος α	-2e-5	0,1226	-1e-4	0,9999
Πρωτεΐνες γάλακτος	-0,563	0,1351	-4,171	0,0031*
Καλλιέργεια εκκίνησης	0,3958	0,1351	2,9302	0,0190*
Θ επώασης	1,1699	0,1351	8,6618	<,0001*
Θ διαίρεσης	-0,839	0,1351	-6,209	0,0003*
Προσθήκη κρέμας	0,7008	0,1351	5,1885	0,0008*
Πρωτεΐνες γάλακτος*Καλλιέργεια εκκίνησης	-0,437	0,151	-2,894	0,0201*
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ επώασης	0,5049	0,151	3,3434	0,0102*
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ διαίρεσης	0,4026	0,151	2,6658	0,0285*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,5054
DF	8

Το διάγραμμα των υπολειμμάτων της απόκρισης, Σχήμα 5.9, σε σχέση με την προβλέψιμη ικανότητα επάλειψης εμφανίζει ομοιόμορφη διασπορά, ένδειξη της καλής προσαρμογής των στοιχείων στο μοντέλο.

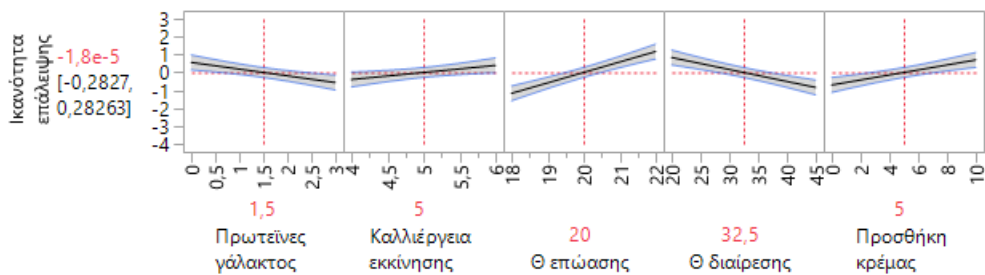


Σχήμα 5.9 Διάγραμμα υπολειμμάτων απόκρισης

Αναγωγικό μοντέλο

Πηγή διακύμανσης	p-τιμή
Θ επώασης	0,00002
Θ διαίρεσης	0,00026
Προσθήκη κρέμας	0,00083
Πρωτεΐνες γάλακτος	0,00312
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ επώασης	0,01018
Καλλιέργεια εκκίνησης	0,01899
Πρωτεΐνες γάλακτος*Καλλιέργεια εκκίνησης	0,02007
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ διαίρεσης	0,02855

Στα διαγράμματα των κύριων δράσεων (συν τα 95% όρια εμπιστοσύνης), Σχημα 5.10, η απόκριση της ικανότητας επάλειψης εκδηλώνεται αποκλειστικά γραμμικά και αυξητικά με την αύξηση της θερμοκρασίας επώασης και της κρέμας και με τη μείωση των πρωτεϊνών γάλακτος και της θερμοκρασίας διαίρεσης.



Σχήμα 5.10 Διαγράμματα κύριων δράσεων (συν τα 95% όρια εμπιστοσύνης)

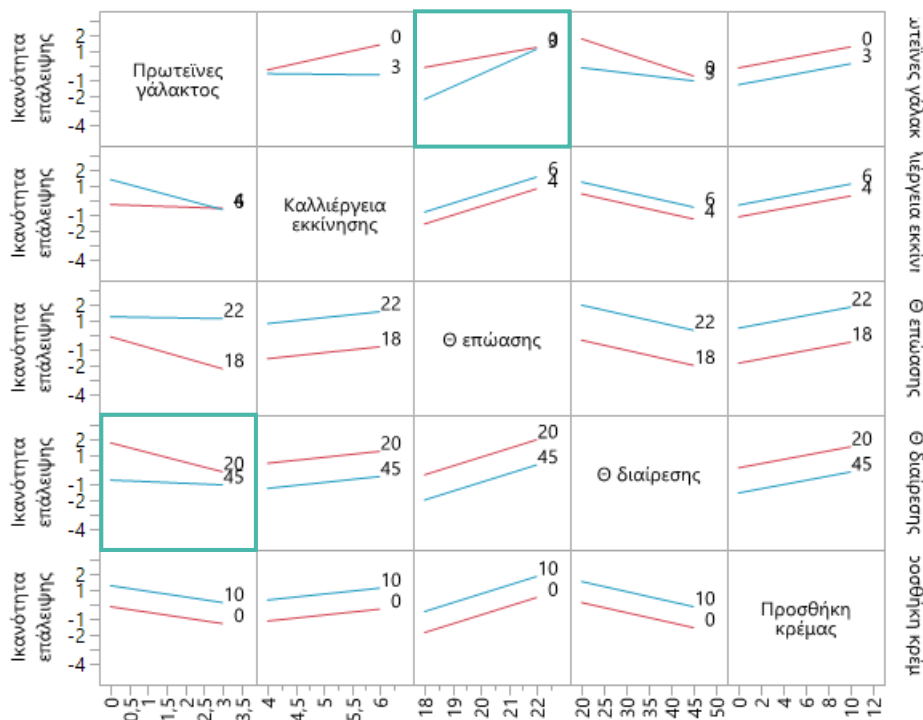
Το διάγραμμα των β' τάξης δράσεων, Σχήμα 5.11, επιβεβαιώνει την απουσία στατιστικά σημαντικών αλληλεπιδράσεων με εξαίρεση τις πρωτεΐνες γάλακτος σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία επώασης και τη θερμοκρασία διαίρεσης.

Σε θερμοκρασία επώασης 22°C η ικανότητα επάλειψης αυξάνει σημαντικά σε ποσοστό πρωτεϊνών γάλακτος 3% (θετική συνέργεια) ενώ αυξάνει με βραδύτερο ρυθμό σε ποσοστό πρωτεϊνών γάλακτος 0%, και στις δύο περιπτώσεις φτάνοντας στα ίδια επίπεδα ικανότητας επάλειψης.

Στα χαμηλά επίπεδα θερμοκρασίας διαίρεσης 20°C παρατηρείται πτώση της ικανότητας επάλειψης (αρνητική συνέργεια) με τη προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος 3%, ενώ η ικανότητα επάλειψης παραμένει στα ίδια, περίπου, χαμηλά επίπεδα σε θερμοκρασία διαίρεσης 45°C.

Επιπλέον, παρατηρούνται παραλληλίες με αυξήσεις στην ικανότητα επάλειψης μεταξύ της θερμοκρασίας επώασης, θερμοκρασίας διαίρεσης και προσθήκη κρέμας.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα, οι πρωτεΐνες γάλακτος 3% και η θερμοκρασία επώασης 22°C δρουν συνεργιστικά αυξάνοντας την ικανότητα επάλειψης, ενώ το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει με τις πρωτεΐνες γάλακτος 3% και τη θερμοκρασία διαίρεσης 20°C.



Σχήμα 5.11 Διαγράμματα β' τάξης δράσεων

ΛΙΠΑΡΟΤΗΤΑ

Η λιπαρότητα στο στάδιο 1 έδειξε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τη δράση όλων των παραγόντων πλην της καλλιέργειας εκκίνησης. Στο στάδιο αυτό το σφάλμα της ανάλυσης διακύμανσης ισούται με $RMSE=0,279$ και $DF=3$ βαθμούς ελευθερίας.

Στάδιο 1. Ανάλυση ενεργών κύριων δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Πρωτεΐνες γάλακτος	-0,733	0,0746	-9,831	0,0022*
Θ επώασης	0,932	0,0746	12,498	0,0011*
Θ διαίρεσης	-0,276	0,0746	-3,699	0,0343*
Προσθήκη κρέμας	0,4568	0,0746	6,1259	0,0087*
Θ στραγγίσματος	0,281	0,0746	3,7684	0,0327*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,279
DF	3

Στο στάδιο 2 η λιπαρότητα, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους ενεργούς παράγοντες, επηρεάστηκε από τη δράση τριών αλληλεπιδράσεων στις οποίες η θερμοκρασία στραγγίσματος και η προσθήκη κρέμας συνδέεται αποκλειστικά με τους υπόλοιπους παράγοντες. Το κριτήριο RMSE είναι μικρότερου εκείνου του πρώτου σταδίου και αποτελεί ένδειξη επιτυχούς περάτωσης της στατιστικής επεξεργασίας.

Στάδιο 2. Ανάλυση β' τάξης δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Παράμετρος α	5,9e-6	0,0482	0,0001	0,9999
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ στραγγίσματος	-0,414	0,0831	-4,978	0,0042*
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας	-0,714	0,0831	-8,585	0,0004*
Προσθήκη κρέμας*Θ στραγγίσματος	-0,187	0,0628	-2,974	0,0310*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,1987
DF	5

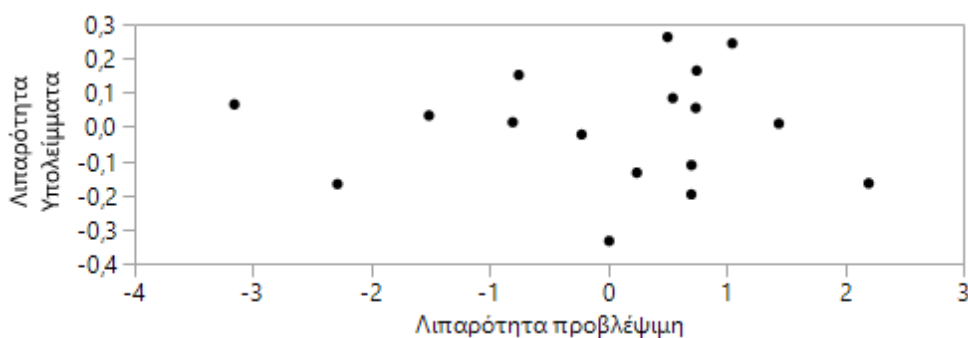
Από τους πίνακες των 2 σταδίων προκύπτει ο συνδυαστικός Πίνακας 5.6 των δράσεων και περαιτέρω το αναγωγικό μοντέλο με φθίνουσα τάξη σημαντικότητας των δράσεων και με πολύ υψηλό συντελεστή προσδιορισμού της προσαρμογής των στοιχείων R^2 Adj=0,9711. Σημαντικότεροι παράγοντες αναδεικνύονται, με φθίνουσα τάξη η θερμοκρασία επώασης, οι πρωτεΐνες γάλακτος, η προσθήκη κρέμας, η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας επώασης με την προσθήκη κρέμας, θερμοκρασία στραγγίσματος, θερμοκρασία διαίρεσης και η αλληλεπίδραση πρωτεϊνών γάλακτος με τη θερμοκρασία στραγγίσματος.

Πίνακας 5.6 Συνδυαστικός πίνακας δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Παράμετρος α	5,9e-6	0,0563	0,0001	0,9999
Πρωτεΐνες γάλακτος	-0,733	0,062	-11,82	<,0001*
Θ επώασης	0,932	0,062	15,024	<,0001*
Θ διαίρεσης	-0,276	0,062	-4,447	0,0021*
Προσθήκη κρέμας	0,4568	0,062	7,3642	<,0001*
Θ στραγγίσματος	0,281	0,062	4,5301	0,0019*
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ στραγγίσματος	-0,414	0,0971	-4,261	0,0028*
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας	-0,714	0,0971	-7,35	<,0001*
Προσθήκη κρέμας*Θ στραγγίσματος	-0,187	0,0734	-2,546	0,0344*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,2321
DF	8

Το διάγραμμα των υπολειμμάτων της απόκρισης, Σχήμα 5.12, σε σχέση με την προβλέψιμη λιπαρότητα εμφανίζει ομοιόμορφη διασπορά, ένδειξη της καλής προσαρμογής των στοιχείων στο μοντέλο.

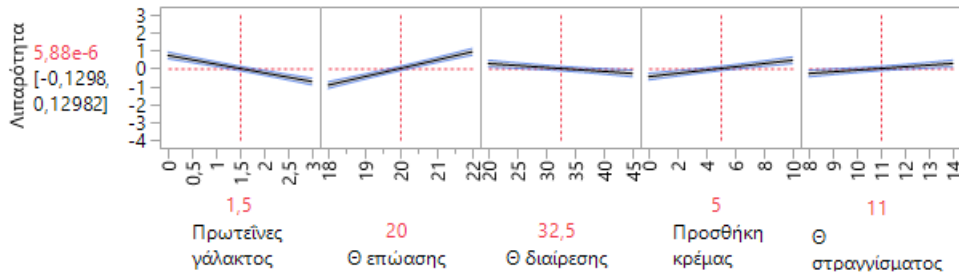


Σχήμα 5.12 Διάγραμμα υπολειμμάτων απόκρισης

Αναγωγικό μοντέλο

Πηγή διακύμανσης	p-τιμή
Θ επώασης	<0,0001*
Πρωτεΐνες γάλακτος	<0,0001*
Προσθήκη κρέμας	0,00008
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας	0,00008
Θ στραγγίσματος	0,00192
Θ διαίρεσης	0,00215
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ στραγγίσματος	0,00276
Προσθήκη κρέμας*Θ στραγγίσματος	0,03440

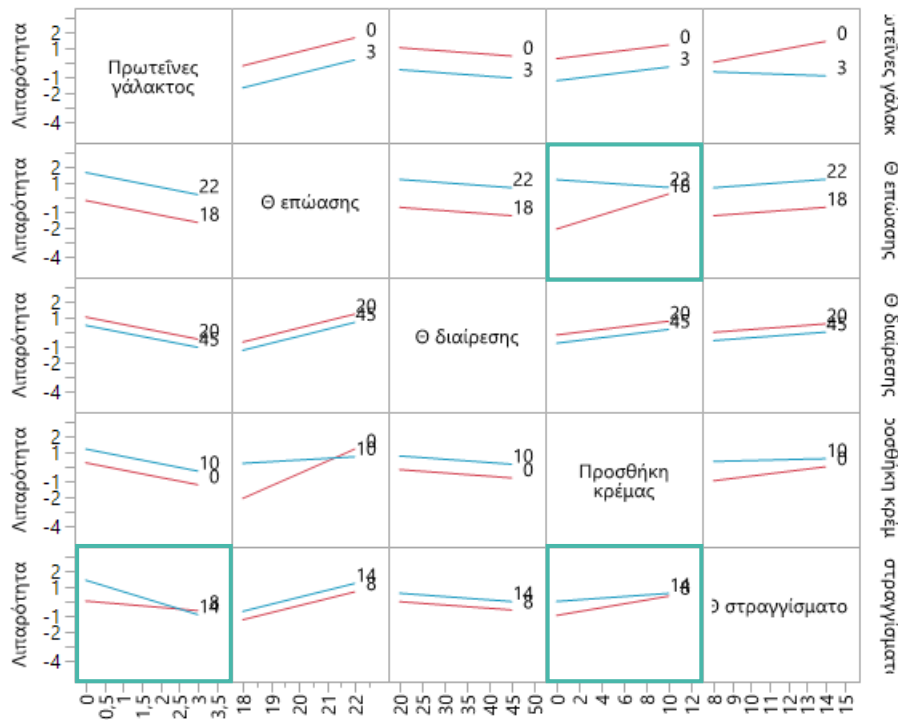
Στα διαγράμματα των κύριων δράσεων (συν τα 95% όρια εμπιστοσύνης), Σχήμα 5.13, η απόκριση της λιπαρότητας εκδηλώνεται γραμμικά και αυξητικά με τη μείωση των πρωτεϊνών γάλακτος και της θερμοκρασίας διαίρεσης, την αύξηση της θερμοκρασίας επώασης, της προσθήκης κρέμας και της θερμοκρασίας στραγγίσματος.



Σχήμα 5.13 Διαγράμματα κύριων δράσεων (συν τα 95% όρια εμπιστοσύνης)

Το διάγραμμα των β' τάξης δράσεων προδίδει μία ανταγωνιστική δράση της προσθήκης κρέμας σε ποσοστό 10% σε θερμοκρασία επώασης 22°C όπου η αίσθηση της λιπαρότητας μειώνεται γραμμικά (σχεδόν 1 μονάδα) ενώ σε θερμοκρασία 18°C αυξάνει σημαντικά την αίσθηση της λιπαρότητας (σχεδόν 2,5 μονάδες). Οι Πρωτεΐνες γάλακτος σε ποσοστό 3% μειώνουν της αίσθηση της λιπαρότητας ταχύτερα σε θερμοκρασία στραγγίσματος 14°C και βραδύτερα σε θερμοκρασία στραγγίσματος 8°C.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα, η αίσθηση της λιπαρότητας αυξάνεται σε θερμοκρασία επώασης 18°C, δρώντας ενισχυτικά με την προσθήκη κρέμας, την απουσία πρωτεϊνών γάλακτος και σε θερμοκρασία διαίρεσης 20°C.



Σχήμα 5.13 Διαγράμματα β' τάξεις δράσεων

ΚΡΕΜΩΔΗΣ ΥΦΗ

Η κρεμώδης υφή στο στάδιο 1 έδειξε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από τη δράση όλων των παραγόντων πλην της καλλιέργειας εκκίνησης και της θερμοκρασίας στραγγίσματος. Στο στάδιο αυτό το σφάλμα της ανάλυσης διακύμανσης ισούται με $RMSE=0,4878$ και $DF=3$ βαθμούς ελευθερίας.

Στάδιο 1. Ανάλυση ενεργών κύριων δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Πρωτεΐνες γάλακτος	-1,049	0,1304	-8,049	0,0040*
Καλλιέργεια εκκίνησης	0,3402	0,1304	2,6096	0,0797
Θ επώασης	1,9585	0,1304	15,023	0,0006*
Θ διαίρεσης	-0,717	0,1304	-5,501	0,0118*
Προσθήκη κρέμας	0,8075	0,1304	6,194	0,0085*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,4878
DF	3

Στο στάδιο 2 η κρεμώδης υφή, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους ενεργούς παράγοντες, επηρεάστηκε από τη δράση τριών αλληλεπιδράσεων στις οποίες η θερμοκρασία επώασης συνδέεται αποκλειστικά με τους υπόλοιπους παράγοντες. Το κριτήριο RMSE είναι μικρότερου εκείνου του πρώτου σταδίου και αποτελεί ένδειξη επιτυχούς περάτωσης της στατιστικής επεξεργασίας.

Στάδιο 2. Ανάλυση β' τάξης δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Παράμετρος α	1,4483	0,2447	5,9185	0,0020*
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ επώασης	0,5458	0,1241	4,3982	0,0070*
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας	-0,537	0,1241	-4,325	0,0075*
Θ επώασης*Θ επώασης	-1,759	0,2697	-6,522	0,0013*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,4239
DF	5

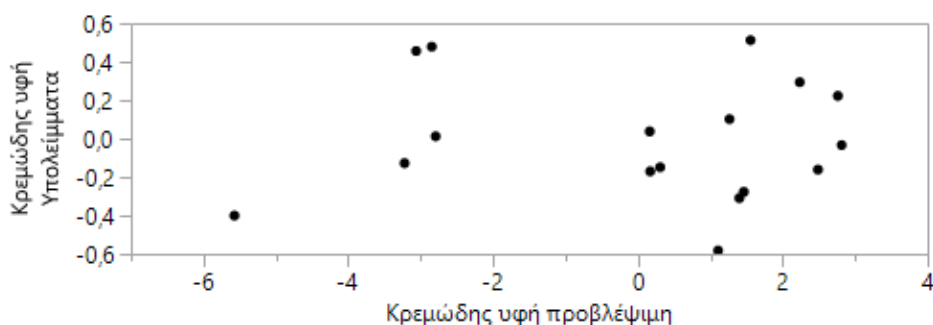
Από τους πίνακες των 2 σταδίων προκύπτει ο συνδυαστικός Πίνακας 5.7 των δράσεων και περαιτέρω το αναγωγικό μοντέλο με φθίνουσα τάξη σημαντικότητας των δράσεων και με πολύ υψηλό συντελεστή προσδιορισμού της προσαρμογής των στοιχείων R^2 Adj=0,9691. Σημαντικότεροι παράγοντες αναδεικνύονται, με φθίνουσα τάξη η θερμοκρασία επώασης, οι Πρωτεΐνες γάλακτος, η προσθήκη κρέμας, η θερμοκρασία διαίρεσης, η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας επώασης με τις πρωτεΐνες γάλακτος και η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας επώασης με τη προσθήκη κρέμας.

Πίνακας 5.7 Συνδυαστικός πίνακας δράσεων

Όρος	Συντελεστής	SE	t-τιμή	p-τιμή
Intercept	1,4483	0,2592	5,5882	0,0005*
Πρωτεΐνες γάλακτος	-1,049	0,12	-8,746	<0,0001*
Καλλιέργεια εκκίνησης	0,3402	0,12	2,8357	0,0220*
Θ επώασης	1,9585	0,12	16,324	<0,0001*
Θ διαίρεσης	-0,717	0,12	-5,978	0,0003*
Προσθήκη κρέμας	0,8075	0,12	6,7307	0,0001*
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ επώασης	0,5458	0,1314	4,1527	0,0032*
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας	-0,537	0,1314	-4,083	0,0035*
Θ επώασης*Θ επώασης	-1,759	0,2856	-6,158	0,0003*

Κριτήριο	Τιμή
RMSE	0,4489
DF	8

Το διάγραμμα των υπολειμμάτων της απόκρισης σε σχέση με την προβλέψιμη κρεμώδης υφή εμφανίζει ομοιόμορφη διασπορά, ένδειξη της καλής προσαρμογής των στοιχείων στο μοντέλο (Σχήμα 5.14).

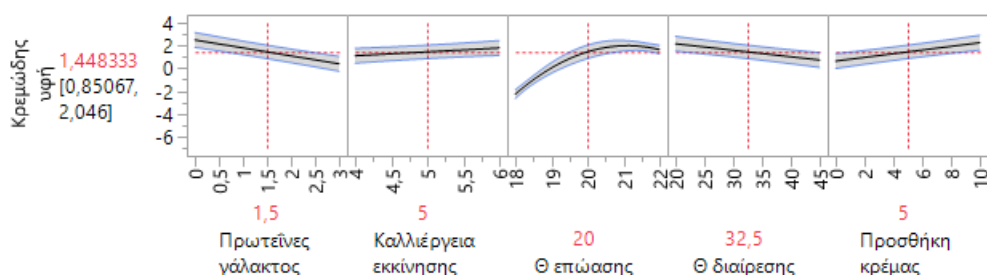


Σχήμα 5.14 Διάγραμμα υπολειμμάτων απόκρισης

Αναγωγικό μοντέλο

Πηγή διακύμανσης	p-τιμή
Θ επώασης	<0,0001
Πρωτεΐνες γάλακτος	0,00002
Προσθήκη κρέμας	0,00015
Θ επώασης*Θ επώασης	0,00027
Θ διαίρεσης	0,00033
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ επώασης	0,00320
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας	0,00352
Καλλιέργεια εκκίνησης	0,02196

Στα διαγράμματα των κύριων δράσεων (συν τα 95% όρια εμπιστοσύνης), Σχήμα 5.15, η απόκριση της κρεμώδους υφής εκδηλώνεται γραμμικά και αυξητικά με τη μείωση των πρωτεϊνών γάλακτος και της θερμοκρασίας διαίρεσης, την αύξηση της καλλιέργειας εκκίνησης και την προσθήκη κρέμας, ενώ διαγράφει καμπύλη υπερβολής στη θερμοκρασία επώασης και με μέγιστο κορύφωσης από το μεσαίο 20°C έως το υψηλό επίπεδο 22°C.

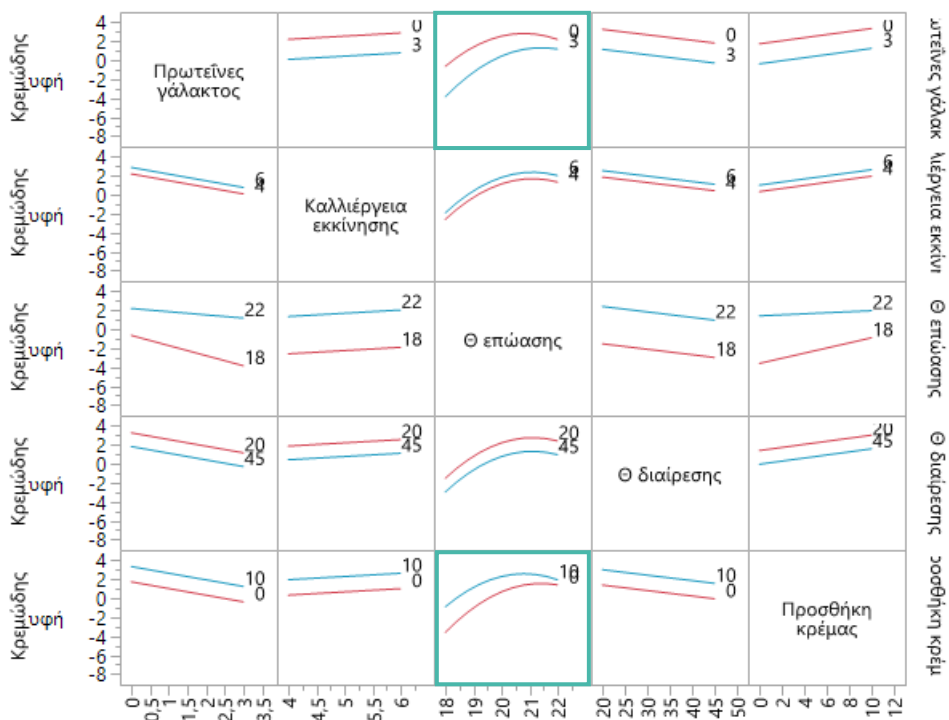


Σχήμα 5.15 Διαγράμματα κύριων δράσεων (συν τα 95% όρια εμπιστοσύνης)

Το διάγραμμα β' τάξης δράσεων αποκαλύπτει ότι η θερμοκρασία επώασης, κυρίαρχη σε όλους τους συνδυασμούς αυξάνει παράλληλα σχεδόν την κρεμώδης υφή μόνο σε $\theta=20^{\circ}\text{C}$.

Συνδυαστικά η μέση τιμή της κρεμώδους υφής προσεγγίζει την ωφελιμότητα 3 όταν οι παράγοντες πρωτεΐνες γάλακτος, θερμοκρασία διαίρεσης ρυθμίζονται στα χαμηλά τους επίπεδα (0% και 20°C), ο παράγοντας προσθήκη κρέμας στα υψηλά επίπεδα (10%) και ο παράγοντας θερμοκρασία επώασης βρίσκεται στα μεσαία επίπεδα (20°C).

Συνοψίζοντας, η θερμοκρασία επώασης προκαλεί αύξηση της κρεμώδους υφής σε $\theta=20^{\circ}\text{C}$ δρώντας ενισχυτικά χωρίς την προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος, σε επίπεδο θερμοκρασίας διαίρεσης 20°C και με την προσθήκη κρέμας 10%.



Σχήμα 5.16 Διάγραμμα β' τάξης δράσεων

Κεφάλαιο 6. Συζήτηση & Σύγκριση με βιβλιογραφία

Σύμφωνα με παρόμοιες οργανοληπτικές μελέτες, δείγματα αντίστοιχων τυριών που παράχθηκαν από λυοφιλωμένο κεφίρ ως καλλιέργεια εκκίνησης χαρακτηρίστηκαν ως προϊόντα υψηλής ποιότητας κατά την προκαταρκτική οργανοληπτική αξιολόγηση και έγιναν δεκτά από τους δοκιμαστές (Dimitrellou, 2010).

Το τυρί με καλλιέργεια κεφίρ και το τυρί με καλλιέργεια κεφίρ και προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος σημείωσε τις στατιστικά υψηλότερες τιμές και κέρδισε την προτίμηση των δοκιμαστών σε σύγκριση με τα εμπορικά προϊόντα. Χαρακτηρίστηκαν ως νέοι, ειδικοί τύποι τυριών με χαρακτηριστική γεύση και ξεχωριστό αρωματικό δυναμικό (Dimitrellou, 2010).

Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά, η ικανότητα επάλειψης είναι μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες υφής για το τυρί αλοιφώδους υφής (Bourne, M.C. 2002), και για τον προσδιορισμό της απαιτείται μια συγκεκριμένη δύναμη για την έναρξη της ροής. Έχει αποδειχθεί ότι οι καταναλωτές βρήκαν τη δύναμη για να ξεκινήσει η ροή, η οποία δημιουργείται στο μαχαίρι κατά τη επάλειψη του φαγητού σε κράκερ, ως ένδειξη της ικανότητας επάλειψης για μια ποικιλία τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του τυριού κρέμας (Kokini and Dickie, 1982). Επομένως, ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του τυριού αλοιφώδους υφής με χρήση καλλιέργειας κεφίρ είναι η ικανότητα επάλειψης, η οποία είναι ένα χαρακτηριστικό υφής που εκτελείται με το χέρι.

Τα αποτελέσματα διαφόρων μελετών δείχνουν μια ενδιαφέρουσα προοπτική στην ανάπτυξη νέων λειτουργικών τροφίμων μέσω της χρήσης εκκινητών κεφίρ σε διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα με αποδεκτά οργανοληπτικά κριτήρια και ως εκ τούτου επεκτείνουν τη γκάμα προϊόντων που περιέχουν κεφίρ για τους καταναλωτές σε όλο τον κόσμο (Kim, 2018).

Στην παρούσα εργασία από το σύνολο των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών που μελετήθηκαν τα πιο σημαντικά αποδείχθηκαν η ικανότητα επάλειψης, η λιπαρότητα και η κρεμώδης υφή του τυριού αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ. Παρακάτω στο Πίνακα 6.1 αποτυπώνονται οι δράσεις των στατιστικά σημαντικών παραγόντων.

Πίνακας 6.1: Συνοπτικός πίνακας περιγραφής των δράσεων των παραγόντων στις οργανοληπτικές μεταβλητές

Παράγοντες	Οργανοληπτικές μεταβλητές		
	Ικανότητα επάλειψης	Λιπαρότητα	Κρεμώδης υφή
Πρωτεΐνες γάλακτος	-	-	-
Καλλιέργεια εκκίνησης	+		
Θερμοκρασία επώασης	+	+	+
Θερμοκρασία διαίρεσης	-	-	-
Κρέμα γάλακτος	+	+	+
Θερμοκρασία στραγγίσματος		+	
Αλληλεπιδράσεις			
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ επώασης	Low 3-18		Low 3-18
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ διαίρεσης	High 0-20		
Πρωτεΐνες γάλακτος*Θ στραγγίσματος		High 0-14	
Θ επώασης*Προσθήκη κρέμας		Low 18-0	
Θ επώασης*Θ επώασης			curved

Συνεχίζοντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, και με βάση τον παραπάνω συγκεντρωτικό πίνακα γίνεται κατανοητός ο τρόπος που επέδρασαν οι παράγοντες που μελετήθηκαν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της ικανότητας επάλειψης, λιπαρότητας και κρεμώδης υφής του νέου προϊόντος.

Η ικανότητα επάλειψης αυξάνεται με τη μείωση του ποσοστού των πρωτεϊνών γάλακτος, την αύξηση της καλλιέργειας εκκίνησης και της κρέμας γάλακτος, την υψηλή θερμοκρασία επώασης και την χαμηλή θερμοκρασία διαίρεσης. Η προσθήκη κρέμας γάλακτος είναι φυσικό να αυξάνει την ικανότητα επάλειψης εξαιτίας της ρευστής μορφής των λιπαρών συστατικών της σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αντίστοιχα, οι πρωτεΐνες γάλακτος μειώνουν την ικανότητα επάλειψης εξαιτίας των συσσωματωμάτων που σχηματίζουν τα οποία αυξάνουν την συνεκτικότητα των δειγμάτων. Η θερμοκρασία στραγγίσματος δεν φαίνεται να επηρεάζει την ικανότητα επάλειψης του τυριού.

Η απουσία πρωτεϊνών γάλακτος, τα υψηλά ποσοστά κρέμας γάλακτος, η υψηλή θερμοκρασία επώασης και στραγγίσματος του τυριού σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία διαίρεσης, ανεξαρτήτως του ποσοστού προσθήκης καλλιέργειας εκκίνησης αυξάνουν την οργανοληπτική αίσθηση λιπαρότητας.

Η κρεμώδης υφή φαίνεται να μην επηρεάστηκε από το ποσοστό της καλλιέργειας εκκίνησης και από τη θερμοκρασία στραγγίσματος αλλά μόνο από τη θερμοκρασία διαίρεσης και τις πρωτεΐνες γάλακτος, αρνητικά, και από την θερμοκρασία επώασης και κρέμα γάλακτος, θετικά. Επιπρόσθετα, η προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος 3% σε συνδυασμό με θερμοκρασία επώασης 18°C μειώνουν την κρεμώδη υφή, ενώ η θερμοκρασία επώασης ρυθμισμένη στα μεσαία επίπεδα αυξάνει την κρεμώδη υφή.

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας τη δράση των 6 παραγόντων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νέου προϊόντος τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας κεφίρ προκύπτουν οι ακόλουθες διαπιστώσεις.

Οι πρωτεΐνες γάλακτος, η θερμοκρασία επώασης, η θερμοκρασία διαίρεσης και η προσθήκη κρέμας αποτελούν τους καθοριστικότερους παράγοντες για τη σύνθεση του νέου προϊόντος.

Με την προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος μειώνεται η ικανότητα επάλειψης, η κρεμώδης υφή και η αίσθηση της λιπαρότητας, αποτέλεσμα το οποίο είναι αναμενόμενο εξαιτίας των συσσωματωμάτων που σχηματίζουν οι πρωτεΐνες γάλακτος τα οποία αυξάνουν την συνεκτικότητα των δειγμάτων. Αντιθέτως, η προσθήκη κρέμας γάλακτος, αυξάνει στατιστικά σημαντικά την ικανότητα επάλειψης, την κρεμώδη υφή και την αίσθηση της λιπαρότητας.

Η θερμοκρασία επώασης στα υψηλά επίπεδα 22°C αυξάνει και τις 3 μεταβλητές απόκρισης (ικανότητα επάλειψης, κρεμώδης υφή, αίσθηση της λιπαρότητας).

Η προσθήκη κρέμας στα υψηλά επίπεδα 10% αυξάνει επίσης τις 3 μεταβλητές απόκρισης (ικανότητα επάλειψης, κρεμώδης υφή, αίσθηση της λιπαρότητας).

Η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας επώασης με τις πρωτεΐνες γάλακτος, την προσθήκη κρέμας επηρεάζει σημαντικά τις μεταβολές της ικανότητας επάλειψης, της κρεμώδους υφής και τη λιπαρότητα.

Συγκεκριμένα,

- ✚ Η θερμοκρασία επώασης 22°C σε συνδυασμό με την προσθήκη πρωτεϊνών γάλακτος 3% προκαλεί αύξηση της ικανότητας επάλειψης (θετική συνέργεια).

- ✚ Η θερμοκρασία επώασης 18°C σε συνδυασμό με την προσθήκη κρέμας προκαλεί αύξηση της λιπαρότητας.

- ✚ Η θερμοκρασία επώασης 20°C σε συνδυασμό με την απουσία πρωτεϊνών γάλακτος, θερμοκρασία διαίρεσης 20°C και προσθήκη κρέμας 10% προκαλεί αύξηση της κρεμώδους υφής.

Κεφάλαιο 8. Προοπτικές έρευνας για το μέλλον

- ♦ Επίδραση της προσθήκης πρωτεϊνών γάλακτος, καλλιέργειας εκκίνησης, θερμοκρασίας επώασης, θερμοκρασίας διαίρεσης, κρέμας γάλακτος και θερμοκρασίας στραγγίσματος στα φυσικοχημικά και ρεολογικά χαρακτηριστικά προϊόντων τυρί αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας από κεφίρ.
- ♦ Επίδραση του χρόνου διατήρησης στα φυσικοχημικά, ρεολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά προϊόντων τυριού αλοιφώδους υφής με τη χρήση καλλιέργειας από κεφίρ.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- ❖ Irigoyen A., Arama I., Castiella M., Torre P., Ibanez F.C. (2005). Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*. 90:613-620.
- ❖ Garrote G., Abraham A., De Antoni G. (1998). Characteristics of kefir prepared with different grain: milk ratios. *Journal of Dairy Research*. 65:149-154.
- ❖ Koroleva N.S. (1988). Technology of kefir and koumis. *Bulletin of the International Dairy Federation*. 227:96-100.
- ❖ Leite A.M.O., Miguel M.A., Peixoto R.S., Rosado A.S., Silva J.T., Paschoalin V.M. (2013). Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. *Brazilian Journal of Microbiology*. 44 (2):341- 349.
- ❖ Beshkova D.M., Simona E.D., Simon Z.I., Frengova G.I., Spasov Z.I. (2002). Pure cultures for making kefir. *Food Microbiology*. 19:537-544
- ❖ Dimitreli G., Gregoriou E.A., Kalantzidis G. Antoniou K.D. (2013). Rheological properties of kefir as affected by heat treatment and whey protein addition. *Journal of Texture Studies*. 44:1-6
- ❖ Farnworth E.R. (2005). Kefir – a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*. 2:1-17
- ❖ Gul et al, 2005 Manufacture and characterization of kefir made from cow and buffalo milk, using kefir grain and starter culture, *J. Dairy Sci*. 98 :1517–1525
- ❖ Phadungath, C. (2005) Casein Micelle Structure: A Concise Review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27, 201-212.
- ❖ *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 3η έκδοση, 2004.
- ❖ Bylund G. (1995). *Dairy Processing Handbook*. Sweden: Tetra Pak Processing Systems, AB Publisher.
- ❖ ISO 5492: 2008, 1992. Sensory analysis -Vocabulary (ISO 5492). International Organization for Standardization. Geneva (Switzerland)
- ❖ "Best-Worst Scaling". Cambridge University Press, Retrieved 2015-10-01
- ❖ Colbourn & Dinitz 2007, pp. 17 -19, Stinson 2003, p.1

- ❖ Dimitrellou, D., Kandyli, P., Mallouchos, A., Komaitis, M., Koutinas, A. A., & Kourkoutas, Y. (2010). Effect of freeze-dried kefir culture on proteolysis in feta-type and whey-cheeses. *Food Chemistry*, 119(2), 795–800.
- ❖ Bourne, M. C. (2002). Correlation Between Physical Measurements and Sensory Assessments of Texture and Viscosity. *Food Texture and Viscosity*, 293–323
- ❖ KOKINI, J. L., & DICKIE, A. (1982). A MODEL OF FOOD SPREADABILITY FROM FLUID MECHANICS. *Journal of Texture Studies*, 13(2), 211–227.
- ❖ Kim, D.-H., Jeong, D., Song, K.-Y., & Seo, K.-H. (2018). Comparison of traditional and backslapping methods for kefir fermentation based on physicochemical and microbiological characteristics. *LWT*, 97, 503–507.

Ελληνική

- ❖ Πετρίδης Δ. (2019), Εφαρμοσμένη Στατιστική με έμφαση στην Επιστήμη Τροφίμων. 5η Έκδοση. Εκδόσεις Back Office. Θεσσαλονίκη.
- ❖ ΚΤΠ, Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, Έκδοση 3, Απρίλιος 2014
<https://www.aade.gr/epiheiriseis/ypiresies-genikoy-himeioy-toy-kratoys-ghk/trofima-ylika-se-epafi-me-trofima/kodikas-trofimon-kai-poton/ishyoyses>

Ηλεκτρονική πηγή

<https://www.mednet.gr/archives/2001-5/pdf/496.pdf> Apoptosis: Cell death necessary for life, *Archives of Hellenic medicine* 2001 18(5):496-513