



**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας και Οργάνωσης Παραγωγής
στη Βιομηχανία Τροφίμων

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Διερεύνηση του φαινομένου της αμαύρωσης
κονσερβοποιημένων ξηρών φασολιών σε
βιομηχανική κλίμακα και τρόποι επίλυσης του»**



Όνομα Φοιτήτριας
Γατσούλη Ελένη

Όνομα Επιβλέποντα
Ραφαηλίδης Στυλιανός

Θεσσαλονίκη 2023



**DEPARTMENT OF FOOD
SCIENCE AND TECHNOLOGY**
School of Geosciences
INTERNATIONAL HELLENIC UNIVERSITY



Master of Science
**Quality Management and Production Organization Systems
for the Food Industry**

MSc Thesis
**"Investigation of the browning effect of canned
baked beans on an
industrial scale and methods of preventing it"**

Name of Student
Gatsouli Eleni
gatsouli_eleni@yahoo.com

Name of the Supervisor
Raphaelides Stylianos

Thessaloniki 2023

Έγινε δεκτή.

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο **«Διερεύνηση του φαινομένου της αμαύρωσης κονσερβοποιημένων ξηρών φασολιών σε βιομηχανική κλίμακα και τρόποι επίλυσης του»** που παρουσιάστηκε από την **ΓΑΤΣΟΥΛΗ ΕΛΕΝΗ**, υποψήφια για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών «Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας και Οργάνωσης Παραγωγής στη Βιομηχανία Τροφίμων» και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Όνομα επιβλέποντος

Ημερομηνία

Όνομα εξεταστή

Ημερομηνία

Όνομα εξεταστή

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Η Δηλούσα

Γατσούλη Ελένη

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Ραφαηλίδη Στυλιανό για την αμέριστη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε, καθώς και την υποστήριξη και εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά την κα. Μαρινοπούλου Άννα και την ομάδα του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Τροφίμων του Διεθνούς Πανεπιστημίου Ελλάδος που μου επέτρεψαν να εργασθώ στο χώρο του εργαστηρίου και μου παρείχαν πολύτιμη αρωγή κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον Δρ Πετρίδη Δημήτριο, η συμβολή του οποίου ήταν καταλυτική για την εκπόνηση της εργασίας, τόσο μέσω της καθοδήγησης του κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων, όσο και της βοήθειας και των συμβουλών που μου προσέφερε κατά την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος της εργασίας.

Εν κατακλείδι, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για τη στήριξη και συμπαράσταση που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, εξετάστηκε το φαινόμενο της αμαύρωσης κονσερβοποιημένων ξηρών φασολιών σε βιομηχανική κλίμακα και οι τρόποι επίλυσης του με τη χρήση κιτρικού οξέος, ροσμαρινικού οξέος και μεταδιθειώδους καλίου σε διάφορες αναλογίες, ξεχωριστά αλλά και μαζί, ως παρεμποδιστές της αντίδρασης.

Για το σκοπό αυτό παρήχθησαν σαράντα δύο δείγματα κονσερβών με λευκά φασόλια, είκοσι ένα σε νερό και είκοσι ένα σε σάλτσα τομάτας, τα οποία χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες των τεσσάρων δειγμάτων και ένα δείγμα control κάθε κατηγορία αντίστοιχα. Στο δείγμα control δεν έχει προστεθεί τίποτα επιπλέον της πρότυπης συνταγής ενώ στην πρώτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%) και στην δεύτερη ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%). Στην τρίτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%), στην τέταρτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%) και τέλος στην πέμπτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα με προσθήκη ροσμαρινικού οξέος διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%). Στην συνέχεια πλύθηκαν δέκα φασόλια από κάθε δείγμα και μετρήθηκε το χρώμα τους με την βοήθεια του φασματοφωτόμετρου VS3200 της X-RITE. Ακολούθησε φωτογράφιση του κάθε δείγματος και καταγραφή των αποτελεσμάτων ηλεκτρονικά ώστε να αναλυθούν τα αποτελέσματα στατικά.

Με βάση την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε αποδείχθηκε ότι αποτελεσματικότερος παρεμποδιστής της μη ενζυμικής αμαύρωσης κατά την παραγωγή των δειγμάτων είναι το μεταδιθειώδες κάλιο, αφήνοντας δεύτερα τα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα.

Τέλος, διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα που περιείχαν κιτρικό οξύ, ροσμαρινικό οξύ αλλά και κιτρικό οξύ 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα, όχι μόνο δεν παρεμπόδισαν την αντίδραση της μη ενζυμικής αμαύρωσης αλλά αντιθέτως ενίσχυσαν το σκούρο χρώμα των φασολιών στο τελικό αποτέλεσμα.

Abstract

In the context of this thesis, investigation of the browning effect of canned baked beans on an industrial scale and methods of preventing it was examined using citric acid, rosmarinic acid and potassium metabisulphite in various proportions, separately and together, as reaction inhibitors, were investigated. For this purpose, forty-two samples of canned white beans were produced, twenty-one in water and twenty-one in tomato sauce, which were divided into five groups of four samples and one control sample for each category respectively. Nothing has been added to the control sample in addition to the standard recipe, while the first group includes four samples of beans with the addition of citric acid of different content each (0.1%, 0.3%, 0.7% and 1%) and the second group four samples of beans with the addition of potassium metabisulphite at different concentrations each (0.1%, 0.3%, 0.7% and 1%). The third group includes four samples of beans with the addition of 0.1% citric acid in combination with potassium metabisulphite of different content each (0.1%, 0.3%, 0.7% and 1%), the fourth group includes four samples beans with the addition of 0.1% citric acid combined with rosmarinic acid of different concentrations each (0.1%, 0.3%, 0.7% and 1%) and finally the fifth group includes four samples with the addition of rosmarinic acid of different content each (0.1%, 0.3%, 0.7% and 1%). Then ten beans from each sample were washed and their color was measured with the help of X-RITE's VS3200 spectrophotometer. This was followed by photographing each sample and recording the results electronically in order to analyze the results statically.

Based on the statistical analysis carried out, it was shown that the most effective inhibitor of non-enzymatic browning during the production of the samples is potassium metabisulphite, leaving second the samples with the addition of 0.1% citric acid in combination with potassium metabisulphite of different content each.

Finally, it was found that the samples containing citric acid, rosmarinic acid and also 0.1% citric acid in combination with rosmarinic acid of different content each, not only did not prevent the non-enzymatic browning reaction but on the contrary enhanced the dark color of the beans in final result.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	6
Abstract	7
1. Εισαγωγή.....	10
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	11
2.1 Ιστορική Αναδρομή και Προέλευση του <i>Phaseolus Vulgaris</i> L.....	11
2.2 Βοτανική ταξινόμηση του <i>Phaseolus Vulgaris</i> L	14
2.3 Χημική σύσταση του <i>Phaseolus Vulgaris</i> L.....	15
2.4 Θρεπτική αξία και χαρακτηριστικά ποιότητας των φασολιών.....	16
2.5 Αρχές κονσερβοποίησης τροφίμων.....	19
2.5.1 Προπαρασκευή του τροφίμου	20
2.5.2 Γέμισμα των κουτιών	20
2.5.3 Απαέρωση των κουτιών	20
2.5.4 Σφράγιση των κουτιών	21
2.5.5 Θερμική επεξεργασία - αποστείρωση	21
2.5.6 Ψύξη κονσερβών	22
2.5.7 Συσκευασία και αποθήκευση	22
2.6 Αμαύρωση τροφίμων	22
2.6.1 Αντίδραση Maillard.....	23
2.6.2 Καραμελοποίηση των σακχάρων	23
2.6.3 Οξείδωση του ασκορβικού οξέος.....	24
2.7 Ενζυμική αμαύρωση.....	24
2.8 Πολυφαινόλες τροφίμων	24
2.8.1 Τι είναι οι φαινολικές ενώσεις.....	24
2.9 Ποιοτική υποβάθμιση τροφίμων εξαιτίας της μη ενζυμικής αμαύρωσης	26
2.10 Χημεία της αντίδρασης Maillard.....	27
2.11 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση Maillard.....	30
2.11.1 Τύπος αμινοξέος.....	31
2.11.2 Τύπος σακχάρου	31
2.11.3 pH.....	32
2.11.4 Αναλογία σακχάρου - αμινοξέος.....	33
2.11.5 Κατάσταση διαλύτη.....	33
2.11.6 Θερμοκρασία.....	35
2.12 Κινητική της αντίδρασης Maillard	36
2.13 Μη ενζυμική αμαύρωση τροφίμων μέσης και χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία	37
2.14 Νομοθετικό πλαίσιο	38
2.15 Συστήματα χρώματος.....	39
2.15.1 Η θεωρία του συστήματος Munsell.....	39

2.15.2 Η θεωρία του συστήματος C.I.E. Lab	42
3. Σκοπός της εργασίας	44
4. Υλικά και μέθοδοι	45
4.1 Πειραματική πορεία	45
4.1.1 Συνθήκες κονσερβοποίησης φασολιών	45
4.2 Εφαρμοζόμενες μέθοδοι και όργανα μέτρησης.....	48
4.2.1 Μετρήσεις pH φασολιών.....	48
4.2.2 Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος.....	48
4.2.3 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης αποτελεσμάτων.....	50
5. Αποτελέσματα και συζήτηση	52
5.1 Μετρήσεις pH φασολιών.....	52
5.1.1 Φασόλια σε νερό	52
5.1.2 Φασόλια σε σάλτσα τομάτας.....	54
5.2 Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος φασολιών.....	56
5.2.1 Φασόλια σε νερό	56
5.2.2 Φασόλια σε σάλτσα τομάτας.....	80
5.3 Στατιστική ανάλυση παραμέτρων χρώματος φασολιών.....	105
5.3.1 Ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων Anova.....	105
5.3.2 Ανάλυση ταξινόμησης των στοιχείων Cluster Analysis	129
6. Συμπεράσματα.....	132
7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	133
Suggestions for further work	133
8. Βιβλιογραφία.....	134

1. Εισαγωγή

Βασικό αντικείμενο της μελέτης της παρακάτω εργασίας είναι η χρήση φυσικών και χημικών συστατικών για το φαινόμενο της αμαύρωσης κονσερβοποιημένων ξηρών φασολιών σε βιομηχανική κλίμακα και οι τρόποι επίλυσης του. Ο σκοπός της εργασίας είναι να χρησιμοποιηθούν φυσικά και χημικά συστατικά που έχουν ανασταλτική δράση έναντι της μη ενζυμικής αμαύρωσης των τροφίμων και συγκεκριμένα των λευκών φασολιών μετά την κονσερβοποίηση τους.

Αρχικά παρατίθενται γενικές πληροφορίες για την ιστορία των φασολιών, τα χαρακτηριστικά τους και την διαδικασία κονσερβοποίησης τους. Στην συνέχεια αναφέρεται το τι είναι το σύστημα χρώματος του Munsell και έπειτα δίνονται πληροφορίες για να κατανοήσει ο αναγνώστης τι είναι η μη ενζυμική αμαύρωση, ποιος είναι ο μηχανισμός που οδηγεί στην εμφάνιση της και ποια συστατικά του τροφίμου λαμβάνουν μέρος στην ολοκλήρωση της. Περιγράφονται οι διάφορες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για τον έλεγχο και περιορισμό της μη ενζυμικής αμαύρωσης, οι συνθήκες κονσερβοποίησης και ο τρόπος μέτρησης του χρώματος των φασολιών.

Έπειτα παρατίθενται οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, ενώ περιγράφεται η πειραματική πορεία που ακολουθήθηκε. Συγκεκριμένα, αναφέρονται οι συνθήκες κονσερβοποίησης των φασολιών, ο τρόπος μέτρησης του χρώματος τους και το εργαλείο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς τα αποτελέσματα που προέκυψαν και η ταξινόμηση τους, περιγράφοντας τον τρόπο δράσης των φυσικών και χημικών συστατικών που προστέθηκαν στα δείγματα φασολιών πάνω στα οποία έγινε η μελέτη και απεικονίζοντας τα με ενδεικτικές φωτογραφίες. Στην συνέχεια, καταγράφεται η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων που πραγματοποιήθηκε και παρατίθενται τα συμπεράσματα της εν λόγω μελέτης.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Ιστορική Αναδρομή και Προέλευση του *Phaseolus Vulgaris* L.

Τα όσπρια, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα φασόλια, αποτελούν πηγή τροφής του ανθρώπου για χιλιάδες χρόνια. Το κοινό φασόλι (*Phaseolus Vulgaris* L.) είναι από τα πιο σημαντικά όσπρια, για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπο, σε όλο τον κόσμο. Καλλιεργείται τόσο για τους χλωρούς λοβούς όσο και για τα ξερά σπέρματά του. Μεταξύ των οσπρίων καταλαμβάνει την πρώτη θέση σε παγκόσμια κλίμακα. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής ξερών φασολιών είναι η Ινδία, η Βραζιλία, το Μεξικό και η Κίνα (Singh et al., 2000).

Το γένος *Phaseolus Vulgaris* L. κατάγεται από την Αμερική και περιλαμβάνει πάνω από 30 είδη (Singh et al., 2000). Στη Γουατεμάλα και στο Μεξικό απαντώνται διάφοροι άγριοι τύποι του *Phaseolus Vulgaris* που θεωρούνται πρόγονοι του καλλιεργούμενου φασολιού, ενώ υπάρχει και η εκδοχή ότι το καλλιεργούμενο φασόλι προέρχεται από το άγριο είδος *Phaseolus aborigineus* που συναντάται στην Αργεντινή όπως αναφέρεται από το Δαλιάνη, 1993.

Από αρχαιολογικά ευρήματα, προκύπτει ότι πολλά είδη φασολιού είχαν καλλιεργηθεί από τους ιθαγενείς της Αμερικής. Υπάρχουν όμως και ενδείξεις ότι το είδος *Phaseolus Vulgaris* πιθανών να εξημερώθηκε στην περιοχή της Βραζιλίας και βόρειας Αργεντινής (Δαλιάνης, 1993). Από τα είδη που ανήκουν στο γένος *Phaseolus* μόνο πέντε πιθανώς να εξημερώθηκαν: τα *P. acutifolius* A. Gray (tepary bean), *P. coccineus* L. (scarlet runner bean), *P. lunatus* L. (Lima bean), *P. polyanthus* Greenman (year-long bean), και *P. vulgaris* L. (common bean) (Debouck, 2000, Singh et al., 2000). Μεταξύ αυτών των ειδών το κοινό φασόλι *Phaseolus Vulgaris* είναι το πιο ευρέως καλλιεργούμενο, κατέχοντας πάνω από το 85% της παραγωγής από όλα τα γένη *Phaseolus* στον κόσμο.

Το κοινό φασόλι με αριθμό χρωμοσώμων $2n=2x=22$ έχει μέγεθος γενώματος 637 Mbp ή 0.66 pg/IC (Arumuganathan et al., 1991). Η παραλλακτικότητα μέσα στο γένος του κοινού φασολιού διακρίνεται σε δυο κύρια γονιδιακά αποθέματα (gene pools), των Άνδεων και της Κεντρικής Αμερικής. Η παραλλακτικότητα μεταξύ των ειδών του γένους *Phaseolus*, οργανώνεται σε πρωτογενή, δευτερογενή, τριτογενή και τεταρτογενή γονιδιακά αποθέματα. Στα πρωτογενή γονιδιακά αποθέματα περιλαμβάνονται τοπικές ποικιλίες και άγριοι πληθυσμοί, που είναι και οι άμεσοι πρόγονοι των ποικιλιών του κοινού φασολιού (Debouck, 2000, Singh et al., 2000). Οι άγριοι πληθυσμοί κατανέμονται από το βόρειο Μεξικό (Chihuahua) έως την

βορειοδυτική Αμερική (San Luis) (Gepts et al., 1986). Πέραν τούτου, το κοινό φασόλι είναι μια καλλιέργεια ακεντρική (noncentric), δηλαδή δεν μπορεί να αποδοθεί σε ένα μόνο κέντρο καταγωγής και έτσι εμφανίζονται πολλαπλά κέντρα εξημέρωσης με γενική διασπορά στην κεντρική και νότια Αμερική (Gepts et al., 1986).

Τα υβρίδια μεταξύ άγριων και καλλιεργούμενων φασολιών είναι πλήρως γόνιμα και παραγωγικά ενώ δεν υπάρχουν φραγμοί στις διασταυρώσεις μεταξύ τους (Singh et al., 1995). Εξαιρέση αποτελεί η εμφάνιση του DI-I γονιδίου στην κεντρική Αμερική και του DI-2 στους άγριους πληθυσμούς (Koinange et al., 1992) και καλλιεργούμενες ποικιλίες (Singh et al., 1984) των Άνδεων που κάνει αδύνατη τη φυσική διασταύρωση μεταξύ άγριων και καλλιεργούμενων φασολιών. Κατά τη διάρκεια της εξημερώσεώς του, το φασόλι υπέστη διάφορες μορφολογικές και φυσιολογικές αλλαγές. Έχει εξελιχθεί από εξαιρετικά ακαθόριστης, αναρριχώμενης ανάπτυξης σε καθορισμένης, νάνας ανάπτυξης, από ευαίσθητο σε μακρά φωτοπερίοδο σε αντίστοιχο ουδέτερης αντίδρασης, από μικρόσπερμο σε μεγαλόσπερμο, από τύπο με λήθαργο σπόρου και στεγανότητα στην περατότητα νερού του περισπερμίου σε έλλειψη λήθαργου και με περισπέρμιο διαπερατό στο νερό, από εξαιρετικά ινώδη λοβό και θρυμματιστό σε αντίστοιχο λοβό χωρίς ίνες και αθρυμμάτιστο (Gepts et al., 1991). Κύρια μεγαλογονίδια, ή γονιδιακές θέσεις ποσοτικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων (QTLs) συνδεδεμένα με χαρακτηριστικά εξημέρωσης του κοινού φασολιού έχουν αναγνωριστεί και χαρτογραφηθεί (Freyre et al., 1998, Gu et al., 1998, Koinange et al., 1996). Τα γνωρίσματα αυτά αφορούν, τον τύπο ανάπτυξης του φυτού, την αντίδραση στην φωτοπερίοδο, την παρουσία φυτικών ινών στο λοβό, τον περιορισμό του λήθαργου και την αύξηση του βάρους σπόρου. Η εξημέρωση συνοδεύτηκε από μείωση του αριθμού των διακλαδώσεων και των φύλλων, ενώ η διάμετρος του στελέχους και το μέγεθος των φύλλων αυξήθηκαν. Στους άγριους τύπους φασολιού κάθε λοβός περιελάμβανε 9 σπόρους ενώ στις περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες πέντε όπως αναφέρεται από το Δαλιάνη, 1993.

Στα δευτερογενή γονιδιακά αποθέματα, περιλαμβάνονται τα είδη *Ph. coccineus*, *Ph. Costaricensis* και *Ph. polyanthus*. Αυτά τα τρία είδη διασταυρώνονται μεταξύ τους και κάθε ένα μπορεί να διασταυρωθεί με το κοινό φασόλι ειδικά όταν το κοινό φασόλι χρησιμοποιείται ως θηλυκός γονέας (Singh et al., 2000, Singh et al., 1997). Αντιθέτως διασταυρώσεις των προηγούμενων τριών ειδών με το κοινό φασόλι ως αρσενικό γονέα είναι πιο δύσκολες, επειδή οι νεοσυνδυασμοί είναι ασταθείς ενώ υπάρχει η τάση να επανέρχονται στο φαινότυπο του θηλυκού γονέα (Debouck, 1999, Gepts et al., 1986).

Τα τριτογενή γονιδιακά αποθέματα περιλαμβάνουν τα είδη *Ph. acutifolius* και *Ph. Parvifolius*. Αυτά τα δυο είδη, μπορούν να διασταυρωθούν και να παράγουν πλήρως γόνιμους απογόνους (Singh et al., 1998), ενώ οι διασταυρώσεις με το κοινό φασόλι δεν είναι επιτυχείς (Singh et al., 1998). Διασταυρώσεις του κοινού φασολιού με τα είδη *Ph. filiformis*, *Ph. angustissimus* και *Ph. lunatus*, έχουν επιχειρηθεί χωρίς να παραχθούν βιώσιμοι και γόνιμοι απόγονοι. Αυτά τα είδη πρέπει να ανήκουν στα τεταρτογενή γονιδιακά αποθέματα του φασολιού.

Η φασεολίνη αποτελεί την κύρια αποθηκευτική πρωτεΐνη του φασολιού, η παραγωγή της οποίας ελέγχεται από την *Phs* γονιδιακή περιοχή. Αποτελεί γύρω στο 35-50% της συνολικής πρωτεΐνης στους σπόρους του κοινού φασολιού όπως αναφέρεται από τους Johnson et al., 1993. Δυο κύριοι και πολλοί δευτερεύοντες τύποι φασεολίνης έχουν αναγνωριστεί με βάση τα πρότυπα ζωνών σε μονοδιάστατες πηκτές πολυακρυλαμίδης SDS. Ο κύριος τύπος που βρέθηκε σε καλλιεργούμενο γενετικό υλικό είναι ο τύπος 'S' (από τη Sanilac, την ποικιλία στην οποία αναγνωρίστηκε για πρώτη φορά) και ο τύπος 'T' (Tendergreen) (Singh et al., 1998). Οι 'S' και 'T' τύποι, χαρακτηρίζουν το 80% των καλλιεργούμενων ποικιλιών (Gepts et al., 1985). Ο τύπος της φασεολίνης, έχει χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για διαφοροποίηση μεταξύ άγριων και καλλιεργούμενων τύπων φασολιού που ανήκουν στα γονιδιακά αποθέματα της Μεσοαμερικάνικης (S τύπος φασεολίνης) και της ζώνης των Άνδεων (T τύπος) (Gepts et al., 1986, Debouck et al., 1993, Gepts, 1993, Singh et al., 2000). Η σύνδεση μεταξύ της P and *Phs* γονιδιακής θέσης οι οποίες κωδικοποιούν το χρώμα του σπόρου, η φύση των προϊόντων του γονιδίου *Phs* (μια πλούσια πρωτεΐνη σπόρου), υπονοούν ότι το *Phs* μπορεί να είναι ένα υποψήφιο γονίδιο υπεύθυνο για το βάρος του σπόρου (Gepts et al, 1986).

Ο Hartana (1983) ανέπτυξε ισογονιδιακές σειρές για διαφορετικούς τύπους φασεολίνης χρησιμοποιώντας τη Sanilac ως γενετικό υπόβαθρο, για να αναλύσει τις επιδράσεις της φασεολίνης στα αγρονομικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών όπως αναφέρεται από τους Gepts et al, (1986). Ο ίδιος ερευνητής απέδειξε ότι οι 'T' και ο 'C' τύποι φασεολίνης είναι συσχετιζόμενη σημαντικά με μεγαλύτερο βάρος σπόρου, αυξημένη ολική πρωτεΐνη και αυξημένο ποσοστό φασεολίνης σε σύγκριση με τον 'S' τύπο. Ωστόσο, η απόδοση δεν φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από τον τύπο φασεολίνης. Οι προηγούμενες παρατηρήσεις έφεραν στο προσκήνιο τη διερεύνηση της σχέσης φασεολίνης και βάρους σπόρου και σε άλλους πληθυσμούς και περιβάλλοντα. Οι Johnson et al, (1993) μελέτησαν πέντε πληθυσμούς για τη σχέση μεγέθους σπόρου και τύπου φασεολίνης, σε περισσότερες από μια εποχές και περιβάλλοντα. Μεταξύ των εποχών ή των περιβαλλόντων, η *Phs* γονιδιακή περιοχή

συσχετίστηκε με το βάρος του σπόρου και εκτιμήθηκε ότι εξηγεί το 18-33% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης για το βάρος του σπόρου. Περαιτέρω απόδειξη για την ύπαρξη των γονιδιακών αποθεμάτων φαίνεται και από τη σχέση μεταξύ μεγέθους σπόρου (μικρό έναντι μεγάλο) με τα DI γονίδια (DI-1 έναντι του DI-2) και το ασυμβίβαστο των F_i υβριδίων, την πρωτεΐνη φασεολίνη του σπόρου, αλλοένζυμα, μορφολογικά γνωρίσματα (Singh et al, 1991) και DNA δείκτες (Haley et al, 1994).

Ο Gepts (1998) πρότεινε ότι οι ποικιλίες με S τύπο φασεολίνης εξημερώθηκαν στις περιοχές του Μεξικού Jalisco και Guanajuato. Διαδοχικά, S τύπου φασόλια έχουν εξαπλωθεί σε άλλες περιοχές όπου έχουν επιλεγεί με παραλλαγές ως προς τον τύπο σπόρου και φυτού καθώς και για τοπική προσαρμοστικότητα. Μοριακή γενετική ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD σε τροπικό και εύκρατο γενετικό υλικό δείχνουν διαφορές στο γένωμα και πιθανόν υπονοούν ανεξάρτητα γεγονότα εξημέρωσης των άγριων πληθυσμών. Από γενετικές μελέτες σε γνωρίσματα εξημέρωσης έχει βρεθεί ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος του σπόρου, συνδέονται με το γονίδιο της φασεολίνης (Koinange et al., 1996). Οι Singh et al, (1998) βρήκαν ότι επαναδιασταυρώνοντας άγρια φασόλια του Μεξικού με κοινό γονέα, είχε ως αποτέλεσμα παραγωγή σειρών με μικρότερο μέγεθος σπόρου από αυτό των γονέων με S τύπου φασεολίνη. Η γονιδιακή περιοχή που κωδικοποιεί την παραγωγή της φασεολίνης είναι συνδεδεμένη με το P γονίδιο που κωδικοποιεί το χαρακτηριστικό λευκού σπόρου (Gepts, 1998).

2.2 Βοτανική ταξινόμηση του *Phaseolus Vulgaris* L

Η συστηματική ταξινόμηση του φασολιού *Phaseolus Vulgaris* L. φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1):

Πίνακας 1: Συστηματική ταξινόμηση του φασολιού *Ph. Vulgaris* L.

Βασίλειο	Φυτά
Συνομοταξία	Αγγειόσπερμα
Ομοταξία	Δικοτυλήδονα
Τάξη	Κυαμώδη
Οικογένεια	Κυαμοειδή
Υποοικογένεια	Παπιλιονοειδή
Γένος	Φασόλιος
Είδος	<i>Phaseolus Vulgaris</i>

Το φασόλι *Ph. Vulgaris* είναι ετήσιο ποώδες φυτό, με νάνα ή αναρριχώμενη ανάπτυξη. Είναι κυρίως αυτογονιμοποιούμενο και περιλαμβάνει πολλούς τύπους που ποικίλουν σε σχήμα, μέγεθος, χρώμα λοβού και χρώμα σπόρων (Σχήμα 1.1).

Καλλιεργείται ως φυτό μεγάλης καλλιέργειας για την παραγωγή ξηρών φασολιών πλουσίων σε πρωτεΐνες (όσπρια) ή ως λαχανικό για την παραγωγή νωπών – φρέσκων λοβών (Δημητράκης, 1998).



Σχήμα 1.1: Το είδος Phaseolus Vulgaris περιλαμβάνει πολλούς τύπους που διαφέρουν ως προς το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των σπόρων.

2.3 Χημική σύσταση του Phaseolus Vulgaris L.

Η πλειονότητα των θρεπτικών ουσιών των ξηρών φασολιών βρίσκονται πρωτίστως στις κοτυληδόνες και αντιπροσωπεύουν μέχρι το 90% της συνολικής θρεπτικής αξίας. Συνήθως τα ξηρά φασόλια αποδίδουν 1255 – 1464 kJ ανά 100g ξηρούς σπόρους. Η πλειοψηφία των συστατικών είναι πρωτεΐνες και υδατάνθρακες και αντίστοιχα αντιπροσωπεύουν 18-26% και 50-77% του συνολικού βάρους του σπόρου. Το υπόλοιπο αποτελείται από λίπος, μέταλλα, ίνες και βιταμίνες. Τα ξηρά φασόλια γενικά περιέχουν μικρές ποσότητες λίπους (1-3% του βάρους) με κυριότερο αντιπρόσωπο το λινελαϊκό οξύ (43,1% στο σύνολο των λιπαρών οξέων) (Grela et al., 1995) (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Χημική σύσταση του φασολιού Phaseolus Vulgaris L.

Συστατικό	% κατά βάρος ξηρής ουσίας
Νερό	9-20
Πρωτεΐνες	18-26
Υδατάνθρακες	50-77
Λιπαρές ουσίες	0,25-3,48
Διαιτητικές ίνες	3,6-6,7
Τέφρα	1,86-4,39

Η χημική σύσταση των ξηρών φασολιών επηρεάζεται από την ίδια την ποικιλία, την γεωγραφική περιοχή στην οποία καλλιεργείται, αλλά και από την αλληλεπίδραση ποικιλίας και τοποθεσίας. Επίσης, ήπιες θερμοκρασίες και μεγάλες βροχοπτώσεις

αποδίδουν σπόρους με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε άμυλο, αμυλόζη και σακχαρόζη και χαμηλότερες σε πρωτεΐνες και μαλικό οξύ (Grela et al., 1995).

2.4 Θρεπτική αξία και χαρακτηριστικά ποιότητας των φασολιών

Η ποιότητα είναι ένας από τους πιο ενδιαφέροντες παράγοντες για τη βιομηχανία τροφίμων. Η ποιότητα πολλών φρούτων και λαχανικών επηρεάζεται από τη φυσιολογική ωρίμανσή τους κατά τη διάρκεια της συγκομιδής. Η ωρίμανση συχνά καθορίζεται από οπτική παρατήρηση όμως στον έλεγχο της ποιότητας υπάρχει ανάγκη να αναπτυχθούν αντικειμενικοί έλεγχοι για τον καθορισμό της (Martinez, 1994). Μετρήσεις των αλκοολικών διαλυτών στερεών, της περιεκτικότητας σε υγρασία, του χρώματος και της υφής της σάρκας (μονάδες tenderometer) έχουν αναφερθεί ως εφαρμοζόμενες τεχνικές για τη μέτρηση της ανάπτυξης και ωρίμανσης του φασολιού (Shams et al., 1987). Τα όσπρια έχουν σημαντικό μερίδιο στην Μεσογειακή διαίτα, εφοδιάζοντας με υψηλά επίπεδα ενέργειας τον ανθρώπινο οργανισμό έχοντας ως βάση τους υδατάνθρακες και τις πρωτεΐνες ενώ χαμηλό είναι το αντίστοιχο επίπεδο ενέργειας που προέρχεται από λίπη.

Για αποτελεσματική επιλογή των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ποιότητας, χρειάζεται καλύτερη κατανόηση σε φυσιολογικό και βιοχημικό επίπεδο του γενετικού ελέγχου καθώς και της επίδρασης του περιβάλλοντος στα χαρακτηριστικά ποιότητας. Πειράματα αγρού έχουν δείξει μεγάλη παραλλακτικότητα στο γένος *Phaseolus* όσον αφορά τις συγκεντρώσεις πεπτικών ουσιών καθώς και χαρακτηριστικών βρασμού του σπόρου. Αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζονται σημαντικά από τη γεωγραφική θέση, και τις εδαφικές και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της καλλιέργειας. Πληροφορίες για την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων (θερμοκρασία, διαθεσιμότητα νερού, εδαφικές συνθήκες κ.α.) στα χαρακτηριστικά ποιότητας του σπόρου είναι πολύ σπάνιες (Kigel, 1999). Η ποιότητα των σπόρων του φασολιού που φθάνουν στον καταναλωτή, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σπόρου κατά τη στιγμή της συγκομιδής, τις μεταχειρίσεις των συγκομιζόμενων σπόρων, τις συνθήκες αποθήκευσης και την τεχνολογία επεξεργασίας. Τα χαρακτηριστικά του σπόρου κατά τη συγκομιδή καθορίζονται από το γενότυπο της ποικιλίας και από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού και του σπόρου. Αποτελεσματική επιλογή για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ποιότητας, θα είναι εφικτή όταν διερευνηθεί και μελετηθεί ο έλεγχος του βαθμού επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων στην ποιότητα του σπόρου. Από εργασίες που έχουν δημοσιευθεί, προκύπτει σημαντική επίδραση του περιβάλλοντος καθώς και αλληλεπιδράσεις όπως γενότυπος * περιοχή ή γενότυπος * εποχή (ή έτος) όπως αναφέρει ο Kigel, 1999.

Οι Salvador et al, (2003), προσπάθησαν να βρουν QTL, συνδεδεμένο με τη μάζα του σπόρου, τη συγκέντρωση σε Ca, Fe, Zn και τανίνες στο σπόρο. Διακόσιοι ενενήντα ένας δείκτες AFLP εντοπίστηκαν σε 120 F2:3 οικογένειες που προήλθαν από διασταύρωση μεταξύ της καλλιεργούμενης ποικιλίας 'Bayo Baranda' και ενός άγριου είδους του κοινού φασολιού. Παρατηρήθηκε σημαντική φυλετική διάσπαση μεταξύ των F2J. Πέντε θεωρητικά QTL συσχετίστηκαν σημαντικά με τη μάζα του σπόρου, δυο με το Ca, δυο με τη συγκέντρωση Fe, ένα με τη συγκέντρωση Zn και τέσσερα με τη συγκέντρωση των τανινών στο σπόρο. Αυτά τα QTL εξηγούν ποσοστό -42, 25, 25, 15, και 42% της φαινοτυπικής διακύμανσης, αντιστοίχως.

Από την άλλη πλευρά δεν υπάρχουν πληροφορίες για τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στα επίπεδα θρεπτικών παραγόντων που παρουσιάζονται στο σπόρο. Εφαρμογή αζωτούχου (Bengtsson, 1991) και θειούχου λίπανσης (Sharma et al., 1993) συνήθως αυξάνει τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών στο σπόρο και σε S- αμινοξέα (μεθειονίνη, κυστεϊνη κ.α.). Συνθήκες στέρησης νερού κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του σπόρου, έχουν ως συνέπεια την μείωση της συγκέντρωσης του αμύλου και την αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυτών σακχάρων. Αντίθετα οι διαλυτές πρωτεΐνες και τα αμινοξέα δεν επηρεάζονται από την καταπόνηση έλλειψης νερού (Pasin et al., 1991).

Το φασόλι γενικά πρέπει να μαγειρεύεται για να γίνεται νόστιμο, να αδρανοποιούνται τα ασταθή μη θρεπτικά συστατικά ώστε να βοηθηθεί η χώνεψη και η αφομοίωση των πρωτεϊνών και του αμύλου. Παρατεταμένη αποθήκευση, ειδικότερα σε υψηλές θερμοκρασίες και σχετική υγρασία, συμβάλλει στο φαινόμενο hard-to-cook (φασόλια μη βραστερά). Η ανάγκη για παρατεταμένο βρασμό μπορεί να συνδεθεί με δυο διαφορετικές διαδικασίες όπως αναφέρει ο Kigel, 1999:

- α) Τη δυσκολία απορρόφησης νερού από το σπόρο κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος (Hardshell - χονδρόπετσα). Αυτό μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή διαπερατότητα του περιβλήματος από το νερό. Βρέθηκαν διαφορές στο μέγεθος της μικροπύλης που σχετιζόταν με τη διαπερατότητα του περιβλήματος από το νερό.
- β) Το φαινόμενο κατά το οποίο οι σπόροι απορροφούν νερό αλλά δεν μαλακώνουν (Hard-to-cook, μη βραστερά).

Η διαπερατότητα του περιβλήματος, η σκληρότητα και η απορρόφηση του νερού, επηρεάζονται από παράγοντες τού περιβάλλοντος και αλληλεπιδράσεις γενοτύπου με το περιβάλλον (GxE). Από μελέτη 10 ποικιλιών ξερού φασολιού σε 3 περιοχές στην Ρουάντα, βρέθηκαν σημαντικές επιδράσεις του περιβάλλοντος και αλληλεπιδράσεις GXE για τον χρόνο βρασμού, την απορρόφηση του νερού και τη συγκέντρωση σε

πρωτεΐνη (Shellie et al., 1991). Σε άλλη μελέτη στον Καναδά με 20 ποικιλίες σε 3 περιοχές, τα αποτελέσματα της αποθήκευσης σε υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία και η επίδρασή τους στο φαινόμενο (hard-to-cook, φασόλια μη βραστερά), αποτιμήθηκαν έμμεσα μετρώντας την σκληρότητα του σπόρου. Η αλληλεπίδραση γενοτύπου-περιβάλλοντος GXE υπολογίστηκε στο 69% της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας που αφορά την σκληρότητα του σπόρου κατά τη συγκομιδή (Michaels et al., 1991). Σημαντικές αλληλεπιδράσεις GXE για τη σκληρότητα του σπόρου και την απορρόφηση νερού, βρέθηκαν επίσης σε μια τριετή μελέτη που έγινε στην Ισπανία, με 64 ποικιλίες φασολιού οι οποίες καλλιεργήθηκαν στην ίδια περιοχή (Escribano et al., 1997).

Επίσης χαρακτηριστικά του εδάφους όπως η συγκέντρωση μετάλλων, επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του σπόρου. Ο χρόνος βρασμού και η σκληρότητα του σπόρου αυξάνονται καλλιεργώντας φασόλια σε περιοχές με εδάφη πλούσια σε Ca και Mg και μέση ετήσια θερμοκρασία (15-24 °C), συγκρινόμενες με περιοχές όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες (11-18 °C) και εδάφη φτωχά σε Mg και P. Υψηλές βροχοπτώσεις, έχουν συνδεθεί με λεπτότερο περίβλημα σπόρου και λιγότερο χρόνο βρασμού. Από αυτό συμπεραίνει κανείς ότι οι επιδράσεις της βροχής στο χρόνο βρασμού οφείλονται σε αλλαγές στα χαρακτηριστικά του περιβλήματος του σπόρου και στη διαπερατότητα του νερού (Kigel, 1999).

Αρκετά γνωρίσματα του σπόρου έχουν συνδεθεί με το χρόνο βρασμού. Αργά μαγειρεμένα φασόλια έχουν την τάση να απορροφούν λιγότερο νερό από αυτά που βράζουν γρήγορα. Όμως η φαινοτυπική συσχέτιση μεταξύ χρόνου βρασμού και απορρόφησης νερού βρέθηκε χαμηλή ($\gamma=-0.37$), ώστε να δικαιολογήσει τη χρήση της απορρόφησης νερού ως ένα έμμεσο δείκτη επιλογής για το χρόνο βρασμού (Shellie and Hosfield, 1991). Ο χρόνος βρασμού έδειξε θετική συσχέτιση με το μέγεθος του σπόρου, σε γενετικό υλικό 27 ποικιλιών φασολιού που μελετήθηκαν στην Τανζανία.

Τα πειράματα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μικρό έως μεσαίο μέγεθος σπόρου μπορεί να επιλεγεί για μείωση του χρόνου βρασμού (Mwandemele et al., 1992).

Σε μια μελέτη των Piergiovanni et al., (2000) παρατηρήθηκε ποικιλομορφία σε χαρακτηριστικά του βρασμού που αφορούσε 21 ντόπιους πληθυσμούς κοινού φασολιού στη περιοχή της Basilicata (νότια Ιταλία). Αυτή η ερευνητική ομάδα, βρήκε ότι μερικοί πληθυσμοί έχουν μεγάλους σπόρους, υψηλή συγκέντρωση σε πρωτεΐνη, χαμηλά επίπεδα σε τρυψίνη και μικρό χρόνο βρασμού. Η ανάλυση δέσμης ομοειδών ομάδων, έδειξε ότι 18 πληθυσμοί ομαδοποιήθηκαν σε δυο ομάδες και ότι οι νάνοι πληθυσμοί ήταν ευδιάκριτοι από τους αναρριχώμενους. Επίσης με βάση τον τύπο της

φασεολίνης, βρέθηκε ότι οι πληθυσμοί ανήκαν στη φυλή του Περού (γονιδιακά αποθέματα των Άνδεων).

Οι Hernandez et al., (2003) προσπάθησαν να αναγνωρίσουν δείκτες RAPD συνδεδεμένους με το χαρακτηριστικό του χρόνου βρασμού. Για να το πετύχουν αξιολόγησαν 104 ανασυνδυασμένες καθαρές σειρές προερχόμενες από δημιουργία εδωδιμων ποικιλιών φασολιού οι οποίες αποτιμήθηκαν για τρεις συνεχόμενες γενιές (Fs έως Fg) ως προς το χρόνο βρασμού. Οι πολυμορφισμοί από 310 ζεύγη βάσεων, εξήγησαν ότι μόνο το 23% της παραλλακτικότητας που αφορά το χρόνο βρασμού είχε στενή κληρονομικότητα (h) για το χρόνο βρασμού και τον αριθμό των γονιδίων που εμπλέκονται στο γνώρισμα. Παρατήρησαν επίσης ότι η χαμηλή σχέση μεταξύ RAPD δεικτών και χρόνου βρασμού προς το παρόν, δεν συνηγορούν στη χρήση του ως έμμεσου εργαλείου επιλογής. Ενώ ο εντοπισμός γενοτύπων με υψηλή κληρονομικότητα ($h^2=0.78$) δείχνει ότι επιλογή βασισμένη στο γνώρισμα αυτό θα μπορούσε να επιτρέψει πρόοδο στη βελτίωση.

2.5 Αρχές κονσερβοποίησης τροφίμων

Η διαδικασία της κονσερβοποίησης είναι μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους επεξεργασίας των τροφίμων με σκοπό την συντήρησή τους. Η κονσερβοποίηση συνίσταται στην θέρμανση των τροφίμων εντός κλειστών δοχείων με στόχο την καταστροφή των μικροοργανισμών, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αλλοίωση στο τρόφιμο ή βλάβη στην υγεία των καταναλωτών. Παράλληλα, τα τρόφιμα προφυλάσσονται για περαιτέρω επιμόλυνση με αποκλεισμό του αέρος.

Κατά την κονσερβοποίηση εξοντώνονται οι μικροοργανισμοί που μπορεί να αλλοιώσουν ή να επηρεάσουν την υγεία των καταναλωτών. Μπορεί όμως ορισμένοι οργανισμοί να επιβιώσουν σε αδρανή μορφή και να μην αναπτύσσονται σε συνθήκες κονσερβοποίησης. Επομένως, επιδιώκεται η “εμπορική κονσερβοποίηση” και όχι η πλήρης αποστείρωση, που θα κατέστρεφε τα θρεπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου και θα το αλλοίωνε (Σχήμα 2.1) (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).



Σχήμα 2.1: Κονσερβοποιημένα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Η διαδικασία της κονσερβοποίησης των τροφίμων περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

2.5.1 Προπαρασκευή του τροφίμου

Στο στάδιο αυτό γίνεται η ποιοτική διαβάθμιση (διαλογή) , το πλύσιμο (όπου χρειάζεται και αποφλοιώση) , η αφαίρεση της καρδιάς με τα σπέρματα (κουκούτσια) , το blanching (ζεμάτισμα) , το προμαγείρεμα, κλπ. Κατά την διαλογή απομακρύνονται τα ακατάλληλα και αλλοιωμένα για κονσερβοποίηση προϊόντα. Για πολλά τρόφιμα (κυρίως λαχανικά) είναι απαραίτητη η διαδικασία ζεματίσματος για τον καλύτερο καθαρισμό του προϊόντος, τη μείωση του όγκου του ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερο σερβίρισμα των δοχείων και να απομακρύνονται τα αέρια της αναπνοής από τους ιστούς που αν παραμείνουν περιορίζουν το κενό του δοχείου αφού αποβάλλονται κατά τη θερμική κατεργασία της αποστείρωσης. Ακόμη το ζεμάτισμα βοηθάει στην αδρανοποίηση των ενζύμων και στην παρεμπόδιση ενζυμικών αντιδράσεων, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την εμφάνιση και την θρεπτική αξία του τροφίμου. (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).

2.5.2 Γέμισμα των κουτιών

Γίνεται από ειδικά αυτόματα μηχανήματα και μέσα σ' αυτά τοποθετείται συγκεκριμένη ποσότητα τροφίμου. Στα κουτιά προστίθεται (συγχρόνως ή αμέσως μετά) το κατάλληλο υγρό στο οποίο θα βρίσκεται το τρόφιμο, άλμη (για λαχανικά) ή σιρόπι ζάχαρης (για φρούτα) , ή λάδι (για ψάρια) κλπ. Φροντίζουμε πριν κλειστούν οι συσκευασίες να παραμένει λίγος κενός χώρος (headspace) για την καλύτερη διατήρηση του κονσερβοποιημένου προϊόντος. (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).

2.5.3 Απαέρωση των κουτιών

Πριν κλείσουν τα κουτιά, είναι απαραίτητο να απομακρύνεται ο αέρας για τον περιορισμό της διόγκωσης των κουτιών, την απομάκρυνση του οξυγόνου (που μπορεί

να προκαλέσει εσωτερική διάβρωση και οξειδώσεις με αποτέλεσμα την σκουριά στις συσκευασίες και την αλλοίωση του τροφίμου (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).

2.5.4 Σφράγιση των κουτιών

Μετά την προθέρμανση γίνεται ερμητικό κλείσιμο των κουτιών σε ειδικό εξοπλισμό σφράγισης (Σχήμα 2.2), όχι με απλή συγκόλληση αλλά με διπλή ραφή (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).



Σχήμα 2.2: Εξοπλισμός σφράγισης κουτιών κονσερβών.

2.5.5 Θερμική επεξεργασία - αποστείρωση

Είναι ίσως το σπουδαιότερο στάδιο της κονσερβοποίησης, γιατί εξασφαλίζεται η σταθερότητα, η υγιεινή και η ασφάλεια του τροφίμου. Η θερμική κατεργασία γίνεται σε ειδικά “autoclaves” με τη βοήθεια ατμού με σύγχρονη πίεση όταν πρόκειται για αποστείρωση (Σχήμα 2.3). Η θερμοκρασία στην οποία γίνεται η θερμική κατεργασία εξαρτάται από το είδος του τροφίμου, το pH του, το μέγεθος του κουτιού κι άλλους παράγοντες (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).



Σχήμα 2.3: Αποστειρωτής ατμού κουτιών κονσερβών.

2.5.6 Ψύξη κονσερβών

Η ψύξη των κονσερβών γίνεται με το τέλος της θερμικής κατεργασίας και με διάφορες μεθόδους ψύξης.

Μετά την ψύξη γίνεται επικόλληση ετικετών από αυτόματα μηχανήματα. Στις ετικέτες περιγράφεται το προϊόν, τα συστατικά του τροφίμου, ο κωδικός της παρτίδας, οι ημερομηνίες συσκευασίας και κατανάλωσης του προϊόντος καθώς και όλες οι πληροφορίες που επιβάλλει η σχετική νομοθεσία (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).

2.5.7 Συσκευασία και αποθήκευση

Τα κονσερβοποιημένα προϊόντα συσκευάζονται σε κατάλληλα χαρτοκιβώτια και μεταφέρονται σε αποθήκες προσεκτικά ώστε να μην χτυπηθούν. Οι αποθηκευτικοί χώροι πρέπει να έχουν κατάλληλες συνθήκες για την υγιεινή διατήρηση των κονσερβοποιημένων προϊόντων (Αρβανιτογιάννης et al., 2001).

2.6 Αμαύρωση τροφίμων

Ένα φαινόμενο το οποίο απαντάται στα τρόφιμα και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και περιλαμβάνει την εμφάνιση κηλίδων ή περιοχών με σκούρο χρώμα – αμαύρωση - κατά την διάρκεια της επεξεργασίας τους ή της αποθήκευσης τους. Η εμφάνιση αυτού του χρώματος έχει διάφορες επιδράσεις στο τρόφιμο κυρίως στην εμφάνιση, στο άρωμα, στην γεύση, στην θρεπτική αξία και στην εμπορική εκμετάλλευση του τροφίμου. Μερικές φορές η εμφάνιση αυτού του χρώματος είναι επιθυμητή, σε άλλες περιπτώσεις όμως είναι ανεπιθύμητη. Σε περιπτώσεις όπως η παρασκευή αρτοσκευασμάτων, καραμέλας και κόκκων κακάο ή καφέ, η αμαύρωση αυτή είναι επιθυμητή αφού προσδίδει στο προϊόν ελκυστική εμφάνιση, γεύση, υφή και άρωμα και το καθιστά προτιμητέο από τους καταναλωτές. Σε άλλες περιπτώσεις όμως όπως η αμαύρωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών η αμαύρωση είναι ανεπιθύμητη και οδηγεί στην υποβάθμιση του προϊόντος (Belitz, 2014).

Η αμαύρωση των τροφίμων διακρίνεται κυρίως σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Ενζυμική αμαύρωση
- Μη ενζυμική αμαύρωση

Η ενζυμική αμαύρωση (enzymatic browning) είναι μια χημική αντίδραση που συμβαίνει σε ορισμένα τρόφιμα όταν έρχονται σε επαφή με τον αέρα. Αυτή η αντίδραση οφείλεται στην παρουσία ενζύμων που υπάρχουν φυσικά στα τρόφιμα.

Οι εμπορικές κονσερβοποιημένες τροφές συνήθως εφαρμόζουν μεθόδους για τη μείωση της ενζυμικής αμαύρωσης, όπως τη θερμική επεξεργασία, τη χρήση

αντιοξειδωτικών και την απομάκρυνση του αέρα από τη συσκευασία, προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα των προϊόντων.

Η μη ενζυμική αμαύρωση (Nonenzymatic browning, NEB) αφορά τις περιπτώσεις αμαύρωσης τροφίμων στις οποίες δεν λαμβάνουν μέρος ένζυμα (Belitz, 2014).

Ανάλογα με τον μηχανισμό της αντίδρασης που οδηγεί σε αμαύρωση, διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

2.6.1 Αντίδραση Maillard

Η αντίδραση Maillard είναι μια χημική αντίδραση που συμβαίνει μεταξύ αμινοξέων και εναπομεινάντων σακχάρων κατά τη διαδικασία μαγειρέματος, ψήσιματος ή ψηλαφήσεως τροφίμων. Πήρε το όνομά της από τον γάλλο χημικό Louis-Camille Maillard, ο οποίος την πρωτοπεριέγραψε το 1912.

Η αντίδραση Maillard συμβαίνει όταν τα αμινοξέα και τα σάκχαρα αλληλεπιδρούν σε υψηλές θερμοκρασίες, παράγοντας νέες ενώσεις που δίνουν το χαρακτηριστικό άρωμα, γεύση και χρώμα σε μαγειρεμένα τρόφιμα. Αυτή η αντίδραση είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη των γεύσεων και αρωμάτων που σχετίζονται με το ψήσιμο του κρέατος, των ψωμιών, των καφέδων και άλλων μαγειρεμένων τροφίμων.

Κατά την αντίδραση Maillard, τα αμινοξέα και τα σάκχαρα συνδέονται για να δημιουργήσουν πολύπλοκες ενώσεις (Maillard products). Αυτές οι ενώσεις περιλαμβάνουν μελανοειδίνες, πυρρολιδίνες, φουράνια και πολλές άλλες ενώσεις που προσδίδουν έντονα αρώματα και χρώματα στα τρόφιμα. Η αντίδραση Maillard επηρεάζεται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, ο χρόνος μαγειρέματος, η υγρασία και η σύσταση των τροφίμων. Επιπλέον, η παρουσία αντιοξειδωτικών ή οξέων μπορεί να επηρεάσει την αντίδραση Maillard και να επηρεάσει το αποτέλεσμα της. Η αντίδραση Maillard έχει μεγάλη σημασία στον κόσμο της γαστρονομίας και των τροφίμων, καθώς συμβάλλει στη δημιουργία πολλών διαφορετικών γεύσεων, αρωμάτων και υφών στα μαγειρεμένα τρόφιμα (Belitz, 2014).

2.6.2 Καραμελοποίηση των σακχάρων

Η καραμελοποίηση απαντάται στα σάκχαρα όταν εκτεθούν σε ψηλές θερμοκρασίες, οπότε τα σάκχαρα συμπυκνώνονται, ισομεριώνονται και αφυδατώνονται και καταλήγουν στην αποικοδόμηση των σακχάρων στην απουσία αμινοξέων και πρωτεϊνών με αποτέλεσμα την αλλαγή στην γεύση οσμής και χρωματισμό του προϊόντος. Κατά την καραμελοποίηση σχηματίζονται ενεδιόλες και δικαρβονύλια. Το κύριο μειονέκτημα της καραμελοποίησης είναι εμφάνιση δυσάρεστης γεύσης καμένου ή πικρής γεύσης, ιδιαίτερα όταν η αντίδραση συνεχιστεί κάτω από μη ελεγχόμενες συνθήκες. Η αντίδραση επιδιώκεται όταν σαν αποτέλεσμα έχουμε την

χαρακτηριστική γεύση και άρωμα της καραμέλας και βρίσκει εφαρμογή στην ζαχαροπλαστική (Belitz, 2014).

2.6.3 Οξειδωση του ασκορβικού οξέος

Αφορά την αμαύρωση των χυμών και πολτών φρούτων που επιταχύνεται στην παρουσία αμινοξέων και με την αύξηση του pH. Το ασκορβικό οξύ αποσυντίθεται όταν εκτεθεί στον αέρα ή κάτω από συνθήκες οξειδωσης και δημιουργούνται ενδιάμεσα προϊόντα όπως διϋδροασκορβικό οξύ, 2,3-δικετογουλονικό οξύ ή 2-φουροϊκό οξύ με αποτέλεσμα την εμφάνιση καστανού χρώματος (Belitz, 2014).

2.7 Ενζυμική αμαύρωση

Η ενζυμική αμαύρωση αφορά την αλλαγή του χρώματος της επιφάνειας των φυτικών ιστών σε σκούρο χρώμα όταν οι ιστοί αυτοί υποστούν κάποια αλλοίωση, όταν κοπούν, ξεφλουδιστούν, καταπονηθούν, παγώσουν ή πληγωθούν και ταυτόχρονα εκτεθούν στον αέρα. Η αλλοίωση αυτή πραγματοποιείται στην παρουσία οξυγόνου ή χαλκού και οφείλονται στην μετατροπή των φαινολικών ενώσεων των τροφίμων σε μελανίνες (σκουρόχρωμες πολυμερείς ενώσεις). Η αντίδραση υποβοηθείται από ένζυμα, τις φαινόλασες που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων φυτικών ιστών και που δρουν στο ανάλογο φαινολικό υπόστρωμα που βρίσκεται στο τρόφιμο (Belitz, 2014).

2.8 Πολυφαινόλες τροφίμων

2.8.1 Τι είναι οι φαινολικές ενώσεις

Οι φαινόλες είναι μια μεγάλη ομάδα οργανικών χημικών ενώσεων οι οποίες είναι ευρέως διαδεδομένες στην φύση. Πρόκειται για οργανικές αρωματικές ενώσεις οι οποίες αποτελούνται από ένα αρωματικό (βενζολικό) δακτύλιο στον οποίο συνδέεται άμεσα τουλάχιστον μια υδροξυλομάδα. Ο χημικός τύπος της φαινόλης είναι C_6H_6O ή C_6H_5OH . Οι φαινόλες αποτελούν την μεγαλύτερη ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών στα φυτά, είναι δηλαδή χημικές ενώσεις με μικρό μοριακό βάρος οι οποίες παράγονται από τους οργανισμούς (κυρίως τα φυτά) χωρίς όμως να συμμετέχουν στην ανάπτυξη ή στην αναπαραγωγή του οργανισμού. Στην περίπτωση των φυτικών κυττάρων οι φαινολικές ενώσεις εντοπίζονται κυρίως στα χυμοτόπια. Όταν έχουμε ένωση διαφόρων δομικών μονάδων φαινόλης, έχουμε τον σχηματισμό πολυφαινολών. Έχουν υψηλή διατροφική αξία διότι συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική ικανότητα του ανθρώπινου οργανισμού (Γκακνή, 2017).

Οι πολυφαινόλες είναι χημικές ενώσεις των οποίων οι ιδιότητες εξαρτώνται από τον αριθμό και την δομή των φαινολικών μονάδων που τις αποτελούν και ως εκ τούτου διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

Φλαβονοειδή: Διακρίνονται για τις αντιφλεγμονικές, αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές τους ιδιότητες και μειώνει τον κίνδυνο ζαχαρώδη διαβήτη. Τα φλαβονοειδή αποτελούν την πλειοψηφία των φαινολικών ουσιών σε ένα οργανισμό και απαντώνται στα φρούτα, λαχανικά, τσάι, καφέ, κακάο, και ελαιόλαδο (Γκακνή, 2017).

Οι κύριες κατηγορίες φλαβονοειδών που απαντώνται σε τροφές είναι:

- Φλαβονόλες: Κρεμμύδι, μπρόκολο, μήλο, κεράσι, μούρα, ροδάκινα, τσάι, κόκκινο κρασί, λάχανο, σταφύλια, πατάτες, ντομάτες, μαρούλι.
- Φλαβονόνες: Εσπεριδοειδή (λεμόνια, μοσχολέμονα, πορτοκάλια, γκρέιπφρουτ)
- Κατεχίνες: Μήλο, τσάι.
- Ισοφλαβόνες: Σόγια, **όσπρια**.
- Ανθοκυανίνες: Πρόκειται για χρωστικές ουσίες οι οποίες απαντώνται στα φρούτα και σε αυτές οφείλεται το ερυθρό χρώμα στα ρόδια, σταφύλια, φράουλες, κεράσια και μούρα. Δίνουν τα διάφερα χρώματα στα άνθη, φρούτα και φύλλα και είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά.
- Χαλκόνες: Πρόκειται για κίτρινες χρωστικές ουσίες που απαντώνται σε βότανα και φυτά όπως γλυκόριζα, λυκίσκος, ντάλια.
- Κερσετίνη: Ισχυρή αντιοξειδωτική ουσία που απαντάται σε πιπεριές, σπαράγγια, κεράσια, κόκκινα μήλα, ντομάτες, σταφύλι, λάχανο, μαρούλι, μούρα, τσάι (Γκακνή, 2017).

Φαινολικά οξέα: Παρουσιάζουν αντιοξειδωτική, αντιμικροβιακή και αντικαρκινική δράση. Τα βρίσκουμε σε μήλα, κεράσια, ακτινίδια, φράουλες, κρεμμύδια, τσάι, καφέ, κόκκινο κρασί και δημητριακά. Τα φαινολικά οξέα διακρίνονται σε ελλαγικά οξέα, ταννίνες και βανιλίνες. Στα φαινολικά οξέα περιλαμβάνονται η τυροσίνη και η εστραδιόλη (Γκακνή, 2017).

Παράγωγα του υδροξυκινναμωμικού οξέως: Διακρίνονται σε καφεϊκό οξύ, γλωρογενικό οξύ, φερουλικό οξύ, κουρκουμίνη και κουμαρίνες (Γκακνή, 2017).

Λιγνάνες: Απαντώνται στα λάχανα, καρότα, πιπεριές, τσάι, ελαιόσπορους και δημητριακά (Γκακνή, 2017).

Οι πολυφαινόλες είναι ουσίες οι οποίες απαντώνται σε μεγάλο αριθμό τροφίμων όπως τα λαχανικά, τα φρούτα, το τσάι, ο καφές, η σοκολάτα, τα δημητριακά και τα

θαλασσινά. Οι έρευνες για τις διατροφική αξία των πολυφαινολών εντάθηκαν κατά τα τελευταία τριάντα χρόνια αφού είναι τα πιο ισχυρά αντιοξειδωτικά στην διατροφή και η πρόσληψη τους είναι πολύ ψηλότερη από τα άλλα είδη αντιοξειδωτικών ουσιών όπως η βιταμίνη C, η βιταμίνη E και τα καροτενοειδή τα οποία θεωρούνταν ως οι πλέον γνωστές αντιοξειδωτικές ουσίες μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Πρόσφατες έρευνες απέδειξαν ότι η συμβολή της κατανάλωσης πολυφαινολών είναι πολύ σημαντική στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων, του καρκίνου, της οστεοπόρωσης, των νευροεκφυλιστικών ασθενειών (νόσος Αλτσχάϊμερ, Πάρκινσον, μυϊκή ατροφία) και του σακχαρώδη διαβήτη, αν και η πλήρης διερεύνηση των επιπτώσεων των πολυφαινολών στην υγεία αντιμετωπίζει κάποιες δυσκολίες λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού φαινολικών ενώσεων που εντοπίζονται στα τρόφιμα (Γκακνή, 2017).

2.9 Ποιοτική υποβάθμιση τροφίμων εξαιτίας της μη ενζυμικής αμαύρωσης

Η μη ενζυμική αμαύρωση (Non enzymatic browning, NEB) είναι μια από τις πιο διαδεδομένες χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα τρόφιμα. Τα προϊόντα που υφίστανται μη ενζυμική αμαύρωση παρουσιάζουν μια χρωματική υποβάθμιση με κυρίαρχο τον καστανό χρωματισμό του τροφίμου. Η ίδια αντίδραση μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητο άρωμα και χρώμα, ή ακόμη και σε μεταβολές της υφής των προϊόντων και απώλεια της θρεπτικής αξίας (π.χ. απώλεια λυσίνης) των τροφίμων. Υπάρχει πλήθος διαφορετικών υποστρωμάτων και επιμέρους χημικών αντιδράσεων που εμπλέκονται στη μη ενζυμική αμαύρωση. Μεταξύ άλλων συγκαταλέγονται η οξείδωση του ασκορβικού οξέος σε εσπεριδοειδή φρούτα και χυμούς, η οποία προκαλεί την απώλεια της βιταμίνης C και την ακόλουθη αμαύρωση των φρούτων, η καραμελοποίηση των σακχάρων, κατά την εκτεταμένη έκθεσή τους σε υψηλές θερμοκρασίες, και η αμαύρωση τύπου Maillard που συμβαίνει μεταξύ των αναγωγικών σακχάρων και των ελεύθερων αμινομάδων σε αφυδατωμένα τρόφιμα με συνέπεια τη δημιουργία ανεπιθύμητου χρώματος και αρώματος.

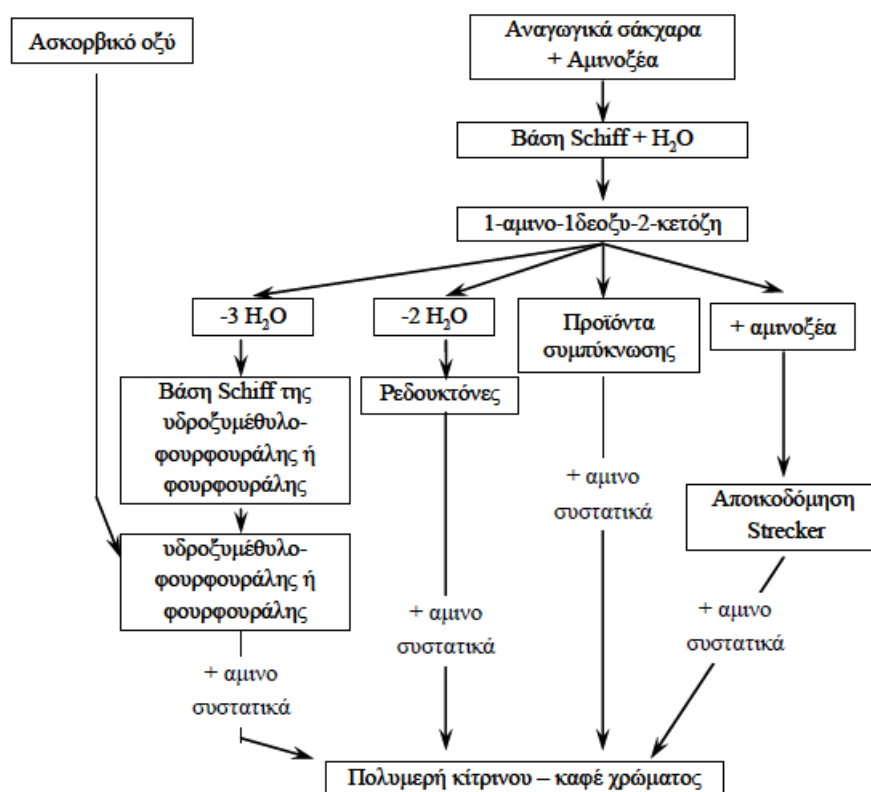
Η αμαύρωση τύπου Maillard που συμβαίνει κυρίως σε αφυδατωμένα και μέσης περιεκτικότητας σε υγρασία τρόφιμα ευθύνεται για πολλές δυσμενείς επιδράσεις στις ιδιότητες των τροφίμων. Για παράδειγμα, σε αφυδατωμένες πατάτες σχηματίζονται ανεπιθύμητες οσμές και χρώμα. Όμοια, δημιουργεί προβλήματα διαλυτότητας στην αφυδατωμένη σκόνη γάλακτος και απώλεια της θρεπτικής αξίας του προϊόντος (Labuza et al., 1992). Συγκεκριμένα, η απώλεια της θρεπτικής αξίας έγκειται στην καταστροφή ή τη βιολογική αδρανοποίηση σημαντικών βασικών αμινοξέων όπως η λυσίνη και τρυπτοφάνη ή την αδρανοποίηση πολλών γλυκολυτικών και

πρωτεολυτικών ενζύμων και την αλληλεπίδραση αυτών με ιόντα μετάλλων (Friedman, 1996). Αναφορές επίσης έχουν γίνει για το σχηματισμό μεταλλαξιόγνων συστατικών (προϊόντα της αντίδρασης Maillard) σε αντιδιαστολή με τα επίσης αναφερόμενα αντιοξειδωτικά προϊόντα της αντίδρασης.

Εντούτοις, η αντίδραση Maillard αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο στη βιομηχανία τροφίμων συμβάλλοντας στη βελτίωση της εμφάνισης και γεύσης ψημένων – μαγειρευμένων προϊόντων, ιδιαίτερα κατά την εφαρμογή επεξεργασιών παραδοσιακού τύπου, όπως είναι το ψήσιμο του καφέ, του ψωμιού και το μαγείρεμα του κρέατος (Martins et al., 2001).

2.10 Χημεία της αντίδρασης Maillard

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η χημεία γύρω από τις αντιδράσεις Maillard είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Περιλαμβάνει ένα ολόκληρο πλέγμα χημικών αντιδράσεων, το γενικό σχήμα του οποίου αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από το Hodge (1953). Ο Hodge απεικόνισε τα επιμέρους μονοπάτια της αντίδρασης (Σχήμα 2.4) και διέκρινε τις αντιδράσεις σε τρία επιμέρους στάδια, όπως δίνονται παρακάτω:



Σχήμα 2.4: Σχηματική απεικόνιση των αντιδράσεων Maillard όπως αναπτύχθηκε από τον Hodge (1953).

1ο Στάδιο: Αρχικό στάδιο (άχρωμα συστατικά που δεν απορροφούν στην περιοχή του UV).

- A. Συμπύκνωση σακχάρων-αμινοξέων
- B. Μετάθεση Amadori

2ο Στάδιο: Ενδιάμεσο στάδιο (άχρωμα ή κίτρινου χρώματος συστατικά, με έντονη απορρόφηση κοντά στην περιοχή UV).

Γ. Αφυδάτωση σακχάρων

Δ. Διάσπαση σακχάρων

Ε. Αποικοδόμηση αμινοξέων

3ο Στάδιο: Τελικό στάδιο (έντονα χρωματισμένα συστατικά)

ΣΤ. Συμπύκνωση αλδολών

Ζ. Πολυμερισμός αλδευδών-αμινοξέων, σχηματισμός ετεροκυκλικών αζωτούχων συστατικών.

Στο πρώτο στάδιο η αντίδραση συνοψίζεται στη συνένωση της καρβονυλικής ομάδας του αναγωγικού σακχάρου με την ελεύθερη αμινομάδα του αμινοξέος ή της πρωτεΐνης με παράλληλη απώλεια ενός mole νερού. Η N-υποκατεστημένη γλυκοζυλαμίνη που σχηματίζεται υπεισέρχεται στην μη αντιστρεπτή μετάθεση Amadori στην περίπτωση των αλδοζών ή τη μετάθεση Heyn για τις κετόζες. Η μετάθεση Amadori αφορά την ισομερίωση της N-υποκατεστημένης αλδοζυλαμίνης σε 1-αμινο-1-δεοξυ-2-κετόζη, ενώ η μετάθεση Heyn μεταβάλλει την κετόζη σε 2-αμινο-2-δεοξυαλδόζη. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ο σχηματισμός των προϊόντων της μετάθεσης Amadori διεξάγεται με αργό ρυθμό, άλλωστε απαιτείται η παρουσία του αναγωγικού σακχάρου στην μορφή της ανοιχτής αλυσίδας για την έναρξη της αντίδρασης. Οι Hodge και Rist (1953) έδειξαν πως το υδροξύλιο στον C-2 μιας αλδόζης είναι σημαντικό για την παραγωγή σημαντικής ποσότητας μελανού χρωματισμού, αλλά και ότι μπλοκάροντας το στάδιο της μετάθεσης Amadori σταματά εντελώς ο σχηματισμός των μελανών χρωστικών. Κατά τη θέρμανση, τα προϊόντα της μετάθεσης Amadori υπόκεινται αφυδάτωση και διάσπαση και παράγουν άχρωμες ρεδουκτόνες καθώς και φθορίζουσες ενώσεις κάποιες από τις οποίες μπορεί να είναι επίσης έγχρωμες.

Το δεύτερο ή ενδιάμεσο στάδιο περιλαμβάνει την απομάκρυνση της αμινομάδας από το σύνθετο παράγωγο και οι προκύπτουσες ενώσεις είναι συστατικά που αντιδρούν εντονότερα. Ορισμένα από αυτά τα φθορίζοντα συστατικά και κάποιες μελανές χρωστικές είναι δυνατό να σχηματιστούν, σε μικρές όμως συγκεντρώσεις. Οι τρεις οδοί αποικοδόμησης της 1-αμινο-1-δεοξυ-2-κετόζης είναι η αφυδάτωση του τμήματος του σακχάρου, η διάσπασή του και η αποικοδόμηση Strecker που υφίσταται το τμήμα της αμινομάδας (Hodge, 1953).

Υπάρχουν δύο τύποι αντιδράσεων αφυδάτωσης των N-παραγώγων των αναγωγικών σακχάρων, που εξαρτώνται από το pH του συστήματος. Σε όξινες συνθήκες τα N-παραγωγα των σακχάρων βρίσκονται στην πρωτονιομένη τους μορφή, και η

ενολοποίηση που εμπλέκει το άτομο του C-1 ευνοεί την παραγωγή 1,2-εναμινόλης. Η αφυδάτωση και κυκλοποίηση παράγουν υδροξυ-μεθυλοφουρφουράλη (από τις εξόζες) ή φουρφουράλη (από τις πεντόζες) με την πιθανότητα της αναγέννησης του αμινοξέος. Σε αλκαλικό περιβάλλον η ενολοποίηση που εμπλέκει το άτομο του C-3 ευνοεί την παραγωγή 2,3- ενδιόλης. Η αλυσίδα του σακχάρου αφυδατώνεται, με την απώλεια δύο μορίων νερού, και σχηματίζεται ρεδουκτόνη. Η ύπαρξη συζυγών ακόρεστων δεσμών είναι απαραίτητη για τη σταθεροποίηση της ρεδουκτόνης.

Η δεύτερη αντίδραση που συμβαίνει στα προϊόντα της μετάθεσης Amadori είναι η διάσπαση του τμήματος του σακχάρου. Ο αποδεκτός μηχανισμός που ευθύνεται για τη διάσπαση αυτή είναι ο αντίστροφος της συμπύκνωσης των αλδολών. Οι αμίνες καταλύουν την αντίδραση αυτή όπως συμβαίνει και κατά τη συμπύκνωση των αλδολών. Τα παραγόμενα προϊόντα είναι αλδόλες, πολυμερή ελεύθερα αμινών και ελεύθερα αμινικά συστατικά.

Η τρίτη και τελευταία αντίδραση που μπορεί να συμβεί στα προϊόντα της μετάθεσης Amadori είναι η αποικοδόμηση Strecker. Η αντίδραση αυτή λαμβάνει χώρα μεταξύ μιας ρεδουκτόνης και ενός α-αμινοξέος και ελευθερώνει διοξειδίο του άνθρακα προς σχηματισμό μιας αλδεΐδης με έναν άνθρακα λιγότερο από το αρχικό αμινοξύ. Η παραγωγή CO₂ παραλληλίζει την παραγωγή αλδεΐδης και το σχηματισμό χρώματος. Οι αλδεΐδες που σχηματίζονται από την αντίδραση Strecker αποτελούν πηγή αμαύρωσης επειδή μπορούν να συμπυκνωθούν μεταξύ τους, με άλλα τμήματα των σακχάρων, με φουρφουράλες ή άλλα προϊόντα αφυδάτωσης προς σχηματισμό χρωστικών καφέ χρωματισμού. Ωστόσο, το μονοπάτι αυτό είναι περισσότερο γνωστό ως πηγή σχηματισμού ουσιών που προσδίδουν δυσάρεστο άρωμα στην αντίδραση Maillard, παρά για την παραγωγή έγχρωμων ενώσεων.

Το τελευταίο στάδιο της αντίδρασης είναι αυτό που ευθύνεται για τη μεγαλύτερη παραγωγή χρώματος. Κυρίαρχες αντιδράσεις θεωρούνται η συμπύκνωση των αλδολών, ο πολυμερισμός αλδεϋδών-αμινών, και ο σχηματισμός των ετεροκυκλικών αζωτούχων ουσιών όπως οι πυρόλες, οι ημιδαζόλες, οι πυριδίνες και οι πυραζίνες. Η χημεία στο στάδιο αυτό είναι εξαιρετικά πολύπλοκη αλλά είναι γνωστό πως παράγονται ουσίες διαλυτές και αδιάλυτες στο νερό που καλούνται μελανοϊδίνες (Reynolds, 1963). Οι μελανοϊδίνες ποικίλουν ως προς το μοριακό βάρος και περιέχουν πολλές διακριτές χρωμοφόρες ουσίες. Όσον αφορά στις αντιδράσεις καραμελοποίησης, αυτές συμβαίνουν κατά τη θέρμανση υδατανθράκων, ιδιαίτερα της σακχαρόζης αλλά και των αναγωγικών σακχάρων, απουσία αζωτούχων συστατικών. Η αντίδραση διευκολύνεται από την παρουσία μικρών ποσοτήτων οξέων και διαφόρων αλάτων. Η θερμόλυση προκαλεί κατά κύριο λόγο την αφυδάτωση του

μορίου του σακχάρου και την εισαγωγή σ' αυτό διπλών δεσμών ή στο σχηματισμό ανυδρών δακτυλίων. Οι διπλοί δεσμοί συμβάλλουν στη δημιουργία ακόρεστων δακτυλίων, όπως οι φουράνες, ενώ οι συζυγείς διπλοί δεσμοί απορροφούν στο ορατό φάσμα. Συχνά οι ακόρεστοι δακτύλιοι συμπυκνώνονται σε πολυμερή παράγοντας επιθυμητά χρώματα. Οι διάφοροι καταλύτες επιταχύνουν το ρυθμό της αντίδρασης και χρησιμοποιούνται συχνά για να στρέψουν την αντίδραση προς συγκεκριμένους τύπους χρώματος καραμέλας, με διαφορετικές διαλυτότητες και οξύτητες (BeMiller et al., 1996). Το καστανό χρώμα καραμέλας που παράγεται κατά τη θέρμανση ενός διαλύματος γλυκόζης και διθειώδους αμμωνίου χρησιμοποιείται σε αναψυκτικά τύπου κόλα και άλλα όξινα αναψυκτικά, στα ψημένα προϊόντα, στα σιρόπια, τις καραμέλες, τις τροφές κατοικιδίων ζώων και αρτυματικές ύλες. Το όξινο άλας καταλύει τη σχάση του γλυκοζιτικού δεσμού της σακχαρόζης και το ιόν αμμωνίου μπορεί να συμμετάσχει στη μετάθεση Amadori. Χρώμα καραμέλας (καστανοκόκκινο χρώμα) παράγεται και κατά τη θέρμανση ζάχαρης, απουσία αλάτων αμμωνίου, αλλά περιέχει κολλοειδή σωματίδια ελαφρώς αρνητικά φορτισμένα με pH διαλύματος 3-4. Συνήθως χρησιμοποιείται στη βιομηχανία μπύρας και την παραγωγή άλλων αλκοολούχων ποτών. Οι χρωστικές καραμέλας της μη ενζυμικής αμαύρωσης είναι μακρομόρια με πολύπλοκες ποικίλες και άγνωστες δομές, και ουσιαστικά είναι αυτά που σχηματίζουν τα κολλοειδή συστήματα (BeMiller et al., 1996).

2.11 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση Maillard

Μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν την αντίδραση Maillard είναι ο τύπος του αμινοξέος και του σακχάρου, το pH και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο διαλύτης του συστήματος, η αναλογία σακχάρου προς αμινοξύ, και η θερμοκρασία. Στην προσπάθεια σύγκρισης των διαθέσιμων στη βιβλιογραφία κινητικών δεδομένων σχετικά με την απώλεια σακχάρων ή αμινοξέων, σχηματισμό ενδιάμεσων προϊόντων, ή την παραγωγή συστατικών καστανού χρώματος, τα οποία αναδεικνύουν ταυτόχρονα και τις επιδράσεις των διαφόρων παραγόντων στην αντίδραση Maillard, τα προβλήματα που συνήθως ανακύπτουν αφορούν το διαφορετικό τρόπο έκφρασης των αποτελεσμάτων της μελέτης του φαινομένου από τους διάφορους ερευνητές. Ορισμένοι εκφράζουν τα δεδομένα τους ως συγκεντρώσεις των αντίστοιχων σακχάρων ή αμινοξέων, ενώ άλλοι παραθέτουν το σχηματισμό καφέ χρωστικών, καταγράφοντας την οπτική πυκνότητα ως συνάρτηση του χρόνου, με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα εύρος στους αναφερόμενους ρυθμούς αμαύρωσης (Labuza et al., 1992). Πράγματι, πολλές μέθοδοι έχουν προταθεί κατά καιρούς για τον ποσοτικό προσδιορισμό της ανάπτυξης των σχηματιζόμενων συστατικών καφέ χρώματος, συμπεριλαμβανομένου των μετρήσεων χρώματος, αλλά και των χημικών αναλύσεων

για αντιδρώντα ή προϊόντα της αντίδρασης. Έτσι, για παράδειγμα, η οπτική μεταβολή του χρώματος των διαφόρων προϊόντων φρούτων έχει συχνά περιγραφεί με την καταγραφή των χρωματικών συνιστωσών CIE-Lab (Burdurlu et al., 2003). Οι φασματοφωτομετρικές μετρήσεις και ειδικότερα οι μετρήσεις, απορρόφησης στα 420 nm, είναι η πλέον κοινή μέθοδος για την ανίχνευση των συστατικών καφέ χρώματος (Labuza et al., 1992), ενώ ο σχηματισμός της 5- υδροξυμεθυλοφουρουράλης έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως δείκτης για την καταγραφή των προϊόντων ενδιάμεσου σταδίου (Burdurlu et al., 2003).

Γενικά για τη σωστή σύγκριση των πειραματικών δεδομένων διαφόρων μελετών πρέπει να αναφέρονται όσο το δυνατό περισσότερες πληροφορίες για τη μετρούμενη απόκριση και αυτές να ανάγονται ανά μονάδα συγκέντρωσης των σακχάρων ή των αμινοξέων που συμμετέχουν κάθε φορά στην αντίδραση.

2.11.1 Τύπος αμινοξέος

Η λυσίνη θεωρείται συχνά ως το περισσότερο ενεργό αμινοξύ εξαιτίας των δύο ενεργών της αμινομάδων ή της ε-NH₂ όταν το αμινοξύ απαντά ως δομικό στοιχείο σε πρωτεΐνες ή πεπτίδια (O'Brien et al., 1989). Σε μια άλλη μελέτη όπου εξετάστηκε η επίδραση του τύπου του αμινοξέος (9 διαφορετικά ελεύθερα αμινοξέα που υπάρχουν στο χυμό πορτοκαλιού και άλλους χυμούς) στην έκταση της μη ενζυμικής αμαύρωσης μίγματος D-γλυκόζης-αμινοξέος σε μοριακή αναλογία 1:1 κατά τη θέρμανση στους 65 °C, η εντονότερη ανάπτυξη χρώματος προκλήθηκε από την L-αργινίνη και το 4-αμινοβουτυρικό οξύ, ακολουθούμενη από τη γλυκίνη, αλανίνη, σερίνη, και L-προλίνη (Labuza et al., 1992). Κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας από τους Labuza et al., (1992), αποδείχθηκε σημαντική έλλειψη δεδομένων σχετικά με την πραγματική δραστηριότητα που παρουσιάζουν οι διάφοροι τύποι αμινοξέων και ειδικότερα κατά τη συντήρηση των τροφίμων. Παρόμοια συμπεράσματα ισχύουν και για τη δραστηριότητα των πρωτεϊνών σε ότι αφορά την αντίδραση Maillard. Η αμαύρωση των πρωτεϊνών θεωρείται ότι σχετίζεται με τη συγκέντρωση των ε-αμινομάδων της λυσίνης, την ύπαρξη άλλων πιθανών αζωτούχων ενεργών ομάδων, όπως η ιστιδίνη και η τρυπτοφάνη, και τον αριθμό των αμινοτελικών ομάδων που επίσης εξαρτάται από το μοριακό βάρος (Labuza et al., 1992).

2.11.2 Τύπος σακχάρου

Σε ότι αφορά τα αναγωγικά σάκχαρα που λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση Maillard, η δραστηριότητά τους ορίζεται από τη συγκέντρωση αυτών που βρίσκονται στην άκυκλη μορφή (ή στη μορφή ευθείας αλυσίδας), αφού είναι οι μόνες που μπορούν να αντιδράσουν μαζί με τις ελεύθερες ομάδες αλδοζών και εξοζών. Κατά γενική

ομολογία, οι πεντόζες παρουσιάζονται περισσότερο ενεργές από τις εξόζες, και η αμαύρωση είναι ταχύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση της άκυκλης μορφής των σακχάρων στο διάλυμα. Η επίδραση της δομής των σακχάρων μελετήθηκε από τον ίδιο το Maillard, ο οποίος κατέληξε πως ο ρυθμός αμαύρωσης των σακχάρων μειώνεται ακολουθώντας τη σειρά: D- ξυλόζη > L-αραβινόζη > εξόζες > δισακχαρίτες (Whistler et al., 1985).

2.11.3 pH

Από τη στιγμή που τα διάφορα στάδια της αντίδρασης καταλύονται σε όξινο ή βασικό περιβάλλον, είναι επόμενο το pH να παίζει καθοριστικό ρόλο στην κινητική της μη ενζυμικής αμαύρωσης. Η δραστηριότητα των σακχάρων και των αμινομάδων επηρεάζεται από το pH. Η μορφή ανοιχτής αλυσίδας των σακχάρων και η μη πρωτονιομένη μορφή των αμινομάδων, που θεωρούνται και οι πιο ενεργές, ευνοούνται σε αυξημένες τιμές pH του συστήματος (Martins et al., 2001). Γενικά, ο ρυθμός της αμαύρωσης και η απώλεια των βασικών συστατικών της αντίδρασης αυξάνεται με την αύξηση του pH ως την τιμή 10, ενώ ελάχιστη αμαύρωση παρατηρείται σε pH κάτω του 6, κυρίως λόγω της πρωτονίωσης της NH₂. Εξετάζοντας καθένα από τα συστατικά ξεχωριστά στο αρχικό στάδιο της αντίδρασης Maillard, όσο χαμηλότερο είναι το pH, τόσο περισσότερο πρωτονιομένη εμφανίζεται μια αμινομάδα στην κατάσταση ισορροπίας, και άρα τόσο λιγότερο αναμένεται να αντιδράσει αυτή με κάποιο σάκχαρο. Η ισορροπία αυτή εξαρτάται από το pH και το pK_a της αμινικής ομάδας, που ορίζεται ως η τιμή pH όπου το 50% της αμινομάδας βρίσκεται στην πρωτονιομένη μορφή (Martins et al., 2001). Τα pK_a των αμινικών ομάδων είναι 9.6, 10.53 και 9.44 για τη γλυκίνη, τη λυσίνη και την τρυπτοφάνη, αντίστοιχα. Για τα περισσότερα τρόφιμα, που το pH βρίσκεται συνήθως κάτω του 6, το ποσοστό της μη πρωτονιομένης αμινομάδας είναι μικρότερο από 0.02% (Labuza et al., 1992).

Συνεπώς, ο αναμενόμενος ρυθμός αμαύρωσης είναι μικρός για τα περισσότερα προϊόντα τροφίμων. Επιπλέον, επειδή ορισμένα από τα ακόλουθα βήματα στην αντίδραση καταλύονται σε περιβάλλον όξινο, κι επειδή υπάρχουν δύο ανταγωνιστικοί μηχανισμοί, περιμένει κανείς την εμφάνιση ενός μέγιστου της αντίδρασης σε κάποιες τιμές pH καθώς αυτό αυξάνεται. Σύμφωνα με τους Ashoor et al., (1984), οι οποίοι μελέτησαν τη αμαύρωση σε διαλύματα αμινοξέων σακχάρων σε εύρος pH 6-12, ανέφεραν πως το μέγιστο του ρυθμού της αντίδρασης συμβαίνει σε pH 10, ενώ δήλωσαν επίσης ότι σε προκαταρκτικές μελέτες που είχαν διεξάγει, δεν ανιχνεύθηκε αμαύρωση σε τιμές pH μικρότερες του 6, κατά τη θέρμανση των ίδιων διαλυμάτων σε υψηλή θερμοκρασία για μικρό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, οι Labuza et al., (1981),

κατά τη μελέτη παρατεταμένης αποθήκευσης σκόνης γάλακτος σε διάφορα περιβάλλοντα αω παρατήρησαν σημαντική αμαύρωση του εν λόγω προϊόντος, παρότι το αρχικό pH του τροφίμου πριν την ξήρανση ήταν μικρότερο του 6. Σχετικά με την αύξηση του ποσοστού της άκυκλης μορφής των αναγωγικών σακχάρων καθώς το pH αυξάνεται, αυτό συμβαίνει κατά τρεις φορές περισσότερο στο εύρος τιμών pH μεταξύ 6.5 και 7.5 για όλα τα σάκχαρα, και άρα μεγαλύτερη ποσότητα του αναγωγικού σακχάρου είναι διαθέσιμη να αντιδράσει (Labuza et al., 1992).

2.11.4 Αναλογία σακχάρου - αμινοξέος

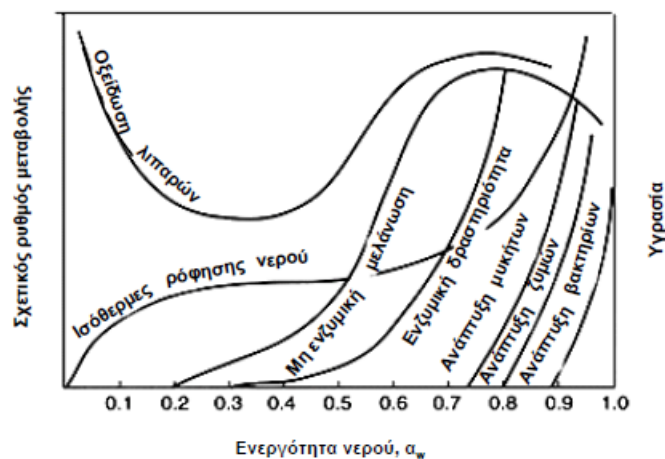
Οι O'Brien et al., (1989) εξέφρασαν την άποψη ότι είναι γενικώς αποδεκτό πως μια περίσσεια του αναγωγικού σακχάρου, έναντι του εμπλεκόμενου στην αντίδραση αμινοξέος, επιταχύνει το ρυθμό της Maillard αμαύρωσης, δίνοντας μια ερμηνεία ότι υπάρχουν κάποιες μηχανιστικές διαφοροποιήσεις σχετικά με την καταστροφή του σακχάρου συγκριτικά με αυτή του αμινοξέος, χωρίς όμως να εξηγούν περαιτέρω τι εννοούν με αυτό. Κρίσιμης σημασίας επίσης αποτελεί το γεγονός ότι κατά τη σύγκριση των πειραματικών δεδομένων μη ενζυμικής αμαύρωσης πρέπει να εκτιμούνται οι απόλυτες συγκεντρώσεις όπως και η αναλογία μεταξύ αμινοξέος και σακχάρου, για την ασφαλή και σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Labuza et al., 1992). Διατηρώντας σταθερή τη μοριακή αναλογία σακχάρου / αμινοξέος και αυξάνοντας τις απόλυτες συγκεντρώσεις των δύο συστατικών, οι Baisier et al., (1992) απέδειξαν πως ο ρυθμός αμαύρωσης αυξάνεται, υποδεικνύοντας πως η μοριακή αναλογία των αντιδρώντων συστατικών δεν αποτελεί ασφαλή δείκτη εκτίμησης της επίδρασης στο ρυθμό της αντίδρασης. Όπως αναμένονταν ο ρυθμός αμαύρωσης αυξήθηκε με την προσθήκη κάποιας ποσότητας οποιουδήποτε εκ των συστατικών, αφού αυξάνεται η πιθανότητα τα αντιδρώντα συστατικά να αλληλεπιδράσουν στο διάλυμα και τελικά να αντιδράσουν. Αυτό συμβαίνει μέχρι τη στιγμή που η μοριακή αναλογία θα είναι τόσο μεγάλη (ή μικρή) ώστε το συστατικό με τη μικρότερη συγκέντρωση να γίνει περιοριστικός παράγοντας. Η αύξηση των συγκεντρώσεων των αντιδρώντων συστατικών, διατηρώντας σταθερή τη μοριακή τους αναλογία, δε συνέβαλε στην αναλογική αύξηση της σταθεράς του ρυθμού της αντίδρασης σε όλο το εύρος των εξεταζόμενων συγκεντρώσεων, κάνοντας σαφές πως η ερμηνεία της μεταβολής του ρυθμού αμαύρωσης είναι πολύπλοκο ζήτημα και δεν εξαρτάται απλά και μόνο από τα απόλυτα επίπεδα σακχάρου και αμινοξέος στο υδατικό διάλυμα.

2.11.5 Κατάσταση διαλύτη

Ο σχηματισμός της άκυκλης μορφής των σακχάρων περιλαμβάνει τη μεταφορά τριών ηλεκτρονίων και τριών πρωτονίων. Γι' αυτό, η φύση του διαλύτη, όσον αφορά στις διηλεκτρικές του ιδιότητες και το ιξώδες του, επηρεάζει το ρυθμό μεταφοράς των

πρωτονίων, και άρα τον πολυστροφισμό και τη συγκέντρωση της άκυκλης μορφής στην ισορροπία των διαφόρων ισομερών και τις εξαρτώμενες από αυτήν χημικές αντιδράσεις.

Επιπλέον, η επίδραση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται το νερό, όπως αυτή χαρακτηρίζεται από τη θερμοδυναμική διαθεσιμότητά του ή διαφορετικά την ενεργότητα του νερού, a_w , στο ρυθμό της αμαύρωσης ή της απώλειας κάποιου από τα αντιδρώντα συστατικά έχει μελετηθεί επανειλημμένως σε συστήματα μειωμένης περιεκτικότητας σε υγρασία. Κατά την απεικόνιση του ρυθμού αμαύρωσης ως συνάρτηση της a_w , η εμφάνιση του γνωστού ελαχίστου-μεγίστου έχει αποτυπωθεί σε πολλές μελέτες (Labuza et al., 1981b), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5: Επίδραση της ενεργότητας νερού στο ρυθμό διαφόρων αντιδράσεων που σχετίζονται με την ποιότητα των τροφίμων.

Γενικά ο ρυθμός αμαύρωσης αυξάνεται από την ξηρά κατάσταση σε ένα μέγιστο σε τιμές a_w μεταξύ 0.5-0.8, κι έπειτα μειώνεται και πάλι σε υψηλότερες τιμές ενεργότητας νερού. Η διαλυτότητα των στερών συστατικών περιορίζεται κάτω από τη μονοστοιβάδα εξαιτίας της υψηλής ενέργειας δέσμευσης του νερού και της υαλώδους κατάστασης που σχηματίζεται σ' αυτά τα επίπεδα υγρασίας (Levine et al., 1989). Όταν η ενεργότητα του νερού αυξηθεί, τα διαλυτά συστατικά γίνονται περισσότερο ευκίνητα καθώς το νερό είναι λιγότερο δεσμευμένο, και το σύστημα εισέρχεται στην ελαστοπλαστική κατάσταση. Σε χαμηλές τιμές a_w το νερό δεσμεύεται στενά στις επιφάνειες με τις πολικές ομάδες μέσω δεσμών υδρογόνου και κατά συνέπεια δεν διατίθεται να αντιδράσει στο διάλυμα. Το κρίσιμο σημείο σχετίζεται με την τιμή της μονοστοιβάδας BET, που συνήθως απαντάται σε τιμές ενεργότητας νερού μεταξύ 0.2-0.3 για τα περισσότερα τρόφιμα. Σε υψηλότερα a_w , τα υδρόφιλα στερεά μπορούν να διαλυθούν και γίνονται περισσότερο ευκίνητα. Ωστόσο, ο ρυθμός αμαύρωσης μειώνεται και πάλι σε υψηλότερες τιμές ενεργότητας νερού, πιθανώς εξαιτίας της αυξημένης αραίωσης στη συγκέντρωση των διαλυτών στερεών συστατικών της αντίδρασης (Eichner et al., 1972).

Επιπλέον, το νερό μπορεί να καθυστερήσει το ρυθμό της αρχικής αντίδρασης της γλυκοζυλαμίνης με βάση την αρχή δράσης των μαζών, από τη στιγμή που το νερό αποτελεί ταυτόχρονα και προϊόν της αντίδρασης. Αντίθετα, είναι δυνατό να ευνοήσει τις επερχόμενες στην αντίδραση αμαύρωσης αντιδράσεις απαμίνωσης για το σχηματισμό φουρφουράλης και υδροξυμέθυλοφουρφουράλης (Reynolds, 1963). Ωστόσο, σε ότι αφορά τη συνολική αντίδραση, υγρά και στερεά συστήματα τροφίμων που περιείχαν γλυκερόλη εμφάνισαν μεγαλύτερους ρυθμούς αμαύρωσης από τους αναμενόμενους σε εύρος a_w 0-0.5, με τα αντίστοιχα μέγιστα να παρατηρούνται μεταξύ 0.41 και 0.55, υποδεικνύοντας την επίδραση μιας διαθέσιμης υγρής φάσης που επιτρέπει την αντίδραση σε χαμηλότερες τιμές a_w λόγω κινητοποίησης των συστατικών της αντίδρασης (η γλυκερόλη δρα ως πλαστικοποιητής αυξάνοντας τη μοριακή κινητικότητα των αντιδρώντων). Από τη στιγμή που η γλυκερόλη βρίσκεται στην υγρή φάση στις θερμοκρασίες που εξετάζονται, τα σάκχαρα και τα αμινοξέα μπορούν να διαλυθούν σε αυτή, οπότε κάποιος υψηλότερος ρυθμός αμαύρωσης παρατηρείται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις νερού (Eichner et al., 1972).

2.11.6 Θερμοκρασία

Όπως συμβαίνει και με τις υπόλοιπες χημικές αντιδράσεις, ο ρυθμός αμαύρωσης αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επειδή όμως η αντίδραση Maillard αποτελείται από πλήθος επιμέρους σταδίων, το καθένα από αυτά με πιθανή διαφορετική θερμοκρασιακή ευαισθησία, εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την εφαρμοζόμενη θερμοκρασία και επομένως επηρεάζει διαφορετικά το συνολικό μονοπάτι της αντίδρασης.

Συνεπώς, κινητικά δεδομένα σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες, 20-60 °C, δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα με αυτά που αφορούν την ίδια αντίδραση στους 100-150 °C. Επιπλέον, η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει τη δραστηριότητα των αντιδρώντων. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία αυξάνει τη συγκέντρωση της ενεργής μορφής του σακχάρου, που όπως έχει αναφερθεί είναι η ανοιχτή αλυσίδα, ενώ ταυτόχρονα μεταβάλλει το ρυθμό πολυστροφισμού των σακχάρων (Van Boekel, 2001).

Η θερμοκρασιακή εξάρτηση της αντίδρασης Maillard έχει περιγραφεί επιτυχώς από πολλούς ερευνητές κάνοντας χρήση της κινητικής προσέγγισης Arrhenius (εξίσωση 2.37), σύμφωνα με την οποία η σταθερά του ρυθμού της αντίδρασης σχετίζεται εκθετικά με το αντίστροφο της απόλυτης θερμοκρασίας. Σε μια ανασκόπηση σχετική με την κινητική της αντίδρασης Maillard αναδείχτηκε ότι για τα ξηρά τρόφιμα η ενέργεια ενεργοποίησης, E_a , της μη ενζυμικής αμαύρωσης ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του τροφίμου και ότι οι τιμές E_a αυξάνονται με τη μείωση της a_w του τροφίμου (Labuza et al., 1981b). Οι ενέργειες ενεργοποίησης της αντίδρασης Maillard για

διάφορα αποξηραμένα τρόφιμα κυμαίνεται μεταξύ 16 και 30 kcal/mole (Labuza et al., 1992).

2.12 Κινητική της αντίδρασης Maillard

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία στις περισσότερες, σχετικές με την κινητική της αντίδρασης Maillard, μελέτες χρησιμοποιείται η απλή κινητική προσέγγιση κατά την οποία μετράται η απώλεια των αντιδρώντων συστατικών (σακχάρων, αμινοξέων, υπολειμματικών αμινοξέων στις πρωτεΐνες) ή ο σχηματισμός προϊόντων (προϊόντα της μετάθεσης Amadori, HMF, κλπ.). Η διαδικασία περιλαμβάνει την προσαρμογή μιας μαθηματικής εξίσωσης στα πειραματικά δεδομένα, και την περιγραφή των μεταβολών που παρατηρούνται στην πορεία του χρόνου ως μια αντίδραση μηδενικής, πρώτης ή δεύτερης τάξης. Είναι σημαντικό να κατανοήσει κανείς πως η εφαρμογή της απλής κινητικής προσέγγισης, που αναφέρθηκε προηγουμένως, ενδείκνυται για τις απλές αντιδράσεις. Η τάξη μιας αντίδρασης αποτελεί μια παράμετρο σύμφωνα με την οποία περιγράφεται με μαθηματικό τρόπο η εξάρτηση μιας μεταβλητής από το χρόνο ή τη συγκέντρωση, χωρίς απαραίτητα να πληροφορεί για το μηχανισμό μιας αντίδρασης. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη στη μοντελοποίηση της διάρκειας ζωής ή για παράδειγμα στην περιγραφή της αδρανοποίησης των ενζύμων κατά την επεξεργασία, αλλά όχι για την κατανόηση και την ερμηνεία των χημικών μεταβολών και των μηχανισμών που εμπλέκονται σ' αυτές. Σε μια πολύπλοκη σειρά αντιδράσεων, όπως στην περίπτωση της αντίδρασης Maillard, είναι γνωστό πως η παρατηρούμενη σταθερά του ρυθμού της αντίδρασης αντανακλά ένα συνδυασμό από ρυθμούς στοιχειωδών και απλών αντιδράσεων. Αν στόχος της μελέτης είναι η λεπτομερέστερη ερμηνεία μιας συγκεκριμένης αντίδρασης από αυτές που συμβαίνουν, αναγκαία κρίνεται η υιοθέτηση ενός μηχανισμού της αντίδρασης (Martins et al., 2001). Πρόκειται για μια άλλη προσέγγιση στην κινητική μοντελοποίησης, και όταν μπορεί κανείς να αναλύσει και να μοντελοποιήσει περισσότερα από ένα συστατικά ταυτόχρονα, η προσέγγιση αυτή παίρνει τη μορφή της πολυπαραγοντικής μοντελοποίησης (Van Boekel, 1996). Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται τα επόμενα βήματα (Martins et al., 2001):

- Προσδιορισμός των κυριότερων αντιδρώντων συστατικών και προϊόντων και υπολογισμός του αντίστοιχου ισοζυγίου μάζας.
- Προσδιορισμός των συστατικών που αποτελούν συν-προϊόντα του ίδιου σταδίου της αντίδρασης.
- Διαφοροποίηση μεταξύ των πρωτογενών και δευτερογενών οδών της αντίδρασης.

- Προσδιορισμός των κρίσιμων παραμέτρων επεξεργασίας (pH, θερμοκρασία, κλπ.)
- Προσδιορισμός της επίδρασης των συγκεντρώσεων των αντιδρώντων.
- Υιοθέτηση – Πρόταση για ένα πρότυπο μηχανισμό του συνολικού δικτύου της αντίδρασης που να βασίζεται στα στοιχειώδη και επιμέρους στάδια της αντίδρασης.
- Εξέταση του μηχανισμού που προτάθηκε.

Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε από τους Martins et al. (2001), σε μια μελέτη ανασκόπησης για την αντίδραση Maillard στα τρόφιμα με τις συνακόλουθες εκδοχές κατά την κινητική μοντελοποίηση αυτής.

2.13 Μη ενζυμική αμαύρωση τροφίμων μέσης και χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, άξια έρευνας κρίθηκε η μελέτη των χημικών μεταβολών που συμβαίνουν στα λευκά φασόλια τα οποία παρουσιάζουν μικροβιακή σταθερότητα λόγω της χαμηλής περιεχόμενης υγρασίας και της θερμικής επεξεργασίας που υφίστανται. Τα εν λόγω τρόφιμα αν και έχουν μακρά διάρκεια ζωής, εν τούτοις παρουσιάζουν υποβάθμιση και απώλεια των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών σε βάθος χρόνου, ή και γρηγορότερα στην περίπτωση της εφαρμογής θερμικής επεξεργασίας, προκαλώντας τη δυσαρέσκεια του καταναλωτή που τελικά τα απορρίπτει. Τέτοιου είδους προβλήματα συχνά αποδίδονται στις αντιδράσεις μη ενζυμικής αμαύρωσης στις οποίες εμπλέκεται η καραμελοποίηση, η οξειδωτική αποικοδόμηση του ασκορβικού οξέος και ο σχηματισμός προϊόντων της αντίδρασης Maillard. Η αντίδραση Maillard, που συμβαίνει μεταξύ των αμινομάδων και των αναγωγικών σακχάρων, θεωρείται ως η σημαντικότερη αιτία αμαύρωσης σε συμπυκνωμένα συστήματα τροφίμων (Toribio et al., 1984). Η αμαύρωση οφειλόμενη στην αντίδραση Maillard είναι επιθυμητή κατά την επεξεργασία ορισμένων τροφίμων, όπως στη βιομηχανία παραγωγής καφέ, τσαγιού, μπύρας και κατά το ψήσιμο του ψωμιού, βελτιώνοντας το χρώμα, το άρωμα και τη γεύση τους (Martins et al., 2001). Αντιθέτως, είναι ανεπιθύμητη σε συμπυκνωμένα, μέσης περιεκτικότητας σε υγρασία και ξηρά τρόφιμα, επειδή μεταξύ άλλων προκαλεί απώλειες θρεπτικών συστατικών (π.χ. λυσίνης), ή σχηματισμό ανεπιθύμητων ουσιών, π.χ. φουρφουράλης και 5 υδροξυμεθυλο-φουρφουράλης (HMF, hydroxymethylfurfural) και τελικά το σχηματισμό χρωστικών κίτρινου ή καφέ χρώματος (Labuza et al., 1992, Martins et al., 2001).

Η μεταβολή του χρώματος των δύο αυτών συστημάτων τροφίμων, εξαιτίας της ανάπτυξης συστατικών μελανού / καφέ χρωματισμού υιοθετήθηκε ως ο καταλληλότερος δείκτης για την καταγραφή της απώλειας της ποιότητάς τους κατά την θερμική επεξεργασία. Η πολυπλοκότητα της αντίδρασης Maillard, αποτελούμενη από πολλές παράλληλες και αλληπάλλληλες αντιδράσεις με ποικίλα προϊόντα, δυσκολεύει εξαιρετικά στη μελέτη του φαινομένου και ειδικότερα στην εύρεση μιας απλής αναλυτικής χημικής μεθόδου που θα μπορούσε επαρκώς να περιγράψει το σύνολο της διεργασίας. Η πιο κοινή μέθοδος για την περιγραφή της αμαύρωσης είναι η αξιολόγηση της ανάπτυξης χρώματος ως συνάρτηση του χρόνου και η έκφρασή της με όρους κινητικής της αντίδρασης, όπως για παράδειγμα χρησιμοποιώντας τη σταθερά του ρυθμού της αντίδρασης. Πολλές έρευνες αναφέρουν πως η εμφάνιση καφέ χρωστικών περιγράφεται από τις κινητικές μηδενικής ή πρώτης τάξης (Toribio et al., 1986).

Σημαντική παράμετρος που επιδρά έντονα στην κινητική αμαύρωσης είναι η θερμοκρασία, ενώ το χημικό περιβάλλον ενός συστήματος τροφίμου, συμπεριλαμβανομένου της a_w , του pH, και της χημικής σύστασης, επηρεάζει επίσης δραστικά την κινητική της αντίδρασης. Ο ρυθμός αμαύρωσης επηρεάζεται έντονα από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία και η ενεργότητα νερού. Σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε υγρασία, ο ρυθμός αμαύρωσης αυξάνεται, για προϊόντα που βρίσκονται στην ξηρά κατάσταση, ξεκινώντας από την κρίσιμη τιμή ενεργότητας νερού a_w 0.2-0.3 για τα περισσότερα τρόφιμα, ως ένα μέγιστο ενεργότητας νερού σε επίπεδο a_w 0.5-0.8, και ακολούθως μειώνεται σε υψηλότερες τιμές ενεργότητας νερού ως αποτέλεσμα της αραίωσης των αντιδρώντων συστατικών (Labuza et al, 1992).

2.14 Νομοθετικό πλαίσιο

Αρκετές χημικές ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τρόφιμα αλλά δεν επιτρέπονται όλες για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα χημικά συντηρητικά τροφίμων είναι εκείνες οι ουσίες οι οποίες προστίθενται σε πολύ μικρές ποσότητες (μέχρι 0,2%) και δεν επηρεάζουν ή επηρεάζουν πολύ λίγο τις οργανοληπτικές ή φυσικό-χημικές ιδιότητες των τροφών. Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών καθορίζει ποιες ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συντηρητικά στα διάφορα τρόφιμα και σε ποια επίπεδα. Αναφορικά με τις ουσίες που προκαλούν την εμφάνιση της ενζυμικής αμαύρωσης σε φρούτα και λαχανικά, έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν κάποιες χημικές ουσίες οι οποίες αναστέλλουν ή περιορίζουν την εμφάνιση της. Οι ουσίες αυτές αφορούν κυρίως οξειδωτικά και

συντηρητικά τα οποία χρησιμοποιούνται ή προστίθενται σε φρούτα και λαχανικά και σύμφωνα με τον FAO έχουν ως εξής:

- **Γαλακτικό οξύ, Οξικό οξύ, Κιτρικό οξύ, Ροσμαρινικό οξύ:** Η χρήση τους θεωρείται ασφαλής και δεν υπάρχουν περιορισμοί στα αποδεκτά ημερήσια όρια πρόσληψης.
- **Βενζοϊκό νάτριο, προπιονικό νάτριο, σορβικό κάλιο, νιτρώδεις ουσίες:** Η χρήση τους περιορίζεται και καθορίζονται αυστηρά πλαίσια για τις μέγιστες ημερήσιες προσλήψεις, καθώς επίσης καθορίζονται και τα είδη των τροφίμων στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε συντηρητική ουσία.
- **Διοξείδιο του θείου και θειώδη άλατα:** Οι θειώδεις ουσίες χρησιμοποιούνται σαν συντηρητικά για να περιορίσουν την αμαύρωση και τον αποχρωματισμό σε τρόφιμα και ποτά. Κάποιες ποσότητες διοξειδίου του θείου SO₂ ή των θειικών ριζών HSO₃⁻ αντιδρούν με αλδεϋδες και κετόνες και έτσι η αναστολή της ενζυμικής αμαύρωσης επιτυγχάνεται με την χρήση αερίου SO₂ ή με την χρήση διαλυμάτων θειωδών αλάτων. Οι θειώδεις ουσίες που χρησιμοποιούνται είναι το διοξείδιο του θείου, θειώδες νάτριο, διθειώδες νάτριο και κάλιο και μεταδισουλφιδικές ενώσεις (Washburn et al, 2017).

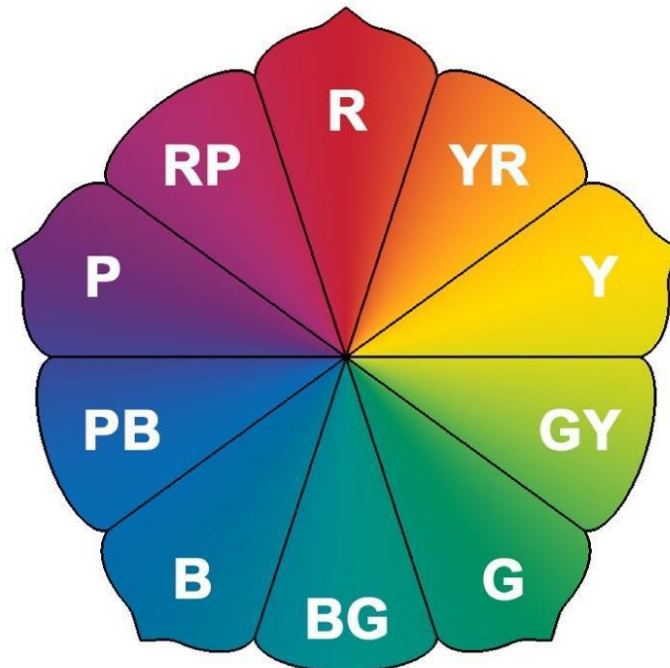
Ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA – Food and Drug Administration) εισηγείται κάποια μέγιστη περιεκτικότητα στα επίπεδα περιεκτικότητας διοξειδίου του θείου στους χυμούς φρούτων, αποξηραμένα φρούτα και άλλα επεξεργασμένα τρόφιμα. Ορισμένες θειώδεις ουσίες οι οποίες προκαλούν ασθματικές αντιδράσεις έχουν απαγορευτεί πλήρως για χρήση σε φρούτα και λαχανικά που διατίθενται φρέσκα στους καταναλωτές (Washburn et al, 2017). Αν και οι θειικές ενώσεις δεν θεωρούνται μολυσματικές ή καρκινογόνες, ένα ποσοστό του πληθυσμού είναι ευαίσθητο και είναι δυνατό να παρουσιάσει οξεία αλλεργική αντίδραση. Ως εκ τούτου έχουν τεθεί περιορισμοί στην χρήση τους σε τρόφιμα ενώ έχουν αποσυρθεί από τις αποδεκτές μορφές επεξεργασίας ή συντήρησης των τροφίμων (Ozdemir, 1997).

2.15 Συστήματα χρώματος

2.15.1 Η θεωρία του συστήματος Munsell

Το σύστημα Munsell (Σχήμα 2.6) ξεκινά με πέντε βασικές αποχρώσεις (Κόκκινο, Κίτρινο, Πράσινο, Μπλε και Μωβ) και πέντε ενδιάμεσες αποχρώσεις (YR, GY, BG,

PB, RP). Κάθε οικογένεια χρωμάτων χωρίζεται σε δέκα τμήματα και αριθμείται ανάλογα έτσι ώστε το 5R να αντιπροσωπεύει το πιο καθαρό κόκκινο. Καθώς οι αριθμοί αυξάνονται ή μειώνονται, έρχονται πιο κοντά στην επόμενη οικογένεια χρωμάτων. Για παράδειγμα, το 1R θα ήταν κοντά στο κόκκινο-μοβ και το 10R θα ήταν κοντά στο κίτρινο-κόκκινο (Nickerson et al., 1976).

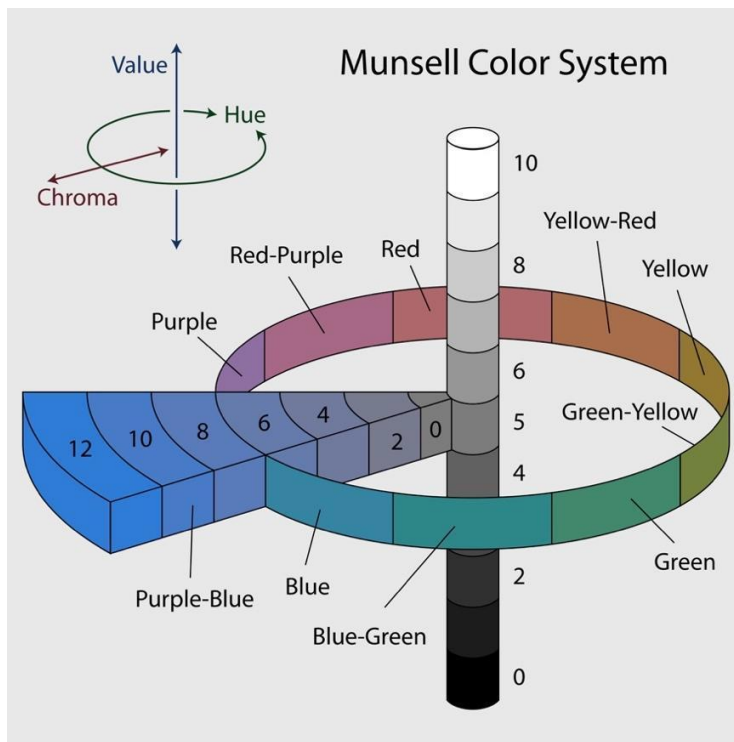


Σχήμα 2.6: Πέντε βασικές και πέντε ενδιάμεσες αποχρώσεις του συστήματος Munsell.

Στη συνέχεια, το σύστημα χρωμάτων Munsell επεκτείνεται στον τυπικό χρωματικό κύκλο αναγνωρίζοντας ότι κάθε χρώμα έχει τρία χαρακτηριστικά:

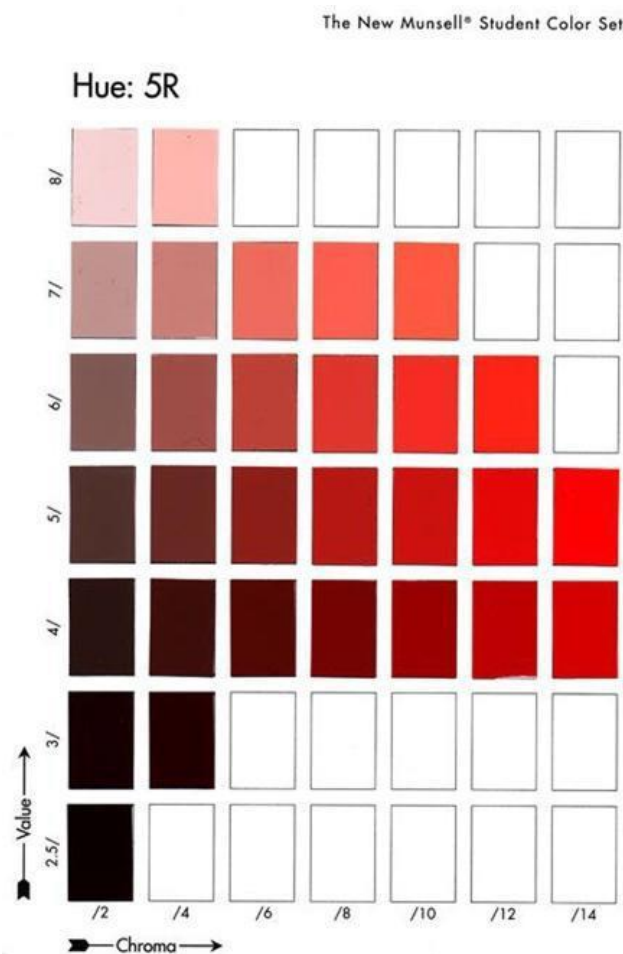
- Hue – η βασική οικογένεια χρωμάτων όπως κόκκινο ή μπλε
- Value – η φωτεινότητα ή το σκοτάδι του χρώματος
- Chroma – ο κορεσμός του χρώματος (καθαρό έναντι σίγασης, ζωντανό έναντι ασθενούς)

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις τρεις ιδιότητες και δημιουργώντας μια γραφική αναπαράσταση (Σχήμα 2.7), καταλήγει σε ένα περίπου σφαιρικό σχήμα. Τα χρωματικά βήματα γίνονται πιο ανοιχτά καθώς μετακινούνται στο καθαρό λευκό στο επάνω μέρος και πιο σκούρα καθώς μετακινούνται στο καθαρό μαύρο στο κάτω μέρος. Ταυτόχρονα, καθώς τα χρώματα πλησιάζουν τον κεντρικό άξονα, γίνονται πιο σίγαση ή γκρι (Nickerson et al., 1976).



Σχήμα 2.7: Γραφική αναπαράσταση του συστήματος Munsell.

Αν υποθέσουμε ότι μια φέτα κόβεται από τη σφαίρα χρώματος Munsell, κάθε τμήμα έχει το δικό της γράφημα (Σχήμα 2.8) που δείχνει έναν αριθμό παραλλαγών που απεικονίζουν αλλαγές στην τιμή και το χρώμα (Nickerson et al., 1976).



Σχήμα 2.8: Αναπαράσταση αλλαγών στην τιμή και στο χρώμα του συστήματος Munsell.

2.15.2 Η θεωρία του συστήματος C.I.E. Lab

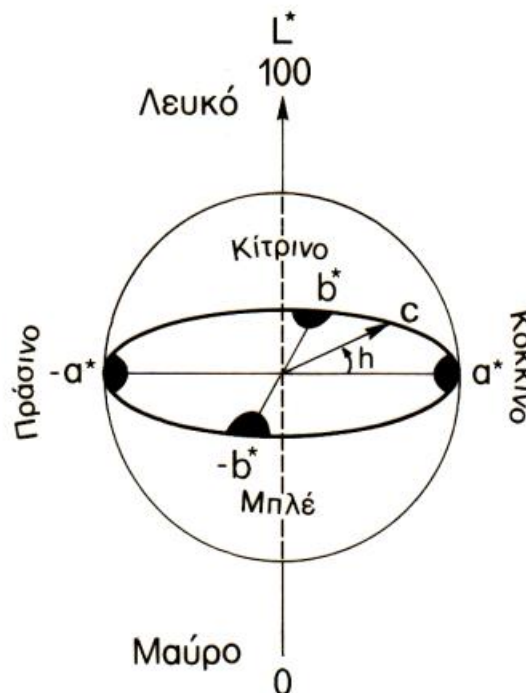
Το 1976 η CIE πρότεινε σαν μια εύχρηστη εφαρμογή το σύστημα που ονομάζεται CIELAB. Είναι ένα τρισσορθογώνιο σύστημα με άξονες τα μεγέθη L^* , a^* , b^* (Σχήμα 2.9), τα οποία υπολογίζονται βάσει των τιμών X , Y και Z από μαθηματικές σχέσεις. Στο σύστημα αυτό οι καρτεσιανές συντεταγμένες L^* , a^* , b^* (Σχήμα 2.9) υπολογίζονται από τους ακόλουθους μη γραμμικούς μαθηματικούς μετασχηματισμούς των τριχρωματικών τιμών X , Y , Z ,

$$L^* = 116 (Y/ Y_0)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 [(X/ X_0)^{1/3} - (Y/ Y_0)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 [(Y/ Y_0)^{1/3} - (Z/ Z_0)^{1/3}]$$

όπου X_0 , Y_0 και Z_0 οι τριχρωματικές τιμές X , Y , Z μιας πρότυπης λευκής επιφάνειας για ορισμένη φωτεινή πηγή και γωνία παρατήρησης (2° ή 10°), οι οποίες βρίσκονται πειραματικά (βαθμονόμηση) και εισάγονται στον υπολογιστή. Για παράδειγμα για πρότυπη φωτεινή πηγή D65 (φως ημέρας) και γωνία παρατήρησης 10° , προκύπτουν οι τιμές $X_0 = 94.81$, $Y_0 = 100$ και $Z_0 = 107.33$ (Αντωνιάδης et al., 2002).



Σχήμα 2.9: Τρισδιάστατη παρουσίαση των χρωμάτων στο σύστημα L^* , a^* , b^* . (Αντωνιάδης et al., 2002)

Οι άξονες a^* και b^* ανταποκρίνονται στα ζεύγη κόκκινο-πράσινο και κίτρινο-μπλε, δηλαδή το σύστημα εναρμονίζεται με τη θεωρία αντίληψης του χρώματος βάσει των αντιθέτων χρωμάτων. Οι άξονες a^* και b^* τέμνονται στο λεγόμενο ουδέτερο σημείο (αχρωματικό). Ο τρίτος άξονας L^* , που είναι κάθετος στο επίπεδο των a^* και b^* και μάλιστα στο ουδέτερο σημείο, είναι μέτρο της φωτεινότητας.

Το χρώμα καθορίζεται από το ανθρώπινο μάτι βάσει των τιμών L^* , C^* , h° . Το σύστημα CIELAB είναι εναρμονισμένο και με αυτές τις παραμέτρους, που ανταποκρίνονται στην τριχρωματική θεωρία αντίληψης των χρωμάτων. Δηλαδή ο καθορισμός του χρώματος γίνεται και με άξονες τα μεγέθη L^* , C^* , h° , αντί των L^* , a^* , b^* . Στο σύστημα L^* , a^* , b^* ο κορεσμός χρώματος αποδίδεται με το μέγεθος της αντίστοιχης πολικής ακτίνας C^* και η χροιά με τη γωνία h° που σχηματίζει ο καρτεσιανός άξονας a^* με την πολική ακτίνα C^* (Σχήμα 2.9).

Η γωνία h° παριστάνει την απόχρωση και ο κορεσμός παριστάνεται με τον άξονα C^* , που έχει αρχή το αχρωματικό σημείο και τέλος την περιφέρεια, όπου ο κορεσμός είναι μέγιστος (Σχήμα 2.9). Έτσι, λοιπόν, ένα χρώμα μπορεί να ορισθεί είτε με τα μεγέθη L^* , a^* , b^* είτε με τα L^* , C^* , h° . Και στις δύο περιπτώσεις L^* είναι το μέτρο της φωτεινότητας και κυμαίνεται από 0 (μαύρο) μέχρι 100 (λευκό).

Με πιο απλά λόγια, το σύστημα C.I.E. Lab χρησιμοποιεί τρεις παραμέτρους L^* , a^* και b^* για τον χρωματικό προσδιορισμό. Το L^* συμβολίζει την τιμή της φωτεινότητας και μεταβάλλεται σε κατακόρυφο άξονα. Σε οριζόντιο επίπεδο, το a^* καθορίζει ισόβαθμα τα χρώματα κόκκινο και πράσινο. Θετικό a^* αντιστοιχεί στο ποσοστό του κόκκινου, ενώ αρνητικό a^* στο ποσοστό του πράσινου. Το b^* καθορίζει ισόβαθμα τα χρώματα κίτρινο και μπλε. Θετικό b^* αντιστοιχεί στο ποσοστό του κίτρινου, ενώ αρνητικό b^* στο ποσοστό του μπλε.

3. Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της εργασίας είναι να χρησιμοποιηθούν φυσικά και χημικά συστατικά που έχουν ανασταλτική δράση έναντι της μη ενζυμικής αμαύρωσης των τροφίμων και συγκεκριμένα των λευκών ξηρών φασολιών κατά την κονσερβοποίηση τους.

Συγκεκριμένα, με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου, κιτρικού οξέος και ροσμαρινικού οξέος σε διάφορες αναλογίες, ως παρεμποδιστές της αντίδρασης, σε κονσερβοποιημένα λευκά φασόλια και την σύγκριση αυτών με κονσέρβες φασολιών χωρίς την προσθήκη των παραπάνω συστατικών, με σκοπό την διεξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την δράση των παρεμποδιστών.

Βασικό αντικείμενο της μελέτης είναι η χρήση φυσικών και χημικών συστατικών για την παρεμπόδιση του φαινομένου της αμαύρωσης κονσερβοποιημένων ξηρών φασολιών σε βιομηχανική κλίμακα με σκοπό την παραγωγή τελικού προϊόντος με βελτιωμένη ποιότητα, και την μελέτη των συνθηκών για την βελτιστοποίηση της διαδικασίας.

Τελικός σκοπός της εργασίας είναι να καταστεί δυνατή η αντικατάσταση τουλάχιστον εν μέρει, του υποθειώδους ώστε τα προϊόντα αυτά να αποκτήσουν, στο μέλλον, το χαρακτηρισμό ότι είναι ελεύθερα χημικών συντηρητικών (clean label).

4. Υλικά και μέθοδοι

Για την υλοποίηση του πειράματος της εν λόγω διπλωματικής εργασίας παρήχθησαν σαράντα δύο δείγματα κονσερβών με λευκά φασόλια, είκοσι ένα σε νερό και είκοσι ένα σε σάλτσα τομάτας, τα οποία χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες των τεσσάρων δειγμάτων και ένα δείγμα control κάθε κατηγορία αντίστοιχα. Στο δείγμα control δεν έχει προστεθεί τίποτα επιπλέον της πρότυπης συνταγής ενώ στην πρώτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%) και στην δεύτερη ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%). Στην τρίτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%), στην τέταρτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%) και τέλος στην πέμπτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα με προσθήκη ροσμαρινικού οξέος διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%).

Στην συνέχεια, μετρήθηκε το pH των φασολιών κατά το άνοιγμα των κονσερβών σε όλα τα δείγματα με πεχάμετρο χειρός και ακολούθησε πλύσιμο και στέγνωμα των φασολιών με σκοπό τις μετρήσεις των παραμέτρων χρώματος L^* , a^* , b^* , h° , C^* όλων των δειγμάτων με την βοήθεια του φασματοφωτόμετρου SV3200. Έπειτα από όλες τις μετρήσεις, φωτογραφήθηκαν όλα τα δείγματα φασολιών σε λευκό φόντο και κρατήθηκαν ως προσωπικό αρχείο.

Τέλος, για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Minitab 18.1 και οι μέθοδοι ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων Anova και ανάλυσης συστάδων ή ταξινόμησης των στοιχείων Cluster Analysis.

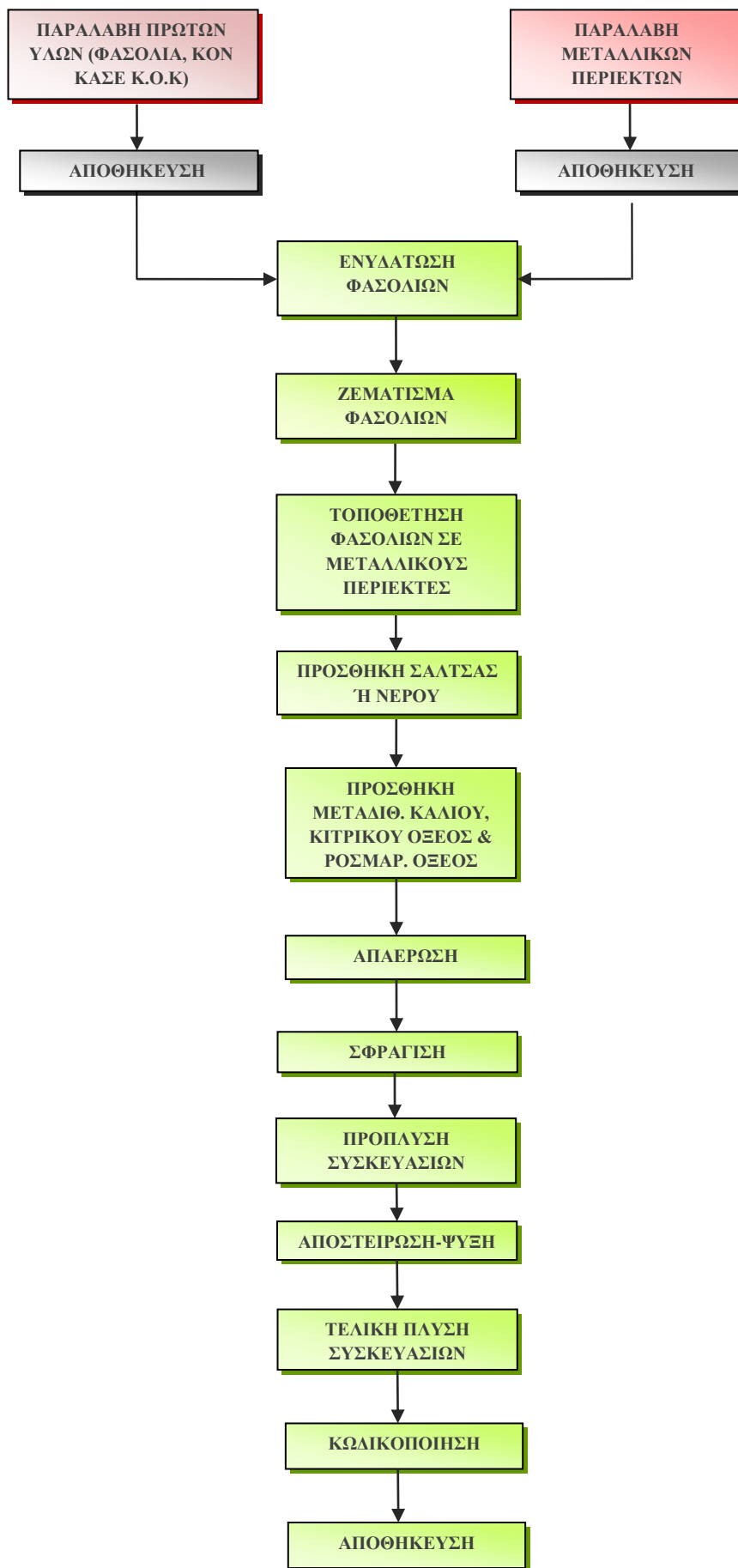
4.1 Πειραματική πορεία

4.1.1 Συνθήκες κονσερβοποίησης φασολιών

Για το συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν λευκά φασόλια προέλευσης Πρεσπών, κον κασέ από 100% ψιλοκομμένες τομάτες, συμπυκνωμένος τοματοπολτός 28-30 brix, πόσιμο νερό, μεταδιθειώδες κάλιο σε σκόνη, κιτρικό οξύ σκόνη και ροσμαρινικό οξύ σε σκόνη. Τα φασόλια ενυδατώθηκαν μέσα σε πλαστικούς περιέκτες με καθαρό νερό για 24 ώρες χωρίς την προσθήκη άλλων συστατικών. Στην συνέχεια, ζεματίστηκαν (blanching) στους 92°C για 45 λεπτά και τοποθετήθηκαν

ζυγίζοντας τους μέσα σε μεταλλικούς περιέκτες (επικασσιτερωμένος χάλυβας) μαζί με σάλτσα τομάτας ($\theta \geq 75^{\circ}\text{C}$) ή με νερό ίδιας θερμοκρασίας. Στο στάδιο αυτό, προστέθηκαν και τα συστατικά τα οποία λειτούργησαν ως παρεμποδιστές της μη ενζυμικής αμαύρωσης. Συγκεκριμένα, οι κονσέρβες κατηγοριοποιήθηκαν σε κονσέρβες με νερό και σε κονσέρβες με σάλτσα και χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες των τεσσάρων δειγμάτων και ένα δείγμα control κάθε κατηγορία αντίστοιχα. Στο δείγμα control δεν προστέθηκε τίποτα επιπλέον της πρότυπης συνταγής ενώ στην πρώτη ομάδα της πρώτης κατηγορίας (φασόλια σε νερό), ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη κιτρικού οξέος διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%) και στην δεύτερη ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών με προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%). Στην τρίτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών που προστέθηκε κιτρικό οξύ 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%), στην τέταρτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα φασολιών που προστέθηκε κιτρικό οξύ 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%) και τέλος στην πέμπτη ομάδα ανήκουν τέσσερα δείγματα με προσθήκη ροσμαρινικού οξέος διαφορετικής περιεκτικότητας το καθένα (0,1%, 0,3%, 0,7% και 1%). Στη δεύτερη κατηγορία κονσερβών (φασόλια σε σάλτσα τομάτας), προστέθηκαν ακριβώς τα ίδια συστατικά ως παρεμποδιστές της αντίδρασης στις ίδιες αναλογίες όπως και στην πρώτη κατηγορία με την διαφορά ότι το υγρό πλήρωσης ήταν σάλτσα τομάτας και όχι νερό. Το τελικό καθαρό βάρος όλων των κονσερβών των φασολιών ήταν 280g. Αμέσως μετά την εγκυτίωση των περιεκτών ακολούθησε το στάδιο της απαέρωσης σε συνθήκες 89°C για 15 λεπτά σε κινούμενη ταινία και στην συνέχεια το ερμητικό σφράγισμα των περιεκτών με μεταλλικό καπάκι. Ύστερα τα κουτιά μεταφέρθηκαν με κινούμενη ταινία στο στάδιο της πρόπλυσης των περιεκτών εξωτερικά και τοποθετήθηκαν στον αποστειρωτή για να πραγματοποιηθεί το στάδιο της αποστείρωσης των κονσερβών σε συνθήκες 118°C , 1,4 atm για 70 λεπτά. Αμέσως μετά το τέλος της αποστείρωσης των κονσερβών, ακολούθησε η τελική πλύση των συσκευασιών εξωτερικά, η κωδικοποίηση τους και η αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Παρακάτω απεικονίζεται διαγραμματικά η ροή της παραγωγής των κονσερβών με λευκά φασόλια σε σάλτσα τομάτας ή σε νερό (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ροής παραγωγής κονσερβών με λευκά φασόλια σε σάλτσα τομάτας ή σε νερό.

4.2 Εφαρμοζόμενες μέθοδοι και όργανα μέτρησης

4.2.1 Μετρήσεις pH φασολιών

Σκοπός της μέτρησης του pH των φασολιών ήταν ο προσδιορισμός της επίδρασης της μη ενζυμικής αμαύρωσης των φασολιών σε σχέση με το pH του κάθε δείγματος. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό πεχάμετρο χειρός PCE-228 με εύρος pH 0.00-14.00 και ακρίβεια 0.01 pH (Σχήμα 4.2). Πριν από κάθε μέτρηση διαφορετικού δείγματος πραγματοποιούταν καθαρισμός του ηλεκτροδίου με απιονισμένο νερό και βαθμονόμησή του οργάνου με ρυθμιστικά διαλύματα 4.00 και 7.00 της εταιρείας HACH.

Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το ηλεκτρόδιο του πεχάμετρου εντός της κονσέρβας με τα φασόλια σε νερό (control) και καταγράφηκε η τιμή του pH αφού σταθεροποιήθηκε η ένδειξη στην οθόνη του οργάνου.



Σχήμα 4.2: Πεχάμετρο χειρός. (προσωπικό αρχείο)

4.2.2 Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος

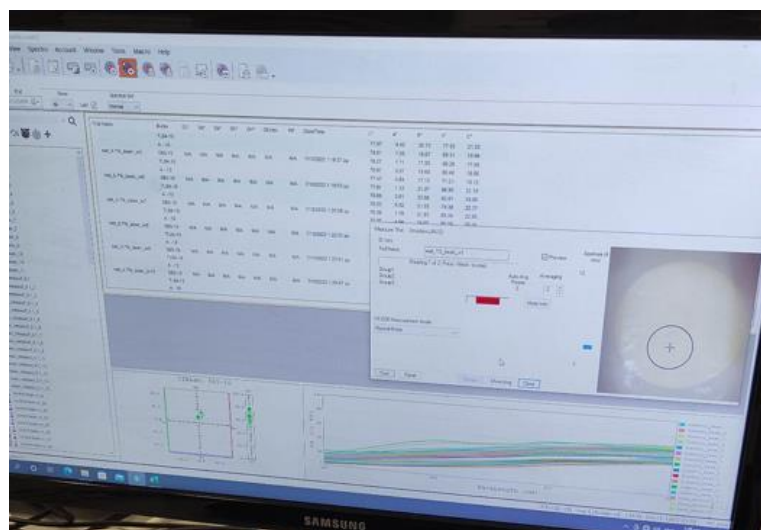
Σκοπός της χρωματομετρίας είναι ο προσδιορισμός της διαφοράς του χρώματος μεταξύ των δειγμάτων φασολιών που δεν προστέθηκε κάποιο συστατικό παρεμπόδισης της μη ενζυμικής αμαύρωσης (control) και των δειγμάτων φασολιών που προστέθηκαν οι παρεμποδιστές της αντίδρασης, καθώς και ο προσδιορισμός της αλλαγής του χρώματος σε σχέση με τις αναλογίες των συστατικών παρεμπόδισης που προστέθηκαν κάθε φορά (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%). Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε το φασματοφωτόμετρο VS3200 το οποίο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και την αναγνώριση χρωμάτων σε βιομηχανικές εφαρμογές (Σχήμα 4.3). Το όργανο διαβάζει

δείγματα χρώματος από μια ποικιλία υλικών, όπως χαρτί, πλαστικό και άλλα. Το όργανο μπορεί να ρυθμιστεί από 2 mm έως 12 mm μέγεθος στόχου σε ένα δείγμα.



Σχήμα 4.3: Φασματοφωτόμετρο VS3200 (προσωπικό αρχείο).

Για τη μέτρηση, πλύθηκαν με νερό δέκα φασόλια από κάθε δείγμα κονσέρβας και στέγνωσαν με καθαρό χαρτί. Έπειτα τοποθετήθηκαν τα φασόλια ένα ένα στην υποδοχή του οργάνου, με τέτοιο τρόπο ώστε να εφάπτεται καλά. Για κάθε ένα από τα φασόλια καταγράφηκαν οι χρωματικές παράμετροι L^* , a^* , b^* , h° , C^* και τα αποτελέσματα εμφανίζονταν στην οθόνη με ποικίλους τρόπους (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4: Οθόνη καταγραφής αποτελεσμάτων φασματοφωτόμετρου VS3200 (προσωπικό αρχείο).

Το L^* συσχετίζεται με την τιμή της φωτεινότητας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) και μεταβάλλεται σε κατακόρυφο άξονα. Σε οριζόντιο επίπεδο, το a^*

και το b^* καθορίζουν τα χρώματα κόκκινο, πράσινο, κίτρινο και μπλε με αριθμητικά. Συγκεκριμένα, οι θετικές τιμές του a^* αντιστοιχούν σε αποχρώσεις του κόκκινου ενώ οι αρνητικές τιμές σε αποχρώσεις του πράσινου. Αντίστοιχα, οι θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου ενώ οι αρνητικές τιμές του, αποχρώσεις του μπλε. Μετά το τέλος της μέτρησης των παραμέτρων χρώματος ακολούθησε φωτογράφιση του κάθε δείγματος κονσέρβας και καταγραφή των αποτελεσμάτων ηλεκτρονικά ώστε να αναλυθούν στατιστικά.

4.2.3 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης αποτελεσμάτων

Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Minitab 18.1 και οι μέθοδοι ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων Anova και ανάλυσης συστάδων ή ταξινόμησης των στοιχείων Cluster Analysis.

Στην μέθοδο της ανάλυσης της διακύμανσης δύο παραγόντων Anova συγκαταλέγονται δύο πλεονεκτήματα:

- Με την διενέργεια ενός και μόνο πειράματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μία ανάλυση, για παράδειγμα τριών παραγόντων και όχι κατ' ανάγκη ξεχωριστά τρεις διαδοχικές αναλύσεις της διακύμανσης ενός παράγοντα, εξοικονομώντας χρόνο, χρήμα και προσπάθεια.
- Στην παραγοντική ανάλυση εξετάζεται και το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των εμπλεκόμενων παραγόντων, πράγμα ανέφικτο στην απλή ανάλυση ενός κριτηρίου.

Υπάρχει όμως και ένα μειονέκτημα της παραγοντικής ανάλυσης, το οποίο είναι η πληθώρα των υπολογιστικών πράξεων, το οποίο όμως σήμερα παρακάμπτεται με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών (Πετρίδης, 2019).

Για την καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη σχετικά με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης της εν λόγω διπλωματικής εργασίας, αξίζει να αναφερθεί ότι η εξάρτηση της δράσης του ενός παράγοντα από ένα ή περισσότερα επίπεδα του άλλου παράγοντα καλείται αλληλεπίδραση. Η εξέταση της αλληλεπίδρασης των εμπλεκόμενων παραγόντων γίνεται μετά από αναφορά στην τιμή του ελέγχου F και διαπίστωση της στατιστικής σημαντικότητας αυτής ($F \geq F_{\alpha, p}$, $p \leq 0,05$). Αν η τιμή F της αλληλεπίδρασης βρίσκεται κοντά στο 0,05 δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων και δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν (Πετρίδης, 2019).

Η μέθοδος της ανάλυσης συστάδων ή ταξινόμησης των στοιχείων Cluster Analysis διευθετεί ένα σύνολο μεταβλητών ή παρατηρήσεων σε συγκεκριμένες ομάδες οι

οποίες διαθέτουν κατ' ιδίαν κοινά χαρακτηριστικά, ευκρινώς διαφοροποιημένα από εκείνα των άλλων ομάδων. Η απόσταση των στοιχείων στο χώρο μετρείται με τους ειδικούς συντελεστές ομοιότητας και η σύνδεσή τους προς δημιουργία συστάδων με ομοειδές περιεχόμενο τιμών εκάστη πραγματοποιείται με ειδικές μεθόδους διασύνδεσης, ιεραρχικού ή μη χαρακτήρα. Η ανάλυση συστάδων δρα επικουρικά με τις αναλύσεις κοινών παραγόντων και κύριων συνιστωσών, και η μελέτη περίπτωσης της ανάλυσης συστάδων αποτελεί επέκταση και συγκεκριασμό των παραπάνω αναλύσεων, σχετικά με τη συσταδοποίηση των διάφορων κονσερβών φασολιών. Η μελέτη ταξινόμησης των στοιχείων, όπως ήδη διαφαίνεται, απαιτεί επιτακτικά τη συνδυαστική γνώση των αναλύσεων κοινών παραγόντων και κύριων συνιστωσών και επιπρόσθετα την ανάλυση διακύμανσης μεταξύ των ομάδων για την στατιστική εκτίμηση των διαφορετικών δράσεων των μεταβλητών μεταξύ των ομάδων (Πετρίδης, 2015). Στην ταξινόμηση των δύο κατευθύνσεων (two-way clustering) σκοπός είναι να εκθέσει πιθανές σχέσεις μεταξύ ομάδων ατομικών στοιχείων, οι οποίες απορρέουν από διαφορές ή ομοιότητες α) μεταξύ των σειρών στην ίδια ομάδα ή και μεταξύ σειρών σε διαφορετικές ομάδες και β) μεταξύ στηλών στην ίδια ομάδα ή και σε διαφορετικές ομάδες (Πετρίδης, 2015).

Στο επόμενο στάδιο, οι συνδυασμοί αυτοί σχετίζονται γραφικά μεταξύ τους. Η ταξινόμηση δύο κατευθύνσεων εκτελεί ανάλυση ομαδοποίησης στις σειρές και τις στήλες απεικονίζοντας δύο δενδρογράμματα ταυτόχρονα. Οι στήλες και σειρές του αρχικού πίνακα αναδιοργανώνονται έτσι ώστε να ταιριάζουν στην κατάταξη των παρατηρήσεων στο διπλής κατεύθυνσης δενδρόγραμμα. Σημαντικό στοιχείο της επιτυχημένης εκτέλεσης της μεθόδου είναι η σχετικοποίηση των ομάδων ταξινόμησης των στηλών αμέσως μετά την ομαδοποίηση των σειρών. Το δενδρόγραμμα διπλής κατεύθυνσης συντίθεται από το δενδρόγραμμα των σειρών, το δενδρόγραμμα των στηλών και την παρουσίαση των στοιχείων του αρχικού πίνακα διαμορφωμένο κατάλληλα για να ανταποκριθεί στην διαρθρωτική κατάταξη του δενδρογράμματος (Πετρίδης, 2015).

5. Αποτελέσματα και συζήτηση

5.1 Μετρήσεις pH φασολιών

5.1.1 Φασόλια σε νερό

Από τα 42 δείγματα κονσερβών που παρήχθησαν, τα 21 ήταν λευκά φασόλια σε νερό και τα υπόλοιπα 21 ήταν λευκά φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Το πρώτο δείγμα κονσέρβας ήταν το λεγόμενο control, καθώς δεν έχει προστεθεί καμία ουσία ως παρεμποδιστής της μη ενζυμικής αμαύρωσης και παρήχθη με βάση την πρότυπη συνταγή. Παρατίθενται παρακάτω οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην κονσέρβα control αλλά και στις κονσέρβες με την προσθήκη κιτρικού οξέος (Πίνακας 5.1).

Πίνακας 5.1: Μετρήσεις pH των φασολιών σε νερό του control και αυτών με την προσθήκη κιτρικού οξέος.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Control	6,17
Κιτρικό οξύ 0,1%	5,68
Κιτρικό οξύ 0,3%	4,98
Κιτρικό οξύ 0,7%	4,36
Κιτρικό οξύ 1%	4,12

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.2: Μετρήσεις pH των φασολιών σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%	6,11
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%	6,02
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%	5,92
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%	5,83

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε

αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ 0,1% (Πίνακας 5.3).

Πίνακας 5.3: Μετρήσεις pH των φασολιών σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%	6,6
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%	5,6
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%	4,88
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%	4,55

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ 0,1% (Πίνακας 5.4).

Πίνακας 5.4: Μετρήσεις pH των φασολιών σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε συνδυασμό κιτρικό οξύ.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%	5,34
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%	5,07
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%	4,61
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%	4,26

Παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% (Πίνακας 5.5).

Πίνακας 5.5: Μετρήσεις pH των φασολιών σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%	6,17

Ροσμαρινικό οξύ 0,3%	6,14
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%	6,02
Ροσμαρινικό οξύ 1%	5,92

5.1.2 Φασόλια σε σάλτσα τομάτας

Από τα δείγματα κονσερβών φασολιών σε σάλτσα τομάτας, το πρώτο δείγμα κονσέρβας ήταν το λεγόμενο control, καθώς δεν έχει προστεθεί καμία ουσία ως παρεμποδιστής της μη ενζυμικής αμαύρωσης και παρήχθησε με βάση την πρότυπη συνταγή. Παρατίθενται παρακάτω οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην κονσέρβα control αλλά και στις κονσέρβες με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% (Πίνακας 5.6).

Πίνακας 5.6: Μετρήσεις pH των φασολιών σε σάλτσα τομάτας του control και αυτών με την προσθήκη κιτρικού οξέος.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Control	5,51
Κιτρικό οξύ 0,1%	4,76
Κιτρικό οξύ 0,3%	4,53
Κιτρικό οξύ 0,7%	4,04
Κιτρικό οξύ 1%	3,88

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% (Πίνακας 5.7).

Πίνακας 5.7: Μετρήσεις pH των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%	5,33
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%	5,34
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%	5,30
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%	5,27

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ 0,1% (Πίνακας 5.8).

Πίνακας 5.8: Μετρήσεις pH των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%	5,06
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%	4,62
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%	4,33
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%	4,09

Παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% σε συνδυασμό με κιτρικό οξύ 0,1% (Πίνακας 5.9).

Πίνακας 5.9: Μετρήσεις pH των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε συνδυασμό κιτρικό οξύ.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%	4,77
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%	4,52
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%	4,34
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%	4,14

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι τιμές pH από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις κονσέρβες με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε αναλογίες 0,1%, 0,3%, 0,7% και 1% (Πίνακας 5.10).

Πίνακας 5.10: Μετρήσεις pH των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος.

Πρόσθετη ουσία / Περιεκτικότητα	pH
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%	5,28
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%	5,24
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%	5,20
Ροσμαρινικό οξύ 1%	5,18

5.2 Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος φασολιών

Οι μεταβολές του χρώματος των φασολιών αποδόθηκαν από τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* όπου επιλέχθηκαν ως οι πιο κατάλληλες για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων με την βοήθεια του φασματοφωτόμετρου VS3200.

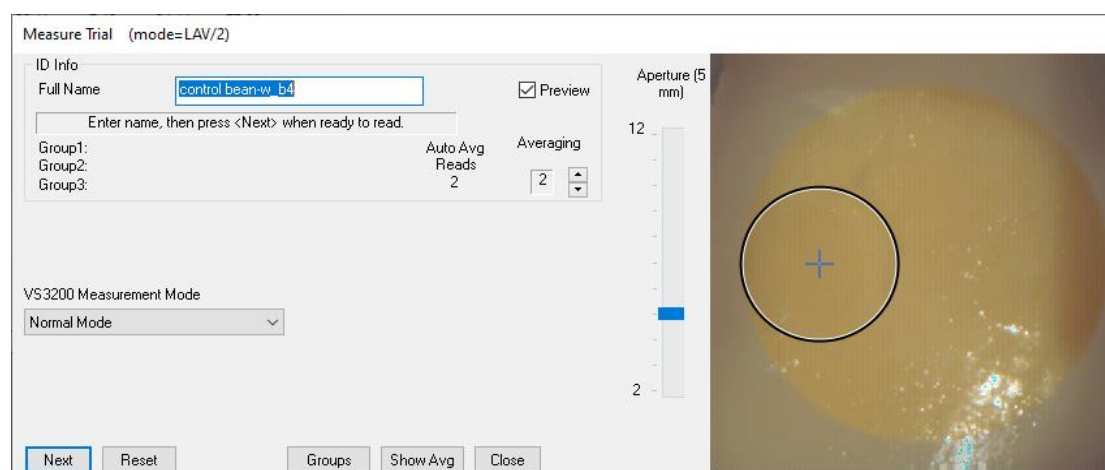
5.2.1 Φασόλια σε νερό

Οι παράμετροι του χρώματος μετρήθηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια από κάθε κονσέρβα και παρακάτω παρατίθενται οι τιμές για τις L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα control σε νερό στο οποίο δεν έχει προστεθεί καμία ουσία ως παρεμποδιστής της μη ενζυμικής αμαύρωσης και παρήχθη με βάση την πρότυπη συνταγή (Πίνακας 6).

Πίνακας 6: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών control σε νερό.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Control_1	57.95	9.29	29.26	72.38	30.70
Control_2	59.01	8.12	29.20	74.47	30.31
Control_3	59.07	7.57	29.73	75.71	30.67
Control_4	59.23	7.51	30.02	75.94	30.94
Control_5	58.75	6.79	25.20	74.91	26.10
Control_6	60.00	6.76	27.42	76.15	28.24
Control_7	56.93	11.09	28.54	68.76	30.62
Control_8	59.13	7.33	26.93	74.77	27.91
Control_9	60.61	8.39	28.99	73.87	30.18
Control_10	60.33	7.58	26.94	74.28	27.99

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος control σε νερό που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.1).



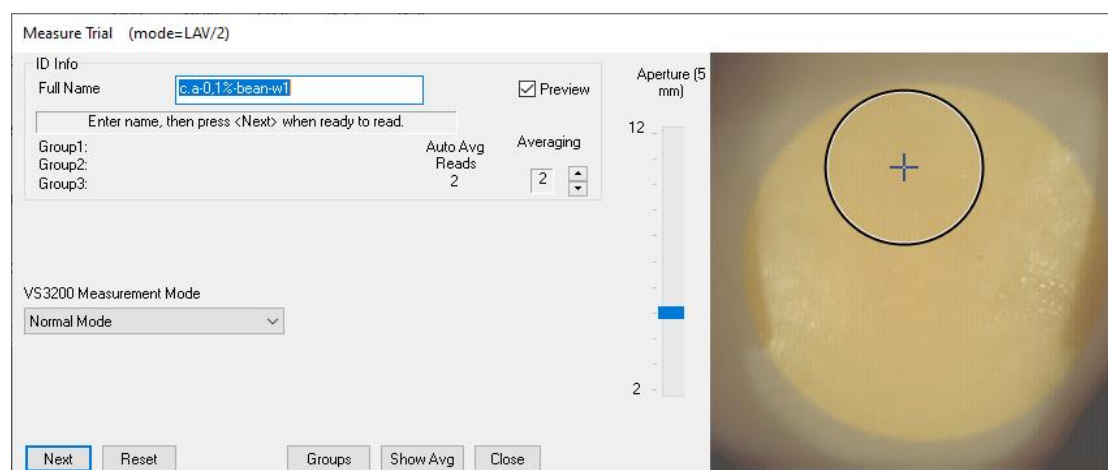
Σχήμα 5.1: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος control σε νερό που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L*, a*, b*, h°, C* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.1: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Κιτρικό οξύ 0,1%_1	70.19	8.24	29.35	74.33	30.48
Κιτρικό οξύ 0,1%_2	69.60	8.18	28.67	74.07	29.82
Κιτρικό οξύ 0,1%_3	70.48	8.55	30.62	74.40	31.79
Κιτρικό οξύ 0,1%_4	70.80	8.00	28.81	74.48	29.90
Κιτρικό οξύ 0,1%_5	70.13	7.86	28.58	74.63	29.64
Κιτρικό οξύ 0,1%_6	68.43	8.92	29.60	73.22	30.91
Κιτρικό οξύ 0,1%_7	70.50	8.62	29.10	73.50	30.35
Κιτρικό οξύ 0,1%_8	69.30	7.58	27.45	74.55	28.47
Κιτρικό οξύ 0,1%_9	68.80	9.67	30.23	72.26	31.73
Κιτρικό οξύ 0,1%_10	72.84	6.69	24.46	74.70	25.36

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.2).



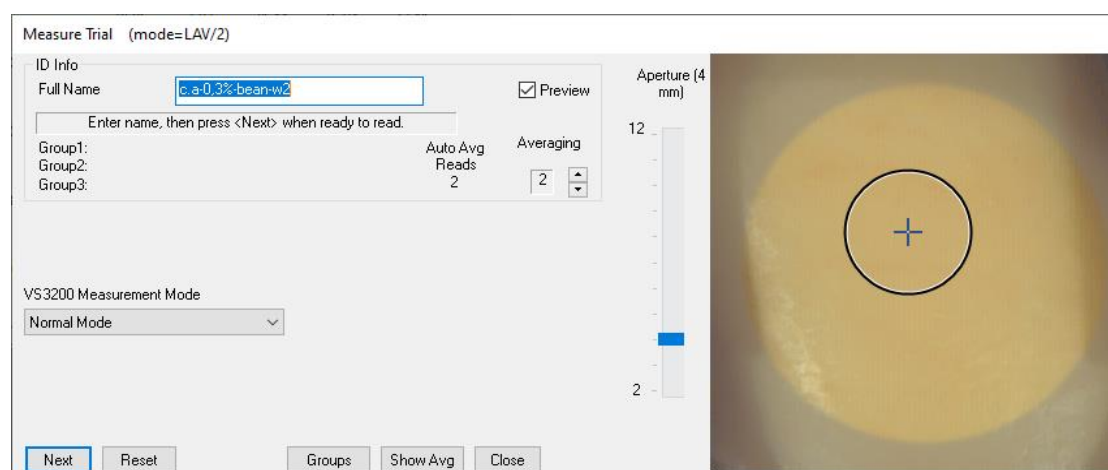
Σχήμα 5.2: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3% (Πίνακας 6.2).

Πίνακας 6.2: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,3%_1	67.90	8.10	29.09	74.44	30.20
Κιτρικό οξύ 0,3%_2	69.19	8.02	30.90	75.44	31.92
Κιτρικό οξύ 0,3%_3	69.29	6.47	28.34	77.15	29.07
Κιτρικό οξύ 0,3%_4	72.06	6.77	25.84	75.32	26.71
Κιτρικό οξύ 0,3%_5	74.25	6.07	26.79	77.23	27.47
Κιτρικό οξύ 0,3%_6	71.36	7.08	28.39	76.00	29.26
Κιτρικό οξύ 0,3%_7	70.56	6.94	26.68	75.43	27.57
Κιτρικό οξύ 0,3%_8	71.38	6.35	29.74	77.94	30.41
Κιτρικό οξύ 0,3%_9	69.85	7.21	28.46	75.78	29.36
Κιτρικό οξύ 0,3%_10	67.16	7.82	27.81	74.30	28.89

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.3).



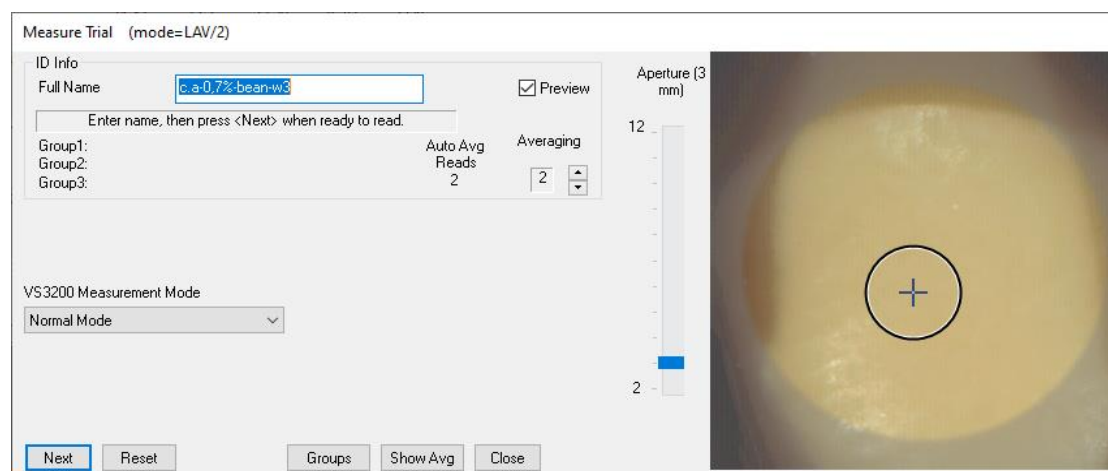
Σχήμα 5.3: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L*, a*, b*, h°, C* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7% (Πίνακας 6.3).

Πίνακας 6.3: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Κιτρικό οξύ 0,7%_1	68.93	8.79	31.30	74.31	32.51
Κιτρικό οξύ 0,7%_2	67.83	8.10	28.40	74.08	29.53
Κιτρικό οξύ 0,7%_3	71.85	7.03	26.15	74.95	27.08
Κιτρικό οξύ 0,7%_4	67.19	8.45	30.15	74.34	31.31
Κιτρικό οξύ 0,7%_5	69.49	7.84	29.15	74.95	30.18
Κιτρικό οξύ 0,7%_6	70.12	8.22	30.75	75.03	31.83
Κιτρικό οξύ 0,7%_7	69.81	7.11	28.41	75.94	29.28
Κιτρικό οξύ 0,7%_8	70.53	7.89	28.90	74.74	29.95
Κιτρικό οξύ 0,7%_9	71.10	8.22	28.94	74.14	30.08
Κιτρικό οξύ 0,7%_10	65.79	10.51	32.98	72.32	34.61

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.4).



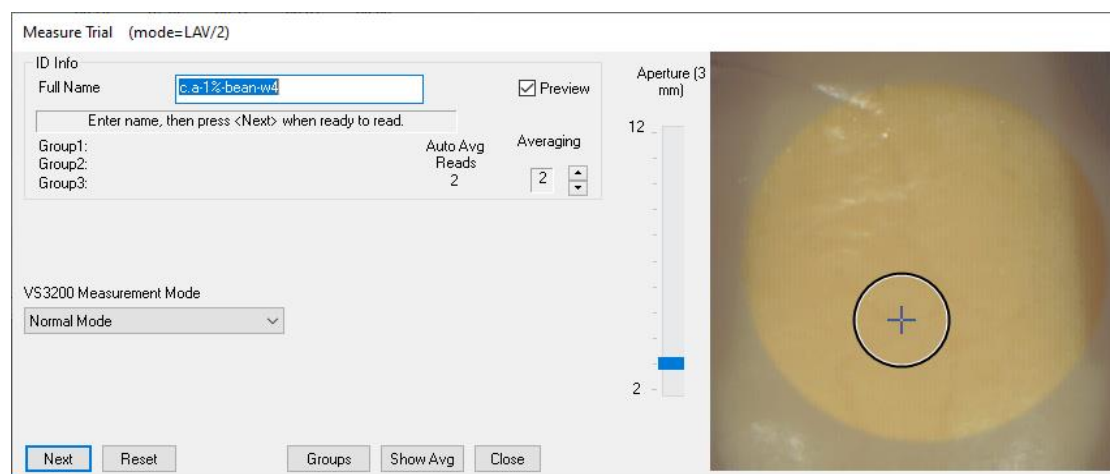
Σχήμα 5.4: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L*, a*, b*, h°, C* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% (Πίνακας 6.4).

Πίνακας 6.4: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Κιτρικό οξύ 1%_1	64.59	6.19	25.82	76.52	26.56
Κιτρικό οξύ 1%_2	64.94	6.50	28.26	77.04	29.00
Κιτρικό οξύ 1%_3	66.80	5.99	26.32	77.18	26.99
Κιτρικό οξύ 1%_4	65.74	6.89	28.16	76.26	28.99
Κιτρικό οξύ 1%_5	65.42	6.72	28.77	76.85	29.55
Κιτρικό οξύ 1%_6	65.31	5.47	27.11	78.59	27.66
Κιτρικό οξύ 1%_7	60.08	8.64	30.05	73.96	31.27
Κιτρικό οξύ 1%_8	67.84	6.48	26.98	76.49	27.75
Κιτρικό οξύ 1%_9	63.79	7.61	30.14	75.83	31.09
Κιτρικό οξύ 1%_10	67.40	7.96	31.27	75.71	32.26

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.5).



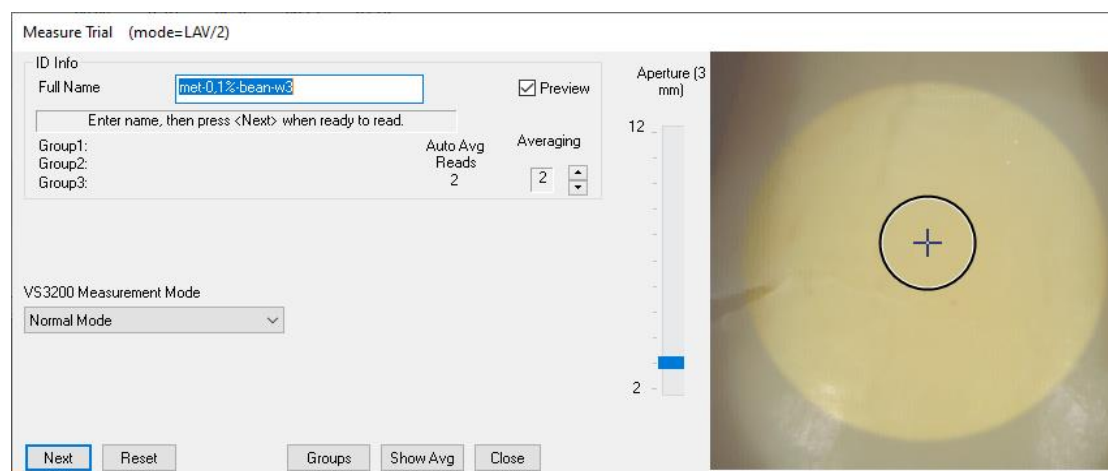
Σχήμα 5.5: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1% (Πίνακας 6.5).

Πίνακας 6.5: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_1	76.65	1.49	24.99	86.59	25.04
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_2	77.57	0.43	20.92	88.84	20.93
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_3	77.46	1.14	24.72	87.36	24.74
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_4	77.49	1.46	21.69	86.15	21.74
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_5	77.61	0.70	21.69	88.16	21.71
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_6	76.98	2.02	24.18	85.23	24.26
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_7	75.74	2.24	26.45	85.15	26.54
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_8	77.78	0.55	19.48	88.39	19.48
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_9	75.70	2.63	22.92	83.46	23.07
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_10	75.19	1.93	20.66	84.65	20.75

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.6).



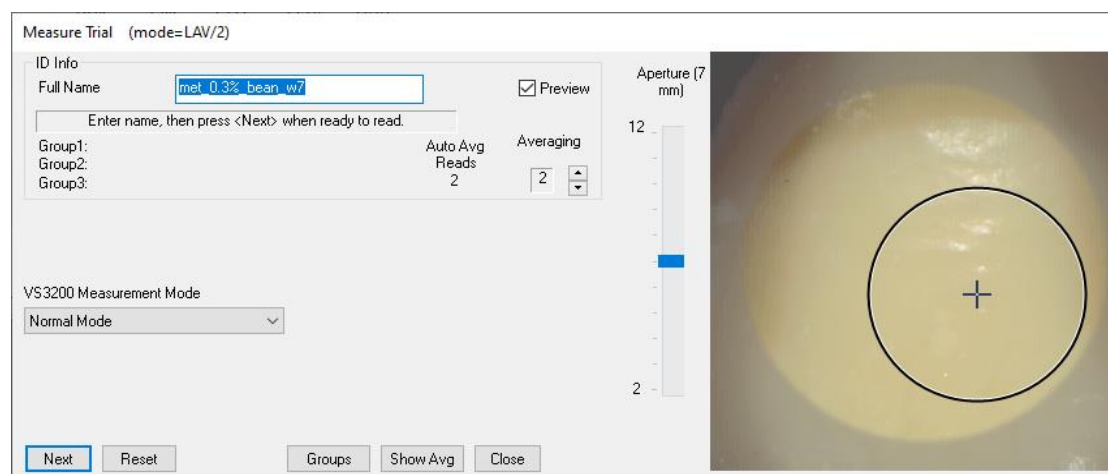
Σχήμα 5.6: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3% (Πίνακας 6.6).

Πίνακας 6.6: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_1	78.47	0.86	20.64	87.61	20.66
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_2	79.19	0.91	20.79	87.50	20.81
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_3	76.94	2.17	23.83	84.80	23.93
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_4	77.02	2.05	20.46	84.27	20.56
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_5	77.37	2.47	23.38	83.97	23.51
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_6	78.34	-0.33	22.06	90.86	22.06
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_7	76.91	1.50	20.17	85.74	20.23
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_8	77.98	0.58	17.46	88.09	17.47
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_9	78.00	0.93	23.85	87.77	23.87
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_10	74.83	3.71	23.50	81.02	23.79

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.7).



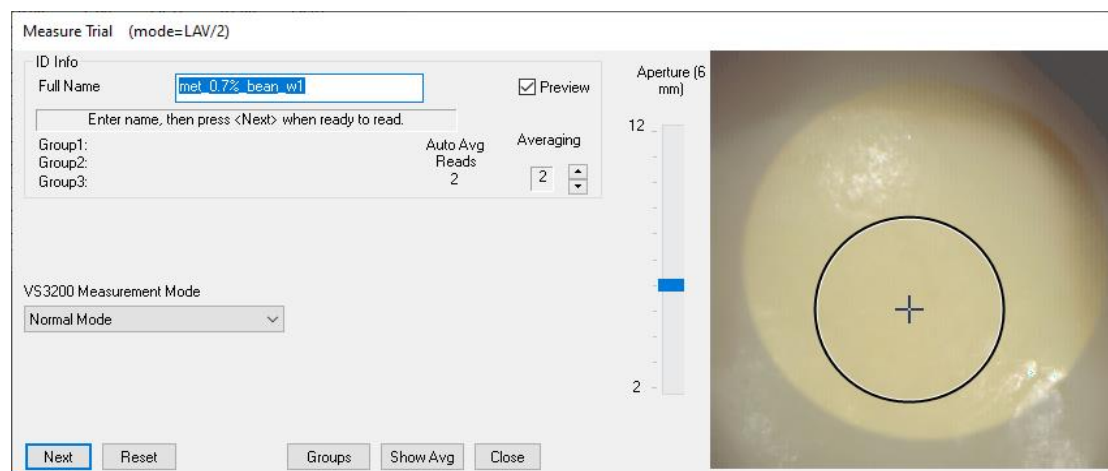
Σχήμα 5.7: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L*, a*, b*, h°, C* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7% (Πίνακας 6.7).

Πίνακας 6.7: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_1	78.30	0.35	20.19	89.01	20.19
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_2	78.09	0.23	20.90	89.37	20.90
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_3	76.12	1.41	18.25	85.59	18.31
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_4	77.21	2.34	18.16	82.66	18.32
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_5	76.27	1.11	17.05	86.29	17.09
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_6	77.81	1.12	21.07	86.95	21.10
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_7	76.39	1.79	21.93	85.34	22.00
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_8	74.53	1.57	16.96	84.72	17.04
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_9	75.92	2.86	20.59	82.10	20.79
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_10	78.34	0.82	18.83	87.52	18.85

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.8).



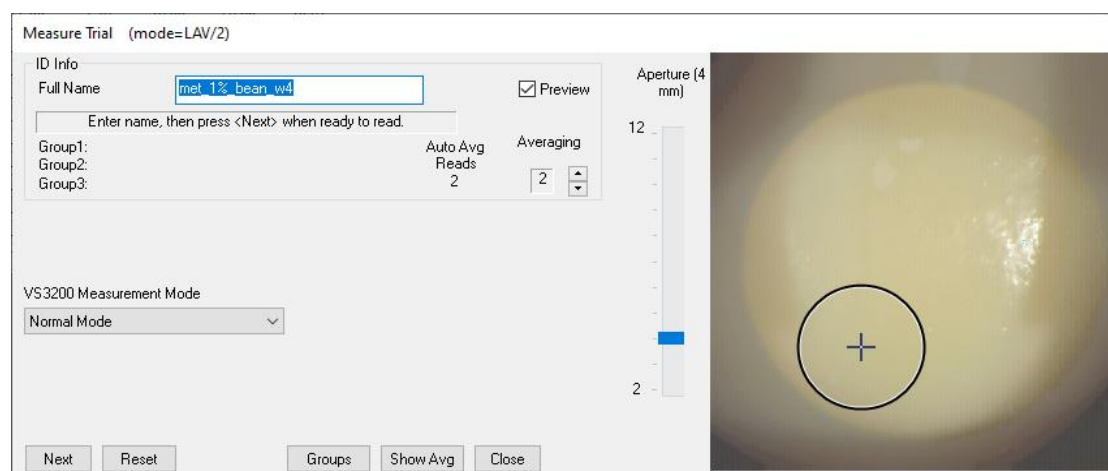
Σχήμα 5.8: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L*, a*, b*, h°, C* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1% (Πίνακας 6.8).

Πίνακας 6.8: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_1	77.22	2.34	16.79	82.08	16.95
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_2	77.81	2.59	18.69	82.11	18.87
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_3	74.33	3.46	21.87	81.00	22.14
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_4	75.44	0.72	17.78	87.69	17.79
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_5	58.70	1.63	14.51	83.58	14.60
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_6	77.39	2.00	18.89	83.97	18.99
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_7	78.19	0.79	20.01	87.73	20.02
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_8	75.54	3.25	19.95	80.75	20.21
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_9	76.24	3.29	19.96	80.64	20.23
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_10	76.79	1.45	16.52	85.00	16.59

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.9).



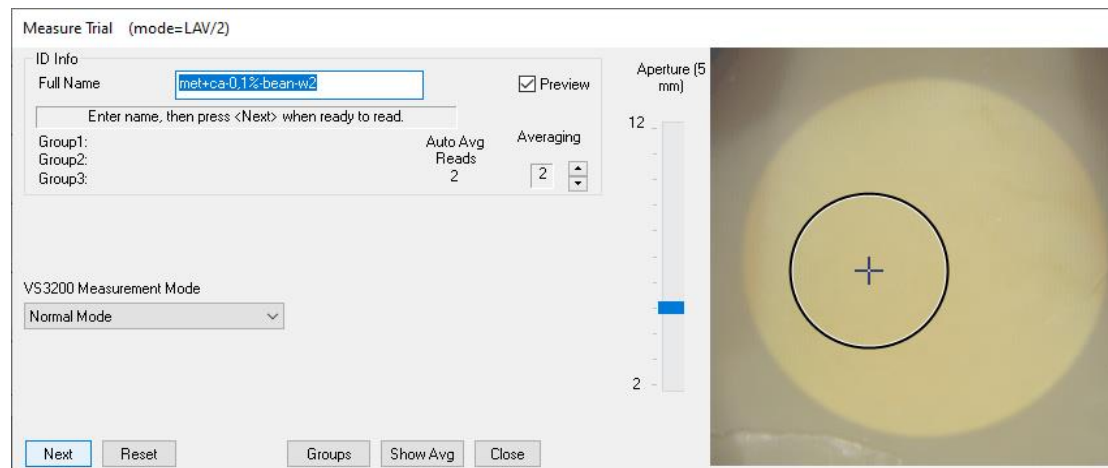
Σχήμα 5.9: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L*, a*, b*, h°, C* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% (Πίνακας 6.9).

Πίνακας 6.9: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_1	75.82	2.35	24.29	84.47	24.40
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_2	75.32	1.95	23.31	85.23	23.40
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_3	76.97	1.93	24.30	85.45	24.37
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_4	74.65	2.82	24.50	83.44	24.66
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_5	74.74	2.65	22.08	83.16	22.23
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_6	77.56	1.51	24.08	86.42	24.13
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_7	75.84	1.64	20.38	85.40	20.45
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_8	73.82	3.33	22.19	81.46	22.44
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_9	75.64	1.37	24.19	86.76	24.23
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_10	74.76	2.85	23.07	82.96	23.24

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.10).



Σχήμα 5.10: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

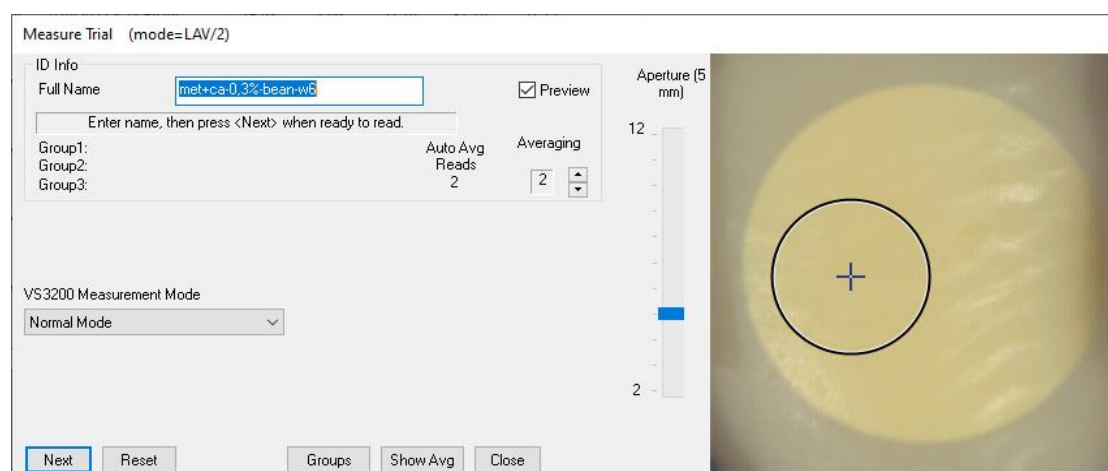
Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% (Πίνακας 6.10).

Πίνακας 6.10: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_1	75.69	2.66	25.16	83.96	25.30
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_2	75.93	1.09	27.10	87.70	27.12
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_3	76.05	2.62	20.83	82.83	20.99
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_4	78.74	1.34	21.17	86.38	21.22
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_5	75.36	0.47	20.75	88.70	20.75

Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_6	76.54	2.59	25.05	84.10	25.18
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_7	75.11	1.84	23.88	85.60	23.95
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_8	77.46	1.90	23.48	85.37	23.56
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_9	75.22	2.68	24.64	83.79	24.79
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_10	75.03	2.94	22.44	82.54	22.63

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.11).



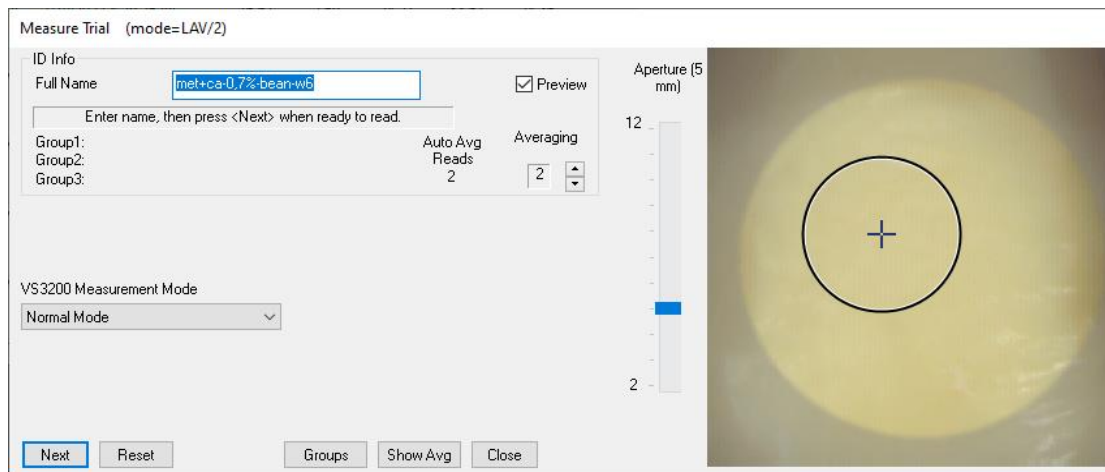
Σχήμα 5.11: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h^0 , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% (Πίνακας 6.11).

Πίνακας 6.11: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_1	74.99	3.32	24.86	82.38	25.08
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_2	76.61	2.69	24.21	83.67	24.36
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_3	78.23	1.73	24.18	85.92	24.24
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_4	79.33	0.45	23.15	88.89	23.15
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_5	77.02	2.54	24.38	84.04	24.51
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_6	80.13	0.05	22.26	89.87	22.26
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_7	79.16	1.41	22.69	86.44	22.73
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_8	75.71	2.59	26.09	84.33	26.22
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_9	78.74	1.29	23.82	86.91	23.86
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_10	77.95	2.35	24.03	84.41	24.14

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.12).



Σχήμα 5.12: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

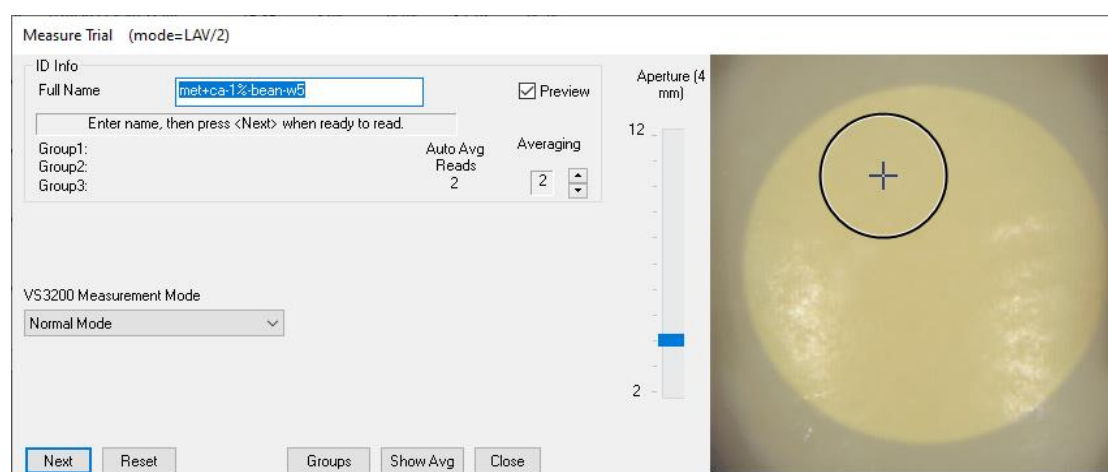
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1% (Πίνακας 6.12).

Πίνακας 6.12: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_1	75.85	3.04	24.04	82.79	24.24
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_2	77.43	2.72	24.84	83.76	24.99
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_3	76.46	2.11	24.75	85.14	24.84
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_4	74.75	3.88	25.71	81.42	26.00
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_5	75.60	2.21	23.85	84.71	23.95
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_6	78.08	2.09	24.79	85.18	24.88
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_7	75.89	1.88	22.60	85.25	22.68

Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_8	76.35	1.91	25.54	85.72	25.61
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_9	75.25	3.31	25.69	82.67	25.90
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_10	76.51	2.38	23.61	84.24	23.73

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.13).



Σχήμα 5.13: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

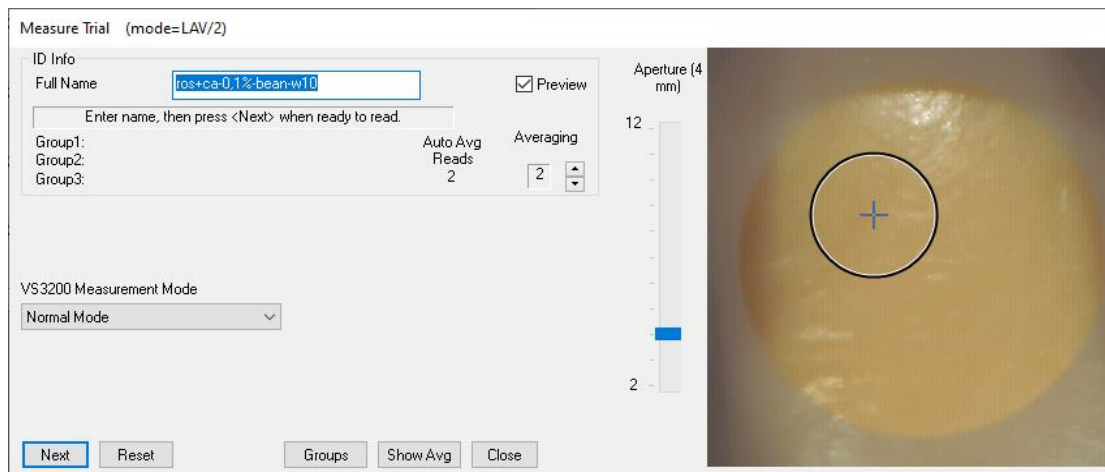
Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1% (Πίνακας 6.13).

Πίνακας 6.13: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_1	64.12	8.88	31.08	74.06	32.32
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ	63.23	6.43	24.17	75.11	25.01

0,1%_2					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_3	63.17	6.97	28.12	76.08	28.97
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_4	61.38	8.16	26.86	73.10	28.07
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_5	61.48	5.78	26.75	77.81	27.37
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_6	64.95	8.11	29.54	74.64	30.63
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_7	61.77	7.45	26.20	74.13	27.24
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_8	65.01	7.20	29.26	76.18	30.14
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_9	63.45	7.57	27.83	74.79	28.84
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_10	62.23	8.47	28.23	73.31	29.47

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.14).



Σχήμα 5.14: Παράδειγμα φωτογραφίας φασιολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

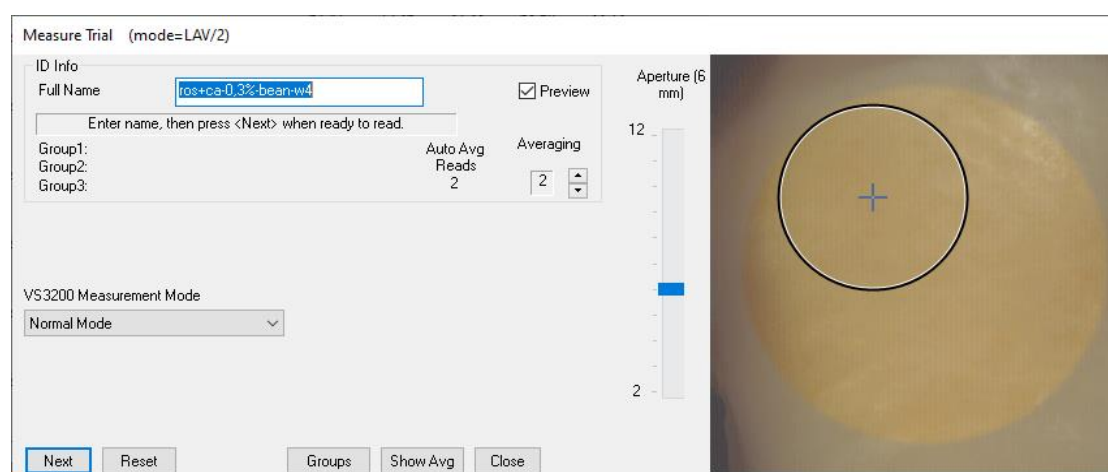
Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3% (Πίνακας 6.14).

Πίνακας 6.14: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασιολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασιολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_1	58.72	7.63	26.01	73.64	27.11
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_2	66.04	7.55	26.02	73.82	27.09
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_3	63.28	8.28	26.79	72.83	28.04
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_4	60.89	7.93	25.88	72.97	27.07
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_5	64.55	8.28	29.05	74.09	30.21
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_6	64.06	9.20	30.21	73.06	31.58
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_7	62.28	8.05	25.11	72.23	26.37

Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_8	63.55	8.95	26.61	71.42	28.08
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_9	59.55	8.17	25.22	72.05	26.51
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_10	59.94	7.53	25.86	73.76	26.93

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.15).



Σχήμα 5.15: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

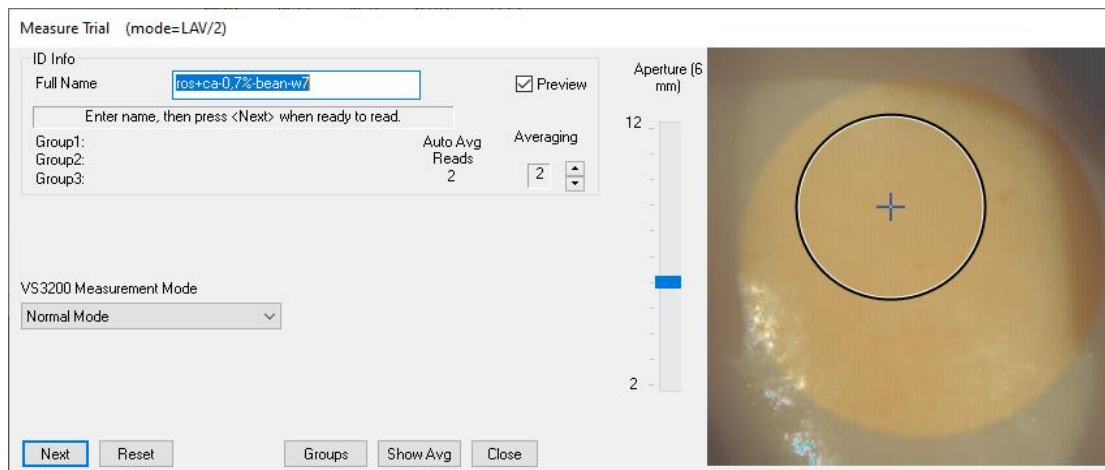
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7% (Πίνακας 6.15).

Πίνακας 6.15: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_1	65.78	8.15	27.99	73.77	29.15
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ	66.43	8.60	28.97	73.46	30.22

0,7%_2					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_3	61.93	9.86	27.56	70.32	29.27
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_4	67.11	8.43	29.26	73.93	30.45
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_5	59.91	6.99	23.47	73.41	24.49
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_6	70.33	6.58	27.59	76.59	28.36
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_7	65.34	8.97	29.24	72.95	30.59
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_8	59.53	7.74	23.60	71.84	24.84
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_9	62.76	8.12	27.48	73.55	28.65
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_10	61.70	7.25	24.52	73.54	25.57

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.16).



Σχήμα 5.16: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

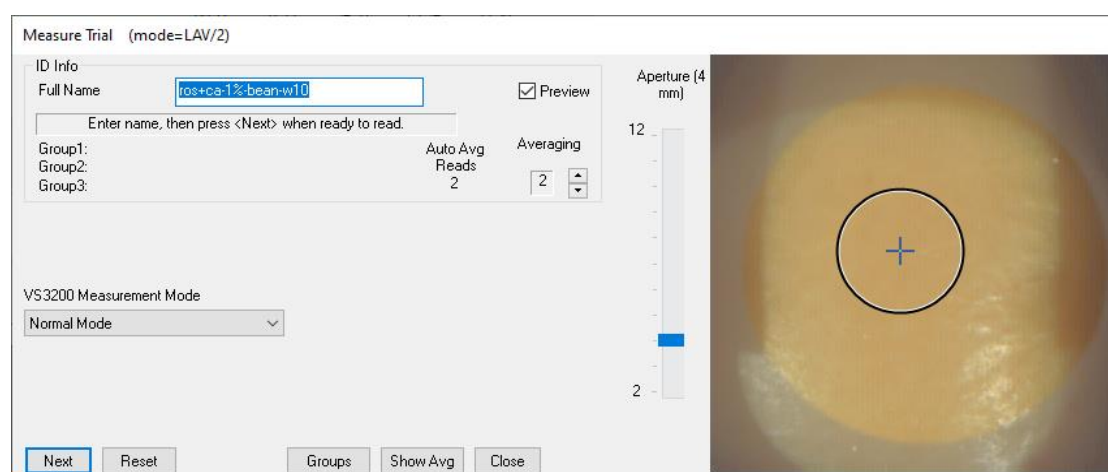
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1% (Πίνακας 6.16).

Πίνακας 6.16: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1%

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_1	66.38	9.22	29.53	72.66	30.94
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_2	63.72	10.06	33.25	73.17	34.74
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_3	59.20	8.91	27.92	72.30	29.31
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_4	63.31	9.19	27.00	71.21	28.52
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_5	61.88	8.69	27.55	72.49	28.89
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_6	64.39	8.93	30.20	73.53	31.49
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_7	66.64	6.39	24.11	75.16	24.94

Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_8	62.68	9.00	28.67	72.57	30.05
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_9	65.05	9.70	31.41	72.83	32.87
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_10	64.94	9.73	31.07	72.61	32.56

Παράδειγμα φωτογραφίας φασιολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.17).



Σχήμα 5.17: Παράδειγμα φωτογραφίας φασιολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

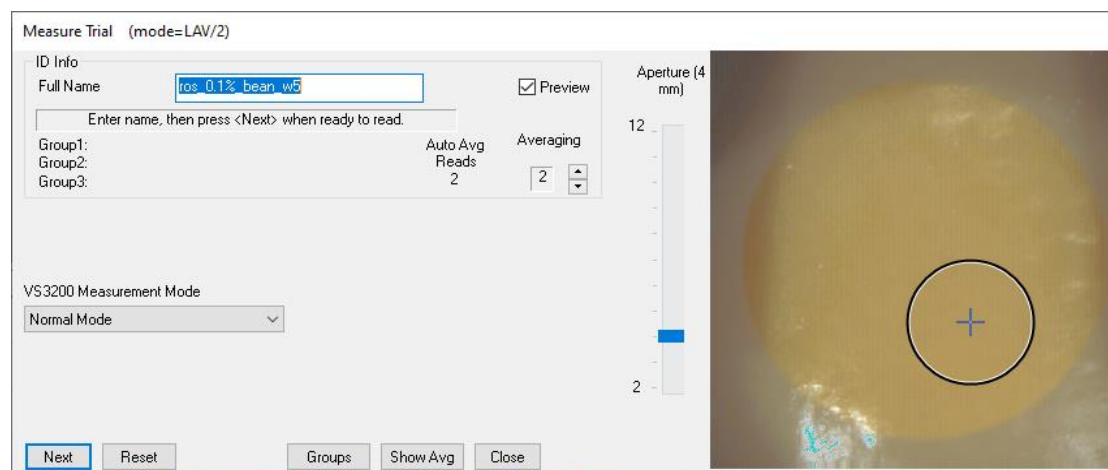
Οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1% (Πίνακας 6.17).

Πίνακας 6.17: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασιολιών σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασιολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_1	59.84	6.18	23.78	75.42	24.57
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_2	58.36	7.44	25.34	73.63	26.41
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_3	61.75	5.60	23.36	76.52	24.02
Ροσμαρινικό οξύ	61.41	5.28	25.54	78.32	26.08

0,1%_4					
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_5	61.57	6.98	29.04	76.49	29.86
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_6	57.12	7.86	28.72	74.69	29.78
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_7	58.85	7.36	30.76	76.55	31.63
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_8	58.21	7.71	27.37	74.28	28.43
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_9	58.68	6.92	24.02	73.94	25.00
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_10	60.63	5.87	25.01	76.80	25.69

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.18).



Σχήμα 5.18: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

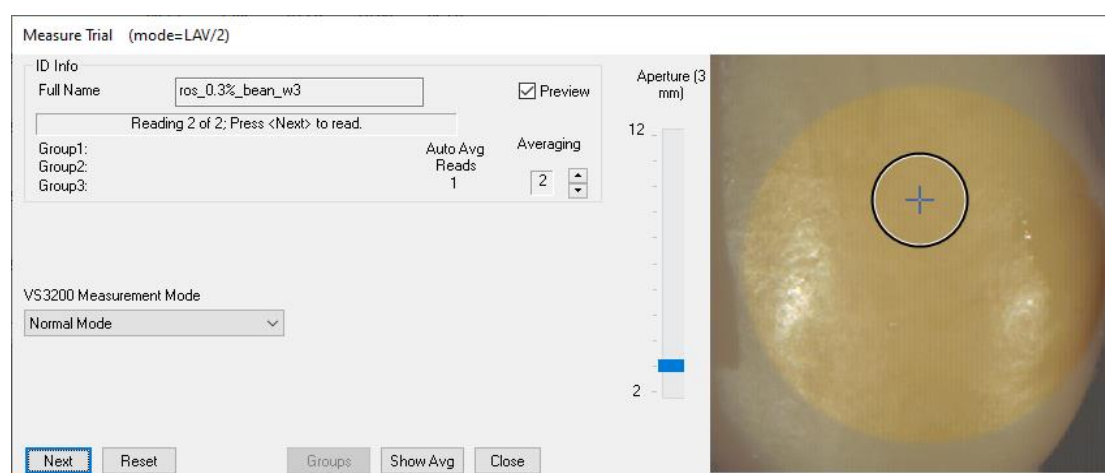
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3% (Πίνακας 6.18).

Πίνακας 6.18: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_1	60.24	6.92	29.05	76.60	29.86
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_2	61.71	8.18	29.51	74.51	30.62
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_3	54.18	7.36	29.19	75.84	30.11
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_4	56.84	7.88	29.80	75.19	30.82
Ροσμαρινικό οξύ	57.77	6.99	29.22	76.55	30.04

0,3%_5					
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_6	53.11	8.31	27.20	73.01	28.44
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_7	58.62	5.38	27.79	79.04	28.31
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_8	44.87	9.26	27.14	71.16	28.68
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_9	59.74	6.11	24.81	76.17	25.55
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_10	52.79	6.14	25.72	76.58	26.44

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.19).



Σχήμα 5.19: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

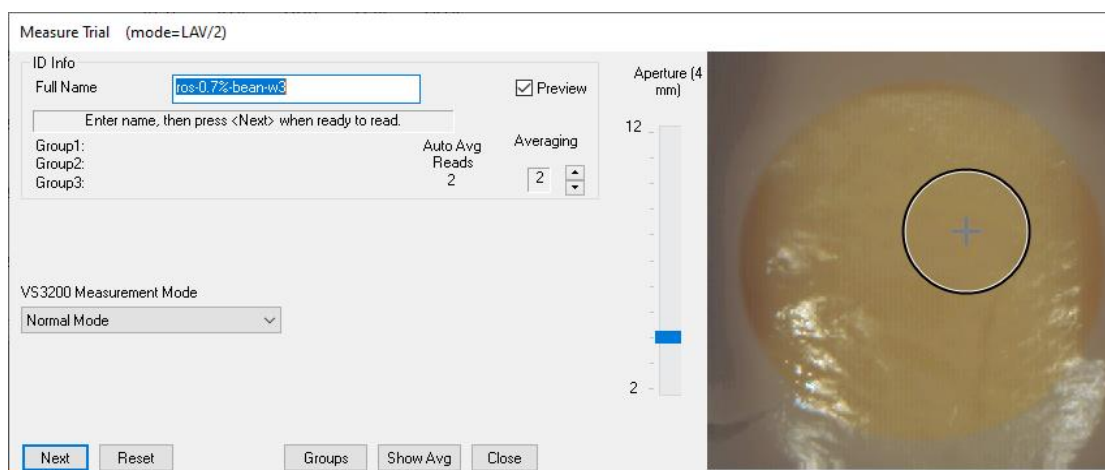
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7% (Πίνακας 6.19).

Πίνακας 6.19: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_1	57.40	5.75	29.47	78.97	30.03
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_2	56.99	6.55	27.88	76.77	28.64
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_3	55.89	6.65	26.21	75.76	27.04
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_4	55.08	8.98	29.11	72.85	30.47
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_5	57.94	5.41	26.39	78.42	26.94
Ροσμαρινικό οξύ	56.35	6.84	28.93	76.69	29.73

0,7%_6					
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_7	57.35	6.27	29.74	78.10	30.40
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_8	53.89	7.19	28.43	75.80	29.32
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_9	55.42	4.90	25.36	79.06	25.83
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_10	57.80	8.01	28.00	74.04	29.12

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.20).



Σχήμα 5.20: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

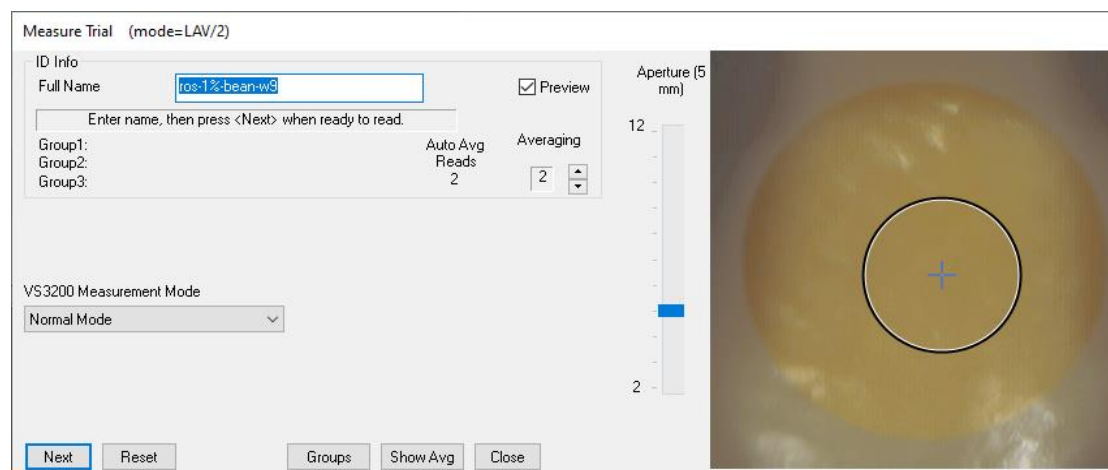
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1% (Πίνακας 6.20).

Πίνακας 6.20: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 1%_1	54.18	8.51	29.09	73.69	30.31
Ροσμαρινικό οξύ 1%_2	51.04	6.90	26.44	75.37	27.32
Ροσμαρινικό οξύ 1%_3	56.09	6.69	29.16	77.08	29.92
Ροσμαρινικό οξύ 1%_4	52.67	6.08	24.15	75.88	24.90
Ροσμαρινικό οξύ 1%_5	51.68	9.04	29.60	73.01	30.95
Ροσμαρινικό οξύ 1%_6	56.77	4.90	26.22	79.42	26.68
Ροσμαρινικό οξύ	56.62	6.75	27.20	76.07	28.02

1%_7					
Ροσμαρινικό οξύ 1%_8	54.20	6.62	27.41	76.43	28.20
Ροσμαρινικό οξύ 1%_9	56.60	5.93	29.62	78.68	30.21
Ροσμαρινικό οξύ 1%_10	61.76	5.25	27.05	79.01	27.55

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 5.21).



Σχήμα 5.21: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε νερό με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

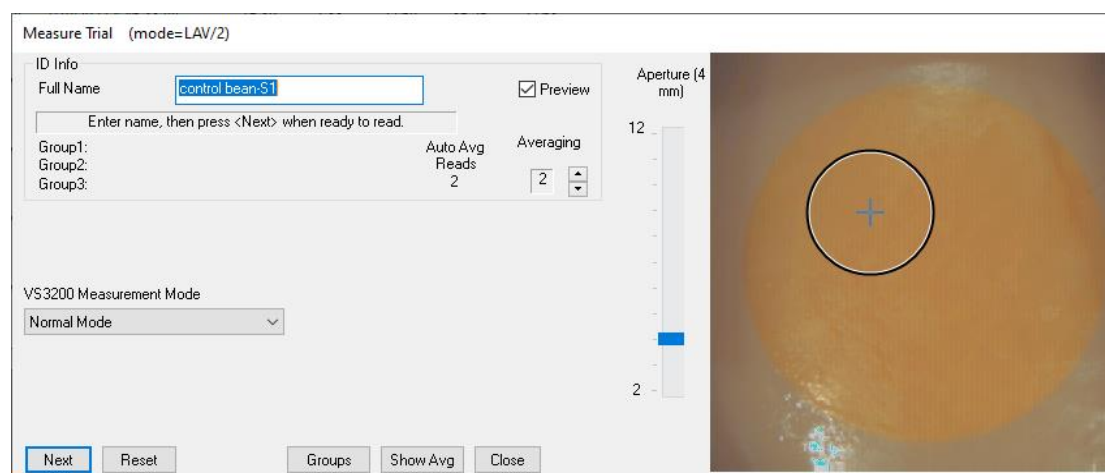
5.2.2 Φασόλια σε σάλτσα τομάτας

Οι παράμετροι του χρώματος μετρήθηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια από κάθε κονσέρβα και παρακάτω παρατίθενται οι τιμές για τις L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα control σε σάλτσα τομάτας στο οποίο δεν έχει προστεθεί καμία ουσία ως παρεμποδιστής της μη ενζυμικής αμαύρωσης και παρήχθηκε με βάση την πρότυπη συνταγή (Πίνακας 7).

Πίνακας 7: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών control σε σάλτσα τομάτας.

Πρόσθετη ουσία / No φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Control_Sauce_1	55.26	13.92	34.78	68.19	37.46
Control_Sauce_2	55.29	13.58	34.27	68.39	36.86
Control_Sauce_3	56.83	12.40	32.61	69.18	34.88
Control_Sauce_4	52.32	12.40	33.43	69.66	35.66
Control_Sauce_5	54.61	13.29	34.19	68.75	36.68
Control_Sauce_6	57.66	11.93	33.14	70.20	35.23
Control_Sauce_7	53.82	11.56	31.30	69.72	33.36
Control_Sauce_8	57.59	12.88	35.37	69.98	37.64
Control_Sauce_9	50.67	12.82	32.93	68.72	35.34
Control_Sauce_10	58.55	11.31	32.73	70.93	34.63

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος control σε σάλτσα τομάτας που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6).



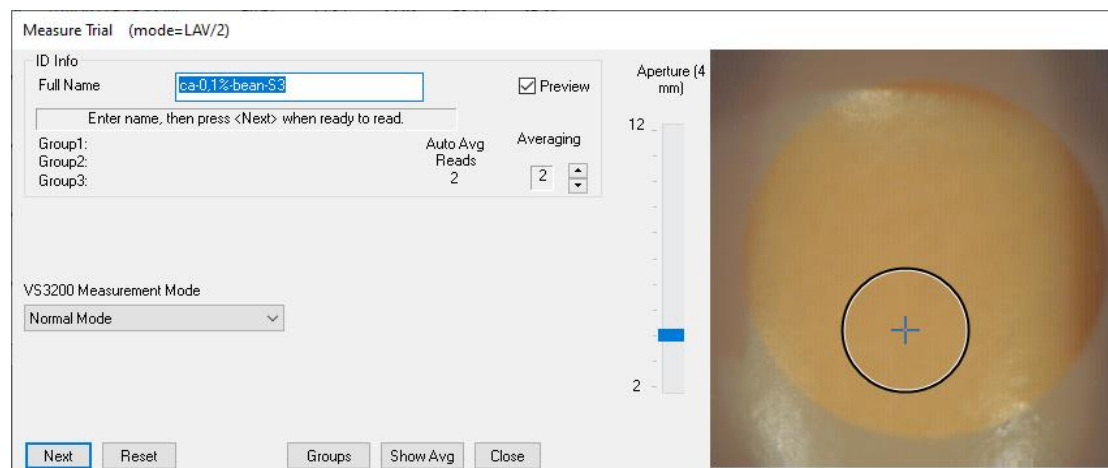
Σχήμα 6: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος control σε σάλτσα τομάτας που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% (Πίνακας 7.1).

Πίνακας 7.1: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1%_1_S	55.02	12.75	33.94	69.42	36.26
Κιτρικό οξύ 0,1%_2_S	58.08	12.03	32.95	69.95	35.07
Κιτρικό οξύ 0,1%_3_S	60.24	11.22	33.44	71.45	35.28
Κιτρικό οξύ 0,1%_4_S	55.70	10.22	31.84	72.21	33.44
Κιτρικό οξύ 0,1%_5_S	57.11	10.15	31.74	72.26	33.32
Κιτρικό οξύ 0,1%_6_S	56.62	10.69	31.03	71.00	32.82
Κιτρικό οξύ 0,1%_7_S	51.63	11.43	29.94	69.11	32.05
Κιτρικό οξύ 0,1%_8_S	50.83	13.82	30.04	65.30	33.06
Κιτρικό οξύ 0,1%_9_S	57.67	11.96	31.30	69.09	33.51
Κιτρικό οξύ 0,1%_10_S	55.45	11.51	33.43	71.01	35.35

Παρακάτω φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.1).



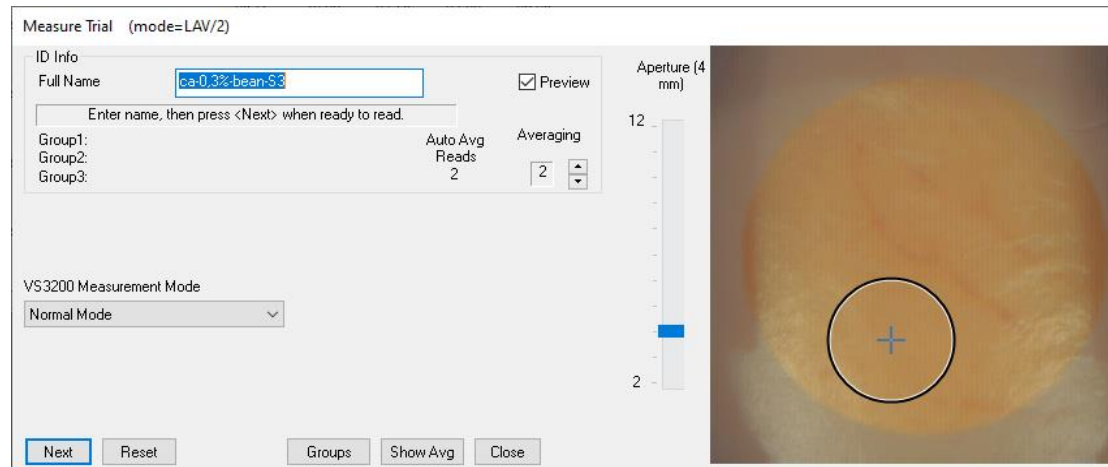
Σχήμα 6.1: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3% (Πίνακας 7.2).

Πίνακας 7.2: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,3%_1_S	60.88	10.32	31.15	71.67	32.81
Κιτρικό οξύ 0,3%_2_S	57.04	10.83	29.09	69.59	31.04
Κιτρικό οξύ 0,3%_3_S	57.27	12.78	32.49	68.53	34.91
Κιτρικό οξύ 0,3%_4_S	58.50	10.62	32.49	71.91	34.18
Κιτρικό οξύ 0,3%_5_S	55.29	11.94	35.43	71.38	37.39
Κιτρικό οξύ 0,3%_6_S	59.87	10.42	35.51	73.65	37.01
Κιτρικό οξύ 0,3%_7_S	56.56	10.15	30.73	71.72	32.37
Κιτρικό οξύ 0,3%_8_S	57.74	9.86	34.21	73.92	35.61
Κιτρικό οξύ 0,3%_9_S	52.28	12.51	31.66	68.44	34.04
Κιτρικό οξύ 0,3%_10_S	56.66	10.08	30.06	71.45	31.70

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.2).



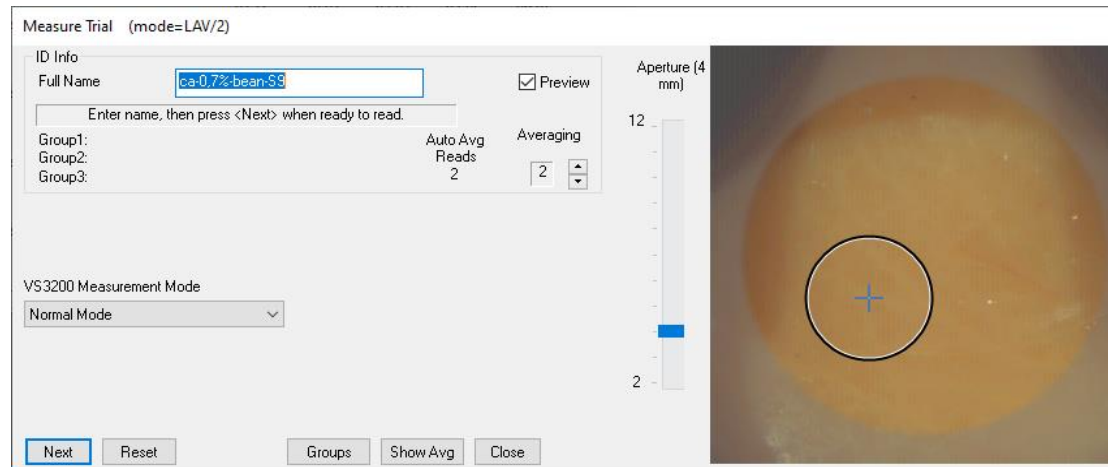
Σχήμα 6.2: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7% (Πίνακας 7.3).

Πίνακας 7.3: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,7%_1_S	55.37	10.37	29.75	70.79	31.50
Κιτρικό οξύ 0,7%_2_S	58.34	11.02	34.17	72.13	35.91
Κιτρικό οξύ 0,7%_3_S	61.20	11.00	31.52	70.76	33.38
Κιτρικό οξύ 0,7%_4_S	61.44	9.97	33.82	73.57	35.26
Κιτρικό οξύ 0,7%_5_S	58.38	11.29	31.05	70.02	33.04
Κιτρικό οξύ 0,7%_6_S	58.68	11.78	31.20	69.31	33.35
Κιτρικό οξύ 0,7%_7_S	55.29	10.28	31.34	71.85	32.98
Κιτρικό οξύ 0,7%_8_S	54.16	12.22	31.16	68.59	33.47
Κιτρικό οξύ 0,7%_9_S	55.95	11.49	32.46	70.50	34.43
Κιτρικό οξύ 0,7%_10_S	58.19	11.08	30.29	69.91	32.25

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.3).



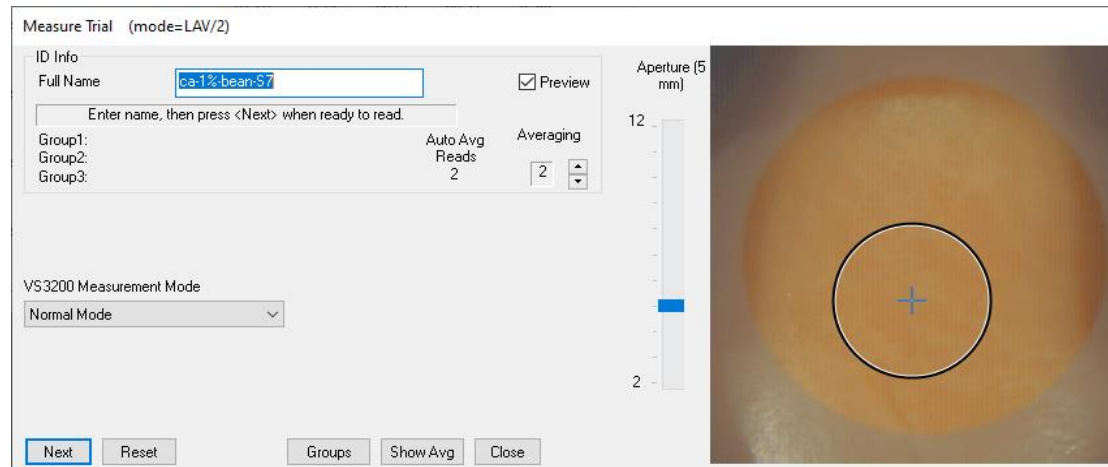
Σχήμα 6.3: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% (Πίνακας 7.4).

Πίνακας 7.4: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 1%_1_S	56.48	13.51	39.76	71.24	41.99
Κιτρικό οξύ 1%_2_S	55.57	11.18	30.98	70.15	32.94
Κιτρικό οξύ 1%_3_S	58.50	12.48	34.87	70.31	37.03
Κιτρικό οξύ 1%_4_S	53.45	13.45	31.92	67.15	34.63
Κιτρικό οξύ 1%_5_S	57.17	11.97	32.40	69.73	34.54
Κιτρικό οξύ 1%_6_S	56.69	11.74	30.79	69.13	32.95
Κιτρικό οξύ 1%_7_S	55.83	13.60	33.95	68.17	36.57
Κιτρικό οξύ 1%_8_S	59.24	11.87	32.28	69.82	34.39
Κιτρικό οξύ 1%_9_S	56.34	11.89	31.72	69.45	33.88
Κιτρικό οξύ 1%_10_S	57.58	11.74	31.12	69.34	33.26

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.4).



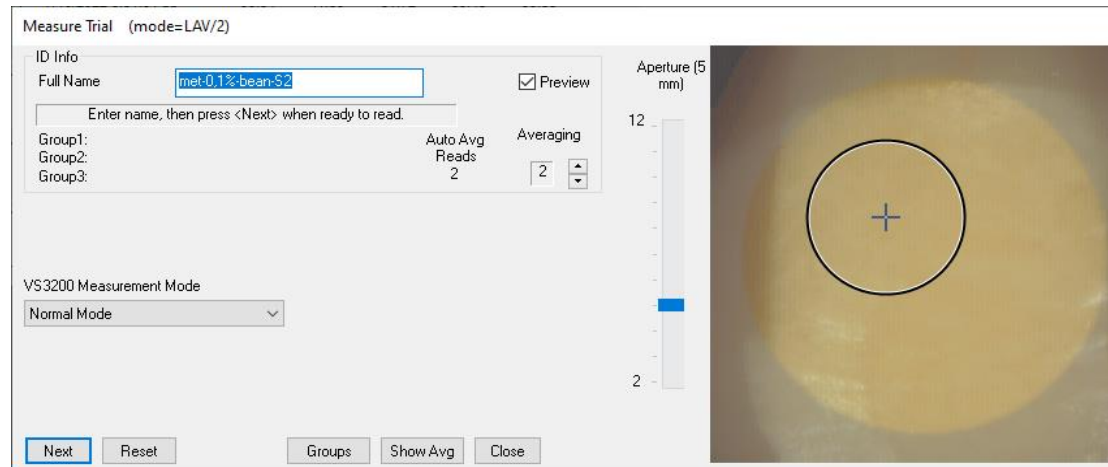
Σχήμα 6.4: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1% (Πίνακας 7.5).

Πίνακας 7.5: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / No φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_1_S	62.89	6.42	26.44	76.36	27.21
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_2_S	65.85	4.92	26.28	79.41	26.74
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_3_S	64.94	6.49	26.85	76.41	27.62
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_4_S	62.56	5.50	24.40	77.29	25.01
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_5_S	63.89	5.63	27.34	78.36	27.92
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_6_S	63.75	7.88	26.32	73.34	27.48
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_7_S	63.36	7.75	28.30	74.68	29.34
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_8_S	65.16	5.64	27.25	78.31	27.83
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_9_S	65.08	5.30	27.34	79.02	27.85
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_10_S	65.54	6.16	28.20	77.69	28.86

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.5).



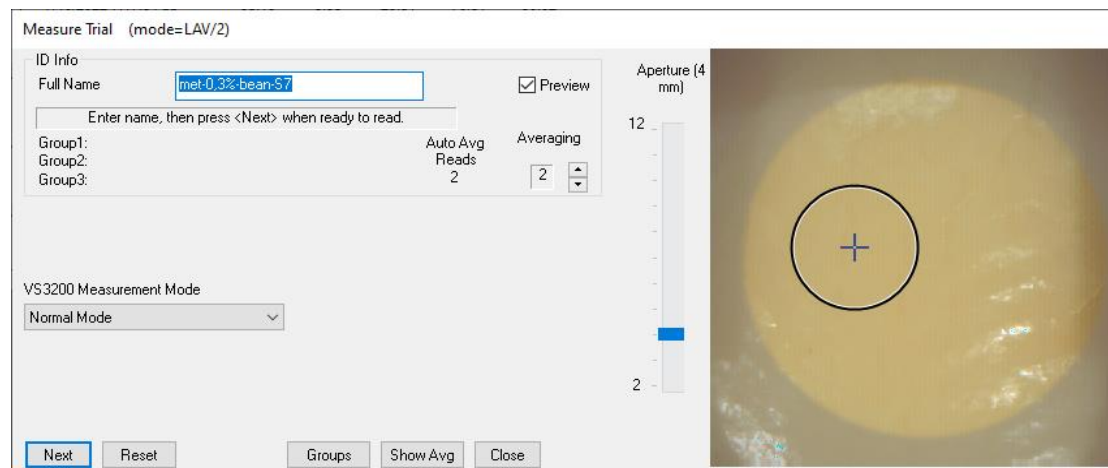
Σχήμα 6.5: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3% (Πίνακας 7.6).

Πίνακας 7.6: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_1_S	69.51	4.99	25.94	79.11	26.42
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_2_S	71.73	5.28	27.32	79.06	27.83
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_3_S	70.57	4.73	25.13	79.34	25.57
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_4_S	68.16	6.98	29.81	76.81	30.62
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_5_S	68.21	3.06	23.58	82.61	23.77
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_6_S	67.96	7.82	28.02	74.41	29.09
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_7_S	69.65	5.53	28.11	78.87	28.65
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_8_S	71.60	3.72	27.76	82.36	28.01
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_9_S	69.68	4.70	25.51	79.56	25.94
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%_10_S	68.55	5.92	27.14	77.70	27.78

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.6).



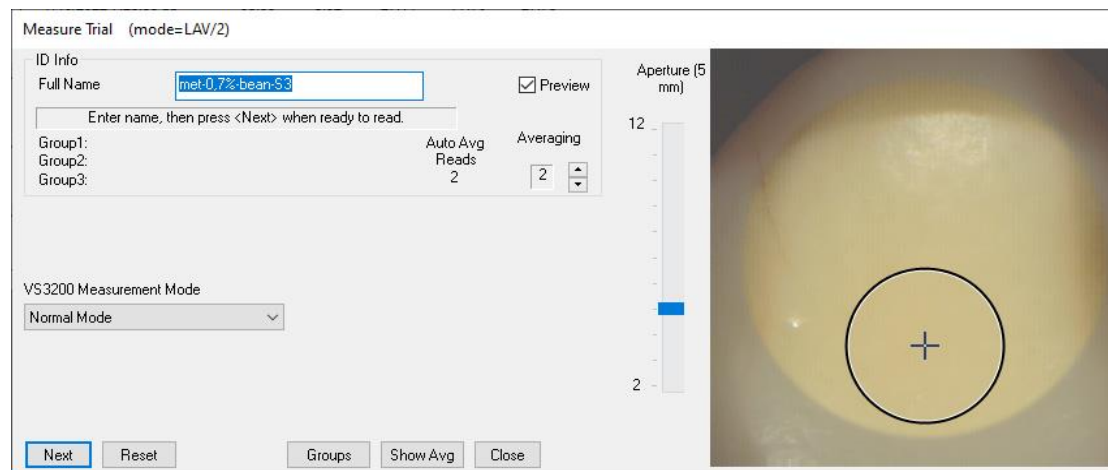
Σχήμα 6.6: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7% (Πίνακας 7.7).

Πίνακας 7.7: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_1_S	72.34	4.22	26.17	80.84	26.51
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_2_S	72.71	2.76	26.41	84.04	26.56
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_3_S	74.88	3.75	24.01	81.11	24.30
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_4_S	71.10	4.02	27.63	81.73	27.92
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_5_S	74.14	2.31	26.47	85.02	26.57
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_6_S	72.19	6.38	27.67	77.01	28.40
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_7_S	73.47	3.84	23.71	80.79	24.02
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_8_S	72.59	3.40	25.56	82.42	25.78
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_9_S	73.21	4.28	25.57	80.50	25.93
Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%_10_S	73.63	1.65	26.81	86.47	26.86

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.7).



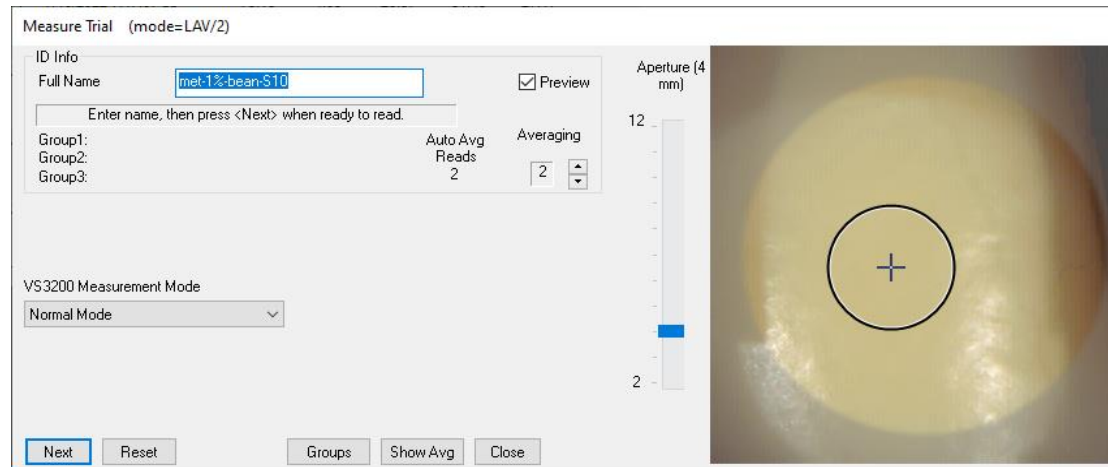
Σχήμα 6.7: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1% (Πίνακας 7.8).

Πίνακας 7.8: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_1_S	73.57	4.69	23.20	78.56	23.67
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_2_S	73.38	3.63	24.22	81.46	24.49
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_3_S	73.01	4.56	23.46	79.00	23.90
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_4_S	74.36	3.38	21.42	81.04	21.68
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_5_S	72.73	4.19	24.17	80.17	24.53
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_6_S	74.96	2.76	23.06	83.16	23.22
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_7_S	73.16	4.05	26.87	81.43	27.17
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_8_S	75.14	2.94	25.23	83.36	25.40
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_9_S	71.11	7.95	23.39	71.23	24.71
Μεταδιθειώδες κάλιο 1%_10_S	74.98	2.43	23.48	84.08	23.61

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.8).



Σχήμα 6.8: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

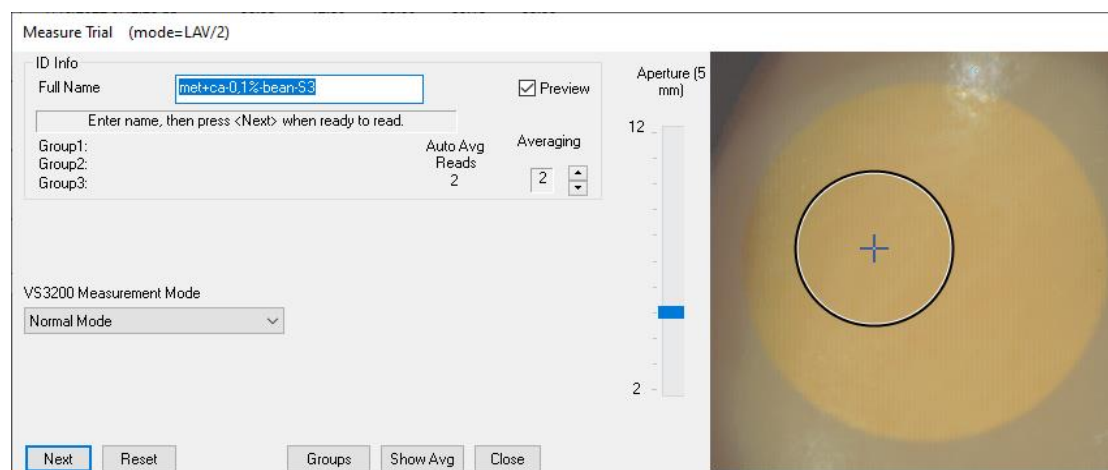
Παρακάτω οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% (Πίνακας 7.9).

Πίνακας 7.9: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 1 S	69.46	6.55	29.66	77.55	30.37
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 2 S	64.85	6.87	31.89	77.84	32.62
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 3 S	64.35	7.14	29.88	76.55	30.72
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 4 S	67.27	7.75	29.52	75.29	30.52
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 5 S	63.01	9.48	30.22	72.58	31.67
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες	69.04	6.28	31.78	78.83	32.40

κάλιο 0,1% 6_S					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 7_S	65.06	8.51	31.02	74.67	32.17
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 8_S	58.65	10.39	35.23	73.56	36.73
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% 9_S	65.38	6.24	29.31	77.98	29.96
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,1%_10_S	61.40	9.82	30.57	72.20	32.11

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.9).



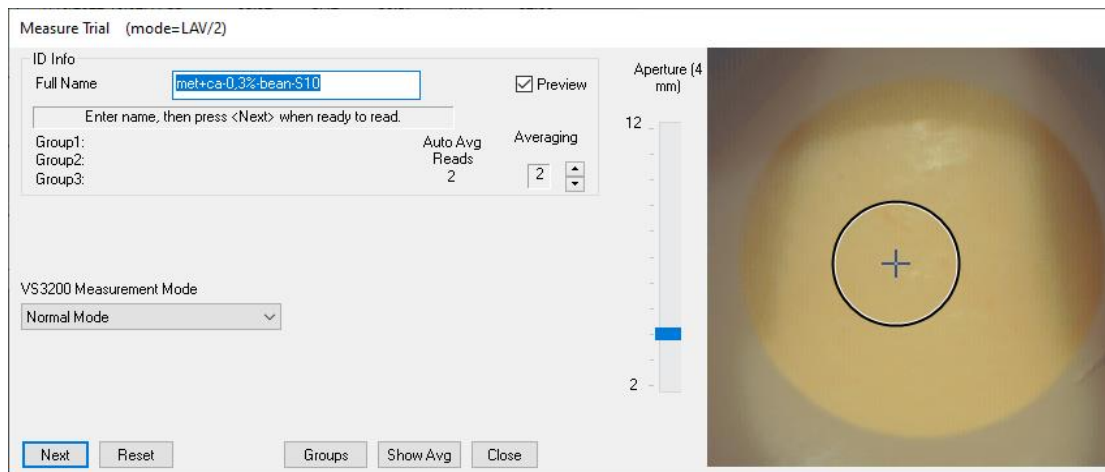
Σχήμα 6.9: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h^0 , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% (Πίνακας 7.10).

Πίνακας 7.10: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L*	a*	b*	h°	C*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 1 S	62.56	11.09	31.99	70.89	33.85
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 2 S	66.66	7.96	32.67	76.31	33.63
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 3 S	67.61	6.10	29.58	78.35	30.21
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 4 S	63.46	8.08	31.47	75.60	32.49
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 5 S	64.45	7.23	28.72	75.87	29.61
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 6 S	69.98	6.24	34.36	79.72	34.93
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 7 S	65.92	8.42	30.87	74.74	32.00
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 8 S	65.84	8.40	33.13	75.77	34.18
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 9 S	68.23	6.81	32.05	78.01	32.77
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% 10 S	68.87	5.76	28.74	78.66	29.31

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.10).



Σχήμα 6.10: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

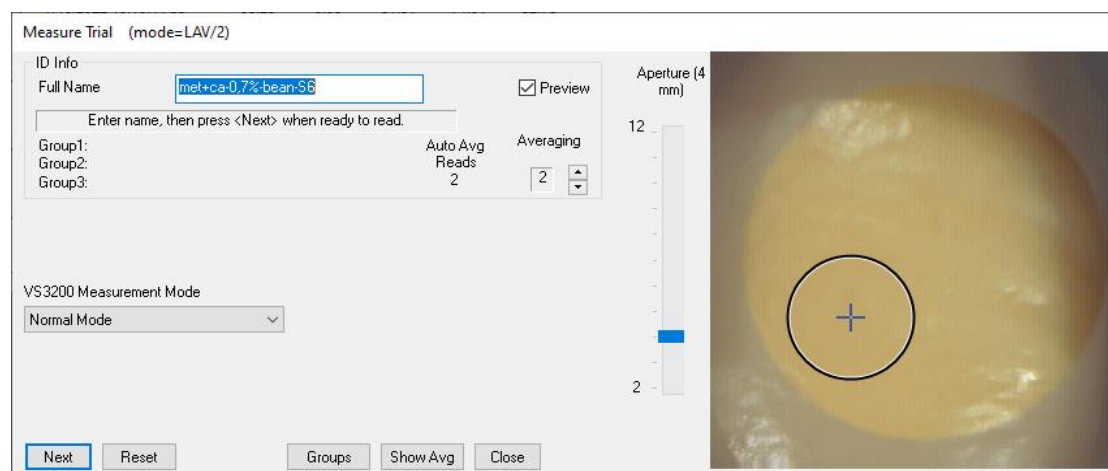
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% (Πίνακας 7.11).

Πίνακας 7.11: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% <u>1 S</u>	63.17	8.03	32.06	75.94	33.05
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% <u>2 S</u>	63.19	8.26	33.19	76.03	34.21
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% <u>3 S</u>	65.29	9.03	31.51	74.01	32.78
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% <u>4 S</u>	63.66	7.99	29.05	74.63	30.13
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% <u>5 S</u>	63.10	7.01	29.91	76.81	30.72
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% <u>6 S</u>	66.83	5.66	29.07	78.99	29.62
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες	63.10	9.59	31.02	72.82	32.47

κάλιο 0,7% 7_S					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% 8_S	63.40	9.92	32.27	72.92	33.76
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% 9_S	63.79	7.73	30.55	75.79	31.51
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% 10_S	63.43	8.50	30.10	74.24	31.28

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.11).



Σχήμα 6.11: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

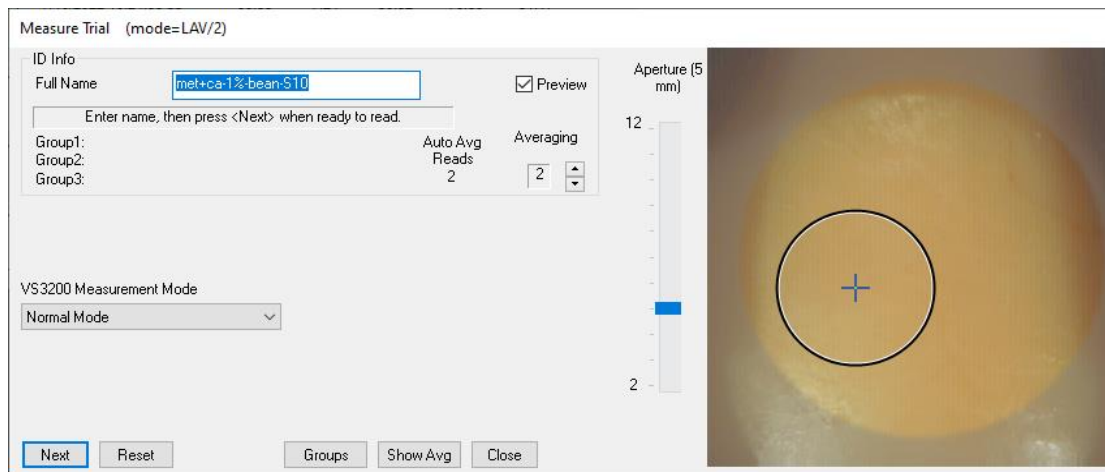
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1% (Πίνακας 7.12).

Πίνακας 7.12: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% 1_S	63.27	8.87	31.27	74.16	32.50

Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>2 S</u>	61.27	8.80	31.53	74.40	32.73
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>3 S</u>	66.77	6.55	28.61	77.10	29.35
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>4 S</u>	65.12	7.22	31.60	77.13	32.41
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>5 S</u>	62.62	10.41	30.07	70.90	31.82
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>6 S</u>	57.66	10.48	29.67	70.55	31.47
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>7 S</u>	66.55	7.24	30.32	76.56	31.17
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>8 S</u>	63.44	8.82	30.80	74.02	32.04
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>9 S</u>	59.84	8.36	30.96	74.89	32.06
Κιτρικό οξύ 0,1% + Μεταδιθειώδες κάλιο 1% <u>10 S</u>	64.21	8.60	31.02	74.50	32.19

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.12).



Σχήμα 6.12: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

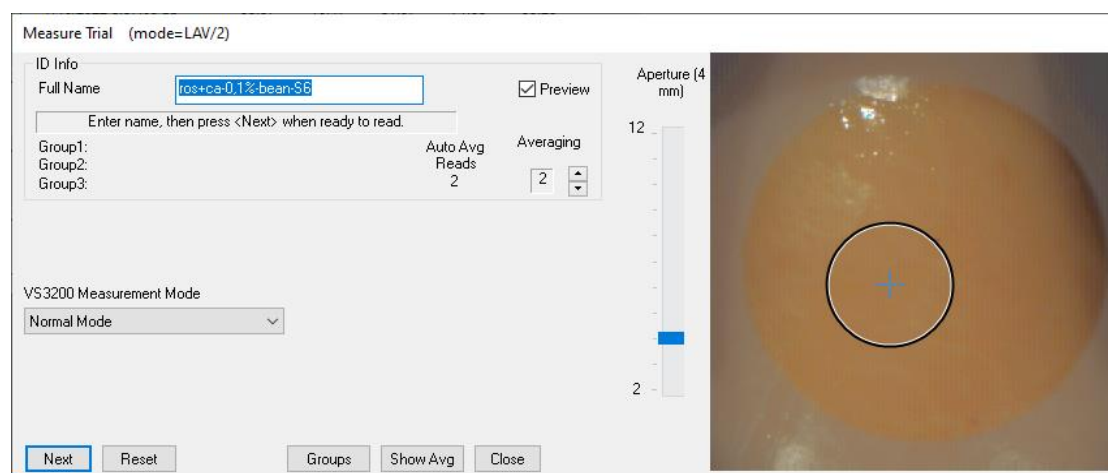
Παρακάτω οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1% (Πίνακας 7.13).

Πίνακας 7.13: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_1_S	58.15	11.51	32.29	70.38	34.28
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_2_S	52.24	12.97	35.57	69.97	37.86
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_3_S	55.57	10.47	31.57	71.65	33.26
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_4_S	56.07	12.20	34.32	70.43	36.42
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_5_S	55.30	11.75	31.95	69.81	34.05
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_6_S	52.76	12.56	30.77	67.79	33.24
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ	59.17	10.51	31.78	71.70	33.47

0,1%_7_S					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_8_S	52.21	10.92	30.39	70.24	32.30
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_9_S	53.30	11.36	32.06	70.49	34.01
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_10_S	52.13	12.05	32.29	69.53	34.46

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.13).



Σχήμα 6.13: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

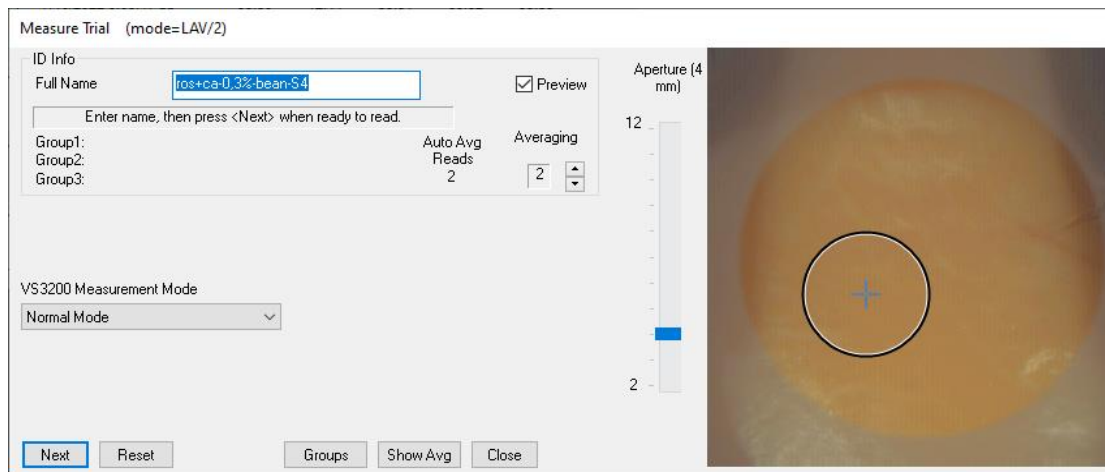
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3% (Πίνακας 7.14).

Πίνακας 7.14: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_1_S	55.50	12.44	33.31	69.52	35.56
Κιτρικό οξύ	53.58	11.09	28.02	68.40	30.14

0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_2_S					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_3_S	55.65	12.67	33.86	69.48	36.16
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_4_S	53.73	12.08	32.06	69.35	34.26
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_5_S	57.37	11.63	35.27	71.75	37.14
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_6_S	48.08	12.10	31.47	68.96	33.72
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_7_S	55.07	13.27	36.43	69.99	38.77
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_8_S	52.43	12.82	32.77	68.64	35.19
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_9_S	54.47	11.25	30.65	69.84	32.65
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_10_S	53.49	10.35	28.44	70.00	30.26

Φαίνεται παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.14).



Σχήμα 6.14: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

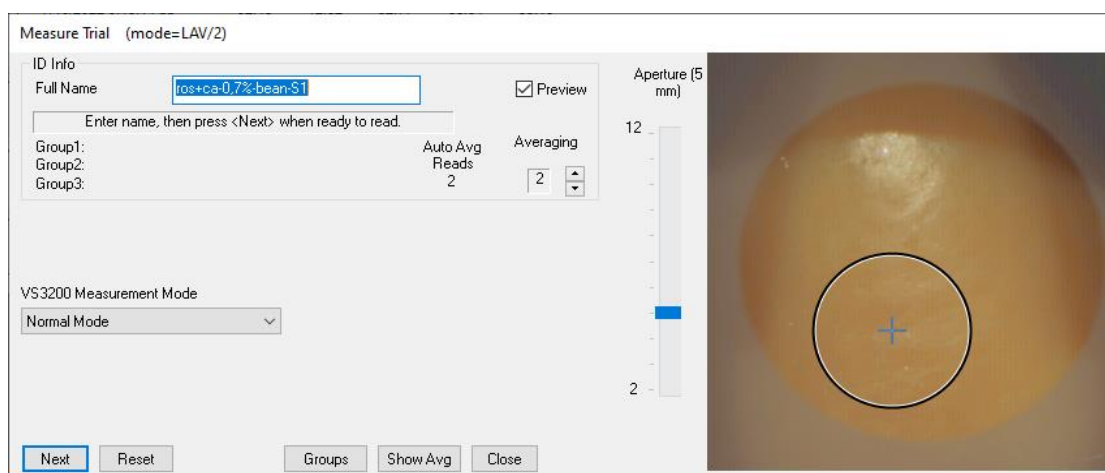
Παρακάτω οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7% (Πίνακας 7.15).

Πίνακας 7.15: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_1_S	56.18	11.40	31.38	70.04	33.39
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_2_S	55.32	11.89	33.88	70.66	35.91
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_3_S	59.05	11.78	32.37	70.00	34.44
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_4_S	58.85	9.96	32.88	73.14	34.35
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_5_S	52.04	13.24	30.97	66.85	33.68
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_6_S	57.23	11.96	30.18	68.38	32.46
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ	55.24	10.49	29.61	70.49	31.41

0,7%_7_S					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_8_S	57.82	10.71	32.35	71.67	34.08
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_9_S	55.48	11.10	32.82	71.32	34.65
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_10_S	55.43	9.92	27.61	70.23	29.34

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.15).



Σχήμα 6.15: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

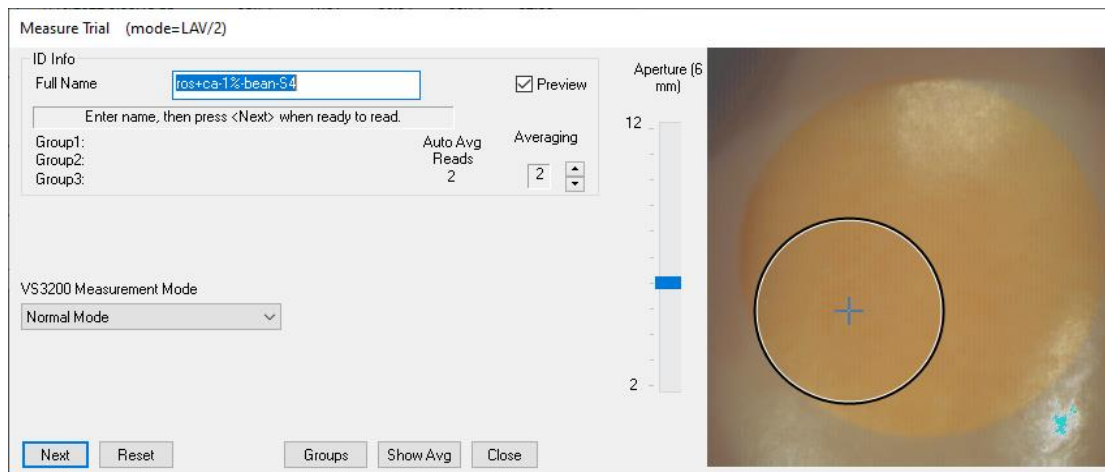
Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1% (Πίνακας 7.16).

Πίνακας 7.16: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_1_S	58.74	11.81	30.34	68.74	32.55
Κιτρικό οξύ	60.14	10.77	32.42	71.63	34.17

0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_2_S					
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_3_S	57.31	12.17	33.35	69.96	35.50
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_4_S	56.18	12.67	32.17	68.50	34.57
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_5_S	59.70	11.49	34.07	71.36	35.95
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_6_S	52.67	11.38	31.78	70.30	33.75
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_7_S	52.11	12.87	33.00	68.69	35.42
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_8_S	54.83	12.32	29.45	67.30	31.92
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_9_S	55.73	10.63	33.58	72.44	35.23
Κιτρικό οξύ 0,1% + Ροσμαρινικό οξύ 1%_10_S	56.38	12.80	33.60	69.15	35.96

Παράδειγμα φωτογραφίας φασιολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.16).



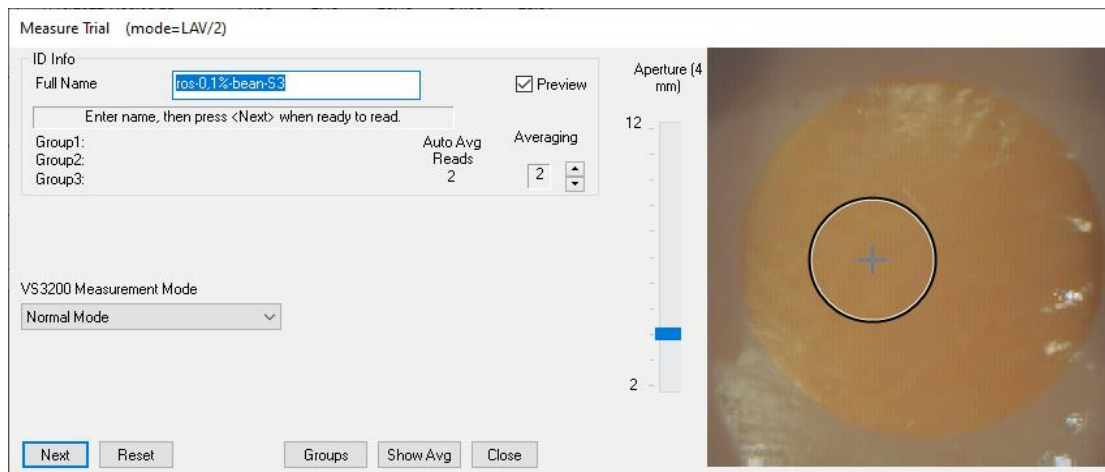
Σχήμα 6.16: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1% (Πίνακας 7.17).

Πίνακας 7.17: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_1_S	56.40	10.69	32.38	71.74	34.10
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_2_S	53.07	12.23	31.28	68.64	33.59
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_3_S	54.26	12.12	31.05	68.67	33.33
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_4_S	53.26	10.47	28.35	69.74	30.22
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_5_S	56.12	10.36	28.68	70.14	30.49
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_6_S	55.54	8.90	29.73	73.33	31.04
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_7_S	52.58	13.13	35.90	69.91	38.22
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_8_S	53.07	11.80	32.76	70.20	34.82
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_9_S	52.50	10.56	28.79	69.86	30.66
Ροσμαρινικό οξύ 0,1%_10_S	54.49	11.48	31.82	70.16	33.83

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.17).



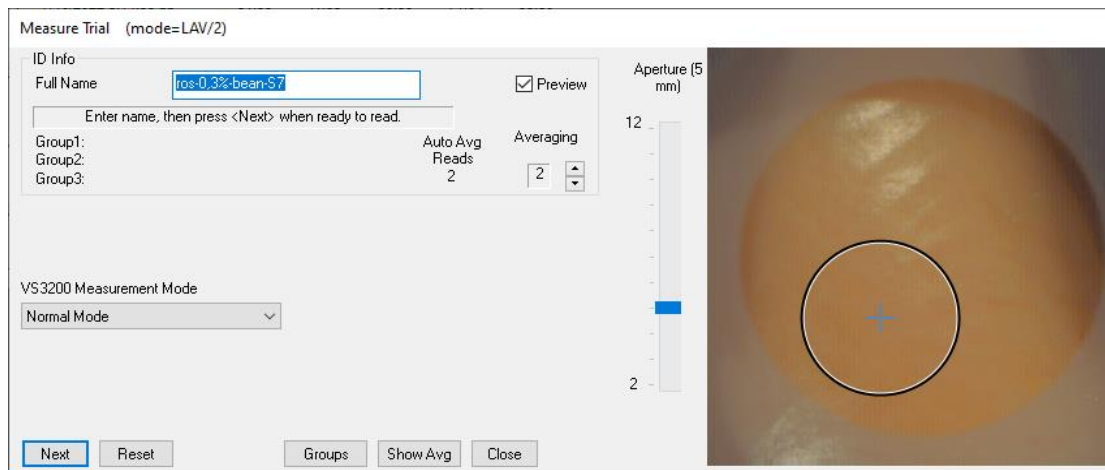
Σχήμα 6.17: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3% (Πίνακας 7.18).

Πίνακας 7.18: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_1_S	52.55	12.67	33.80	69.45	36.10
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_2_S	57.56	9.16	31.32	73.70	32.63
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_3_S	53.07	12.42	32.86	69.29	35.13
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_4_S	51.99	11.63	33.86	71.04	35.80
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_5_S	52.66	11.27	33.27	71.29	35.12
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_6_S	51.68	12.32	28.66	66.74	31.19
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_7_S	52.22	12.91	31.27	67.57	33.83
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_8_S	54.38	12.69	38.15	71.60	40.20
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_9_S	47.43	12.95	30.47	66.97	33.11
Ροσμαρινικό οξύ 0,3%_10_S	52.77	11.32	32.37	70.72	34.29

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.18).



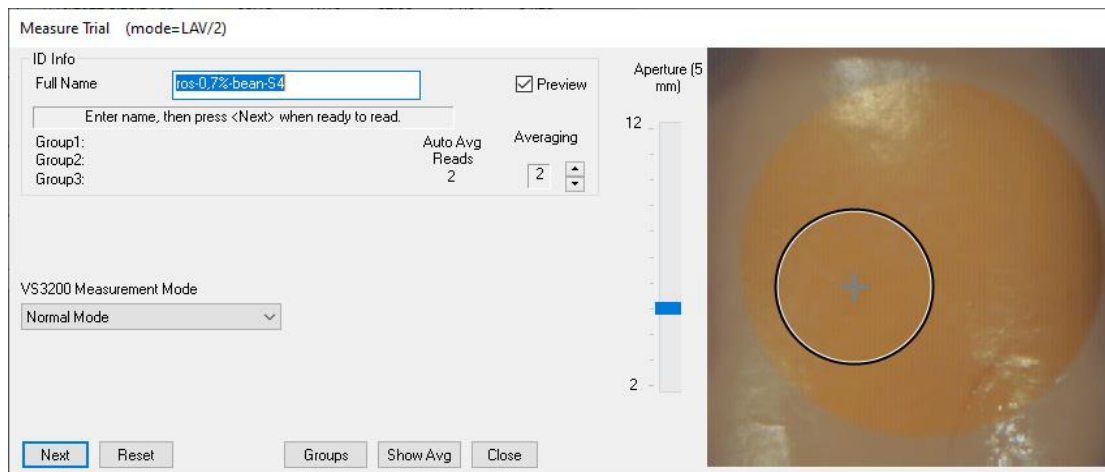
Σχήμα 6.18: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,3% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7% (Πίνακας 7.19).

Πίνακας 7.19: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_1_S	53.18	11.13	32.39	71.04	34.25
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_2_S	47.74	13.97	30.95	65.71	33.95
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_3_S	53.87	11.76	30.76	69.08	32.93
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_4_S	51.89	11.61	34.50	71.41	36.40
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_5_S	47.77	12.81	29.12	66.26	31.82
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_6_S	51.06	11.71	32.42	70.14	34.47
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_7_S	45.53	11.29	29.21	68.86	31.32
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_8_S	48.27	11.44	29.56	68.84	31.69
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_9_S	50.31	13.65	31.58	66.62	34.40
Ροσμαρινικό οξύ 0,7%_10_S	51.49	12.11	33.53	70.14	35.64

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.19).



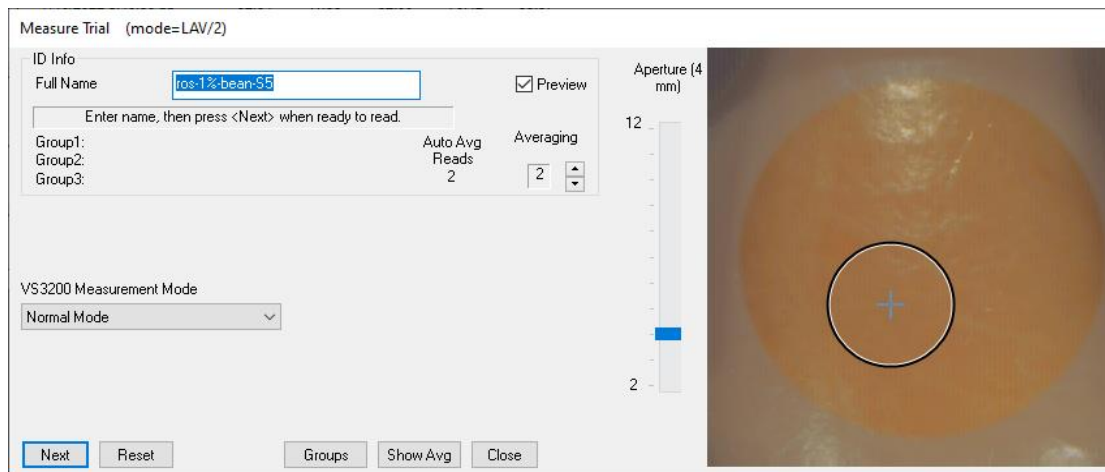
Σχήμα 6.19: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 0,7% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

Παρατίθενται οι τιμές που καταγράφηκαν σε δέκα διαφορετικά φασόλια για τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° , C^* στο δείγμα κονσέρβας σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1% (Πίνακας 7.20).

Πίνακας 7.20: Μετρήσεις παραμέτρων χρώματος των φασολιών σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1%.

Πρόσθετη ουσία / Νο φασολιού	L^*	a^*	b^*	h°	C^*
Ροσμαρινικό οξύ 1%_1_S	51.57	10.21	32.58	72.60	34.14
Ροσμαρινικό οξύ 1%_2_S	52.64	11.38	32.00	70.42	33.97
Ροσμαρινικό οξύ 1%_3_S	49.78	12.49	34.54	70.12	36.73
Ροσμαρινικό οξύ 1%_4_S	54.78	11.68	32.85	70.42	34.86
Ροσμαρινικό οξύ 1%_5_S	49.98	13.06	30.59	66.88	33.26
Ροσμαρινικό οξύ 1%_6_S	52.38	12.50	32.45	68.93	34.78
Ροσμαρινικό οξύ 1%_7_S	56.37	10.94	32.07	71.15	33.88
Ροσμαρινικό οξύ 1%_8_S	48.65	11.09	28.67	68.85	30.75
Ροσμαρινικό οξύ 1%_9_S	58.26	10.34	35.19	73.62	36.68
Ροσμαρινικό οξύ 1%_10_S	52.02	11.46	31.10	69.77	33.15

Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 κατά την μέτρηση των παραμέτρων του χρώματος του (Σχήμα 6.20).



Σχήμα 6.20: Παράδειγμα φωτογραφίας φασολιού δείγματος σε σάλτσα τομάτας με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος 1% που τραβήχτηκε από το φασματοφωτόμετρο VS3200 (Προσωπικό αρχείο).

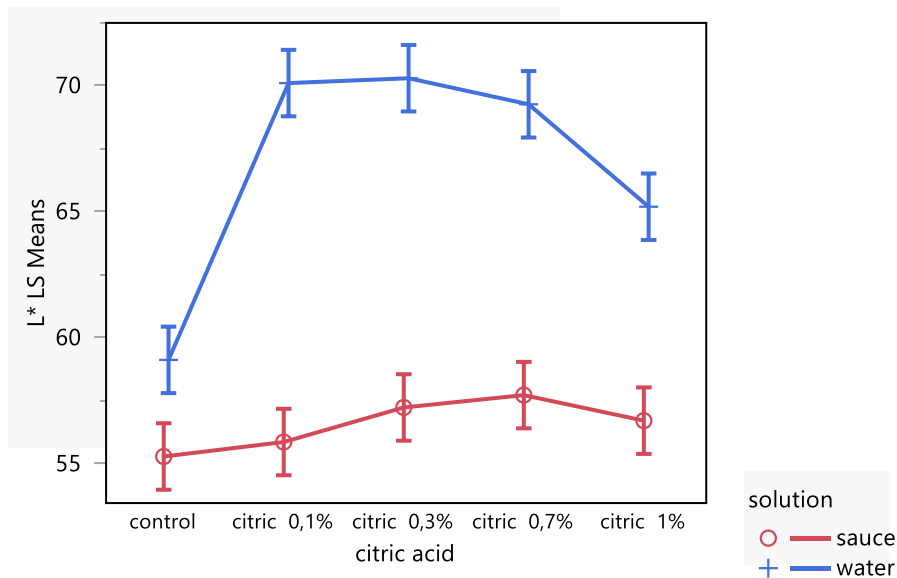
5.3 Στατιστική ανάλυση παραμέτρων χρώματος φασολιών

Για την στατιστική ανάλυση των παραμέτρων του χρώματος των φασολιών L^* , a^* , b^* , h° , C^* χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Minitab 18.1 και οι μέθοδοι ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων Anova και ανάλυσης συστάδων ή ταξιδόμησης των στοιχείων Cluster Analysis.

5.3.1 Ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων Anova

Η εξέταση της αλληλεπίδρασης των εμπλεκόμενων παραγόντων γίνεται μετά από αναφορά στην τιμή του ελέγχου F και διαπίστωση της στατιστικής σημαντικότητας αυτής ($F \geq F_{op}$, $p \leq 0,05$). Αν η τιμή F της αλληλεπίδρασης βρίσκεται κοντά στο 0,05 δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων και δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

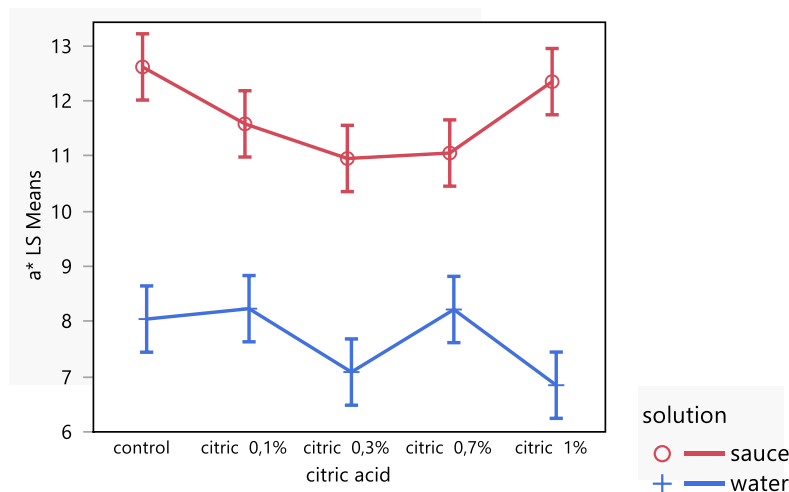
Στο Σχήμα 7 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου της φωτεινότητας L (0-100) του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7: Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στα δείγματα φασόλια σε νερό, παρατηρείται απότομη άνοδος από το δείγμα control έως το δείγμα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1%, στην συνέχεια από το 0,1% έως και το 0,7% παρατηρείται οριζοντίωση της τιμής L^* και από το 0,7% έως το 1% υπάρχει μείωση της φωτεινότητας του χρώματος των φασολιών. Σε αντίθεση με τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας στα οποία δεν υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις από το δείγμα control έως το δείγμα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 1% και δεν υφίσταται στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση.

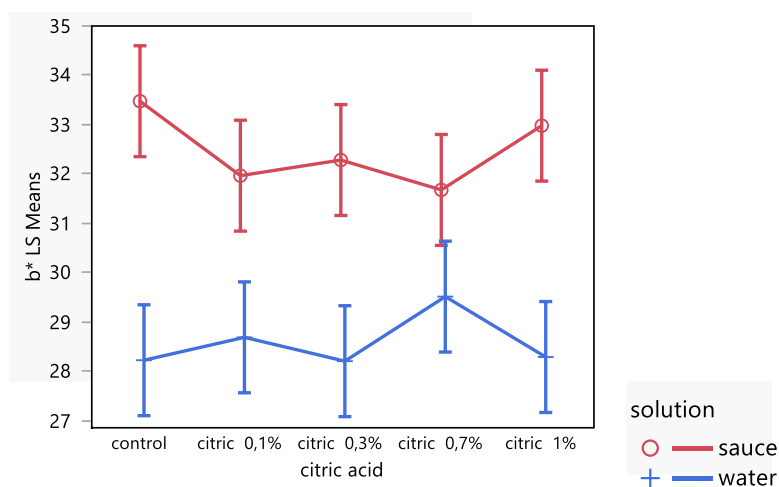
Στο Σχήμα 7.1 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου a (θετικές τιμές προς κόκκινο – αρνητικές τιμές προς πράσινο), δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.1: Μεταβολή της παραμέτρου a^* , δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 7.1), φαίνεται πως δεν υπάρχουν μεγάλες μεταβολές του κόκκινου χρώματος στα φασόλια παρά μόνο μία αύξηση από το δείγμα με το κιτρικό οξύ 0,7% προς το 1% στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας και μία πτώση από το δείγμα με κιτρικό οξύ 0,7% προς το 1% στα δείγματα φασόλια σε νερό. Σαφώς τα φασόλια σε σάλτσα τομάτας έχουν πιο κόκκινο χρώμα από τα φασόλια σε νερό λόγω του κόκκινου χρώματος της σάλτσας που τα επηρεάζει.

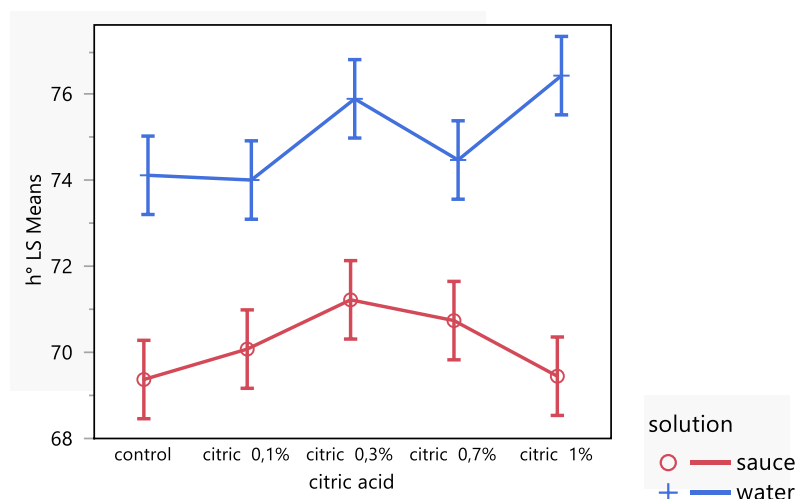
Στο Σχήμα 7.2, απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου b^* (θετικές τιμές προς κίτρινο – αρνητικές τιμές προς γαλάζιο), δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.2: Μεταβολή της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Το κίτρινο χρώμα των φασολιών φαίνεται να μην επηρεάζεται σημαντικά από τις διαφορετικές αναλογίες του κιτρικού οξέος και στα δείγματα φασόλια σε νερό αλλά και στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Βέβαια ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα, η τιμή F της αλληλεπίδρασης βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{0p}$, $p \leq 0,05$) και δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

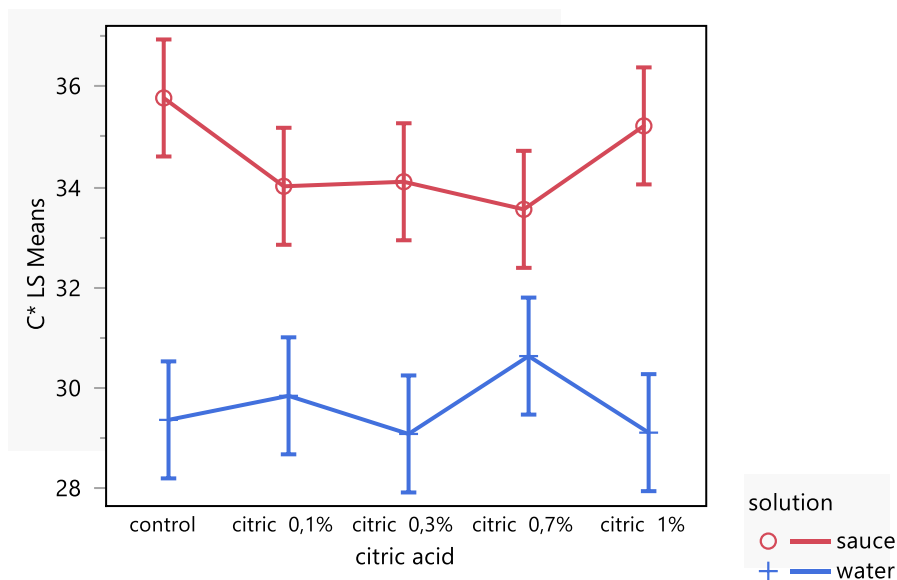
Στο Σχήμα 7.3 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου h^o , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.3: Μεταβολή της παραμέτρου h^o , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Οι μεταβολές της απόχρωσης h^o των φασολιών μεταξύ των διαφορετικών ποσοστών του κιτρικού οξέος (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) που προστέθηκε, δεν φαίνεται να είναι αξιόλογες προς ερμηνεία για τα δείγματα φασόλια σε νερό αλλά και για τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί η αύξηση της απόχρωσης h^o από το 0,1% προς το 0,3% κιτρικό οξύ και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων.

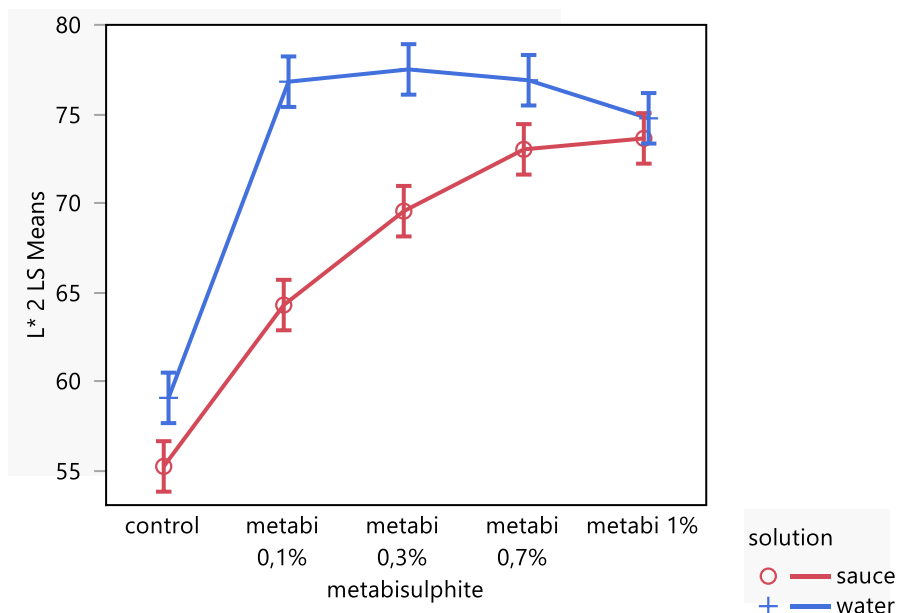
Στο Σχήμα 7.4 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου C*, δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.4: Μεταβολή της παραμέτρου C*, δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Η ένταση του χρώματος των φασολιών φαίνεται να μην επηρεάζεται σημαντικά από τις διαφορετικές αναλογίες του κιτρικού οξέος (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και στα δείγματα φασόλια σε νερό αλλά και στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Βέβαια ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα, η τιμή F της αλληλεπίδρασης είναι 0,0233 και εφόσον βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{op}$, $p \leq 0,05$) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

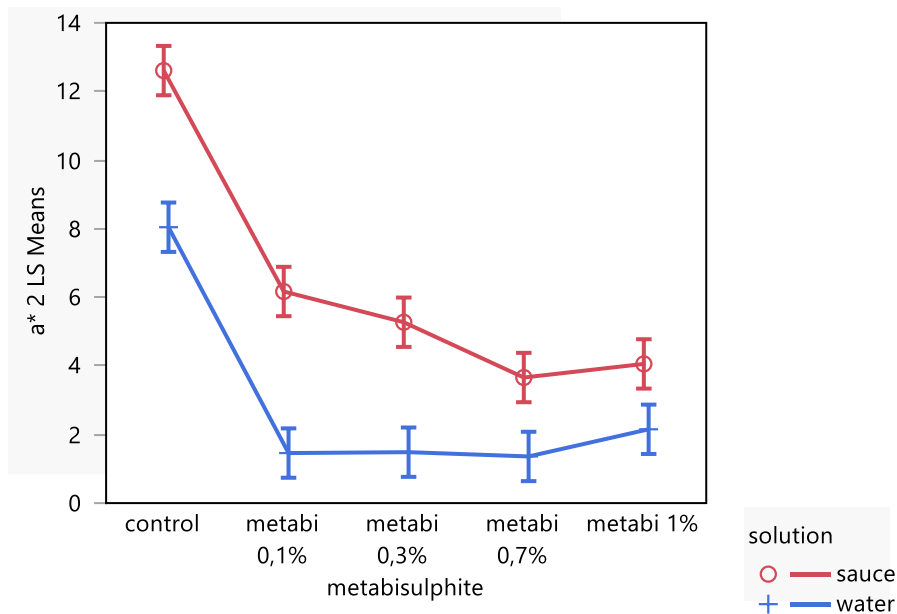
Στο Σχήμα 7.5 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου της φωτεινότητας L* (0-100) του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.5: Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 7.5), φαίνεται ότι στα δείγματα φασόλια σε νερό, υπάρχει απότομη και ισχυρή άνοδος από το δείγμα control έως το δείγμα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,1%, στην συνέχεια από το 0,1% έως και το 0,7% παρατηρείται οριζοντίωση της τιμής L και από το 0,7% έως το 1% υπάρχει μερική μείωση της φωτεινότητας του χρώματος των φασολιών. Στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας παρατηρείται διαρκής άνοδος της τιμής L^* από το δείγμα control έως το δείγμα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 0,7%, με κορύφωση στο 1%. Αξίζει να σημειωθεί πως η τάση μεταβολής της φωτεινότητας των φασολιών σε νερό και των φασολιών σε σάλτσα τομάτας είναι κοινή και πως στο δείγμα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου 1%, δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην τιμή L^* ανάμεσα στις δύο κατηγορίες φασολιών.

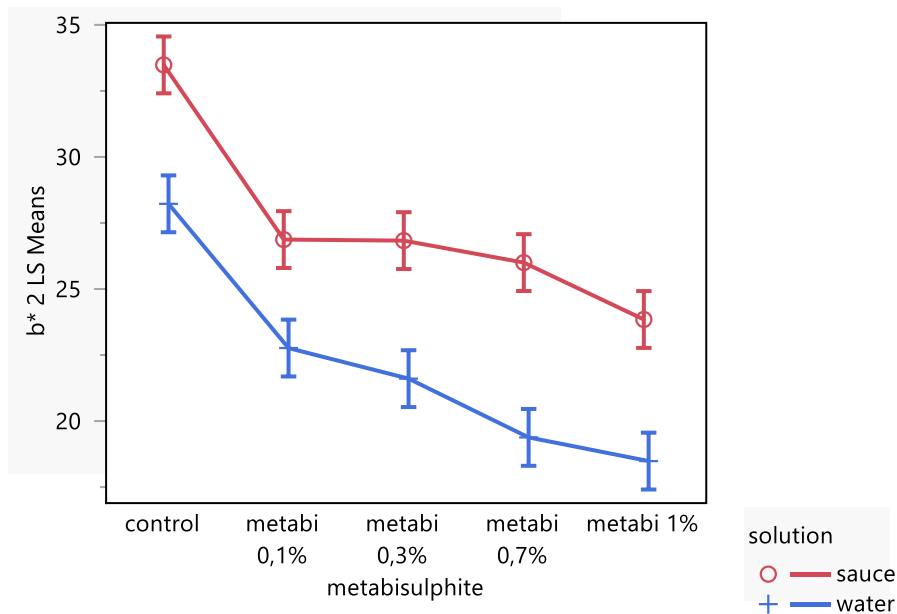
Στο Σχήμα 7.6 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου a^* (θετικές τιμές προς κόκκινο – αρνητικές τιμές προς πράσινο), δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.6: Μεταβολή της παραμέτρου a^* , δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 7.6), φαίνεται πως υπάρχει απότομη πτώση και μείωση του κόκκινου χρώματος από το δείγμα control προς το 0,1% μεταδιθειώδες κάλιο στα φασόλια σε νερό αλλά και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Στην συνέχεια, υπάρχει οριζοντίωση των τιμών από το 0,1% έως το 0,7% έως ότου να φτάσει σε μερική αύξηση από το 0,7% προς το 1% μεταδιθειώδες κάλιο. Η τάση μεταβολής και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων είναι ίδια παρόλο που τα φασόλια σε σάλτσα τομάτας φαίνεται να έχουν πιο κόκκινο χρώμα από τα φασόλια σε νερό λόγω του κόκκινου χρώματος της σάλτσας που φυσικά τα επηρεάζει.

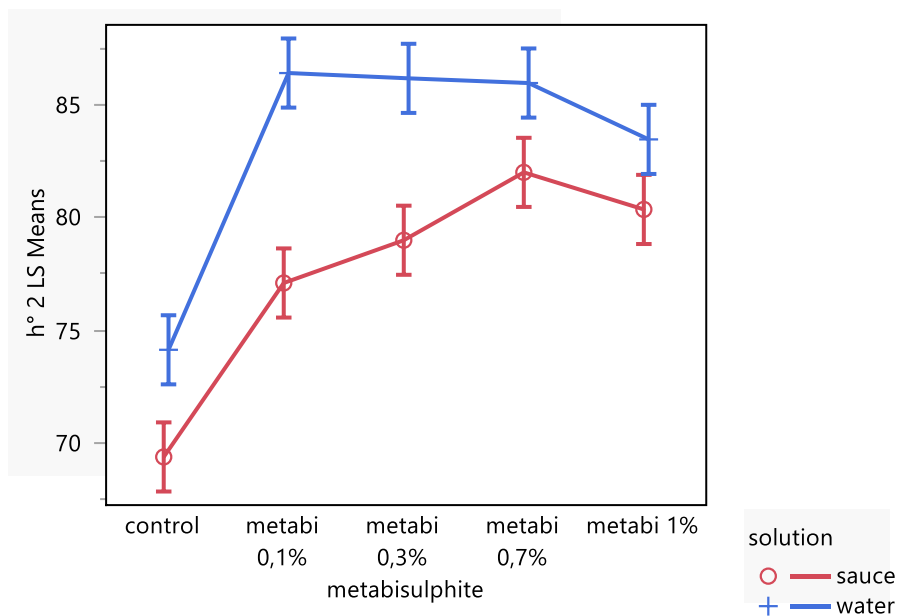
Στο Σχήμα 7.7, απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου b^* (θετικές τιμές προς κίτρινο – αρνητικές τιμές προς γαλάζιο), δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.7: Μεταβολή της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στο διάγραμμα (Σχήμα 7.7) παρατηρείται απότομη πτώση της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών, από το control προς το 0,1% μεταδιθειώδες κάλιο και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων φασολιών. Από το 0,1% μεταδιθειώδες κάλιο έως και το 1% φαίνεται να υπάρχει συνεχόμενη μείωση της τιμής b , οι μέσες τιμές και των δύο κατηγοριών φασολιών έχουν την ίδια τάση και ακολουθείται το ίδιο μοτίβο και για τα φασόλια σε νερό αλλά και για τα φασόλια σε σάλτσα.

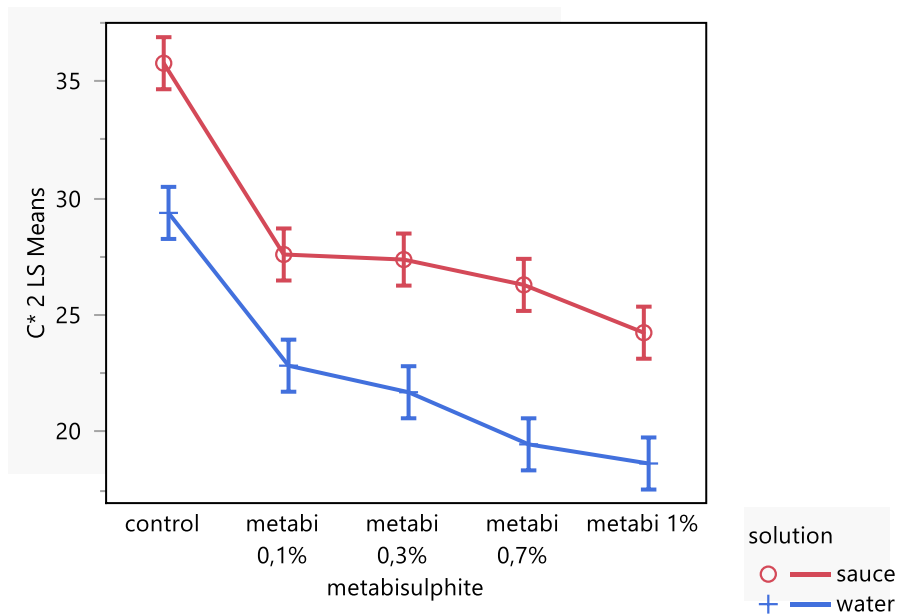
Στο Σχήμα 7.8 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου h^o , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.8: Μεταβολή της παραμέτρου h° , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας τις μεταβολές της απόχρωσης h° των φασολιών σε νερό μεταξύ των διαφορετικών ποσοστών του μεταδιθειώδους καλίου (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) που προστέθηκε στα δείγματα, φαίνεται ταχύτερη άνοδος από το control προς το δείγμα με το 0,1% μεταδιθειώδες κάλιο, στην συνέχεια οριζοντίωση της τιμής h° μέχρι και το δείγμα με 0,7% μεταδιθειώδες κάλιο και μία μικρή κάθοδος από το 0,7% προς το 1% μεταδιθειώδες κάλιο. Στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας παρατηρείται μία συνεχής αυξητική τάση από το δείγμα control έως και το δείγμα με το 0,7% μεταδιθειώδες κάλιο και στην συνέχεια μικρή πτώση από το 0,7% προς το 1%. Τέλος, ο μέσος όρος των φασολιών σε νερό είναι μεγαλύτερος από τον μέσο όρο των φασολιών σε σάλτσα τομάτας.

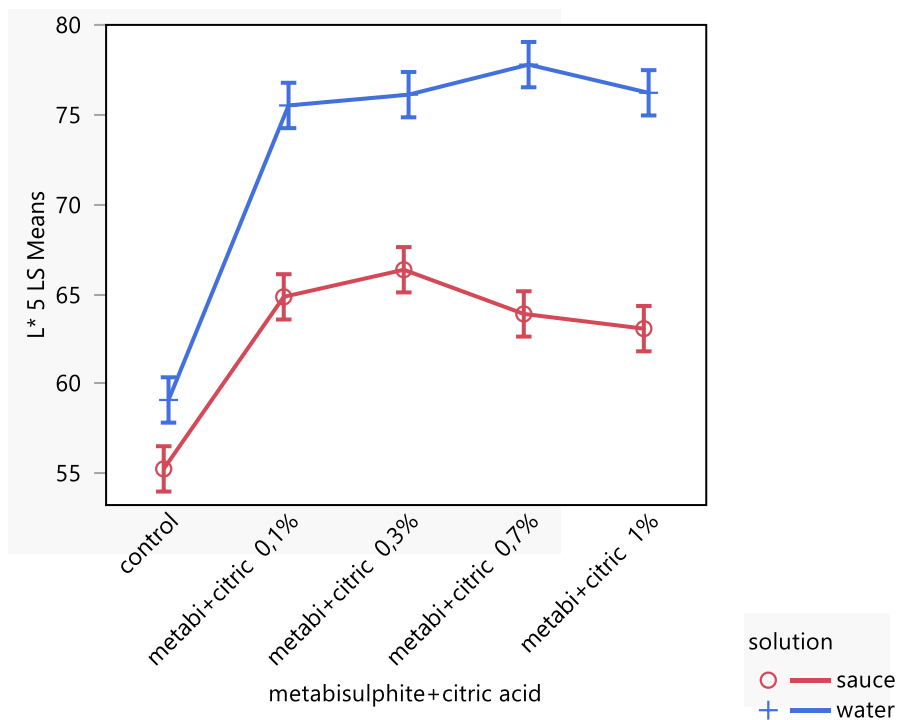
Στο Σχήμα 7.9 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου C^* , δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 7.9: Μεταβολή της παραμέτρου C*, δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη μεταδιθειώδους καλίου σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Η ένταση του χρώματος των φασολιών φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τις διαφορετικές αναλογίες του μεταδιθειώδους καλίου (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και στα δείγματα φασόλια σε νερό αλλά και στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ταχεία κάθοδος της τιμής C* από το δείγμα control έως το δείγμα με 0,1% μεταδιθειώδες κάλιο και συνεχόμενη πτώση από το δείγμα 0,1% έως το δείγμα με 1% μεταδιθειώδες κάλιο. Το ίδιο μοτίβο ακολουθείται και στα φασόλια σε νερό αλλά και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

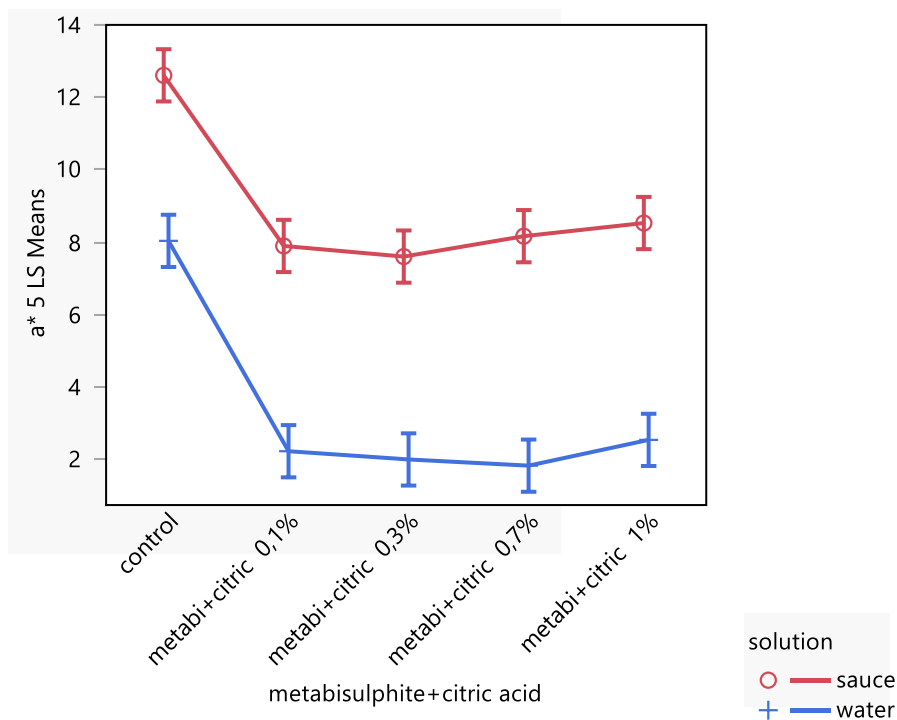
Στο Σχήμα 8 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου της φωτεινότητας L* (0-100) του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8: Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το Σχήμα 8, φαίνεται ότι στα δείγματα φασόλια σε νερό, υπάρχει απότομη και ισχυρή άνοδος από το δείγμα control έως το δείγμα 0,1%, στην συνέχεια από το 0,1% έως και το 0,7% παρατηρείται οριζοντίωση της τιμής L^* και από το 0,7% έως το 1% υπάρχει μερική μείωση της φωτεινότητας του χρώματος των φασολιών. Στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας παρατηρείται διαρκής άνοδος της τιμής L^* από το δείγμα control έως το δείγμα 0,3% και στη συνέχεια μερική κάθοδος έως το δείγμα 1%. Αξίζει να σημειωθεί πως η φωτεινότητα των φασολιών σε νερό είναι πιο υψηλή σε σχέση με την φωτεινότητα των φασολιών σε σάλτσα τομάτας.

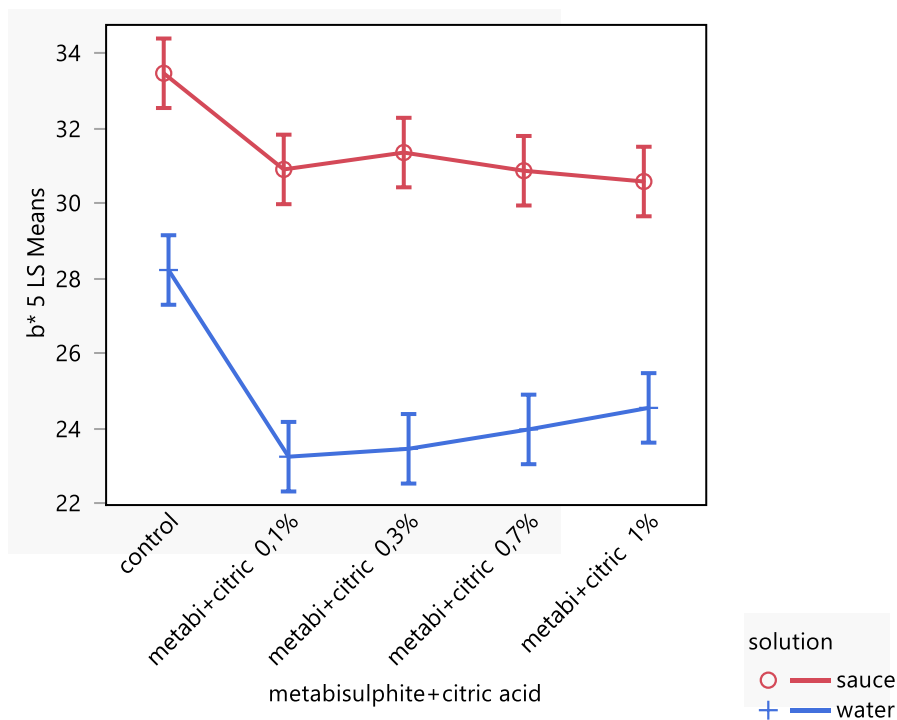
Στο Σχήμα 8.1 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου a^* (θετικές τιμές προς κόκκινο – αρνητικές τιμές προς πράσινο), δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.1: Μεταβολή της παραμέτρου a^* , δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 8.1), φαίνεται πως υπάρχει απότομη πτώση και μείωση του κόκκινου χρώματος από το δείγμα control προς το 0,1% στα φασόλια σε νερό αλλά και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Στην συνέχεια, υπάρχει οριζοντίωση των τιμών από το 0,1% έως το 0,7% έως ότου να φτάσει σε μερική αύξηση από το 0,7% προς το 1%. Η τάση μεταβολής και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων είναι ίδια παρόλο που τα φασόλια σε σάλτσα τομάτας φαίνεται να έχουν πιο κόκκινο χρώμα από τα φασόλια σε νερό λόγω του κόκκινου χρώματος της σάλτσας που φυσικά τα επηρεάζει.

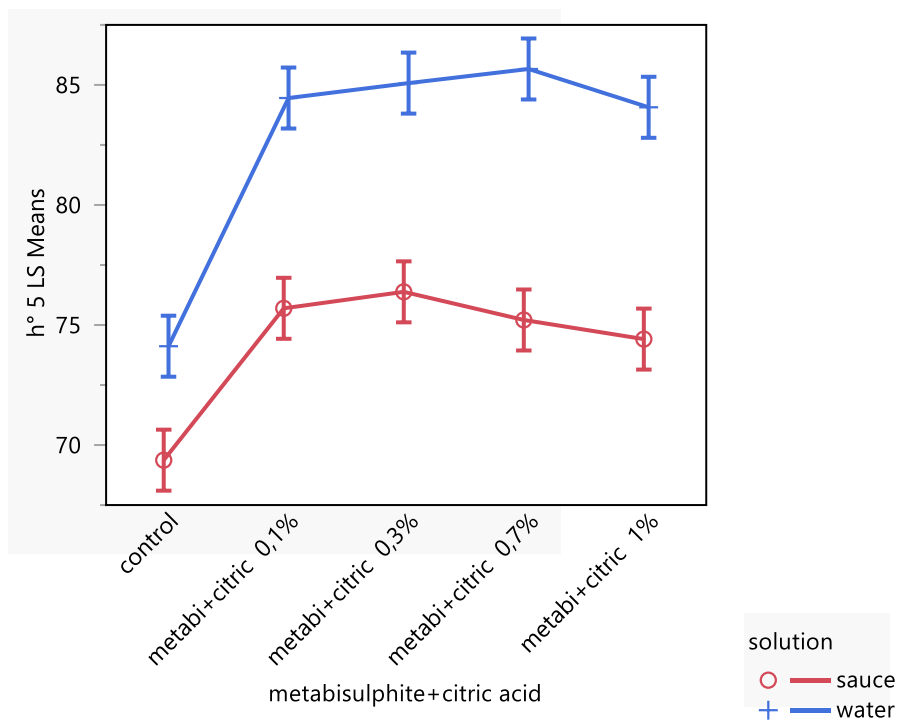
Στο Σχήμα 8.2, απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου b^* (θετικές τιμές προς κίτρινο – αρνητικές τιμές προς γαλάζιο), δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.2: Μεταβολή της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στο διάγραμμα (Σχήμα 8.2) παρατηρείται απότομη πτώση της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών, από το control προς το 0,1% και στα δείγματα φασόλια σε νερό αλλά και στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα, η τιμή F της αλληλεπίδρασης είναι 0,0288 και εφόσον βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{op}$, $p \leq 0,05$) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

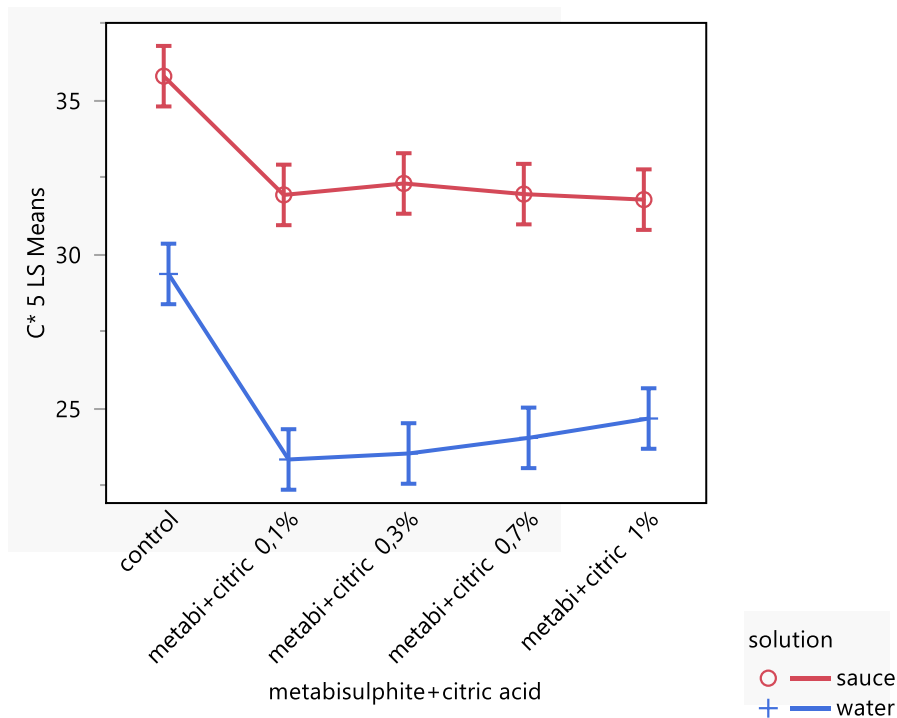
Στο Σχήμα 8.3 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου h^o , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.3: Μεταβολή της παραμέτρου h° , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας τις μεταβολές της απόχρωσης h° μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων φασολιών, φαίνεται ταχεία αύξηση από το control προς το 0,1%, στην συνέχεια οριζοντίωση της τιμής h° μέχρι και το δείγμα με 0,7% και μία μικρή κάθοδος από το 0,7% προς το 1%. Οι τάσεις μεταβολής της τιμής είναι κοινές στα φασόλια σε νερό και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

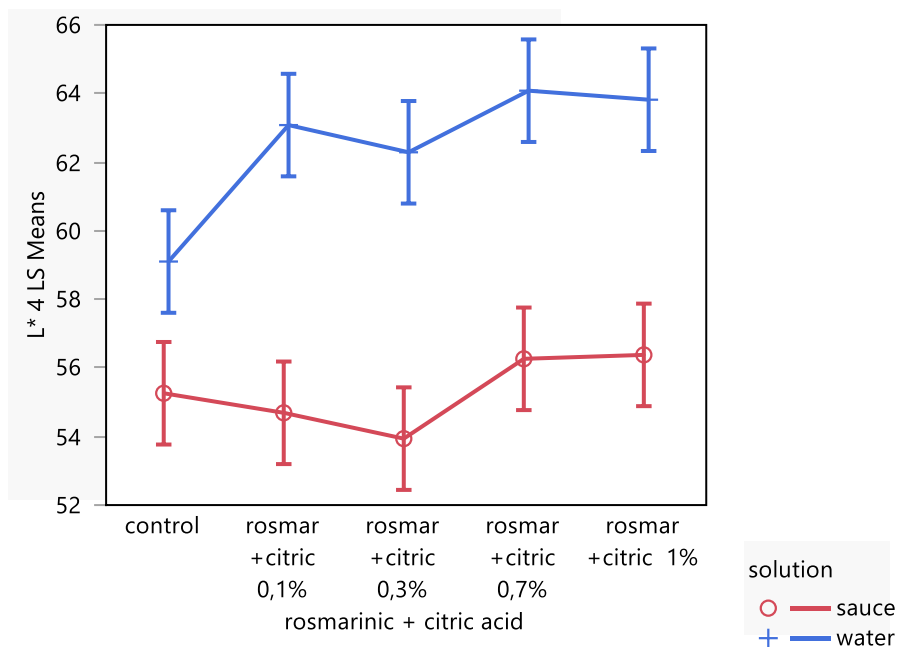
Στο διάγραμμα (Σχήμα 8.4) απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου C^* , δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.4: Μεταβολή της παραμέτρου C*, δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με μεταδιθειώδες κάλιο σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στο Σχήμα 8.4, παρατηρείται ταχεία κάθοδος της τιμής C* από το δείγμα control έως το δείγμα 0,1% και στην συνέχεια οριζοντίωση από το δείγμα 0,1% έως το δείγμα 1%. Το ίδιο μοτίβο ακολουθείται και στα φασόλια σε νερό αλλά και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα, η τιμή F της αλληλεπίδρασης είναι 0,0989 και εφόσον βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{op}$, $p \leq 0,05$) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

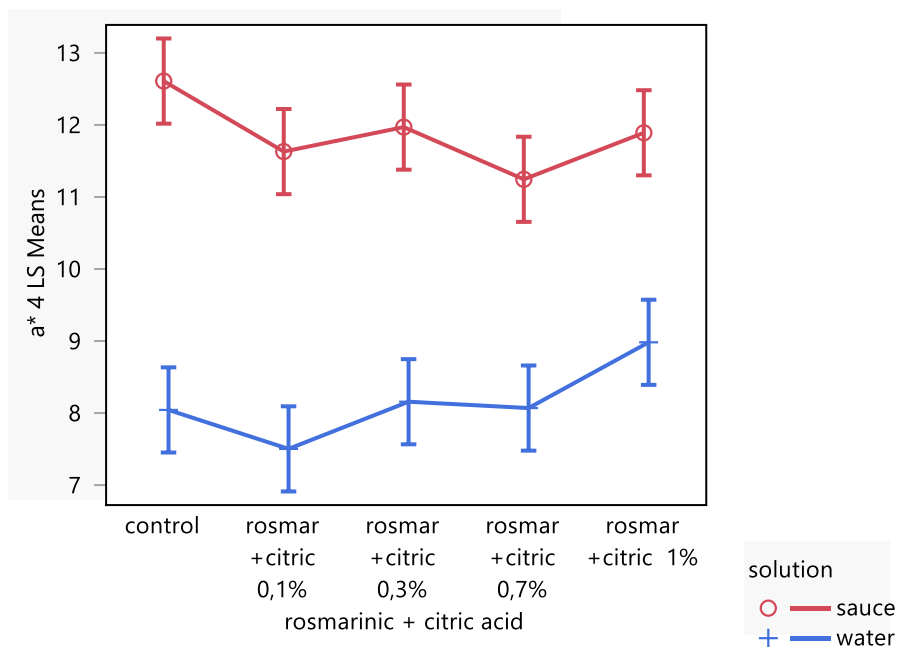
Στο Σχήμα 8.5 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου της φωτεινότητας L* (0-100) του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.5: Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το Σχήμα 8.5, φαίνεται ότι στα δείγματα φασόλια σε νερό, υπάρχει αύξηση από το δείγμα control έως το δείγμα 0,1% και στη συνέχεια από το 0,1% έως και το 1% παρατηρείται οριζοντίωση της τιμής L^* χωρίς φυσικά μεγάλες μεταβολές. Στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας δεν παρατηρείται σχεδόν καμία διαφορά στη φωτεινότητα του χρώματος των φασολιών παρά τις μικρές μεταβολές της τιμής L^* από το δείγμα control το δείγμα 1%. Η φωτεινότητα των φασολιών σε νερό είναι πιο υψηλή σε σχέση με την φωτεινότητα των φασολιών σε σάλτσα τομάτας. Αξίζει να σημειωθεί πως η τιμή F της αλληλεπίδρασης είναι 0,0169 και εφόσον βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{op}$, $p \leq 0,05$) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

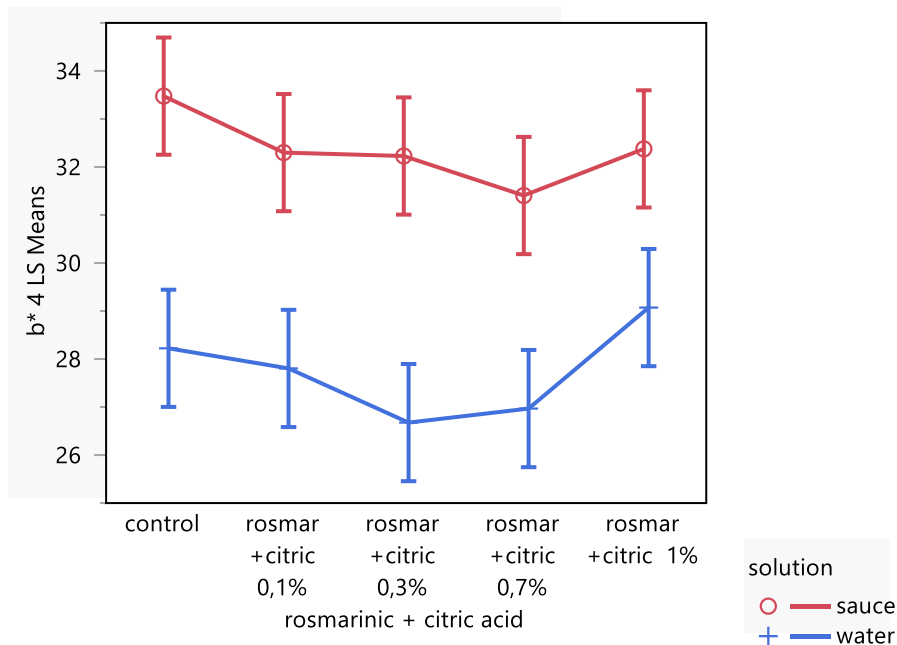
Στο Σχήμα 8.6 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου a^* (θετικές τιμές προς κόκκινο – αρνητικές τιμές προς πράσινο), δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.6: Μεταβολή της παραμέτρου a^* , δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 8.6), φαίνεται πως η τάση μεταβολής και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων είναι ίδια παρόλο που τα φασόλια σε σάλτσα τομάτας φαίνεται να έχουν πιο κόκκινο χρώμα από τα φασόλια σε νερό λόγω του κόκκινου χρώματος της σάλτσας που φυσικά τα επηρεάζει. Αξιοσημείωτη είναι η τιμή F της αλληλεπίδρασης που είναι 0,0411 και εφόσον βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{op}$, $p \leq 0,05$) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

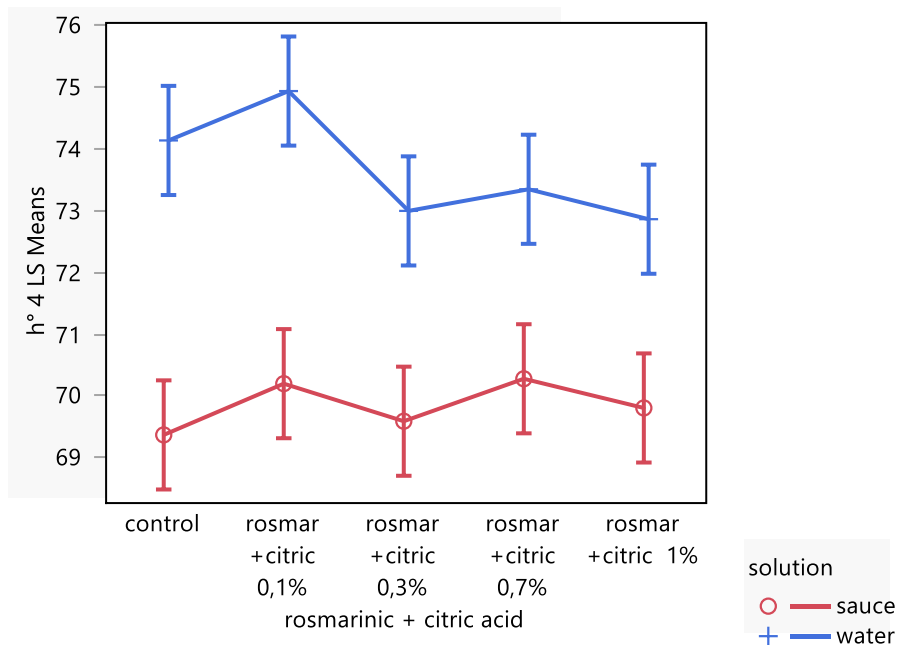
Στο Σχήμα 8.7, απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου b^* (θετικές τιμές προς κίτρινο – αρνητικές τιμές προς γαλάζιο), δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.7: Μεταβολή της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στο Σχήμα 8.7 παρατηρούνται πολύ μικρές μεταβολές της τιμής b^* μεταξύ των δειγμάτων και φαίνεται πως ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα, η τιμή F της αλληλεπίδρασης είναι 0,0407 και εφόσον βρίσκεται κοντά στο 0,05 ($F \geq F_{\alpha, p}$, $p \leq 0,05$) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

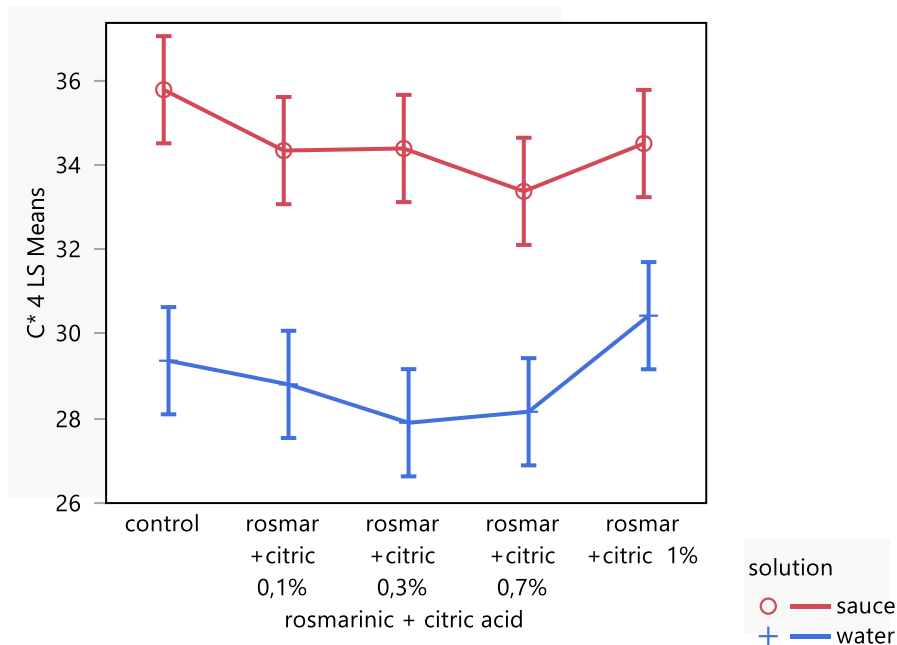
Στο Σχήμα 8.8 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου h^o , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.8: Μεταβολή της παραμέτρου h° , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας τις μεταβολές της απόχρωσης h° μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων φασολιών, φαίνονται μικρές αυξομειώσεις της τιμής από το control μέχρι και το 1%. Οι τάσεις μεταβολής της απόχρωσης των φασολιών είναι κοινές στις δύο κατηγορίες δειγμάτων και ο μέσος όρος των φασολιών σε νερό είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο των φασολιών σε σάλτσα τομάτας.

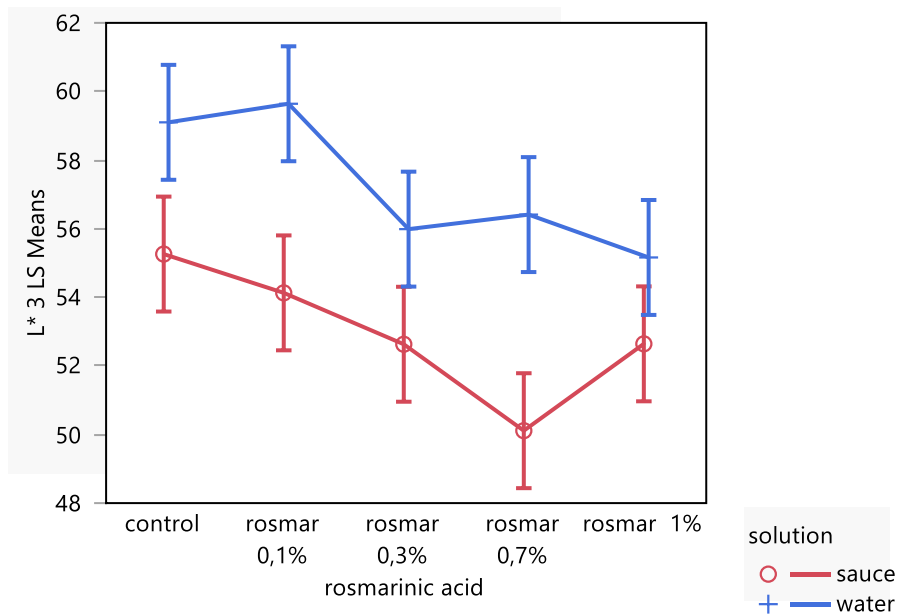
Στο διάγραμμα (Σχήμα 8.9) απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου C^* , δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 8.9: Μεταβολή της παραμέτρου C*, δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη κιτρικού οξέος 0,1% σε συνδυασμό με ροσμαρινικό οξύ σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στο Σχήμα 8.9, παρατηρείται καθοδική τάση της τιμής C* από το δείγμα control έως το δείγμα 0,7% και στην συνέχεια μικρή αύξηση από το δείγμα 0,7% έως το δείγμα 1%. Το ίδιο μοτίβο ακολουθείται και στα φασόλια σε νερό αλλά και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

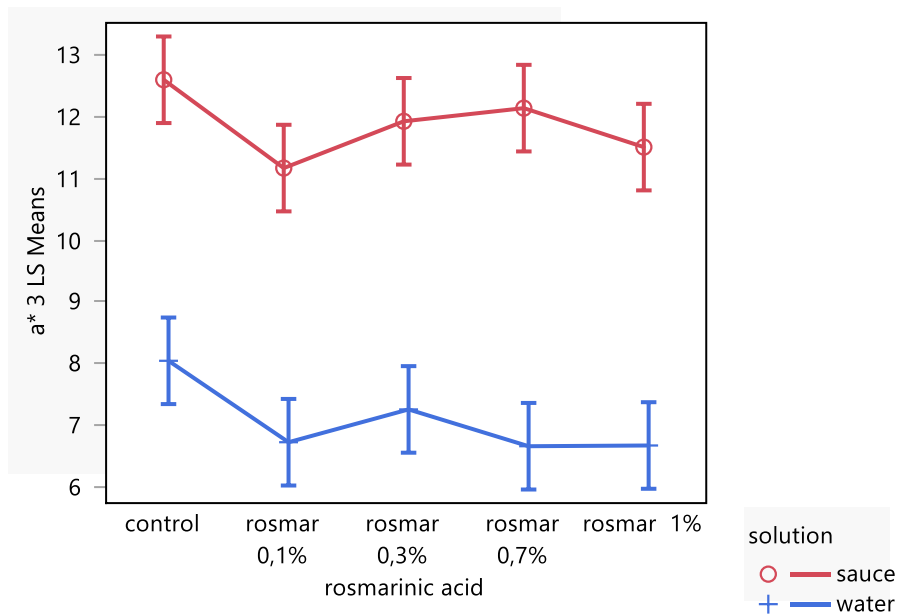
Στο Σχήμα 9 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου της φωτεινότητας L* (0-100) του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 9: Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 9), φαίνεται να υπάρχει καθοδική τάση της παραμέτρου L^* και στα δείγματα φασόλια σε νερό αλλά και στα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Ο μέσος όρος των φασολιών σε νερό είναι μεγαλύτερος από των φασολιών σε σάλτσα τομάτας και επιπλέον αξίζει να σημειωθεί πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

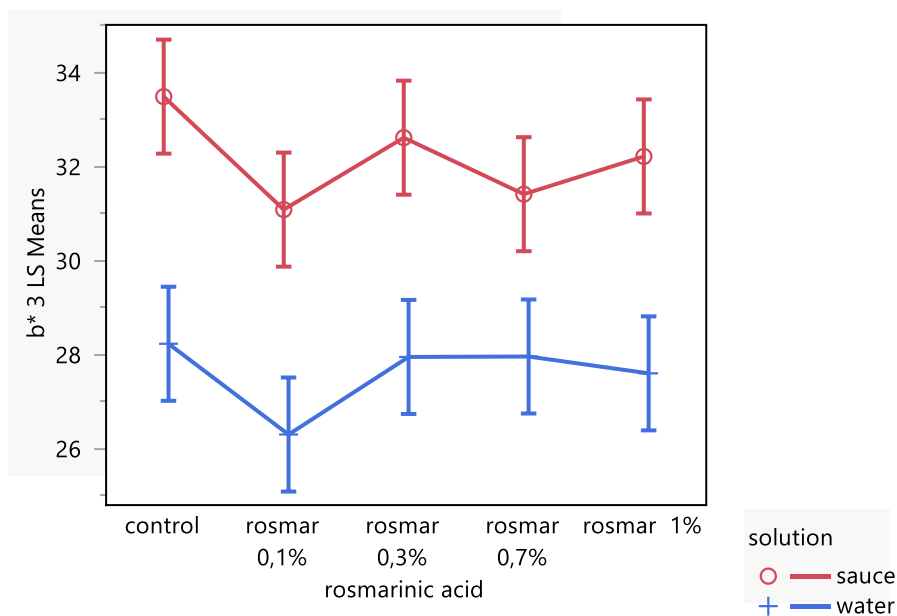
Στο Σχήμα 9.1 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου a^* (θετικές τιμές προς κόκκινο – αρνητικές τιμές προς πράσινο), δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 9.1: Μεταβολή της παραμέτρου a^* , δηλαδή του κόκκινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Σχήμα 9.1), φαίνεται πως η τάση μεταβολής και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων είναι ίδια παρόλο που τα φασόλια σε σάλτσα τομάτας φαίνεται να έχουν πιο κόκκινο χρώμα από τα φασόλια σε νερό λόγω του κόκκινου χρώματος της σάλτσας που φυσικά τα επηρεάζει. Και σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγόντων.

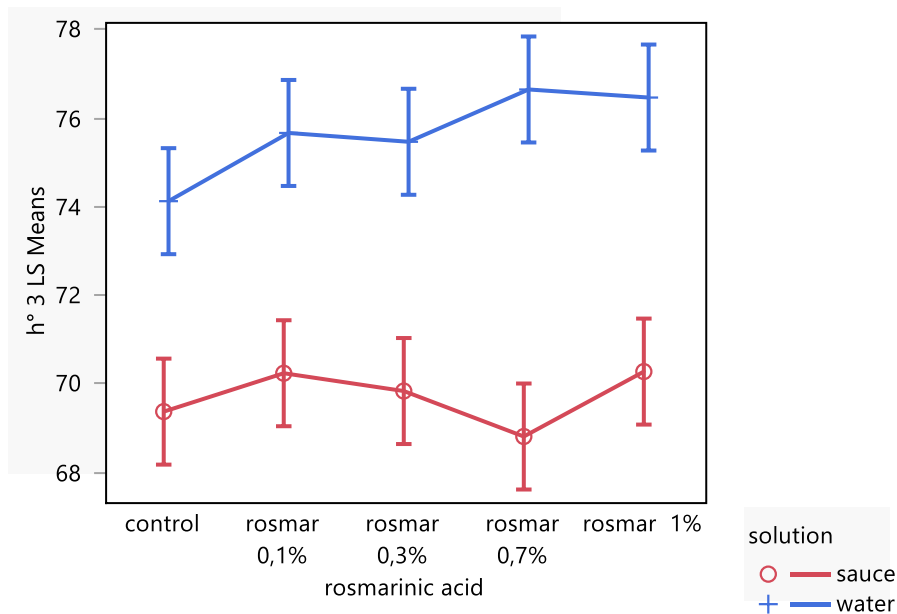
Στο Σχήμα 9.2, απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου b^* (θετικές τιμές προς κίτρινο – αρνητικές τιμές προς γαλάζιο), δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 9.2: Μεταβολή της παραμέτρου b^* , δηλαδή του κίτρινου χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Στο διάγραμμα (Σχήμα 9.2) παρατηρούνται πολύ μικρές μεταβολές της παραμέτρου b^* μεταξύ των δειγμάτων και φαίνεται πως ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα. Οι τάσεις μεταβολής είναι κοινές και στις δύο κατηγορίες δειγμάτων φασολιών και δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, άρα τα αποτελέσματα δεν είναι στατιστικά σημαντικό να ερμηνευτούν.

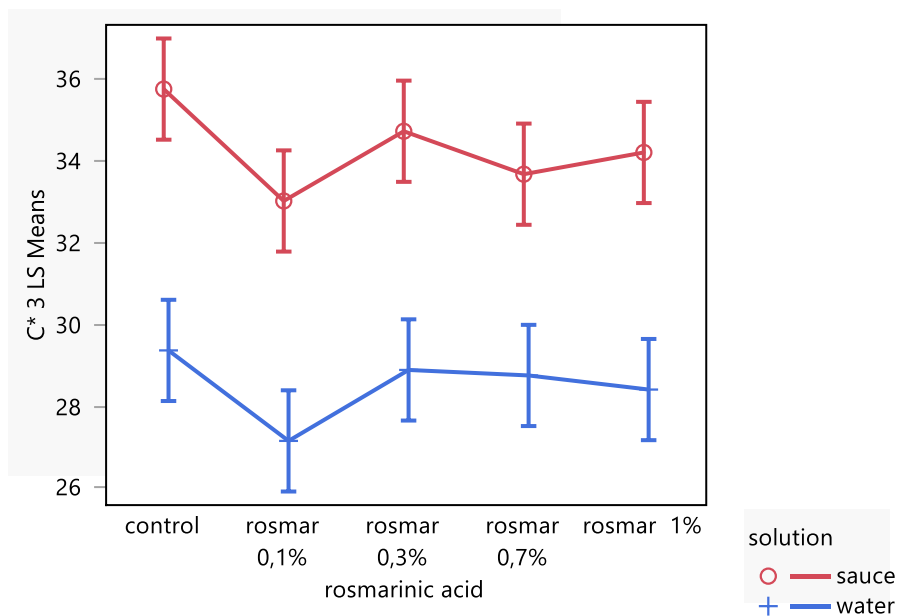
Στο Σχήμα 9.3 απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου h^o , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.



Σχήμα 9.3: Μεταβολή της παραμέτρου h° , δηλαδή της απόχρωσης των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

Οι τάσεις μεταβολής της απόχρωσης h° μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων φασολιών στα φασόλια σε νερό φαίνονται να είναι αυξητικές αλλά όχι με ιδιαίτερα μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, ενώ στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας οι τιμές είναι σχεδόν σε ευθεία γραμμή, δηλαδή δεν υπάρχουν σημαντικές αυξομειώσεις μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων. Αξίζει να σημειωθεί πως ο μέσος όρος των φασολιών σε νερό είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο των φασολιών σε σάλτσα τομάτας.

Στο διάγραμμα (Σχήμα 9.4) απεικονίζονται οι αυξομειώσεις της παραμέτρου C^* , δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%), καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα δείγματα φασόλια σε νερό και με κόκκινο τα δείγματα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

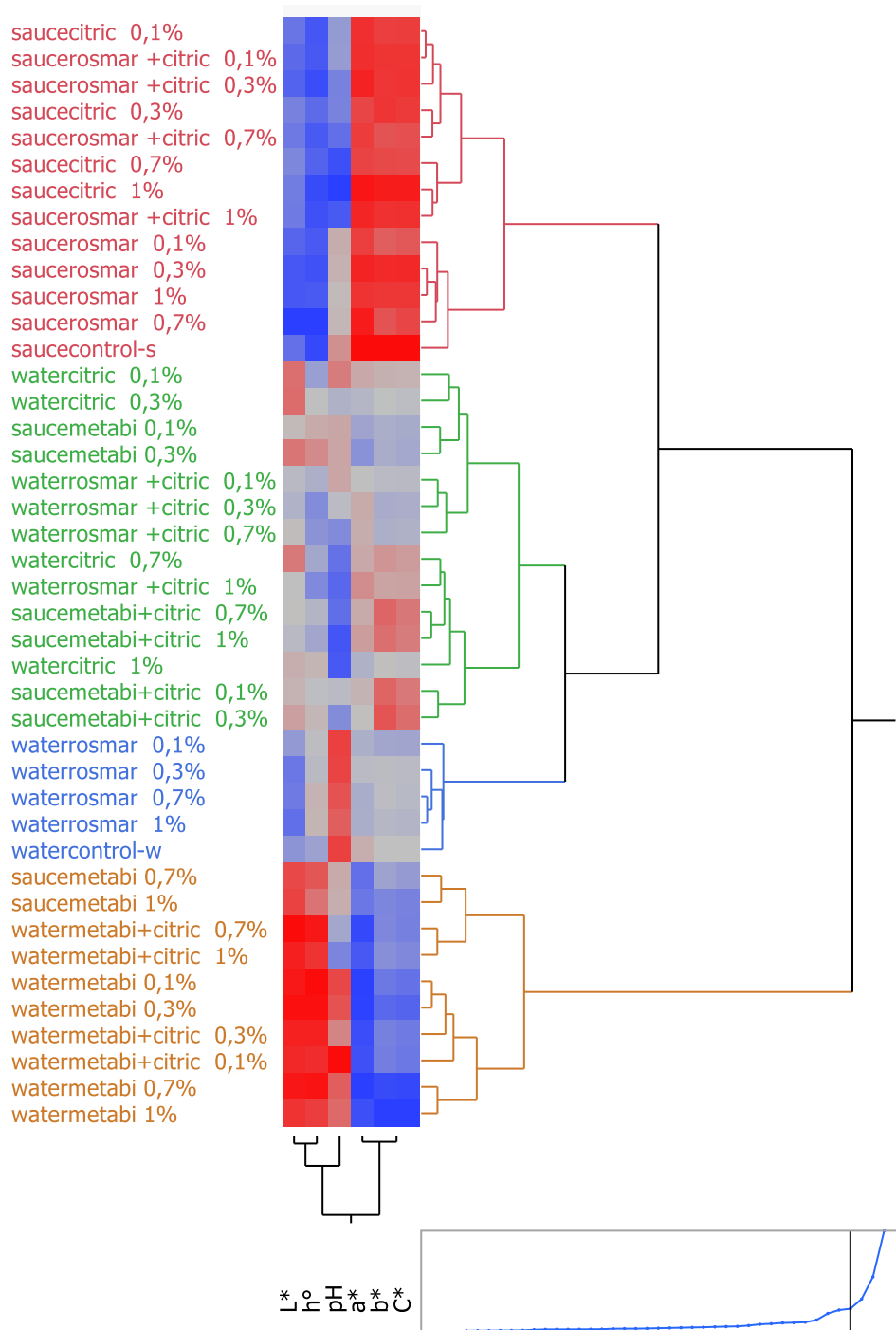


Σχήμα 9.4: Μεταβολή της παραμέτρου C*, δηλαδή της έντασης του χρώματος των φασολιών στα δείγματα control και στα δείγματα με την προσθήκη ροσμαρινικού οξέος σε διαφορετικές αναλογίες (0,1%, 0,3%, 0,7%, 1%) και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δειγμάτων φασόλια σε νερό και φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

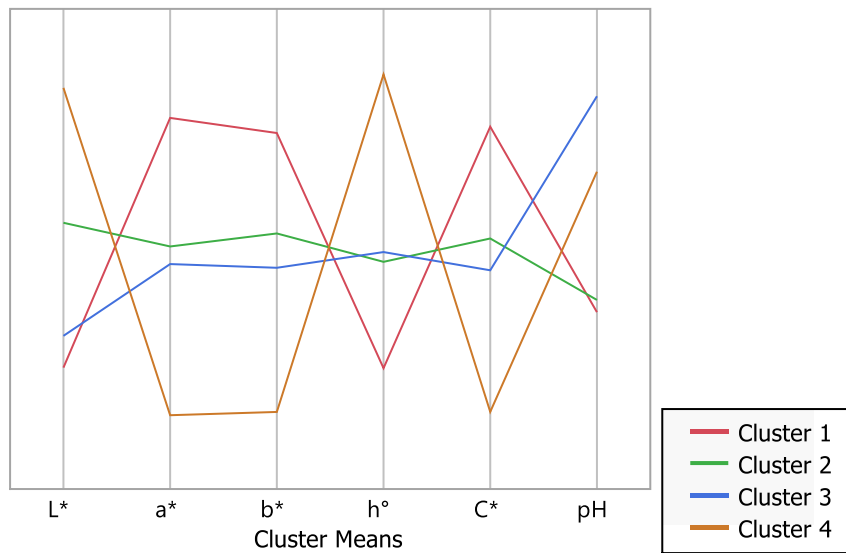
Στο διάγραμμα παραπάνω (Σχήμα 8.9), παρατηρείται καθοδική τάση της τιμής C* από το δείγμα control προς το δείγμα 0,1%, στη συνέχεια μικρή αύξηση από το δείγμα 0,1% έως το δείγμα 0,3% και από το 0,3% παρατηρείται οριζοντίωση έως το 1%. Το ίδιο μοτίβο ακολουθείται και στα φασόλια σε νερό αλλά και στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας. Ο μέσος όρος των τιμών στα φασόλια σε νερό είναι μικρότερος από τον μέσο όρο των τιμών στα φασόλια σε σάλτσα τομάτας.

5.3.2 Ανάλυση ταξινόμησης των στοιχείων Cluster Analysis

Έπειτα από την ανάλυση ταξινόμησης των στοιχείων Cluster analysis, προκύπτει το παρακάτω δενδρόγραμμα (Σχήμα 10), το οποίο ομαδοποιεί τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των τιμών και κατηγοριοποιεί με κόκκινο χρώμα τις υψηλές τιμές και με μπλε χρώμα τις χαμηλές τιμές των παραμέτρων L*, a*, b*, h°, C*, Ph που εξετάζονται.



Σχήμα 10: Διάγραμμα ταξινόμησης των διαφορετικών παραμέτρων που εξετάζονται (L^* , a^* , b^* , h° , C^* , Ph) και ομαδοποίηση των κοινών χαρακτηριστικών τους σε 4 ομάδες.



Cluster	Count	L*	a*	b*	h°	C*	pH
1	13	54,8825	11,6952	32,1514	69,9930	34,2262	4,7223
2	14	65,7263	7,6247	28,7599	75,1959	29,7771	4,7993
3	5	57,2604	7,0676	27,6012	75,6726	28,5116	6,0840
4	10	75,8280	2,2823	22,7323	84,3659	22,8777	5,6080

Πίνακας 8: Ακριβείς τιμές των διαφορετικών παραμέτρων που εξετάζονται (L*, a*, b*, h°, C*, Ph) και ομαδοποίηση τους σε 4 ομάδες ξεχωρίζοντας τες με διαφορετικά χρώματα την καθεμία.

Παρατηρώντας το δενδρόγραμμα (Σχήμα 10) και τον πίνακα 8 παραπάνω, φαίνεται πως η ομάδα νούμερο 1 (κόκκινη ομάδα) χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές στις παραμέτρους a*, b* και C* και από χαμηλές τιμές στις παραμέτρους L*, h° και Ph. Η 4^η ομάδα (πορτοκαλί ομάδα) χαρακτηρίζεται από αντίστροφη σχέση με την 1^η ομάδα, δηλαδή από χαμηλές τιμές στις παραμέτρους a*, b* και C* και από υψηλές τιμές στις παραμέτρους L*, h° και Ph. Η ομάδα νούμερο 3 φαίνεται να έχει πολύ υψηλή τιμή Ph και πολύ χαμηλή τιμή της παραμέτρου L* και τέλος η ομάδα νούμερο 2 χαρακτηρίζεται από ποικιλομορφία στις τιμές της. Εν κατακλείδι, οι ομάδες 2 και 3 έχουν ενδιάμεσες τιμές με την εξαίρεση της 3^{ης} ομάδας που έχει το υψηλότερο Ph από όλες τις ομάδες.

6. Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα είναι δυνατό να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα αναφορικά με το πρόβλημα της μη ενζυμικής αμαύρωσης των κονσερβοποιημένων φασολιών.

Ενώ είναι γνωστό ότι η τιμή του pH επηρεάζει το φαινόμενο της αμαύρωσης που οφείλεται είτε στην αντίδραση Maillard είτε στην καραμελοποίηση των σακχάρων και συγκεκριμένα σε τιμές pH κάτω από 5,5 δεν θα έπρεπε να υφίσταται το φαινόμενο της αμαύρωσης εν τούτοις στη προκειμένη περίπτωση δεν φαίνεται να το επηρεάζει. Στα φασόλια που κονσερβοποιήθηκαν σε νερό και παρουσία κιτρικού οξέος μέχρι 0,5%, όπου η τιμή του pH ήταν περίπου στο 4,5 η επίδραση στη διατήρησή του χρώματος ήταν μειωμένη σε σχέση με τα δείγματα που περιείχαν μεταδιθειώδες κάλιο και τα οποία εμφανίζουν να έχουν την υψηλότερη τιμή L από ότι τα δείγματα που περιείχαν κιτρικό οξύ. Αναφορικά με τα δείγματα που περιείχαν ροσμαρινικό οξύ βρέθηκε ότι το ροσμαρινικό όχι μόνο δεν παρεμποδίζει την αμαύρωση αλλά και την ενισχύει παρόλο που αναφέρεται στην σχετική διεθνή βιβλιογραφία ότι αποτελεί τον πλέον ισχυρό φυσικό παράγοντα παρεμπόδισης της μη ενζυμικής αμαύρωσης. Επίσης, βρέθηκε ότι δεν υπάρχει συνεργατική δράση μεταξύ των παρεμποδιστών της μη ενζυμικής αμαύρωσης που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα εργασία δηλαδή του μεταδιθειώδους καλίου, του κιτρικού οξέος και του ροσμαρινικού οξέος. Αναφορικά με την προσθήκη τοματοειδών στα κονσερβοποιημένα φασόλια όπως αναμενόταν η αμαύρωση ήταν πιο έντονη λόγω της παρουσίας σακχάρων και λόγω της οξειδωσης του ασκορβικού οξέος που υπάρχει στα τοματοειδή προϊόντα.

Άρα, θεωρείται ότι είναι αναγκαίο να διερευνηθεί το φαινόμενο της αμαύρωσης πιο συστηματικά για αυτού του είδους τα κονσερβοποιημένα προϊόντα προκειμένου να καταστεί δυνατή η αντικατάσταση τουλάχιστο εν μέρει, του υποθειώδους ώστε τα προϊόντα αυτά να αποκτήσουν, στο μέλλον, το χαρακτηρισμό ότι είναι ελεύθερα χημικών συντηρητικών (clean label).

7. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Συστηματική μελέτη του φαινομένου της αμαύρωσης σε εργαστηριακό επίπεδο με τη χρήση πειραματικών μοντέλων ώστε να προσδιοριστεί η αιτία του φαινομένου σε συνδυασμό με την διερεύνηση των συνθηκών δημιουργίας του όπως η σύσταση των υλικών, η θερμοκρασία, το pH κλπ.

Suggestions for further work

A systematic study of the browning effect on a laboratory level employing experimental models in order to assess the cause of the effect in conjunction with the investigation of conditions responsible for its creation such as ingredients, temperature, pH etc.

8. Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Αντωνιάδης, Κ. Ελευθεριάδης, Ι. & Σταθάκης, Κ. (2002). Η Τέχνη και η Επικοινωνία στις γραφικές Τέχνες, Τόμος Γ, Χρώμα. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Αρβανιτογιάννης Σ. Ιωάννης, Σάνδρου Δ., Κούρτης Λ., (2001). ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ – Εφαρμογή της ανάλυσης επικινδυνότητας

Βαφοπούλου-Μαστρογιαννάκη, Α. (2003). Μη Ενζυμική Αμαύρωση. Βιοχημεία Τροφίμων . Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ. <https://ziti.gr/wp-content/uploads/2020/01/vafopoyloy-mastrogiannaki-anna-vioximeia-trofimon.pdf>

Βλάμης, Α. Ενζυμική Αμαύρωση. Βιοχημεία Τροφίμων. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημείας. Ανακτήθηκε από: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CHEM2023/7%20%CE%95%CE%BD%CE%B6%CF%85%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B1%CE%BC%CE%B1%CF%8D%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B7.pdf>

Γκακνή Δ. (2017). Πολυφαινόλες. Med Nutrition. Ανακτήθηκε από: <https://www.mednutrition.gr/portal/efarmoges/leksiko-diatrofis/15352-polyfainoles> 27 Μαρτίου 2021

Δαλιάνης Κ. (1993), Ψυχανθή για καρπό και σανό. Εκδόσεις Σταμούλης. Ενζυμική αμαύρωση. Βιοχημεία τροφίμων. Χαροκόπειο πανεπιστήμιο. Ανακτήθηκε από <https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET200/amavrosi.pdf>

Δημητράκης Κ.Γ.(1998). Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγροτύπος Α.Ε., Αθήνα.

Κουσίσης Σ., Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σημειώσεις Χημείας τροφίμων ΙΙ, Ενζυμα και τρόφιμα, κεφάλαιο 3, Ενδογενής δράση των ενζύμων σε φυτικούς ιστούς, διαφάνειες 55-58

Πετρίδης Ν. Δ. (2019). Εφαρμοσμένη Στατιστική με Έμφαση στην Επιστήμη Τροφίμων. 5^η Έκδοση, Εκδόσεις Back Office, Θεσσαλονίκη, σελ.117, 131-135.

Πετρίδης Δ. (2015). Ανάλυση Πολυμεταβλητών Τεχνικών, Εφαρμογές Περιπτώσεων, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σελ.158-160, 176-178.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Akkaah-Gyazi , N.A. & Zhang, Y., & Simpson, B.K. (2015). Enzymes Inhibitors: Food and Non-Food Impacts. Advances in Food Biotechnology. Ravishankar Rai V. <https://doi.org/10.1002/9781118864463.ch11>

ApplePainter.com – "A practical description [of the Munsell Color System] with suggestions for its use."

Arumuganathan, K., and D.E. Earle. (1991). Nuclear DNA content of some

important plant species. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 9:208-218.

Ashoor, S. H., & Zent, J. B. (1984). Maillard browning of common amino acids and sugars. *Journal of Food Science*, 49(4), 1206-1207.

Belitz H.D.W. Grosch and P. Schieberle. (2014). *Food Chemistry*

BeMiller, J. N., & Whistler, R. L. (1996). Carbohydrates. In O. R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (pp. 171-173). New York, USA: Marcel Dekker Inc.

Bengtsson A. (1991). Field experiments with inoculation and nitrogen fertilization of kidney beans (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Swed. J. Agric. Res.*, 21:63-66.

Burdurlu, S. H., & Karadeniz, F. (2003). Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *Food Chemistry*, 80(1), 91-97.

Cleland, Thomas M. (1921). A practical description of the Munsell color system, with suggestions for its use. Boston: Munsell Color Company. One of the first books about the Munsell color system, explaining the intuition behind its three dimensions, and suggesting possible uses of the system in picking color combinations. An edited version can be found at <http://www.applepainter.com/>

Color Studies Second Edition by Edith Anderson Feisner, ISBN 1-56367-394-0

Corzo-Martinez, M., Corzo, N., Villamiel, M. & del Castillo, M.D. (2012). Browning Reactions. *Food Biochemistry and Food Processing*, Second Edition (σ. 56-83). Καναδάς: Benjamin K. Simpson. <https://doi.org/10.1002/9781118308035.ch4>

Crumiere, F. (2000). Inhibition of enzymatic browning in food products using bio-ingredients. (Μεταπτυχιακή εργασία). Ανακτήθηκε από: https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape2/PQDD_0034/MQ64338.pdf

Debouck D.G (2000) Biodiversity, ecology and genetic resources of *Phaseolus* beans (pp 95-123).

Eichner, K., & Karel, M. (1972). The influence of water content and water activity on the sugaramino browning reaction in model systems under various conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(2), 218-223.

Escribano M.R., Santalla M., de Ron A.M. (1997). Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from Northwestern Spain. *Euphytica*, 93:71-81.

Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 5.3. Chemical preservation. Ανακτήθηκε από <http://www.fao.org/3/v5030E/V5030E0d.htm>

Food-info.net. Enzymatic Browning. Wageningen University, the Netherlands. <http://www.food-info.net/uk/colour/enzymaticbrowning.htm>

Food Crumbles (2017). What is Enzymatic Browning and how can you prevent it? <https://foodcrumbles.com/enzymatic-browning-bananas/>

Frahm M.A., Rosas J.C., Mayek-Perez N., Lopez-Salinas E., Acosta-Gallegos

- J.A. and Kelly J.D. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the Lowland tropics. *Euphytica*, 136:223-232(10).
- Freyre R., P. Skroch, V. Geffrey, A.F. Adam-Blondon, A. Shirmohamadali, W. Johnson, V. Llaca, R. Nodari, P. Pereira, S.M. Tsai, J. Tohme, M. Dron, J Nienhuis, C. Vallejos and P. Gepts. (1998). Towards an integrated linkage map of common bean. 4. Development of a core map and alignment of RFLP maps. *Theor. Appl. Genet.*, 97:847-856.
- Gepts, P. and Debouck D., (1991). Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). Colombia, pp. 7-53.
- Gepts, P., T.C. Osborn, K. Rashka, and F.A. Bliss (1986). Phaseolin protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus Vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. *Econ. Bot.*, 40:451
- Grela, E.R., Gunter K.D., (1995). Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. *Animal feed science and technology* 52, 325-331.
- Gu W.K., J.Q. Zhu, D.H. Wallace, S.P. Singh and N.F. Weeden. (1998). Analysis of genes controlling photoperiod sensitivity in common bean using DNA markers. *Euphytica*, 102:125-132.
- Haley S.D., Miklas P.N., Afanador L. and Kelly J.D. (1994). Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) marker variability between and within gene pools of common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119:122-125.
- Haley; S.D., Afanador L.K., Miklas P.N., Stavely J.R. and Kelly J.D (1994). Heterogeneous inbred populations are useful as sources of near-isogenic lines from RAPD marker localization. *Theor. Appl. Genet.*, 88:337-342.
- Haley S.D., Afanador L.K. and Kelly J.D. (1994). Selection for monogenic resistance traits with coupling- and repulsion-phase RAPD markers. *Crop Sci.*, 34:1061-1066.
- Haley S.D., Afanador L. and Kelly J.D. (1994). Identification and application of a Random Amplified Polymorphic DNA marker for the I gene (Potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology*, 84:157-160.
- Haley S.D., Miklas P.N., Stavely J.R., Byrum J. and Kelly J.D. (1993). Identification of RAPD markers linked to a major rust resistance gene block in common bean. *Theor. Appl. Genet.*, 86:505-512.
- Hernandez-Jacinto C., Rivero-Azpiroz S., Acosta-Gallegos J.A., Hernandez-Sanchez H. and Bernal-Lugol I. (2003). Genetic Analysis and Random Amplified Polymorphic DNA Markers Associated with Cooking Time in common bean. *CropSci.*, 43:329-332.
- Hodge, J. E. (1953). Dehydrated foods, chemistry of browning reactions in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1(15), 928-943.
- Hodge, J. E., & Rist, C. E. (1953). The Amadori rearrangement under new conditions and its significance for non-enzymatic browning reactions 2. *Journal of the American Chemical Society*, 75(2), 316-322.
- Jiang, Y., Duan, X., Qu, H. & Zheng, S (2016). Browning: Enzymatic Browning. *Encyclopedia of Food and Health* (σ. 508-514). Elsevier Ltd <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00090-8>

- Johnson C.William & Paul Gepts (1999). Segregation for performance in recombinant inbred populations resulting from inter-gene pool crosses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, 106: 45-56.
- Johnson C.William & Paul Gepts (2002). The Role of epistasis in controlling seed yield and other agronomic traits in an Andean x Mesoamerican cross of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, 125: 69-79.
- Johnson E., P.N. Miklas, J.R. Stavely, and J.C. Martinez-Cruzado. 1995. Coupling- and repulsion-phase RAPDs for marker-assisted selection of PI181996 rust resistance in common bean. *Theor. Appl. Genet.*, 90:659-664.
- Johnson C.W., Cristina Menendez, Rubens Nodari, Epimaki, M.K. Koinange, Steve Magnusson, Shree P.Singh and Paul Gepts. (1993). Association of a seed weight factor with the phaseolin seed storage protein locus across genotypes, environments, and genomes in *Phaseolus-Vigna* spp. Sax revisited.
- Kigel J.D. (1999). Culinary and nutritional quality of *Phaseolus Vulgaris* seeds as affected by environmental factors. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 3(4)205-209.
- Koinange E.M.K. and P. Gepts. (1992). Hybrid weakness in wild *Phaseolus Vulgaris* L. *J. Hered.* 83:135-139.
- Koinange E.M.K.; S.P. Singh and P. Gepts. (1996). Genetic control of the domestication syndrome in common bean. *Crop Sci.* 36: 1037-1045.
- Kuehni, Rolf G. (February 2002). "The early development of the Munsell system". *Color Research and Application*. 27 (1): 20–27. doi:10.1002/col.10002. A description of color systems leading up to Munsell's, and a biographical explanation of Munsell's changing ideas about color and development of his color solid, leading up to the publication of A Color Notation in 1905.
- Labuza, T. P., & Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multi-domain foods. *Trends in Food Science & Technology*, 9(2), 47-55.
- Labuza, T. P., & Fu, B. (1995). Use of time/temperature integrators, predictive microbiology, and related technologies for assessing the extent and impact of temperature abuse on meat and poultry products. *Journal of Food Safety*, 15(3), 201-227.
- Labuza, T. P., & Fu, B. (1993). Growth kinetics for shelf-life prediction: Theory and practice. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 12(3), 309-323.
- Labuza, T. P., & Baisier, W. M. (1992). The kinetics of nonenzymatic browning. In H. G. Schwartzberg, & R. W. Hartel (Eds.), *Physical Chemistry of Foods* (pp. 595-649). New York: Marcel Dekker.
- Labuza, T. P., & Riboh, D. (1982). Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology*, 36, 66-74.
- Labuza, T. P., & Saltmarch, M. (1981a). The non-enzymatic browning reaction as affected by water in foods. In L. B. Rockland, & G. F. Stewart (Eds.), *Water Activity Influences in Food Quality* (pp. 605-650): Academic Press.

- Labuza, T. P., & Saltmarch, M. (1981b). Kinetics of browning and protein quality loss in whey powders during steady state and non-steady state storage conditions. *Journal of Food Science*, 47(1), 92-96,113.
- Labuza, T. P., & Contreras-Medellin, R. (1981). Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Foods World*, 26, 335-343.
- Labuza.T.P., & Ragnarsson, J. O. (1985). Kinetic history effect on lipid oxidation of methyl linoleate model system. *Journal of Food Science*, 50(1), 145-147.
- Landa, Edward R., Fairchild, Mark D. (September–October 2005). "Charting Color from the Eye of the Beholder" (PDF). *American Scientist*. **93** (5): 436–443. CiteSeerX 10.1.1.77.9634. doi:10.1511/2005.5.436. An introductory explanation of the development and influence of the Munsell system.
- Lim, W.Y. & Wong, C.W. (2018). Inhibitory effect of chemical and natural anti-browning agents on polyphenol oxidase from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Food Science technology*, 55(8): 3001-3007. doi: 10.1007/s13197-018-3218-7
- MacEvoy, Bruce (2005-08-01). "Modern Color Models – Munsell Color System". *Color Vision*. Retrieved 2007-04-16. A concise introduction to the Munsell color system, on a web page which also discusses several other color systems, putting the Munsell system in its historical context.
- Macheix, J.J. , Fleuriot, A. & Billot, J (1990). *Fruit Phenols*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL. USA
- Martins, S. I. F. S., Jongen, W. M. F., & van Boekel, M. A. J. S. (2001). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9-10), 364-373.
- Michaels T.E., Stanley D.W. (1991). Stability and inheritance of storage induced hardening in 20 common bean cultivars. *Can. J. Plant Sci.*, 71:641-647.
- Mishra, B.B. & Gautam, S. (2016): Polyphenol Oxidases: Biochemistry and Molecular Characterisation, Distribution, Role and its Control. *Enzyme Engineering*, 5(1):1-4. DOI: 10.4172/2329-6674.1000141
- Munsell, Albert H. (1905). *A Color Notation*. Boston: G. H. Ellis Co. Munsell's original description of his system. A Color Notation was published before he had established the irregular shape of a perceptual color solid, so it describes colors positioned in a sphere.
- Munsell, Albert H. (January 1912). "A Pigment Color System and Notation". *The American Journal of Psychology*. **23** (2): 236–244. doi:10.2307/1412843. JSTOR 1412843. Munsell's description of his color system, from a lecture to the American Psychological Association.
- Munsell Color website, <https://munsell.com>
- Mwandemele D.D., Nchimbi S. (1992). Variability for cook ability and storability in common beans. *Indian J. Gen. Plant Breed.*, 52:68-71.

- Nickerson, Dorothy (1976). "History of the Munsell color system, company, and foundation". *Color Research and Application*. **1** (1): 7–10.
- O'Brien, G. D. (1997). Domestic refrigerator air temperatures and the public's awareness of refrigerator use. *International Journal of Environmental Health Research*, *7*, 141-148.
- O'Brien, J., & Morrissey, P. A. (1989). Nutritional and toxicological aspects of the Maillard browning reaction in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *28*(3), 211-248.
- Othman, O.C. (2012). Polyphenoloxidase and Peroxidase activity during open air ripening storage of pineapple (*Ananas Comosus* L.), Mango (*Mangifer Indica*) and Papaya (*Corica Papaya*) Fruits grown in Dar-Es-Salam, Tanzania. *Tanzania Journal of Science*, *38*(3)(σ. 84-94). Ανακτήθηκε από: <https://www.ajol.info/index.php/tjs/issue/view/10830>
- Ozdemir, M. (1997). Foods browning and its control. *Okyanus*. Ανακτήθηκε από <https://www.okyanusbilgiambari.com/bilgiambari/Bilimsel.Makale/Okyanus-BrowningInFoods.pdf>
- Pasin N.H., Santos-Filho B.G., Dos-Santos D.S.B. (1991). Performance of bean seeds derived from plants subjected to water stress at to growth stages. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, *26*:183-192.
- Piergiovanni A.R., Cerbino D. and della Gatta C. (2000). Diversity in seed quality traits of common bean populations from Basilicata (Southern Italy). *Plant Breeding*, *119*(6) page 513.
- Reynolds, T. M. (1963). Chemistry of Non-enzymic browning I. The reaction between aldoses and amines. *Advances in Food Research*, *12*, 1-52.
- Salvador H., Guzman-Maldonado, Octavio Martinez, Jorge A. Acosta-Gallegos, Fidel Guevara-Lara and Octavio Paredes-Lopez (2003), Putative Quantitative Trait Loci for Physical and Chemical Components of Common Bean. *Crop Sci.*, *43*:1029-1035.
- Scalbert, A., Johnson, I.T. & Saltmarch, M. (2005). Polyphenols: Antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *81*(1): 215S-217S. doi.org/10.1093/ajcn/81.1.215S
- ScienceStruck. Enzymatic Browning. Science Struck & Buzzle.com, Inc. <https://sciencestruck.com/enzymatic-browning>
- Shams M.A. and Thompson D.R. (1987). Quantitative determination of pea losses as affected by conventional water blanching. *Journal of Food Science*, *52*:1006-1009.
- Sharma M.P., Room-Singh L., Singh R. (1993). Effects of phosphorus and sulfur application on yield and quality of green gram (*Phaseolus radiatus*). *Indian J. Agric. Sc.*, *63*:507-508.

- Shellie K.C., Hosfield G.L. (1991). Genotype x environmental effects on food quality of common bean: resource-efficient testing procedures. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 116:732-736.
- Singh S.P., Teran H., Munoz C.G., Osomo J.M., Takegami J.C., Thung M. (2003). Low soil fertility tolerance in landraces and improved common bean genotypes. *Crop Sci.*, 43(1): 110-119.
- Singh S.P., Urrea C.A. (1994). Selection for seed yield and other traits among early generations of intra- and interracial populations of the common bean. *Rev. Brazil. Genet.*, 17:299-303.
- Singh S.P., C. Cardona, F.J. Morales, M.A. Pastor-Corrales and O. Voysest (1998). Gamete selection for upright carioca bean with resistance to five diseases and a leafhopper. *Crop Sci.* 38:666-672.
- Singh S.P., D.G. Debouck and W.M. Roca (1997). Successful interspecific hybridization between *Phaseolus Vulgaris* L. and *P. costaricensis* Freytag & Debouck. *Annu. Rpt. Bean Improv. Coop.* 40:40-41.
- Singh S.P., D.G. Debouck and W.M. Roca (1998). Interspecific hybridization between *Phaseolus Vulgaris* L. and *P. parvifolius* Freytag. *Annu. Rpt. Bean Improv. Coop.* 41:7-8.
- Singh P.Shree, Francisco J.Morales, Phillip N.Miklas and Henry Teran (2000). Selection for Bean Golden Mosaic Resistance in Intra- and Interracial Bean Populations. *Crop Sci.*, 40:1565-1572.
- Singh P. Shree, Henry Teran, Carlos German Munoz and Juan Carlos Takegami (1999). Two Cycles of Recurrent Selection for Seed Yield in Common Bean. *Crop Sci.*, 39:391-397.
- Singh P.Shree, Francisco J.Morales, Phillip N.Miklas and Henry Teran (2000). Selection for Bean Golden Mosaic Resistance in Intra- and Interracial Bean Populations. *Crop Sci.*, 40:1565-1572.
- Singh S.P.; Teran H. (1998). Population bulk versus F₁-derived family methods of yield testing in early generations of multiple-parent interracial and inter-gene-pool crosses of common bean. *Can. J. Plant Sci.*, 78:417-421.
- Singh S.P., Cardona C., Morales F.J., Pastor-Corrales M.A., Voysest O. (1998). Gamete selection for upright carioca bean with resistance to five diseases and a leafhopper. *Crop Sci.*, 38(3):666-672.
- Singh S.P. (1995). Selection for seed yield in Middle American versus Andean x Middle American interracial common-bean populations. *Plant Breed.*, 114:269-271.
- Singh S.P. (1995). Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. *Crop Sci.*, 35:118-124.
- Singh S.P., Urrea C.A. (1995). Inter- and intraracial hybridization and selection for seed yield in early generations of common bean, *Phaseolus Vulgaris* L. *Euphytica*, 81:131-137.

- Singh S.P. (1994). Gamete selection for simultaneous improvement of multiple traits in common bean. *Crop Sci.*, 34:352-355.
- Taranto, F., Pasqualone, A., Mangini, G., Tripodi, P., Miazzi, M.M., Paran, S. & Montemurro, C. (2017). Polyphenol oxidases in Crops: Biochemical, Physiological and Genetic Aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(2):377. doi.org/10.3390/ijms18020377
- The New Munsell Student Color Set Third Edition by James Thomas Long, ISBN 978-1-60901-156-7 (the Fourth Edition is not recommended)
- Toribio, J. L., & Lozano, J. E. (1986). Heat induced browning of clarified apple juice at high temperatures. *Journal of Food Science*, 51(1), 172-175,179.
- Toribio, J. L., & Lozano, J. E. (1984). Nonezymatic browning in apple juice concentrate during storage. *Journal of Food Science*, 49(3), 889-892.
- Van Boekel, M. A. J. S. (2001). Kinetic aspects of the Maillard reaction: a critical review. *Nahrung/Food*, 45(3), 150-159.
- Van Boekel, M. A. J. S. (1996). Statistical aspects of kinetic modeling for food science problems. *Journal of Food Science*, 61(3), 477-486.
- Washburn, C. & Jensen, C. (2017). Pretreatments to prevent darkening of fruits prior to canning or dehydrating. Utah State University, Digital Commons, paper 1763. Ανακτήθηκε από: https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/1763/
- Whitaker, J.R. & Lee, C.Y. (1995). Recent Advances in Chemistry of Enzymatic Browning: An Overview. American Chemical Society (ACS) Publication, ACS Symposium Series, V. 600:2-7. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bk-1995-0600.ch001>