



**ΤΕΙ Κρήτης**  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης



**MBA**  
for Engineers

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ – ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:  
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΤΟΥ  
ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ**



**Παπαστεφανάκης Γεώργιος**

**A.M.: ΜΤΟ13**

**Επιβλέπων Καθηγητής : Δημήτριος Μιχαηλίδης**

**Ηράκλειο**

**Οκτώβριος 2018**

# Πνευματικά Δικαιώματα

---

*Copyright*© Γεώργιος Παπαστεφανάκης, 2018. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, η αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας είτε εξ' ολοκλήρου, είτε τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής είτε ερευνητικής φύσης, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν την χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό, πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Η έγκριση της Πτυχιακής Εργασίας από την Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Παπαστεφανάκης Γεώργιος

## Ευχαριστίες

---

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου, τον καθηγητή και επιβλέποντα της Διπλωματικής Εργασίας μου, τον Κύριο Δημήτριο Μιχαηλίδη για την εμπιστοσύνη και την κατανόηση που μου έδειξε και την υπομονή του, κατά την διάρκεια της υλοποίησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Όπως, επίσης και για την σημαντική βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διαφόρων ζητημάτων. Ακόμη, θερμές ευχαριστίες σε όλο το Ακαδημαϊκό Προσωπικό του Τμήματος μου, καθώς και το προσωπικό της Γραμματείας που μου παρείχε ανά πάσα στιγμή οποιαδήποτε βοήθεια. Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω σε όλο το προσωπικό και τους μηχανικούς της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν στην πραγματοποίηση της έρευνας, εκθέτοντας την εμπειρία και τις απόψεις τους. Η Διπλωματική αυτή με βοήθησε να χρησιμοποιήσω τα εργαλεία της επιστήμης μου, ώστε να μελετήσω το θέμα που μου κέντρισε το ενδιαφέρον και είναι μείζον σημασίας, με αποτέλεσμα να αποκομίσω γνώσεις και να εξάγω τα δικά μου συμπεράσματα.

# Abstract

---

In this Master's thesis, a very important effort was made to approach the cost minimization problem of blending different quantities of olive oil with different characteristics in order to obtain a predetermined quantity of the final product with specific characteristics. The design of mathematical model was based on other mathematical models, which mainly refer to the oil industry and the olive oil industry for similar mixing, cost minimization and inventory management issues. This model is also based on the characteristics of olive oil and the standards of Regulation 2568/1991 of the European Union. It has also been designed in accordance with the existing olive oil standard industry, based in Crete, and is a linear blend model that simplifies the blending process. The model uses consistent quality, minimization of product cost, decision support, ease of use and immediate response. However, the performance of the model is limited to low levels, if there are inaccuracies in the other standardization steps. In conclusion, new models are proposed to control the remaining standardization steps.

**Keywords:** Cost, production, business, olive oil, blending model, minimization, reduction.

# Περίληψη

---

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, έγινε μία πολύ σημαντική προσπάθεια για να προσεγγίσουμε το μοντέλο ελαχιστοποίησης του κόστους αναφορικά με την ανάμιξη διαφόρων ποσοτήτων ελαιολάδου με διαφορετικά χαρακτηριστικά, ώστε να πετύχουμε συγκεκριμένη ποσότητα και χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν. Ο σχεδιασμός του μαθηματικού μοντέλου έγινε βάσει άλλων μαθηματικών μοντέλων, τα οποία αναφέρονται κυρίως στην βιομηχανία του πετρελαίου αλλά και στην βιομηχανία του ελαιολάδου όσον αφορά παρεμφερή θέματα αναμίξεων, ελαχιστοποίησης κόστους και διαχείρισης αποθεμάτων. Το συγκεκριμένο μοντέλο βασίζεται επίσης στα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου και τα πρότυπα του κανονισμού 2568/1991 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ακόμη, έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με τις εγκαταστάσεις υφιστάμενης βιομηχανίας τυποποίησης ελαιολάδου, η οποία εδρεύει στην Κρήτη και αποτελεί ένα μοντέλο γραμμικού μίγματος που απλοποιεί τη μοντελοποίηση της διαδικασίας ανάμιξης. Με την χρήση του μοντέλου παρατηρείται σταθερή ποιότητα, ελαχιστοποίηση του κόστους προϊόντος, υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων, ευκολία χρήσης και άμεση ανταπόκριση. Παρόλα αυτά, η απόδοση του μοντέλου περιορίζεται σε χαμηλά επίπεδα, σε περίπτωση που υπάρχει ανακρίβεια στα υπόλοιπα στάδια τυποποίησης. Εν κατακλείδι, προτείνονται νέα μοντέλα για τον έλεγχο των υπολοίπων σταδίων τυποποίησης.

**Λέξεις κλειδιά:** Κόστος, παραγωγή, επιχείρηση, ελαιόλαδο, μοντέλο ανάμιξης, μεγιστοποίηση, μείωση.

# Περιεχόμενα

---

Πνευματικά Δικαιώματα.....	1
Ευχαριστίες.....	2
Abstract.....	3
Περίληψη.....	4
Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 1. Εφαρμογές μαθηματικών μοντέλων στην βιομηχανία.....	10
1.1 Μοντέλα ελαχιστοποίησης κόστους και ποσότητας λαδιού.....	10
1.1.1 Οι περιορισμοί που λήφθηκαν υπόψη στη συγκεκριμένη εργασία ορίστηκαν ως εξής.....	1
1	
1.2 Διαδικασία εφαρμογής.....	14
1.3 Οι περιορισμοί.....	18
1.3.1 Περιορισμοί ισοζυγίου μάζας.....	18
1.3.2 Περιορισμοί αλληλουχίας.....	19
1.3.3 Περιορισμοί διάρκειας.....	21
Κεφάλαιο 2. Ερευνητική μεθοδολογία.....	25
Εισαγωγή.....	25
2.1 Ερευνητικές υποθέσεις.....	25
2.2 Περιγραφή σκοπού.....	26
2.3 Διαδικασία εφαρμογής.....	26
2.4 Διαδικασία τυποποίησης.....	27
2.4.1 Γραμμή τυποποίησης.....	27
2.4.2 Διαδικασία Παραλαβής.....	28
2.4.3 Ποιοτικός έλεγχος πρώτης ύλης.....	28

2.4.4	Διαδικασία φιλτραρίσματος.....	29
2.4.5	Αποθήκευση διαυγασμένου ελαιολάδου .....	30
2.4.6	Ποιοτικός έλεγχος διαυγασμένου ελαιολάδου .....	30
2.4.7	Διαδικασία Ανάμιξης.....	31
2.4.8	Ποιοτικός έλεγχος αναμεμειγμένου ελαιολάδου .....	32
2.5	Εγκαταστάσεις .....	32
2.5.1	Καταγραφή δεξαμενών .....	33
2.6	Χαρακτηριστικά του ελαιολάδου.....	37
2.7	Οριοθέτηση του πλαισίου έρευνας.....	39
2.8	Περιγραφή του Μαθηματικού μοντέλου ανάμιξης.....	39
2.8.1	Περιγραφή του μαθηματικού μοντέλου στο πρόγραμμα Excel.....	40
2.8.2	Λειτουργία του μαθηματικού μοντέλου στο Excel.....	41
2.8.3	Γραμμικός Προγραμματισμός .....	42
2.8.4	Καταγραφή των συναρτήσεων.....	42
2.8.5	Μαθηματικό μοντέλο.....	46
2.8.6	Περιορισμοί του μαθηματικού μοντέλου.....	46
Κεφάλαιο 3.	Αξιολόγηση μαθηματικού μοντέλου.....	48
Κεφάλαιο 4.	Συμπεράσματα- προτάσεις.....	52
Βιβλιογραφία .....		55
Παραρτήματα.....		59
Παράρτημα 1.....		59
Παράρτημα 2.....		64

# Εισαγωγή

---

Ένα από τα πιο δυναμικά και σπουδαιότερα προϊόντα που έχει η αγροτική οικονομία της Ελλάδας είναι το «ελαιόλαδο». Τα επόμενα χρόνια δύναται να λειτουργεί το «ελληνικό ελαιόλαδο» στα πλαίσια ενός νέου οικονομικού συστήματος κι αυτό γιατί εμπεριέχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, που βασίζονται στον ανταγωνισμό και τα οποία είναι αποτέλεσμα της παγκοσμιοποίησης, του ανοίγματος του εμπορίου, αλλά και της οικονομικής δραστηριότητας, αποτελώντας μία από τις πιο σημαντικές προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το να διασφαλιστούν οι προοπτικές οι οποίες προκύπτουν στο τομέα του ελαιόλαδου σημαίνει πως το μέλλον μπορεί να βασιστεί σε πιο αποτελεσματικές ενέργειες αλλά και στις παρεμβάσεις εκείνες που με την σειρά τους αποσκοπούν στο να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα που είναι και η επιθυμητή.

Η αποτελεσματικότητα αλλά και ο τρόπος με τον οποίο γίνονται οι παρεμβάσεις, καθορίζουν την διασφάλιση για τις προοπτικές όσον αφορά το μέλλον στο κομμάτι του ελαιόλαδου στην Ελλάδα, με απώτερο στόχο την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, της επικράτησης των πλεονεκτημάτων όπως είναι η ποιότητα αλλά και η μεγάλη διατροφική αξία. Η διοίκηση όμως ενός παραγωγικού συστήματος εξαρτάται από την διαχείριση των αποθεμάτων με τον πιο σωστό τρόπο. (Βαρβάκης, 2001)

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ανοδική και αξιοσημείωτη ζήτηση ελαιολάδου από το εξωτερικό, η οποία αφορά εξολοκλήρου το τυποποιημένο ελαιόλαδο (Κωνσταντίνου, 2014) Να σημειωθεί ότι η ζήτηση ελαιολάδου αυξάνεται σε χώρες μη ελαιοπαραγωγούς. Οι εξαγωγές τυποποιημένου ελαιολάδου διπλασιάστηκαν την τελευταία εικοσαετία με κυρίαρχο μοχλό την Ισπανία. Η τελευταία καταλαμβάνει το 48% των εξαγωγών των 1,4 εκατομμυρίων τόνων, ενώ ακολουθούν η Ιταλία, η Τυνησία και η Ελλάδα (Κατσάς, 2016).

Το ελληνικό ελαιόλαδο έχει λαμπρές προοπτικές, όμως η Ελλάδα υστερεί εξαγωγικά (Κωνσταντίνου, 2014). Η Ελλάδα παρά τη φήμη της για τη Μεσογειακή διατροφή (Μεσσαριπάκη, 2014), αδυνατεί να σταθεί στο ύψος των περιστάσεων και να ακολουθήσει μια πορεία επιτυχίας, η οποία θα οδηγήσει σε εξαγωγή τυποποιημένου ελαιολάδου. Ενώ, η Ελλάδα



υπερέχει ως προς την παραγωγή ελαιολάδου, υστερεί ως προς την τυποποίησή του (Κωνσταντίνου, 2014).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα, μόλις το 20 τις εκατό της συνολικής παραγωγής του ελαιολάδου φτάνει στο στάδιο της τυποποίησης (Κατσάς, 2016). Το 85 % των εξαγωγών διατίθεται σε χύμα μορφή κυρίως στην Ιταλία. Η Ιταλία τοποθετεί το δικό της εμπορικό σήμα πάνω στο ελληνικό ελαιόλαδο, γεγονός που οδηγεί σε απώλεια προστιθέμενης αξίας για τους έλληνες παραγωγούς και τυποποιητές και σε χαμηλή ανταγωνιστικότητα του τυποποιημένου ελαιολάδου στη διεθνή αγορά (Μεσσαριτάκη, 2014).

Συνοπτικά, η Ιταλία αναμειγνύει το ελληνικό ελαιόλαδο σε ποσοστό μέχρι 25 τις εκατό με ιταλικό και το εξάγει ως αμιγώς ιταλικό. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, αποτελεί το ότι στην Η.Π.Α. αγοράζουν ιταλικό ελαιόλαδο, χωρίς να γνωρίζουν ότι στην ουσία πρόκειται για το ελληνικό τυποποιημένο με μια μορφή νοθείας (Μιχαήλ, 2008). και χαμηλότερης ποιότητας (Κωνσταντίνου, 2014), γεγονός που υποδεικνύει ότι η Ιταλία εκμεταλλεύεται στο έπακρον το διεθνές brand name που έχει (Κατσάς, 2016).

Από την άλλη, η ποιότητα του ελαιολάδου που παραμένει στην Ελλάδα και δεν προορίζεται για εξαγωγές, είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας που διεξήχθη από το Σύνδεσμο Ελληνικών Βιομηχανιών Τυποποίησης Ελαιολάδου, το χύμα ελαιόλαδο είναι σε υψηλό ποσοστό νοθευμένο και υποβαθμισμένης διατροφικής αξίας. Μάλιστα, άλλου είδους έρευνες, επίσης έδειξαν ότι 7 στους 10 καταναλωτές αγοράζουν νοθευμένο οξειδωμένο ή ποιοτικά υποβαθμισμένο χύμα ελαιόλαδο και μόνο ένας στους δέκα καταναλωτές εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (Μιχαήλ, 2008).

Άλλο ένα σημαντικό σημείο, στο οποίο θα πρέπει να εστιάσουμε είναι το αυξημένο κόστος παραγωγής ελαιολάδου, το οποίο καθιστά την ελληνική παραγωγή λιγότερο ανταγωνιστική. Το κόστος εργατικού δυναμικού αυξήθηκε, με αποτέλεσμα να αυξηθεί και το κόστος εργασίας ανά μονάδα παραγωγής. Οι κυριότεροι περιοριστικοί παράγοντες ανάπτυξης για την Ελλάδα, είναι λοιπόν το υψηλό κόστος παραγωγής σε σχέση με την παραγωγικότητα, που δεν επιτρέπει την αποτελεσματική προώθηση αναγνωρίσιμων brands (Κατσάς, 2016).

Συμπερασματικά, το ελαιόλαδο για να καταστεί ανταγωνιστικό σε σχέση με τα διεθνή brand names, θα πρέπει οι παραγωγοί να εστιάσουν στη μείωση του κόστους τελικού προϊόντος, χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά το τελικό ελαιόλαδο, το οποίο προορίζεται για την αγορά, όπως επίσης και του τυποποιημένου ελαιολάδου, καθώς επίσης και στην αύξηση της ποιότητας, η οποία θα πρέπει να είναι πάντοτε σταθερή. Σε κάθε φάση της διαδικασίας παραγωγής, η ποιότητα της ελιάς και τα χαρακτηριστικά της μετρώνται ούτως ώστε να ελεγχθεί η ποιότητα και να προσαρμοστεί στις ανάγκες των πελατών. (Kofakis, 2014) Όσον αφορά το κόστος παραγωγής και σε σχέση με αυτά που αναφέρονται παραπάνω, συνάγεται ότι σε αυτό που αξίζει να εστιάσουμε είναι το μοντέλο ανάμειξης, το οποίο όπως αναλυτικά αναφέρθηκε παραπάνω, χρησιμοποιούν κατά κόρω οι Ιταλοί, με σκοπό τη μείωση κόστους παραγωγής. Είναι επιτακτική η ανάγκη διαχείρισης μέσω ενός ανώτατου συστήματος ανάμειξης, το οποίο να είναι ειδικά σχεδιασμένο για το ελαιόλαδο, ούτως ώστε να εκμεταλλευτεί το απόθεμα του ελαιολάδου με τον πιο εκλεκτό τρόπο, πράγμα που οδηγεί σε υψηλή ποιότητα, βελτίωση κόστους και άμεση απόκριση. Ένα παρόμοιο πρόβλημα αντιμετωπίζεται στη βιομηχανία του πετρελαίου.(Kofakis, 2014)

# Κεφάλαιο 1. Εφαρμογές μαθηματικών μοντέλων στην βιομηχανία

---

## 1.1 Μοντέλα ελαχιστοποίησης κόστους και ποσότητας λαδιού

Οι εταιρείες παραγωγής ελαιόλαδου λειτουργούν σε μέση ή μεγάλη κλίμακα και συχνά αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της προώθησης της αγοράς με ένα εξαιρετικό λάδι παρά το γεγονός πως τα διάφορα έλαια από ένα μεγάλο πλήθος προμηθευτών έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ποιότητας.

Σε κάθε φάση παραγωγής η ποιότητα του λαδιού και τα χαρακτηριστικά του μετριοούνται προκειμένου η παραγωγή να είναι ελεγχόμενη και να καλύπτονται οι απαιτήσεις των πελατών και τα νομικά πρότυπα. Η ανάγκη για μια δεξαμενή λαδιού και η βέλτιστη ανάμιξη των λαδιών οδηγούν στη βελτιστοποίηση του αποθέματος των λαδιών διασφαλίζουν τη σταθερή ποιότητα και βελτιστοποιούν το κόστος καλύπτοντας τις ανάγκες των πελατών (Aragico et al., 2000).

Τα προβλήματα ανάμιξης είναι τα προβλήματα που προκύπτουν όταν πρέπει να ληφθεί η απόφαση για το πώς θα συνδυαστούν δύο ή περισσότερα συστατικά προκειμένου να παράγουν ένα ή περισσότερα προϊόντα. Τα προβλήματα αυτά αφορούν κατά κύριο λόγο την πετρελαιοβιομηχανία αλλά και στη χημική βιομηχανία. Στα προβλήματα αυτά η απόφαση που πρέπει να ληφθεί αφορά πόση ποσότητα από κάθε πηγή πρέπει να αγοραστεί προκειμένου να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις των προϊόντων στο ελάχιστο κόστος.

Η βελτιστοποίηση των προβλημάτων ανάμιξης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται για τη μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση μιας γραμμικής αντικειμενικής συνάρτησης που υπόκειται σε γραμμικούς ή μη γραμμικούς περιορισμούς. Τα ερωτήματα που οριοθετούν τα προβλήματα βέλτιστης ανάπτυξης μπορεί να είναι δύο ειδών. Το πρώτο αφορά στη βέλτιστη σύσταση των συστατικών του μίγματος έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις των πελατών σε ποσότητα και

ποιότητα σε σχέση πάντα με τη διαθεσιμότητα της δεξαμενής. Το δεύτερο ερώτημα αφορά το πώς για όλα τα μίγματα που παράγονται σε δεδομένη χρονική περίοδο είναι δυνατή η ελαχιστοποίηση του κόστους του τελικού μίγματος για όλα τα μίγματα που παράγονται σε δεδομένη χρονική περίοδο. Στην περίπτωση αυτή όλες οι παράμετροι χημικής ανάλυσης του μίγματος βρίσκονται μεταξύ ελάχιστων και μέγιστων τιμών και ο συνολικός όγκος του ελαιολάδου ισούται με τον απαιτούμενο όγκο (Kofakis, 2014).

Από τους πρώτους που αναφέρθηκαν στο πρόβλημα ανάμιξης υλικών προκειμένου να προκύψει ένα προϊόν που θα έχει συγκεκριμένη σύσταση και ελάχιστο κόστος ήταν οι Arthur και Lawrence (1980). Οι συγκεκριμένοι επέλυσαν ένα πραγματικό παράδειγμα ανάμιξης σε μια χημική βιομηχανία θεωρώντας ως αντικειμενική συνάρτηση ελάχιστου κόστους που έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ως μεταβλητές τα υλικά εισόδου και ως περιορισμούς τα ελάχιστα και μέγιστα χαρακτηριστικά του τελικού μίγματος. Στη συγκεκριμένη εργασία το πρόβλημα ανάμιξης που αναπτύχθηκε και επιλύθηκε στόχευε στην ελαχιστοποίηση της ποσότητας των εισαγόμενων υλικών στο μίγμα, στην ελαχιστοποίηση μιας συγκεκριμένης ιδιότητας του μίγματος, στην ελαχιστοποίηση των συνολικών ακαθαρσιών στο τελικό μίγμα, στην ελαχιστοποίηση των χρησιμοποιούμενων υλικών που απαιτούν ιδιαίτερο χειρισμό και στην ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους όλων των υλικών που συμμετέχουν στη διαδικασία ανάμιξης.

Οι Arthur και Lawrence (1980) δημιούργησαν ένα πρόγραμμα γραμμικού προγραμματισμού για  $K$  τελικά προϊόντα που προήλθαν από  $J$  διαφορετικά συστατικά. Οι μεταβλητές απόφασης στο συγκεκριμένο πρόβλημα ήταν  $X_{jk}$  αριθμός των μονάδων των υλικών  $j$  που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μίγματος  $k$ .

### **1.1.1 Οι περιορισμοί που λήφθηκαν υπόψη στη συγκεκριμένη εργασία ορίστηκαν ως εξής:**

A. Το συνολικό κόστος όλων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάμιξη για όλα τα προϊόντα είναι:

$$\sum_{j=1}^J C_j \sum_{k=1}^K X_{jk} + d_{TC}^- - d_{TC}^+ = TC$$

Όπου  $C_j$  είναι το κόστος ανά μονάδα υλικού  $j$ ,  $TC$  το μέγιστο επιθυμητό συνολικό κόστος,  $d_{TC}^-$  η μη χρησιμοποιούμενη αναλογία του μέγιστου συνολικού κόστους και  $d_{TC}^+$  η ποσότητα κατά την οποία το συνολικό κόστος πλεονάζει του πραγματικού.

Β. ελαχιστοποίηση της συνολικής ποσότητας ενός συγκεκριμένου εισαγόμενου υλικού που χρησιμοποιείται σε όλα τα  $K$  προϊόντα.

$$\sum_{k=1}^K X_{jk} + d_j^- - d_j^+ = B_j$$

Όπου  $B_j$  είναι η μέγιστη επιθυμητή ποσότητα του  $j$  υλικού που χρησιμοποιείται σε όλα τα  $K$  προϊόντα,  $d_j^-$  η μη χρησιμοποιούμενη αναλογία της επιθυμητής ποσότητας του υλικού  $j$  και  $d_j^+$  η ποσότητα του υλικού  $j$  που πλεονάζει της μέγιστης επιθυμητής ποσότητας.

Γ. ελαχιστοποίηση κάποιας ιδιότητας του  $k$  προϊόντος.

$$\sum_{j=1}^J a_{rjk} X_{jk} + d_{rk}^- - d_{rk}^+ = P_{rk}$$

Όπου  $a_{rjk}$  είναι η συνεισφορά της μονάδας του υλικού  $j$  στην  $r$  ιδιότητα του προϊόντος  $k$ ,  $P_{rk}$  το μέγιστο επιθυμητό επίπεδο για την  $r$  ιδιότητα του προϊόντος  $k$ ,  $d_{rk}^-$  η ποσότητα της  $r$  ιδιότητας του προϊόντος  $k$  κάτω από το μέγιστο επιθυμητό επίπεδο και  $d_{rk}^+$  η ποσότητα της  $r$  ιδιότητας του προϊόντος  $k$  που πλεονάζει του μέγιστου επιθυμητού επιπέδου.

Δ. ελαχιστοποίηση των ακαθαρσιών του προϊόντος  $k$

$$\sum_{j=1}^J f_j X_{jk} + d_{rk}^- - d_{rk}^+ = I_k$$

$F_i$  είναι η αναλογία της μοναδιαίας ποσότητας του υλικού  $j$  που περιέχει ακαθαρσίες,  $I_k$  η μέγιστη ποσότητα ακαθαρσιών στο προϊόν  $k$ ,  $d_{ik}^-$  η ελάχιστη ποσότητα των ακαθαρσιών στο προϊόν  $k$  και  $d_{ik}^+$  η μέγιστη ποσότητα ακαθαρσιών στο προϊόν  $k$ .

Ε. ελαχιστοποίηση της χρήσης πτητικών συστατικών σε όλα τα  $K$  προϊόντα. Για τη συγκεκριμένη αντικειμενική συνάρτηση θεωρείται ότι τα  $j=1,2,\dots,A$  υλικά είναι μη πτητικά και τα  $j=A+1,\dots,J$  είναι πτητικά με αποτέλεσμα η αντικειμενική συνάρτηση να είναι:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=A+1}^J X_{jk} + d_v^- - d_v^+ = V$$

Με  $V$  να συμβολίζεται η μέγιστη επιθυμητή συνολική ποσότητα των πτητικών συστατικών σε όλα τα  $K$  προϊόντα,  $d_v^-$  ποσότητα των πτητικών συστατικών που χρησιμοποιούνται πάνω από το μέγιστο επιθυμητό επίπεδο και  $d_v^+$  η ποσότητα των πτητικών συστατικών που πλεονάζει της μέγιστης επιθυμητής ποσότητας.

Οι περιορισμοί στην εργασία των Arthur και Lawrence (1980) αφορούν τους περιορισμούς παρεμπόδισης της ανάμιξης:

$$\frac{\sum_{j=1}^J a_{jk} X_{jk}}{\sum_{j=1}^J X_{jk}} \left\{ \begin{array}{l} \leq \\ = \\ \geq \end{array} \right\} b_{ik} \quad \begin{array}{l} (i = 1, \dots, I) \\ (k = 1, \dots, K) \end{array}$$

Την μέγιστη ποσότητα κάθε υλικού που χρησιμοποιείται σε κάθε προϊόν

$$X_{jk} \leq M_{jk} \quad \begin{array}{l} (j = 1, \dots, J) \\ (k = 1, \dots, K) \end{array}$$

Όπου  $M_{jk}$  είναι η μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα του υλικού  $j$  στο προϊόν  $k$ .

Την παροχή  $S_j$

$$\sum_{k=1}^K X_{jk} \leq S_j \quad (j = 1, \dots, J)$$

Και τη ζήτηση  $D_k$

$$\sum_{j=1}^J X_{jk} \geq D_k \quad (k = 1, \dots, K)$$

Με τη χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου οι Arthur και Lawrence (1980) δίνουν τη δυνατότητα κατανόησης των εμπορικών σχέσεων που αυξάνουν το επίπεδο των στόχων σε σχέση με το κόστος τους.

Μια συστηματική προσέγγιση για την επιλογή των βέλτιστων διαλυτών μιγμάτων για την προσρόφηση μη αντιδρώντων πολλαπλών συστατικών σε σχέση με την επίδραση τους στο περιβάλλον παρουσιάστηκε από τους Baxton et al. (1999). Στη συγκεκριμένη εργασία περιλαμβάνεται ο καθορισμός όλων των λειτουργιών και ο καθορισμός των υποψήφιων μιγμάτων διαλυτών που ικανοποιούν το λειτουργικό διαχωρισμό σε δεξαμενές και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς καθώς και την επιλογή ενός βέλτιστου μίγματος διαλυτών. Το συγκεκριμένο μοντέλο είχε ως δεδομένο ένα σχήμα διεργασιών με συγκεκριμένες διεργασίες διαχωρισμού / απορρόφησης και ένα σύνολο οργανικών συστατικών και ως στόχο είχε τον καθορισμό του καλύτερου μίγματος των αντιδρώντων συστατικών με τη βέλτιστη διαδικασία διαχωρισμού ενώ ταυτόχρονα στόχος ήταν η ελαχιστοποίηση των αντίθετων επιδράσεων της διαδικασίας στο περιβάλλον με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους.

## 1.2 Διαδικασία εφαρμογής

### *Η διαδικασία που εφαρμόστηκε περιλάμβανε τα ακόλουθα τρία βήματα (Baxtonetal. 1999)*

- ✚ Τον καθορισμό των διεργασιών των αντιδραστηρίων με βάση την επιθυμητή διεργασία και τον καθορισμό της απόδοσης για κάθε παράμετρο.
- ✚ Τον καθορισμό μιας λίστας υποψήφιων μιγμάτων διαλυτών που ικανοποιούν την διαδικασία και τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στην δεξαμενή διαχωρισμού

- ✚ Η επιλογή του κατάλληλου μίγματος διαλύτη που βασίζεται σε μια ευρεία διεργασία και σε περιβαλλοντικούς περιορισμούς στο στάδιο της διεργασίας

Το πρόβλημα καθορισμού του μίγματος ανάμιξης από τους Baxton et al. (1999) ορίστηκε θεωρώντας δεδομένα ένα ρεύμα πολλαπλών συστατικών με σταθερή ροή και σύσταση, ένα στάδιο προσρόφησης με γνωστές λειτουργικές παραμέτρους, μια ομάδα δομικών μονάδων και τις παραμέτρους συνεισφοράς τους, το είδος των μορίων αντιδραστηρίων που απαιτούνται και μια ελάχιστη σύσταση για κάθε συνδυασμό ρεύματος/ αντιδραστηρίου. Στη συνέχεια σχεδιάζεται το κατάλληλο μίγμα που χαρακτηρίζεται από τη βέλτιστη απόδοση διαχωρισμού και την ελάχιστη περιβαλλοντική επίδραση. Το μοντέλο που δημιούργησαν αποτελούνταν από πέντε ομάδες εξισώσεων που περιλάμβαναν (Baxton et al., 1999): μια ομάδα δομικών και χημικών περιορισμών για τα μόρια των διαλυτών, εξισώσεις για τις φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των καθαρών στοιχείων, εξισώσεις ισορροπίας μη ιδανικών μιγμάτων ατμού- υγρού, τις ιδιότητες του μίγματος που βασίζονταν σε λειτουργικούς περιορισμούς και στο μοντέλο της διεργασίας. Έχοντας δημιουργήσει ένα μοντέλο που μπορεί να οδηγήσει σε δυναμικά μίγματα αντιδραστηρίων, οι Baxton et al. (1999) χρησιμοποίησαν το γραμμικό προγραμματισμό για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων προκειμένου να εκτιμήσουν κατά το πόσο τα παραγόμενα μίγματα είναι τα κατάλληλα για συγκεκριμένες διεργασίες αν τα παραγόμενα μίγματα μπορούν να περιορίσουν την περιβαλλοντική επιβάρυνση και για την εκτίμηση του λειτουργικού κόστους της διεργασίας με ακρίβεια δεδομένου ότι σε πολλές περιπτώσεις τα μίγματα με εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση μπορεί να είναι απαγορευτικά από άποψη κόστους.

Η γενική έκφραση του προβλήματος ανάμιξης των Baxton et al. (1999) εκφράζεται από την αντικειμενική συνάρτηση:

$\text{Min}[\text{Οικονομικό κριτήριο, Περιβαλλοντική επίδραση}]$  και έχει ως περιορισμούς:

Ισοζύγια μάζας και ενέργειας λειτουργικούς περιορισμούς, σχεδιαστικές εξισώσεις και ειδικά χαρακτηριστικά της διεργασίας, εναλλακτικούς διαλύτες και τοπολογίες, σχέσεις εισόδου- εξόδου για όλες τις σχετικές διεργασίες.



Στην πραγματικότητα το μοντέλο αυτό είναι μη γραμμικό όμως όταν εφαρμόζεται σε συγκεκριμένες διεργασίες, τότε η απλοποίηση του μπορεί να οδηγήσει σε απλούστευση του και άρα το μοντέλο να γίνει γραμμικό.

Τα προβλήματα ανάμιξης και η επίλυση τους με χρήση γραμμικού προγραμματισμού βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή σε επίπεδο βιβλιογραφίας στην πετρελαιοβιομηχανία και οι περισσότερες αναφορές γίνονται στην ανάμιξη της βενζίνης. Τα οικονομικά και λειτουργικά πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την επίτευξη καλύτερης ποιότητας και λιγότερο ακριβών μιγμάτων βενζίνης και παράλληλα η επίτευξη πιο αποτελεσματικής χρήσης των διαθέσιμων πηγών είναι πολυάριθμα και σημαντικά. Στην πετρελαιοβιομηχανία το ζητούμενο είναι η μετατροπή ενός πλήθους ακατέργαστων πετρελαίων σε χρήσιμα τελικά προϊόντα όπως η βενζίνη και το ντήζελ. Η βασική πρόκληση εντοπίζεται στην παραγωγή μεγάλων περιθωρίων κέρδους για μεγάλες διαδικασίες με μεγάλους όγκους και μικρά περιθώρια. Η αποφόρτιση του ακατέργαστου πετρελαίου και η ανάμιξη των διαφορετικών ακατέργαστων πετρελαίων αποτελεί ένα από τα επιμέρους προβλήματα της πετρελαιοβιομηχανίας και περιλαμβάνει τη λήψη του ακατέργαστου πετρελαίου από τα δοχεία, τη μεταφορά του σε δεξαμενές πετρελαίου και τον προγραμματισμό της φόρτισης της μονάδας διύλισης με τα μίγματα ακατέργαστου πετρελαίου (Gupta and Zang, 2006).

Οι τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον μακροπρόθεσμο προγραμματισμό των λειτουργιών των διυλιστηρίων. Ο γραμμικός προγραμματισμός είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται ευρέως ενώ τα προβλήματα προγραμματισμού μπορεί να επιλυθούν με τη χρήση γραμμικών και μη γραμμικών μαθηματικών μοντέλων (Grosman et al., 2002).

Οι μη γραμμικότητες των προβλημάτων ανάμιξης μετασχηματίζονται σε γραμμικές ανισότητες έτσι ώστε να μπορούν να επιλυθούν από τα κλασικά μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού. Ο γραμμικός μετασχηματισμός είναι εφικτός δεδομένου ότι λαμβάνονται υπόψη μόνο οι διεργασίες ανάμιξης. Η αντικειμενική συνάρτηση σε προβλήματα αυτού του είδους είναι συνήθως η ελαχιστοποίηση του συνολικού λειτουργικού κόστους που συμπεριλαμβάνει και το κόστος αναμονής κάθε δεξαμενής, το κόστος αποφόρτισης για τα δοχεία των ακατέργαστων πετρελαίων, το κόστος επένδυσης και το κόστος μετατροπής (Questanta and Grosman, 1994).

Τα προβλήματα ανάμιξης της βενζίνης επίσης επιλύονται με τη χρήση διαφόρων εργαλείων βελτιστοποίησης. Το κύριο ζητούμενο είναι να βρεθεί ο καλύτερος τρόπος ανάμιξης διαφορετικών ενδιάμεσων προϊόντων με διάφορα πρόσθετα που θα μπορούν να δώσουν ελαχιστοποίηση του κόστους ανάμιξης, ενώ παράλληλα θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις ποιότητας για το τελικό προϊόν. Οι Gismann and Gruhn (2001) πρότειναν μια προσέγγιση βελτιστοποίησης δύο επιπέδων στην οποία χρησιμοποιήθηκε ένα μικτό γραμμικό μοντέλο για το πρόβλημα του προγραμματισμού, ενώ ένα μη γραμμικό μοντέλο αναπτύχθηκε για τον προσδιορισμό της βέλτιστης σύστασης. Η προτεινόμενη προσέγγιση προτείνει αρχικά την επίλυση του μη γραμμικού μοντέλου έτσι ώστε να βρεθεί αρχικά η επίλυση του προβλήματος ανάμιξης και στη συνέχεια η λύση αυτή να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση του προγράμματος προγραμματισμού.

Οι Jia and Ierapetridou (2003) πρότειναν μια στρατηγική επίλυσης του προβλήματος ανάμιξης της βενζίνης θεωρώντας τη διεργασία της διύλισης ως το αποτέλεσμα του συνδυασμού τριών υποσυστημάτων: την αποφόρτιση του ακατέργαστου πετρελαίου και την ανάμιξη, τις λειτουργίες της μονάδας παραγωγής, την ανάμιξη του προϊόντος και τη μεταφορά. Για την επίλυση κάθε επιμέρους προβλήματος η χρήση ενός γραμμικού μοντέλου μικτών ακεραίων θεωρήθηκε ιδανική επιλογή. Συγκεκριμένα για το πρόβλημα της ανάμιξης, η αντικειμενική συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε την ελαχιστοποίηση των τεχνητών μεταβλητών που εισάγονταν στους περιορισμούς διάρκειας στον αναμίκτη έτσι ώστε να καθοριστεί μια διεργασία με ικανοποιητική ροή. Γενικά στη συγκεκριμένη εργασία θεωρείται πως η αντικειμενική συνάρτηση της ανάμιξης θεωρεί πως όλες οι διεργασίες πραγματοποιούνται χωρίς καθυστέρηση και εκφράζονται από τη σχέση:

$$\text{objective} = \sum \sum \text{arti}(s,n), \quad \forall s \in S, n \in N$$

Οι περιορισμοί που λαμβάνονται υπόψη για τη συγκεκριμένη αντικειμενική συνάρτηση είναι:

## 1.3 Οι περιορισμοί

### 1.3.1 Περιορισμοί ισοζυγίου μάζας

Προκειμένου να αποφευχθεί η εισαγωγή δυαδικών όρων στις εξισώσεις των ισοζυγίων μάζας και το μοντέλο να είναι γραμμικό χρησιμοποιήθηκε η υπόθεση της σταθερής σύστασης ανάμιξης. Με βάση αυτήν την υπόθεση ο περιορισμός που εισάγεται εκφράζει ότι η απαιτούμενη ποσότητα του συστατικού  $k$  προκειμένου να παραχθεί ένα προϊόν  $s$  σε ένα σημείο  $n$   $[\sum_s(\text{Recipe}(s,k) \times \sum_{j \in J_s} \text{Blnd}(s,j,n))]$  πρέπει να ισούται με τη συνολική ποσότητα του συστατικού  $k$  που μεταφέρεται από όλες τις δεξαμενές σε ένα συγκεκριμένο σημείο  $[\sum_{l \in L_k} \text{comp}(k,l,n)]$ :

$$\sum_s [\text{Recipe}(s,k) \times \sum_{j \in J_s} \text{Blnd}(s,j,n)] = \sum_{l \in L_k} \text{comp}(k,l,n), \quad \forall s \in S, k \in K, n \in N$$

Σύμφωνα με τους Jia et al. (2003) η εισαγωγή πραγματικών μη γραμμικών νόμων ανάμιξης που βασίζονται στις ιδιότητες των συστατικών θα οδηγήσουν σε ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού μικτών ακεραίων με επιπρόσθετη πολυπλοκότητα. Για να ξεπεραστεί αυτό χρησιμοποιούν τη σταθερή σύσταση.

#### Περιορισμοί ισοζυγίων μάζας για το στοιχείο της δεξαμενής $I$

Η ποσότητα του συστατικού  $k$  στη δεξαμενή  $I$  σε ένα συγκεκριμένο σημείο  $n+1$   $[\text{bc}(k,l,n+1)]$  ισούται με αυτή στο σημείο  $n$   $[\text{bc}(k,l,n)]$  ρυθμιζόμενη από κάθε ποσότητα που μεταφέρεται από τις μονάδες διαχωρισμού  $[\text{cracking}(k,l,n)]$  ή τις μεταφερόμενες ποσότητες στον αναμικτή σε κάθε σημείο  $n$   $[\text{comp}(k,l,n)]$ . Αυτή η σχέση εκφράζεται με περιορισμούς σχετικά με τα ανώτερα και κατώτερα όρια των ροών των συστατικών  $k$  που μεταφέρονται από τη δεξαμενή  $I$  στον αναμικτήρα (Jia et al., 2003).

$$\text{bc}(k,l,n+1) = \text{bc}(k,l,n) + \text{cracking}(k,l,n) - \text{comp}(k,l,n), \quad \forall k \in K_l, n \in N$$

$$\text{flowmin} \times \text{vv}(k,l,n) \leq \text{comp}(k,l,n) \leq \text{flowmax} \times \text{yv}(k,l,n), \quad \forall k \in K, l \in L_k, n \in N$$

Περιορισμοί κατανομής για τη δεξαμενή αποθήκευσης προϊόντων j.

Ο περιορισμός αυτός δηλώνει ότι το προϊόν s δεν μπορεί να μεταφερθεί στην δεξαμενή αποθήκευσης j και να κατανεμηθεί στο ίδιο σημείο n.

$$\sum_{s \in S_j} sv(s,j,n) + uv(i,j,n) \leq 1, \quad \forall i \in I_j, j \in J, n \in N$$

Περιορισμοί κατανομής για τον αναμκτήρα.

Σύμφωνα με αυτόν τον περιορισμό το  $xv(s,n)$  ισούται με 1 αν το προϊόν παράγεται και μεταφέρεται τουλάχιστον σε μια δεξαμενή στο σημείο n ενώ το  $xv(s,n)$  είναι ίσο με μηδέν αν το προϊόν s δεν μεταφέρεται σε καμία δεξαμενή στο σημείο n.

$$sv(s,j,n) \leq xv(s,n) \leq \sum_{j \in J_s} sv(s,j,n), \quad \forall s \in S, n \in N$$

**Επιπλέον μόνο ένα προϊόν μπορεί να παραχθεί στον αναμκτήρα:**

$$\sum_s xv(s,n) \leq 1, \quad \forall s \in S, n \in N$$

### 1.3.2 Περιορισμοί αλληλουχίας

Οι περιορισμοί αυτοί δηλώνουν ότι το προϊόν s μπορεί να ξεκινήσει να μεταφέρεται στη δεξαμενή j σε κάποιο σημείο n+1 μετά τον τελικό χρόνο που το ίδιο προϊόν μεταφέρεται στην ίδια δεξαμενή που βρίσκεται στο σημείο n και όλες οι μεταφορές γίνονται στον χρονικό ορίζοντα (H).

$$\text{Tbs}(s,j,n+1) \geq \text{Tbe}(s,j,n) - H[1 - \text{sv}(s,j,n)],$$

$$\forall s \in S_j, j \in J, n \in N, n \neq N$$

$$\text{Tbs}(s,j,n+1) \geq \text{Tbs}(s,j,n),$$

$$\forall s \in S_j, j \in J, n \in N, n \neq N$$

$$\text{Tbe}(s,j,n+1) \geq \text{Tbe}(s,j,n),$$

$$\forall s \in S_j, j \in J, n \in N, n \neq N$$

$$\text{Tbs}(s,j,n) \leq H, \quad \forall s \in S_j, j \in J, n \in N$$

$$\text{Tbe}(s,j,n) \leq H, \quad \forall s \in S_j, j \in J, n \in N$$

Αν ο αναμικτήρας παρέχει το προϊόν  $s$  για περισσότερες από μία δεξαμενές σε ένα συγκεκριμένο σημείο  $n$ , τότε οι χρόνοι έναρξης και λήξης για όλες τις δεξαμενές θα πρέπει να είναι ίδιοι.

$$\text{Tbs}(s,j,n) + H[1 - \text{sv}(s,j,n)] \geq \text{Tbs}(s,j',n) - H[1 - \text{sv}(s,j',n)], \quad \forall s \in S, j \in J_s, j' \in J_s, j \neq j', n \in N$$

$$\text{Tbs}(s,j,n) - H[1 - \text{sv}(s,j,n)] \leq \text{Tbs}(s,j',n) + H[1 - \text{sv}(s,j',n)], \quad \forall s \in S, j \in J_s, j' \in J_s, j \neq j', n \in N$$

$$\text{Tbe}(s,j,n) + H[1 - \text{sv}(s,j,n)] \geq \text{Tbe}(s,j',n) - H[1 - \text{sv}(s,j',n)], \quad \forall s \in S, j \in J_s, j' \in J_s, j \neq j', n \in N$$

$$\text{Tbe}(s,j,n) - H[1 - \text{sv}(s,j,n)] \leq \text{Tbe}(s,j',n) + H[1 - \text{sv}(s,j',n)], \quad \forall s \in S, j \in J_s, j' \in J_s, j \neq j', n \in N$$

Επιπλέον οι Jia et al. (2003) στους περιορισμούς αυτούς συμπεριλαμβάνουν το γεγονός ότι τα προϊόντα μεταφέρονται και κατανέμονται στην ίδια δεξαμενή αποθήκευσης  $j$ .

$$\text{Ts}(i,j,n+1) \geq \text{Tbe}(s,j,n) - H[1 - \text{sv}(s,j,n)],$$

$$\forall i \in I_j, s \in S_j, j \in J, n \in N, n \neq N$$

$$\text{Tbs}(s,j,n+1) \geq \text{Te}(i,j,n) - H[1 - \text{uv}(i,j,n)],$$

$$\forall i \in I_j, s \in S_j, j \in J, n \in N, n \neq N$$

Επίσης δύο διαφορετικά προϊόντα  $s$  και  $s'$  μεταφέρονται στις ίδιες ή διαφορετικές δεξαμενές αποθήκευσης διαδοχικά σύμφωνα με τον περιορισμό κατανομής του αναμικτήρα:

$$\begin{aligned} Tbs(s,j,n+1) &\geq Tbe(s',j',n) - H[1 - sv(s',j',n)], \\ \forall s \in S_j, s' \in S_j, s \neq s', j \in J, j' \in J, n \in N, n \neq N \end{aligned}$$

### 1.3.3 Περιορισμοί διάρκειας

Το ελάχιστο μήκος διαδρομής είναι 6h (Jia et al., 2003) και καθορίζεται από τη σχέση:

$$\sum_{j \in J_s} Bld(s,j,n) \geq 6Bflow, \quad \forall s \in S, n \in N$$

Επίσης η διάρκεια στην οποία το προϊόν  $s$  μεταφέρεται στις δεξαμενές σε κάθε σημείο  $n$  ισούται με τη διαφορά του τελικού χρόνου  $[Tbe(s,j,n)]$  και του αρχικού χρόνου  $[Tbs(s,j,n)]$  της τοποθέτησης του στη δεξαμενή  $j$ .

$$\begin{aligned} [Tbe(s,j,n) - Tbs(s,j,n)] - H[1 - sv(s,j,n)] &\leq \\ duration(s,n) &\leq [Tbe(s,j,n) - Tbs(s,j,n)] + \\ &H[1 - sv(s,j,n)], \quad \forall s \in S_j, j \in J, n \in N \end{aligned}$$

Η διάρκεια της μεταφοράς του προϊόντος  $s$  από τον αναμικτήρα στη δεξαμενή  $j$  αντιστοιχεί στην ποσότητα του προϊόντος  $s$  που μεταφέρεται διαιρούμενη από το ρυθμό ροής. Ο λόγος που εισάγεται μια τεχνητή μεταβλητή  $[arti(s,n)]$  είναι να βρεθεί μια ικανοποιητική λύση για τις περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη ροή.

$$duration(s,n) = \frac{\sum_{s \in S_j} Bld(s,j,n)}{Bflow} - arti(s,n), \quad \forall s \in S_j, j \in J, n \in N$$

Ενώ για τα καύσιμα τα μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού είναι αρκετά στη βιβλιογραφία, για τα μοντέλα ανάμιξης ελαιόλαδου οι αναφορές είναι λίγες και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Οι Darmon et al. (2006) θέλησαν να καθορίσουν τους τύπους και τις αναλογίες των φυτικών ελαιόλαδων που απαιτούνται για μια υγιή διατροφή. Για το σκοπό σχεδίασαν βέλτιστους συνδυασμούς φυτικών ελαιόλαδων με τη βοήθεια του γραμμικού προγραμματισμού και χρησιμοποιώντας ως μεταβλητές απόφασης εννέα ελαιόλαδα και 29 βασικά διατροφικά στοιχεία. Τα μοντέλα για τα ελαιόλαδα επιλύθηκαν προκειμένου να καθοριστούν οι κατάλληλες και λογικές ποσότητες που απαιτούνται για την ικανοποίηση μιας ομάδας περιορισμών σχετικών με τα βασικά λιπαρά οξέα και την βιταμίνη E.

Τα μοντέλα ελαιόλαδων δημιουργήθηκαν με τη μέθοδο του γραμμικού προγραμματισμού με τη χρήση μιας βάσης δεδομένων ελαιόλαδων που περιλάμβανε εννιά απλά φυτικά ελαιόλαδα που διατίθενται από τα γαλλικά supermarkets. Τα ελαιόλαδα αυτά ήταν το ηλιέλαιο, το ελαιόλαδο, το κραμβέλαιο, το φυστικέλαιο, το καρυδέλαιο, το αραβοσιτέλαιο, το ελαιόλαδο από φιστίκια σταφυλιού το σογιέλαιο και το ελαιόλαδο από σπόρο σιταριού. Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων περιείχε την σύσταση των ελαιόλαδων σε λιπαρά οξέα, την περιεκτικότητα τους σε βιταμίνη E και το κόστος τους σε €/ L. Η θρεπτική σύσταση των θεωρούμενων ελαιόλαδων λήφθηκε από τη βιβλιογραφία ενώ οι τιμές κόστους από βάσεις δεδομένων και τις σελίδες των σούπερ μάρκετ στην Γαλλία (Darmon et al., 2006).

Για τα ελαιόλαδα οι Darmon et al. (2006) χρησιμοποίησαν τέσσερις περιορισμούς που βασίστηκαν στα επιτρεπτά όρια της Γαλλικής διατροφής. Οι περιορισμοί αυτοί ήταν:

Συνολική περιεκτικότητα (g)  $\leq 33$

Περιεκτικότητα σε  $\alpha$  – λινολενικό οξύ (ALA) (g)  $\geq 1.6$

Λόγος λινολενικού οξέος (LA)/  $\alpha$ -λινολενικού οξέος (ALA)  $\leq 4$

Περιεχόμενο σε βιταμίνη E (mg)  $\geq 9$

Χρησιμοποιώντας το γραμμικό προγραμματισμό οι Darmon et al. (2006) απέδειξαν πως μόνα τους τα χρησιμοποιούμενα ελαιόλαδα δεν μπορούν να καλύψουν και τους τέσσερις περιορισμούς. Από τα εννιά ελαιόλαδα που χρησιμοποιήθηκαν μόνο το κραμβέλαιο έχει λόγο LA/ALA=4, αλλά χρειάζονται τουλάχιστον 39.1 gr για να ληφθεί ποσότητα τουλάχιστον 9 mg βιταμίνης E. Με βάση αυτήν την παρατήρηση κατέληξαν στο συμπέρασμα πως προκειμένου να

ικανοποιηθούν οι περιορισμοί πρέπει να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη ανάμιξη των διαθέσιμων ελαιόλαδων. Όταν τα εννέα είδη των ελαιόλαδων εισήχθηκαν ταυτόχρονα στο μοντέλο ως μεταβλητές τροφίμων και οι ποσότητες τους ελαχιστοποιήθηκαν, μόνο το κραμβέλαιο είχε μια θετική ελάχιστη ποσότητα υποδεικνύοντας ότι ίσως είναι το μόνο απαραίτητο στο μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού. Το μίγμα που κάλυπτε όλους τους περιορισμούς αποδείχτηκε πως ήταν ένα μίγμα με ελάχιστη ποσότητα 16.3g και αποτελούνταν από 48.9% κραμβέλαιο, 26.4% καρυδέλαιο και 24.7% σιταρέλαιο. Επιπλέον απέδειξαν πως το ελάχιστο κόστος μίγματος ήταν μόλις 0,97 € /L και αναφέρονταν σε μίγμα που αποτελούνταν από 19% ηλιέλαιο και 81% κραμβέλαιο.

Ο Kofakis (2014) περιγράφει ένα μοντέλο βελτιστοποίησης της ανάμιξης ελαιόλαδων. Σύμφωνα με τα δεδομένα του απαραίτητη προϋπόθεση για την βελτιστοποίηση της ανάμιξης είναι η μέτρηση της ποιότητας και των χαρακτηριστικών του ελαιόλαδου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότερες ποσότητες εκφράζονται στη μορφή ποσοστών όπως επίσης και ότι τα τελικά μίγματα παραμένουν λίγο χρόνο στις δεξαμενές ανάμιξης, ο Kofakis (2014) δημιούργησε ένα γραμμικό μοντέλο που απλοποιούσε τη διαδικασία ανάμιξης. Η γραμμικότητα συνίστατο στο γεγονός πως αν αναμιχθούν δύο όγκοι V1 και V2, η τελική παράμετρος του τελικού μίγματος θα δίνεται από τη σχέση:

$$P_{result,j} = \frac{P_{1,j} * V_1 + P_{2,j} * V_2}{V_1 + V_2}$$

Η αξιοπιστία της συγκεκριμένης σχέσης εκτιμήθηκε με βάση πειραματικά αποτελέσματα. Η ανάλυση του μίγματος στη συγκεκριμένη εργασία (Kofakis, 2014) οδήγησε στο συμπέρασμα πως για μια περιορισμένη ομάδα δύο ή τριών ελαιόλαδων η μέγιστη διαφορά  $P_{max} = \max\{|p_{estimated} - p_{measured}|\}$  ανάμεσα στην εκτιμούμενη τιμή που υπολογίζεται με τη χρήση ενός γραμμικού μοντέλου ανάμιξης και της πραγματικής, δηλαδή της μετρήσιμης τιμής για τις κοινές και εύκολα μετρήσιμες παραμέτρους, κατανέμεται ομοιόμορφα και σε ποσοστό μικρότερο από το 5% όλων των παραμέτρων.

Η αντικειμενική συνάρτηση για την μεγιστοποίηση του καθαρού κέρδους όπως ορίστηκε από τον Kofakis (2014) είναι:



$$\max \sum_o \sum_t (sell\_price_o - cost_t) * x_{to}$$

Και οι περιορισμοί που την αφορούν για κάθε δεξαμενή είναι:

$$\min\_param_p < \sum_t param_{pt} * x_t < \max\_param_p$$

$$\text{Και } \min\_vol_t < \sum_o x_{to} < \max\_vol_t$$

Στις σχέσεις αυτές με ‘T’ συμβολίζεται η ομάδα των δεξαμενών, με ‘P’ η ομάδα των παραμέτρων χημικής ανάλυσης συμπεριλαμβανομένων και εικονικών παραμέτρων και με ‘O’ η ομάδα των τάξεων. Η παράμετρος ‘cost’<sub>t</sub> αναφέρεται στο μοναδιαίο κόστος του ελαιόλαδου στη δεξαμενή t, η παράμετρος ‘sell\_price’<sub>o</sub> αναφέρεται στην μοναδιαία τιμή πώλησης της τάξης κ και με x<sub>o</sub> συμβολίζεται ο άγνωστος όγκος του ελαιόλαδου από κάθε δεξαμενή t και για κάθε τάξη ο. param<sub>pt</sub> είναι η τιμή της χημικής ανάλυσης της παραμέτρου p στη δεξαμενή t. Επιπλέον, με min\_param<sub>p</sub> συμβολίζεται η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή για την παράμετρο param<sub>p</sub> και με max\_param<sub>p</sub> συμβολίζεται η μέγιστη απαιτούμενη τιμή για την παράμετρο param<sub>p</sub>. Αντίστοιχα min\_vol<sub>t</sub> είναι ο ελάχιστος επιθυμητός όγκος που μπορεί να ληφθεί από τη δεξαμενή t και max\_vol<sub>t</sub> ο μέγιστος όγκος που μπορεί να ληφθεί από τη δεξαμενή t.

Με το συγκεκριμένο μοντέλο ο Kofakis (2014) προσπάθησε να ελαχιστοποιήσει το οικονομικό κόστος του τελικού μίγματος λαμβάνοντας υπόψη του το μοναδιαίο κόστος κάθε δεξαμενής και τη συνεισφορά του στο μίγμα. Τα δεδομένα του μοναδιαίου κόστους ελήφθησαν από στατιστικά και πραγματικά δεδομένα της αγοράς. Επιπλέον, προσπάθησε να ελαχιστοποιήσει την ποσότητα των δεξαμενών που περιείχαν σπάνια είδη ελαιόλαδου και να αφήσει μικρές ποσότητες ελαιόλαδου στις αρχικές δεξαμενές.

## Κεφάλαιο 2. Ερευνητική μεθοδολογία

---

### Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση ζήτησης ελληνικού τυποποιημένου ελαιολάδου από τις αγορές του εξωτερικού είναι ιδιαίτερα αισθητή. Παρά το γεγονός όμως ότι η Ελλάδα υπερέχει ως προς την παραγωγή ελαιολάδου, υστερεί όσον αφορά την τυποποίησή του. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, η Ιταλία, η οποία αναμειγνύει υψηλής ποιότητας ελληνικό ελαιόλαδο με ιταλικό χαμηλότερης ποιότητας και το προωθεί ως αμιγώς ιταλικό. Αυτό δείχνει ότι η Ιταλία εκμεταλλεύεται στο έπακρον το διεθνές brand name που έχει. Το ελαιόλαδο που παραμένει στην Ελλάδα από την άλλη, είναι χαμηλής ποιότητας. Για να καταστεί το ελληνικό ελαιόλαδο ανταγωνιστικό των διεθνών brand names, θα πρέπει οι Έλληνες να μειώσουν το κόστος παραγωγής χωρίς να επηρεαστεί η τελική ποιότητα. Η ποιότητα θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί στο έπακρον και να διατηρείται πάντοτε σταθερή. Είναι σημαντικό να δημιουργηθεί ένα μοντέλο ανάμειξης, το οποίο θα επιτρέπει να μειωθεί το κόστος παραγωγής και να οδηγήσει παράλληλα σε άριστη ποιότητα.

### 2.1 Ερευνητικές υποθέσεις

Τα ερωτήματα που οριοθετούν τα προβλήματα βέλτιστης ανάπτυξης μπορεί να είναι δύο ειδών. Το πρώτο αφορά στη βέλτιστη σύσταση των συστατικών του μίγματος έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις των πελατών σε ποσότητα και ποιότητα σε σχέση πάντα με τη διαθεσιμότητα της δεξαμενής. Το δεύτερο ερώτημα αφορά το πώς για όλα τα μίγματα που παράγονται σε δεδομένη χρονική περίοδο είναι δυνατή η ελαχιστοποίηση του κόστους του τελικού μίγματος. Στην περίπτωση αυτή όλες οι παράμετροι χημικής ανάλυσης του μίγματος βρίσκονται μεταξύ ελάχιστων και μέγιστων τιμών και ο τελικός όγκος του ελαιόλαδου ισούται με τον απαιτούμενο όγκο .

## 2.2 Περιγραφή σκοπού

Ο σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους με την ανάμιξη διαφόρων ποσοτήτων ελαιολάδου με διαφορετικά χαρακτηριστικά, ώστε να πετύχουμε συγκεκριμένη ποσότητα και χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν. Οι διάφορες ποσότητες είναι από παρτίδες ελαιολάδου, οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικές δεξαμενές με την δική τους ταυτότητα συμπεριλαμβανομένων όλων των χαρακτηριστικών από τις χημικές αναλύσεις.

## 2.3 Διαδικασία εφαρμογής

### Η διαδικασία που εφαρμόστηκε περιελάμβανε τα ακόλουθα έξι βήματα

- ✚ Την κατανόηση, τον καθορισμό και την καταγραφή των διαδικασιών που εκτελούνται έτσι ώστε μια ποσότητα ελαιολάδου να εισαχθεί στις εγκαταστάσεις τυποποίησης, να επεξεργαστεί και να είναι εντός των ευρωπαϊκών προτύπων βάσει της νομοθεσίας και βάσει της ζήτησης της αγοράς.
- ✚ Τον καθορισμό και την καταγραφή των δεξαμενών της εγκατάστασης. Στις δεξαμενές αυτές καθορίζεται η ποσότητά τους, η χωρητικότητα της κάθε μιας από αυτές καθώς και η χρησιμότητά τους σύμφωνα με τον σκοπό για τον οποίο είναι προορισμένες.
- ✚ Την εύρεση και καταγραφή των χαρακτηριστικών του ελαιολάδου βάσει των στοιχείων από τα οποία, έδειξαν οι χημικές αναλύσεις ότι αποτελείται.
- ✚ Τη σωστή επιλογή των διαδικασιών για την οριοθέτηση του πλαισίου έρευνας και προσθήκη των δεδομένων στο μαθηματικό μοντέλο.
- ✚ Την καταγραφή των συναρτήσεων που απαιτούνται για τον υπολογισμό των στοιχείων του ελαιολάδου έπειτα από την ανάμειξη δύο και άνω διαφορετικών παρτίδων και ποσοτήτων ελαιολάδου.
- ✚ Τέλος την εύρεση και καταγραφή των περιορισμών που απαιτούνται από τον κανονισμό 2568/91 της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας(EOK) σχετικά με την περιεκτικότητα των στοιχείων του ελαιολάδου, τα οποία βάσει των χημικών αναλύσεων θα πρέπει να εντός αυτών των ορίων.

## **2.4 Διαδικασία τυποποίησης**

### **Διαδικασία τυποποίησης ελαιολάδου**

Η διαδικασία της τυποποίησης του ελαιολάδου μπορεί να γίνει τόσο από Αγροτικούς Συνεταιρισμούς και από ιδιώτες. Για την εξασφάλιση τυχόν νόθευσης του ελαιολάδου με άλλο λάδι, απαιτείται ειδική διαδικασία. Αυτό συνεπάγεται ότι απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις και εργαστηριακοί εξοπλισμοί (Μιχαηλ,2008).

#### **2.4.1 Γραμμή τυποποίησης**

Μια πρότυπη γραμμή τυποποίησης χρησιμοποιεί αποκλειστικά και μόνο φιλτραρισμένο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο. Η γραμμή τυποποίησης απαρτίζεται από μία μονάδα, η οποία προορίζεται για λευκοσιδηρά δοχεία και από μία άλλη η οποία προορίζεται για γυάλινες και πλαστικές φιάλες. Επίσης διαθέτει χώρους αποθήκευσης, όπου θα αποθηκεύεται η πρώτη ύλη. Σύμφωνα με την Ράλλη(2005:58).Η διαδικασία της τυποποίησης αποτελείται από τα στάδια που ακολουθούν παρακάτω:

- Διαδικασία Παραλαβής
- Ποιοτικός έλεγχος πρώτης ύλης
- Διαδικασία φιλτραρίσματος
- Αποθήκευση διαυγασμένου ελαιολάδου
- Ποιοτικός έλεγχος διαυγασμένου ελαιολάδου
- Διαδικασία Ανάμιξης
- Ποιοτικός έλεγχος αναμεμειγμένου ελαιολάδου
- Ποιοτικός έλεγχος υλικών συσκευασίας
- Εμφιάλωση

- Ποιοτικός έλεγχος έτοιμου προϊόντος
- Αποθήκευση έτοιμου προϊόντος
- Αποστολή

Σε αυτό που θα πρέπει να επικεντρωθεί η έρευνα είναι τα στάδια των ποιοτικών ελέγχων, η διαδικασία φιλτραρίσματος καθώς και η διαδικασία ανάμιξης.

#### **2.4.2 Διαδικασία Παραλαβής**

Βυτιοφόρα παραδίδουν το ελαιόλαδο στον έμπορο. Αυτό κατευθείαν μεταφέρεται σε συγκεκριμένα δοχεία που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευσή του σύμφωνα με στοιχεία από την Ε.Α.Σ.Ηρακλείου.

#### **2.4.3 Ποιοτικός έλεγχος πρώτης ύλης**

Οι μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις υποκειμενικές και τις αντικειμενικές

Οι υποκειμενικές μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου είναι γνωστές και ως 'οργανοληπτική ανάλυση'. Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται στην αξιολόγηση από ένα άτομο ή από μία ομάδα, της οποίας τα μέλη είναι καταρτισμένα. Τα τελευταία έχουν επιλεγθεί και εκπαιδευτεί για να διεξάγουν αυτή τη διαδικασία. Είναι οι λεγόμενοι «δοκιμαστές», οι οποίοι χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις τους (γεύση, όσφρηση, αφή, όραση και ακοή), προσδιορίζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου ελαιολάδου.

Από την άλλη, οι αντικειμενικές μέθοδοι ποιοτικού ελέγχου αφορούν τις μετρήσεις ορισμένων ιδιοτήτων, φυσικών, χημικών, μικροβιολογικών κλπ. όσον αφορά τα τρόφιμα. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ανάλογων οργάνων και συσκευών, όπως αναφέρει η Γεωργιάδου(2013:24).

Αφού η εκάστοτε δεξαμενή επιλεγεί ως κατάλληλη μέσω της υποκειμενικής μεθόδου, ακολουθεί ποιοτικός έλεγχος του περιεχομένου μέσω της αντικειμενικής μεθόδου, η οποία περιλαμβάνει σύμφωνα με την οδηγία 2568/91 τις ακόλουθες αναλύσεις: μέτρηση της οξύτητας του ελαιολάδου, μέτρηση των σταθερών K 232, K270, Δ.Κ και αριθμού δείκτη υπεροξειδίων, ποσοτική ανάλυση στερεολυτικών κλασμάτων καθώς και ποσοτική ανάλυση λιπαρών οξέων.

Στη συνέχεια αν το προϊόν αξιολογηθεί ως κατάλληλο καταχωρείται στη δεξαμενή και ακολουθεί το φιλτράρισμά του.



*Εικόνα 1.Χώρος Χημείου όπου γίνεται ο ποιοτικός έλεγχος ελαιολάδου από τις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου.*

#### **2.4.4 Διαδικασία φιλτραρίσματος**

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει δυο στάδια:

1<sup>ο</sup> στάδιο: σε αυτό το στάδιο, το ελαιόλαδο φιλτράρεται σε οριζόντιες φιλτρόπρεσες γης διατομών με σκοπό να κατακρατηθούν η υγρασία, τα στερεά κατάλοιπα, τα χονδροειδή έλαια και η μαργαρίνη.

2<sup>ο</sup> στάδιο: σε αυτό το στάδιο το ελαιόλαδο φιλτράρεται σε οριζόντιο φίλτρο χάρτου διαφορετικών διατομών με σκοπό την τελική διαύγαση.

Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι χρειάζεται πολύ προσοχή στο στάδιο αυτό όσον αφορά τον χειρισμό των φίλτρων. Εκτιμάται βάσει εμπειρικών στοιχείων που έχουν συλλεχθεί από την Ε.Α.Σ Ηρακλείου ότι μπορεί εξαιτίας λάθος χειρισμών να αλλοιωθεί η ποιότητα του ελαιολάδου. Επίσης οι λάθος χειρισμοί μπορεί να επιφέρουν μεγαλύτερες απώλειες ελαιολάδου, καθώς στα φίλτρα γίνεται κατακράτηση ελαιολάδου και πιο συγκεκριμένα στα φίλτρα γης διατομών.



*Εικόνα 2..Χώρος φιλτραρίσματος ελαιολάδου από τις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου. (Αριστερά διακρίνονται τα φίλτρα «γης διατομών», δεξιάτετα οι «φιλτρόπρεσες» και οι δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης του διαυγασμένου ελαιολάδου).*

#### **2.4.5 Αποθήκευση διαυγασμένου ελαιολάδου**

Το διαυγασμένο ελαιολάδο οδηγείται σε ανοξειδωτη δεξαμενή, επισημαίνεται με αριθμό Ιοτ (πατρίδα), και ακολουθεί ποιοτικός έλεγχος.

#### **2.4.6 Ποιοτικός έλεγχος διαυγασμένου ελαιολάδου**

Κατά τον ποιοτικό έλεγχο του φιλτραρισμένου ελαιολάδου επανεξετάζονται τα εξής χαρακτηριστικά του ελαιολάδου: η οξύτητα, Κ232, Κ270 και Δ.Κ. Ακολουθεί επίσης και οργανοληπτικός έλεγχος. Εάν η συγκεκριμένη παρτίδα αξιολογηθεί ως κατάλληλη, ακολουθεί

την διαδικασία ανάμιξης, Εάν όχι, πωλείται χύμα για άλλου είδους κατανάλωση σύμφωνα με την Γεωργιάδου(2013:59).

Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί, βάσει εμπειρικών στοιχείων από την Ε.Α.Σ. Ηρακλείου, ότι τα μηχανήματα του χημείου ανάλογα των κατασκευαστή, τον εκσυγχρονισμό και την αντίστοιχη συντήρηση, μπορεί να έχουν αποκλίσεις μέχρι και 10% από την πραγματική τιμή.

#### **2.4.7 Διαδικασία Ανάμιξης**

Αξίζει να τονισθεί ότι η νοθεία του ελαιόλαδου διώκεται ποινικά στη χώρα μας, ωστόσο η ανάμιξη επιτρέπεται σε όσα συσκευασμένα ελαιόλαδα αναφέρονται απλά ως παρθένα και εφ' όσον τηρούνται οι υποχρεωτικές αναγραφές/ σημάνσεις στη συσκευασία, σύμφωνα με τον, Εκτελεστικό Κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 29/2012 .

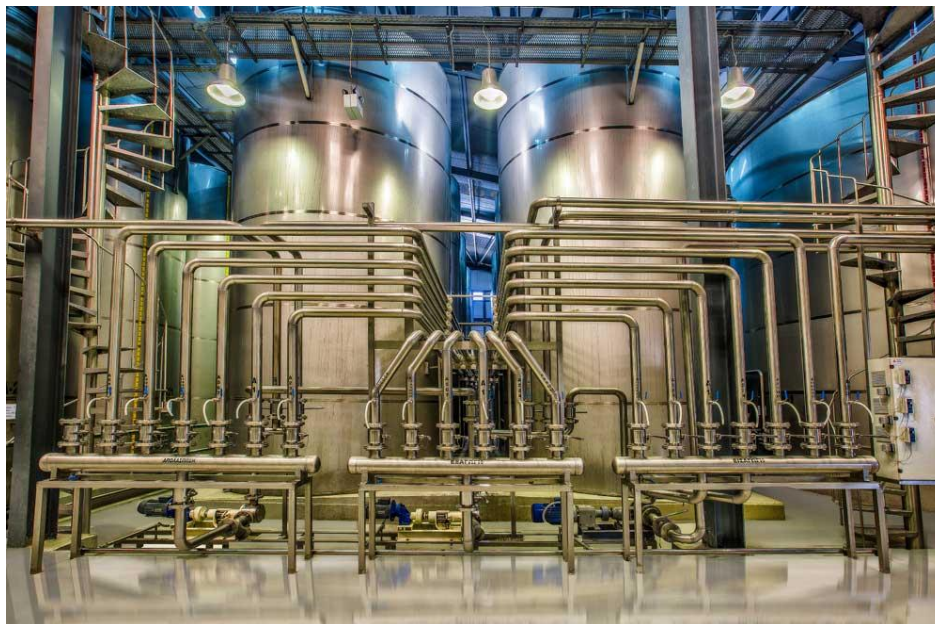
Σημαντικό είναι το γεγονός ότι, βάσει στοιχείων από την Ε.Α.Σ Ηρακλείου, πριν την ανάμιξη απαιτείται ο υπολογισμός των ποσοτήτων που θα αναμειχθούν από τις διαφορετικές παρτίδες που είναι αποθηκευμένες σε διαφορετικές δεξαμενές. Ο έλεγχος γίνεται βάσει των χαρακτηριστικών της κάθε παρτίδας κ η επιλογή των τελικών ποσοτήτων προκύπτει από την ικανότητα του χημικού και την εμπειρία του. Συνήθως είναι εφικτό να αναμιχθούν το πολύ μέχρι τρεις διαφορετικές παρτίδες κ χωρίς βέβαια να υπάρχει η απαιτούμενη ακρίβεια στα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.

Στην διαδικασία ανάμιξης, τα τελικά προϊόντα φτιάχνονται από διαφορετικούς συνδυασμούς ελιών σε διαφορετικές δεξαμενές, σύμφωνα με διαφορετικά εμπορικά χαρακτηριστικά και ανάλογα τις απαιτήσεις των πελατών.

Επίσης, βάσει στοιχείων από την Ε.Α.Σ. Ηρακλείου, πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει απόλυτη ακρίβεια στην τροφοδοσία των ποσοτήτων που απαιτούνται για την ανάμιξη. Συνεπώς, σε αυτό το στάδιο δεν επιφέρονται με ακρίβεια τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Ακολουθεί η διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου στο αναμειγμένο ελαιόλαδο.





*Εικόνα 3. Χώρος ανάμειξης ελαιολάδου από τις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου. (διακρίνεται το σύστημα μεταφοράς του ελαιολάδου μέσω ανοξείδωτων σωληνώσεων στις ανοξείδωτες δεξαμενές).*

#### **2.4.8 Ποιοτικός έλεγχος αναμειγμένου ελαιολάδου**

Σε αυτό το στάδιο, ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τον ποιοτικό έλεγχο πρώτης ύλης.

### **2.5 Εγκαταστάσεις**

Σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν από την Ε.Α.Σ. Ηρακλείου οι εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ.Η. αποτελούνται από τα γραφεία του διοικητικού προσωπικού, το χώρο του Χημείου, το χώρο εμφιάλωσης, το χώρο όπου υπάρχουν τα φίλτρα, τον χώρο αποθήκευσης ελαιολάδου, το χώρο αποθήκευσης πρώτων υλών και το χώρο αποθήκευσης έτοιμων προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα, το τμήμα εμφιάλωσης αποτελείται από 3 γραμμές, εκ των οποίων η μία εμφιαλώνει γυάλινες φιάλες με δυναμικότητα 15 τόνων ανά οχτάωρο, η δεύτερη εμφιαλώνει πλαστικές φιάλες με δυναμικότητα 10 τόνων ανά οχτάωρο και η τρίτη γραμμή εμφιαλώνει μεταλλικά δοχεία με δυναμικότητα 35 τόνων ανά οχτάωρο. Άρα συνολικά 60 τόνοι ανά οχτάωρο. Σχετικά με την αποθήκευση υπάρχουν ανοξείδωτες δεξαμενές χωρητικότητας περίπου 2735 τόνων. Τέλος, το

χημείο απαρτίζεται από επιστημονικό προσωπικό κ εκσυγχρονισμένο εξοπλισμό καθώς έχει πιστοποιηθεί με πρότυπο ISO 17025:2005 από το Εθνικό Συμβούλιο Διαπίστευσης.



*Εικόνα 4. Γραμμές τυποποίησης ελαιολάδου από τις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου. (διακρίνεται η γραμμή τυποποίησης γυάλινης φιάλης στα αριστερά, η γραμμή τυποποίησης πλαστικής φιάλης στο κέντρο και η γραμμή τυποποίησης μεταλλικών δοχείων στα δεξιά).*

### **2.5.1 Καταγραφή δεξαμενών**

Η καταγραφή των δεξαμενών έχει πραγματοποιηθεί στις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου. Οι εγκαταστάσεις αποτελούνται από ανοξείδωτες δεξαμενές στεγανοποιημένες με κωνικές βάσεις και οροφές. Είναι διαφόρων χωρητικότητων και διαφορετικών χρήσεων. Οι δεξαμενές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	0,916
-----------------	-------

A/A	ΔΕΞ/ΝΗ	ΥΨΟΣ m	ΟΓΚΟΣ liters	ΒΑΡΟΣ kgr	litr/m	kgr/m
1	A1	7,9	564862	517413,592	71501,51899	65495,39
2	A2	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
3	A3	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
4	A4	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
5	A5	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
6	A6	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
7	A7	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
8	A8	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
9	A9	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
10	A10	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
11	A11	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
12	A12	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
13	A13	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
14	A14	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
15	A15	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01

16	A16	8,07	100417	91981,972	12443,24659	11398,01
17	A17	7,35	120623	110490,668	16411,29252	15032,74
18	A18	7,5	123110	112768,76	16414,66667	15035,83
19	A19	7,5	123110	112768,76	16414,66667	15035,83
20	A20	7,5	36417,5	33358,43	4855,666667	4447,791
21	A21	7,5	36417,5	33358,43	4855,666667	4447,791
22	A22	7,5	36417,5	33358,43	4855,666667	4447,791
23	A23	4,5	22400	20518,4	4977,777778	4559,644
24	A24	4,5	22400	20518,4	4977,777778	4559,644
25	A25	5,4	47710,8	43703,0928	8835,333333	8093,165
26	A26	5,4	47710,8	43703,0928	8835,333333	8093,165
27	A27	3	31688	29026,208	10562,66667	9675,403
28	E1	3	31688	29026,208	10562,66667	9675,403
29	E2	3	31688	29026,208	10562,66667	9675,403
30	E3	3	31688	29026,208	10562,66667	9675,403
31	E4	3	31688	29026,208	10562,66667	9675,403
32	E5	3	15208	13930,528	5069,333333	4643,509
33	E6	3	15208	13930,528	5069,333333	4643,509
34	E7	3	21950	20106,2	7316,666667	6702,067

35	E8	3	21950	20106,2	7316,666667	6702,067
36	E9	3	21950	20106,2	7316,666667	6702,067
37	E10	3	21950	20106,2	7316,666667	6702,067
38	E11	3	21950	20106,2	7316,666667	6702,067
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			2986040,1	2735212,732		

*Πίνακας1. Ογκομέτρηση δεξαμενών από της εγκαταστάσεις τυποποίησης ελαιολάδου της Ε.Α.Σ.Ηρακλείου.*

	ΜΟΥΡΓΙΕΣ (ΣΥΛΛΕΓΟΝΤΑΙ ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΘΟΥΡΕΣ ΤΩΝ ΕΛΑΙΟΛΑΔΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΠΑΤΟΥΣ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ)
	ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ
	STAND BY (ΕΛΑΙΟΛΑΔΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΣΥΜΒΑΛΙΖΟΥΝ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥ 2568/91)
	ΑΝΑΔΕΥΣΗ (ΓΙΝΕΤΑΙ Η ΜΙΞΗ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΚΑΙ Η ΑΝΑΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΩΣ ΕΧΟΥΝ ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΕΣ)
	ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ
	ΓΙΑ ΦΙΛΤΡΑ

*Πίνακας2. Υπόμνημα χρήσης δεξαμενών από της εγκαταστάσεις τυποποίησης ελαιολάδου της Ε.Α.Σ.Ηρακλείου.*

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι η συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών είναι 2986040 λίτρων και βάρους περίπου 2735213 κιλών (βάσει του ειδικού βάρους, το οποίο είναι 0,916).

Επίσης, εξαιτίας της πολυπλοκότητας των διαδικασιών τυποποίησης, οι δεξαμενές διαφέρουν ως προς την χρήση. Πιο συγκεκριμένα:

- Η δεξαμενή A22 χρησιμοποιείται για την συλλογή της καθούρας των ελαιολάδων από τους πάτους δεξαμενών χωρητικότητας 33,4 τόνων.
- Οι δεξαμενές A2 έως και A21 χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του φιλτραρισμένου ελαιολάδου χωρητικότητας 1782,5 τόνων.

- Οι δεξαμενές A23 και A24 χρησιμοποιούνται για ελαιόλαδα, των οποίων τα χαρακτηριστικά δε συμβαδίζουν με τα χαρακτηριστικά του κανονισμού 2568/91 και είναι χωρητικότητας 21,2 τόνων.
- Οι δεξαμενές A1, A25 και A26 χρησιμοποιούνται για την ανάμιξη του ελαιολάδου και την ανάδευση του καθώς έχουν αναδευτήρες χωρητικότητας 604,8 τόνων.
- Η δεξαμενή A27 χρησιμοποιείται για την αποθήκευση βιολογικών ελαιολάδων χωρητικότητας 29 τόνων.
- Οι δεξαμενές E1 έως E11 χρησιμοποιούνται για ελαιόλαδα που θα χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία φιλτραρίσματος χωρητικότητας 244,5 τόνων.



*Εικόνα 5. Χώρος αποθήκευσης ελαιολάδου από τις εγκαταστάσεις της Ε.Α.Σ. Ηρακλείου. (διακρίνονται οι ανοξείδωτες δεξαμενές αποθήκευσης ελαιολάδου στα αριστερά με το σύστημα τροφοδοσίας του και δεξιά διακρίνονται οι ανοξείδωτες δεξαμενές ανάδευσης του ελαιολάδου).*

## 2.6 Χαρακτηριστικά του ελαιολάδου

Σύμφωνα με τον Kofakis(2014:241), τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στο μαθηματικό μοντέλο είναι τα παρακάτω:

- Acidity
  
- Peroxide value
  
- Waxes
  
- Saturated acids in 2-position of the triglyceride
  
- Stigmastadienes
  
- K232 \*
  
- K270 \*
  
- $\Delta$ -K
  
- Fatty acids content
  - Myristic
  - Linolenic
  - Arachidic
  - Eicosenoic
  - Behenic
  - Lignoceric
  
- Sum of transoleic isomers
  
- Sum of translinoleic and translinolenic isomers
  
- Sterols composition
  - Cholesterol
  - Brassicastero
  - Campesterol
  - Stigmasterol
  - Betasitosterol

- $\Delta$ -7-Stigmasterol
- Total sterols
- Erythrodiol and uvaol
- Organoleptic assessment Median of defects (Md)
- Organoleptic assessment Median of fruity (Mf)

kofakis

## 2.7 Οριοθέτηση του πλαισίου έρευνας

Αρχικά, η διαλογή των διαδικασιών θα γίνει με βασικό γνώμονα τον γραμμικό προγραμματισμό. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα είτε να απορριφθούν κάποια στοιχεία, είτε να θεωρηθούν δεδομένα.

Συνεπώς, ως προς τα στάδια της τυποποίησης θα επικεντρωθούμε μόνο στο στάδιο του υπολογισμού των ποσοτήτων προς ανάμιξη. Πιο συγκεκριμένα, δε θα ληφθεί υπόψη η απόκλιση των μηχανημάτων κατά τη διαδικασία των ποιοτικών ελέγχων. Θα θεωρηθεί δεδομένο ότι η τροφοδοσία των διαφορετικών ποσοτήτων στην δεξαμενή ανάδευσης θα γίνεται με απόλυτη ακρίβεια. Δεδομένο θα πρέπει επίσης να θεωρηθεί το τελικό κόστος κάθε παρτίδας ελαιολάδου, το οποίο θα προκύψει έπειτα από τη διαδικασία του φιλτραρίσματος.

## 2.8 Περιγραφή του Μαθηματικού μοντέλου ανάμιξης

Τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, τα οποία προέρχονται από τον ποιοτικό έλεγχο την ποσότητα και το κόστος κάθε δεξαμενής μετριούνται και χρησιμοποιούνται στη διαδικασία δημιουργίας βέλτιστου μίγματος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότερες παράμετροι εκφράζονται ως ποσοστό και ότι τα προκύπτοντα μείγματα δεν παραμένουν για μεγάλες χρονικές περιόδους στις δεξαμενές ανάμιξης θεωρούμε ότι υπάρχει ένα μοντέλο γραμμικού



μίγματος που απλοποιεί τη μοντελοποίηση της διαδικασίας ανάμιξης Kofakis (2014:239). Η γραμμικότητα σημαίνει ότι εάν αναμείξουμε δύο όγκους ελαίου V1 και V2, τότε η τιμή της παραμέτρου I, Presult, i του προκύπτοντος μίγματος θα είναι:

$$P_{result,i} = \frac{P_{1,i} * V_1 + P_{2,i} * V_2}{V_1 + V_2}$$

### 2.8.1 Περιγραφή του μαθηματικού μοντέλου στο πρόγραμμα Excel

Το μαθηματικό μοντέλο ελαχιστοποίησης κόστους στην ανάμιξη του ελαιολάδου σχεδιάστηκε σε ένα αρχείο Excel. Για να σχεδιαστεί χρειαστήκαν τα στοιχεία των δεξαμενών αποθήκευσης, τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, με τις αντίστοιχες συναρτήσεις, οι ποσότητες, τα κόστη καθώς και οι περιορισμοί από την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΠΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ												A12		A14		A20		TEΛΙΚΟ							
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ												A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	180000	
ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)												10000	10000	10000	10000	10000	10000	0	10000	0	10000	10000	10000	1782474,63	
ΜΕΓΙΣΤΗ ΧΩΡΙΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ (KG)												91981,97	91981,97	91981,97	91981,97	91981,97	91981,97	91981,97	110495,67	112768,76	112768,76	93358,43	93358,43	50000,00	
ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΣΕ ΚΙΛΑ (KG)												0,000	0,000	7772,777	0,000	10000,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10000,000	0,000	50000,00	
ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΚΙΛΟ (KG)												2,90	3,50	1,80	2,34	1,16	2,78	4,05	2,15	4,19	2,39	1,15	2,85	1,38	
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)												- 4	- 4	14.000,00 4	- 4	11.651,11 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	11.934,02 4	- 4	69.231,01 €
j,k												M													
1	AC	ΣΟΦΛΙΑ	0,3	0,33	0,33	0,3	1,1	1,1	1,1	1,3	0,9	0,9	0,9	0,3	0,5969	OK	≤	0,8							
2	PV	ΑΡΑΒΟΣ ΥΠΕΡΧΡΩΣΤΟΣ	20	21	17	18	19	20	21	17	18	19	20	21	19,4444	OK	≤	20							
3	WA	ΒΡΦΟΙ	148	148	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	149,0000	OK	≤	150							
4	SA	ΜΟΝΟΠΑΛΜΑΤΤΙΚΟ-ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΟ	0,3	0,33	0,3	0,33	0,7	0,73	0,8	0,83	0,9	0,93	1	1,03	0,5500	OK	≤	1							
5	SE	ΣΤΥΜΑΤΑΔΕΝΑ	0,021	0,023	0,023	0,027	0,029	0,031	0,033	0,035	0,037	0,039	0,041	0,043	0,0230	OK	≥	0,05							
6	KS	ΚΟΣΣ	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,1000	OK	≤	0,2							
7	KZ	ΚΟΣΣ & ΚΟΥ	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	2,1000	OK	≤	2,5							
8	OK	ΩΚ	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,3	0,2000	OK	≤	0,22							
9	MW	ΜΥΡΣΙΝΟ	0,0093	0,009	0,0085	0,007	0,0075	0,008	0,0085	0,009	0,0095	0,01	0,0105	0,011	0,0060	OK	≤	0,03							
10	U	ΜΙΛΟΚΛΗΜΩ	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	1,0000	OK	≤	1							
11	AC	ΑΡΑΚΙΝΟ	0,2	0,22	0,24	0,25	0,26	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,2200	OK	≤	0,6							
12	SI	ΕΠΙΣΕΛΜΩ	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,2000	OK	≤	0,4							
13	BA	ΒΕΚΕΛΩ	0,074	0,082	0,09	0,098	0,106	0,114	0,122	0,13	0,138	0,146	0,154	0,162	0,0820	OK	≤	0,2							
14	IZ	ΛΙΠΟΠΡΩ	0,074	0,082	0,09	0,098	0,106	0,114	0,122	0,13	0,138	0,146	0,154	0,162	0,0820	OK	≤	0,2							
15	SI	ΩΜΑΚΑ ΣΟΜΕΡΗ ΤΟΥ ΤΡΑΚΙΝΟΛΑΔΟΥ ΟΣΟΣ	0,007	0,0075	0,008	0,0085	0,009	0,0095	0,01	0,0105	0,011	0,0115	0,012	0,0125	0,0075	OK	≤	0,05							
16	SI	ΩΜΑΚΑ ΣΟΜΕΡΗ ΤΟΥ ΤΡΑΚΙΝΟΛΑΔΟΥ ΟΣΟΣ-ΤΡΑΚΙΝΟΚΛΗΜΩ ΟΣΟΣ	0,007	0,0075	0,008	0,0085	0,009	0,0095	0,01	0,0105	0,011	0,0115	0,012	0,0125	0,0075	OK	≤	0,05							
17	KV	ΚΟΚΚΙΝΟ	0,3	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,4	0,41	0,3106	OK	≤	0,5							
18	BY	ΒΡΑΧΕΛΕΣΤΡΩ	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,0906	OK	≤	0,1							
19	CA	ΚΑΜΠΕΣΤΡΩ	4,67	4,78	4,89	5	5,11	5,22	5,33	5,44	5,55	5,66	5,77	5,88	4,7871	OK	≤	5							
20	SP	ΣΤΥΜΑΤΕΣΤΡΩ	1,69	1,79	1,89	1,99	2,09	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,69	2,79	1,7364	OK	≤	4,787057							
21	OT	ΩΤ-ΣΤΥΜΑΤΕΣΤΡΩ	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44	0,46	0,48	0,5	0,52	0,54	0,56	0,3613	OK	≤	0,5							
22	BU	Β-ΩΤΕΣΤΡΩ(ΜΕΡΩΔΟΣ)	109	95	94	96	101	104	102	95	96	94	96	99	97,1229	OK	≥	93							
23	TS	ΩΜΟ ΚΑΖΑΜΑ	1031	1031	1037	1039	1041	1043	1045	1047	1049	1051	1053	1055	1035,0000	OK	≥	1000							

Εικόνα 6. Φύλλο υπολογισμού σε αρχείο Excel στο οποίο είναι σχεδιασμένο το μαθηματικό μοντέλο. (Αριστερά διακρίνεται ο πίνακας υπολογισμών και δεξιά ο πίνακας των περιορισμών).

Το μαθηματικό μοντέλο είναι σχεδιασμένο σε δύο πίνακες. Ο πρώτος είναι ο πίνακας των υπολογισμών και ο δεύτερος είναι ο πίνακας των περιορισμών.

Ο πίνακας των υπολογισμών είναι αυτός που υπολογίζει από ποιες δεξαμενές και πόση ποσότητα ελαιολάδου θα λάβουμε με απώτερο σκοπό να γίνει η μείξη και να συμπληρωθεί η ζητούμενη ποσότητα με το χαμηλότερο κόστος.

Αποτελείται από στήλες οι οποίες αντιστοιχούν σε κάθε δεξαμενή με καταγραφή όλων των στοιχείων κάθε δεξαμενής ανά σειρά. Πιο συγκεκριμένα, σε οριζόντια θέση βρίσκεται γραμμένο το όνομα κάθε δεξαμενής σε κάθε στήλη και σε κάθετη θέση αναγράφονται: η ποσότητα σε κιλά, τα οποία εμπεριέχονται στη δεξαμενή, η μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής σε κιλά, το κόστος ανά κιλό, το συνολικό κόστος ανάλογα την ποσότητα η οποία θα χρειαστεί για ανάμιξη, τα χαρακτηριστικά της κάθε παρτίδας του ελαιολάδου και τέλος η ποσότητα που θα χρειαστεί για ανάμιξη, η οποία θα υπολογιστεί από το πρόγραμμα.

Στα δεξιά του πίνακα βρίσκεται η στήλη του τελικό μίγματος με τα χαρακτηριστικά του καθώς και το κόστος ανά κιλό. Πάνω από το κόστος είναι το κελί όπου ορίζουμε τη ζητούμενη ποσότητα.

Στο δεύτερο πίνακα δεξιότερα είναι καταχωρημένοι οι περιορισμοί (σύμφωνα με την νομοθεσία της ευρωπαϊκής Ένωσης), οι οποίοι αντιστοιχούν σε κάθε χαρακτηριστικό από το τελικό μίγμα.

## **2.8.2 Λειτουργία του μαθηματικού μοντέλου στο Excel.**

*Βήμα1.* Καταχωρούμε τα δεδομένα από τις αναλύσεις του ποιοτικού ελέγχου του φιλτραρισμένου ελαιολάδου κάθε παρτίδας στη δεξαμενή που αντιστοιχεί.

*Βήμα2.* Καταχωρούμε την συνολική ποσότητα την οποία εισχωρήσαμε σε κάθε δεξαμενή αντίστοιχα.

*Βήμα3.* Καταχωρούμε το Κόστος ανά κιλό το οποίο έχει υπολογιστεί από τον υπεύθυνο παραγωγής σε συνεργασία με το λογιστήριο.

*Βήμα4.* Καταχωρούμε την ζητούμενη ποσότητα.

*Βήμα5.* Εκτελούμε την επίλυση του προβλήματος.

### 2.8.3 Γραμμικός Προγραμματισμός

Το πρόβλημα βέλτιστης ανάμειξης μπορεί να διαμορφωθεί ως πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού. Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται ευρέως για τον υπολογισμό των βέλτιστων λύσεων και διατυπώνεται ως το πρόβλημα της μεγιστοποίησης ή ελαχιστοποίησης μιας γραμμικής συνάρτησης που υπόκειται σε περιορισμούς γραμμικής ισότητας και γραμμικής ανισότητας. Kofakis (2014).

### 2.8.4 Καταγραφή των συναρτήσεων

Ο γραμμικός μετασχηματισμός είναι εφικτός δεδομένου ότι λαμβάνονται υπόψη μόνο οι διεργασίες ανάμειξης. Η αντικειμενική συνάρτηση είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους στην ανάμειξη του ελαιολάδου. Με τον όρο ‘κόστος ανά δεξαμενή’, εννοείται η τελική κοστολόγηση πριν την διαδικασία της μείξης και της εμφιάλωσης. Σε αυτήν έχουν συμπεριληφθεί όλα τα κόστη από κάθε διαδικασία που απαιτείται για να είναι ή κάθε παρτίδα ελαιολάδου τοποθετημένη στην δεξαμενή της σε αναμονή και προορίζεται για εξαγωγή, είτε για να αναμειχθεί, είτε για να τυποποιηθεί. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ξανά ότι το κόστος κάθε παρτίδας ελαιολάδου κάθε δεξαμενής δεν υπολογίζεται σε αυτό το μαθηματικό μοντέλο και λαμβάνεται ως δεδομένο. Συνεπώς, η αντικειμενική συνάρτηση που προκύπτει, είναι η παρακάτω:

Αντικειμενική Συνάρτηση (Συνολικό Κόστος):

$$\min Z = \sum_{all\ i} c_i x_i$$

όπου

i: Δεξαμενή  $i \in \{A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21\}$

$x_i$ : Ποσότητα ελαιολάδου (σε κιλά), η οποία παίρνεται από τη δεξαμενή i

$Q_i$ : Ποσότητα ελαιολάδου (σε κιλά), η οποία υπάρχει στη δεξαμενή i

### **Μεταβλητές:**

xi: Ποσότητα ελαιολάδου(σε κιλά), η οποία παίρνεται από κάθε δεξαμενή i

c<sub>i</sub>: Το μοναδιαίο κόστος ελαιολάδου (€/κιλό) στη δεξαμενή i (υποθέτουμε ότι σε κάθε δεξαμενή υπάρχει συγκεκριμένης ποιότητας ελαιόλαδο με γνωστό μοναδιαίο κόστος)

D: Ζητούμενη ποσότητα ελαιολάδου (σε κιλά)

Ac: Acidity

PV: Peroxide Value

Wa: Waxes

Sa: Saturated acids in 2-position of the triglyceride

St: Stigmastadienes

K1: K232 \*

K2: K270 \*

DK: Δ-K

My: Myristic

Li: Linolenic

Ar: Arachidic

Ei: Eicosenoic

Be: Behenic

Lg: Lignoceric

S1: Sum of transoleic isomers

S2: Sum of translinoleic and translinolenic isomers

Ch: Cholesterol

Br: Brassicastero

Ca: Campesterol

Sr: Stigmastenol

Bs: Betasitosterol

D7: Δ-7-Stigmastenol

TS: Total Sterols

EU: Erythrodiol and Uvaol

**Συναρτήσεις υπολογισμού χαρακτηριστικών ελαιολάδου.**

Για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών του τελικού μείγματος ελαιολάδου απαιτούνται δύο συναρτήσεις ανάλογα τα χαρακτηριστικά:

Ας υποθέσουμε ότι  $j$  είναι ένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά ( $j \in \{Ac, PV, Wa, Sa, St, K1, K2, DK, My, Li, Ar, Ei, Be, Lg, S1, S2 \text{ και } TS\}$ ) και  $m_{ij}$  η τιμή του χαρακτηριστικού  $j$  για το ελαιόλαδο που υπάρχει στη δεξαμενή  $i$ .

Τότε, η τιμή του αντίστοιχου χαρακτηριστικού του μείγματος  $M_j$  υπολογίζεται για κάθε χαρακτηριστικό  $j$  ως:

$$M_j = \frac{\sum_{all\ i} m_{ij}x_i}{\sum_{all\ i} x_i} \quad \forall j \quad (1)$$

όπου  $j \in \{Ac, PV, Wa, Sa, St, K1, K2, DK, My, Li, Ar, Ei, Be, Lg, S1, S2, TS\}$

Για τις τιμές των παραπάνω χαρακτηριστικών θα πρέπει να ισχύουν:

$$M_{TS} \geq M_{TS}^* \quad (\text{Π2})$$

και

$$M_j \leq M_j^* \quad \forall j \in \{\text{Ac, PV, Wa, Sa, St, K1, K2, DK, My, Li, Ar, Ei, Be, Lg, S1, S2}\} \quad (\text{Π3})$$

Αντίστοιχα, για το χαρακτηριστικό  $k$  όπου  $k \in \{\text{Ch, Br, Ca, Sr, Bs, D7, EU}\}$  η τιμή του  $M_k$  υπολογίζεται ως:

$$M_k = \frac{\sum_{all\ i} m_{i,TS} m_{ik} x_i}{M_{TS} \sum_{all\ i} x_i} \quad \forall k \quad (2)$$

όπου  $k \in \{\text{Ch, Br, Ca, Sr, Bs, D7, EU}\}$

Για τις τιμές των παραπάνω χαρακτηριστικών θα πρέπει να ισχύουν:

$$M_{BS} \geq M_{BS}^* \quad (\text{Π4})$$

και

$$M_j \leq M_j^* \quad \forall j \in \{\text{Ac, Ch, Br, Ca, Sr, D7, EU}\} \quad (\text{Π5})$$

Η συνάρτηση για τον υπολογισμό των Ch, Br, Ca, Sr, Bs, D7 και EU είναι:

### 2.8.5 Μαθηματικό μοντέλο

Η Αντικειμενική Συνάρτηση (Συνολικό Κόστος):

$$\min Z = \sum_{all\ i} c_i x_i$$

όπου

$i$ : Δεξαμενή  $i \in \{A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21\}$

Συναρτήσεις μοντέλου ανάμιξης:

$$M_j = \frac{\sum_{all\ i} m_{ij} x_i}{\sum_{all\ i} x_i} \quad \forall j \quad (1)$$

όπου  $j \in \{Ac, PV, Wa, Sa, St, K1, K2, DK, My, Li, Ar, Ei, Be, Lg, S1, S2, TS\}$

και

$$M_k = \frac{\sum_{all\ i} m_{i,TS} m_{ik} x_i}{M_{TS} \sum_{all\ i} x_i} \quad \forall k \quad (2)$$

όπου  $k \in \{Ch, Br, Ca, Sr, Bs, D7, EU\}$

### 2.8.6 Περιορισμοί του μαθηματικού μοντέλου

Οι περιορισμοί οι οποίοι ελήφθησαν έχουν να κάνουν με την ποσότητα του ελαιολάδου και τα χαρακτηριστικά του.

**Οι περιορισμοί που λήφθηκαν υπόψη στη συγκεκριμένη εργασία ορίστηκαν ως εξής:**

Η ποσότητα του ελαιολάδου  $x_i$  η οποία παίρνεται από τη δεξαμενή  $i$  δεν μπορεί να είναι αρνητική και δεν μπορεί να υπερβαίνει την ποσότητα του ελαιολάδου  $Q_i$  που υπάρχει σ' αυτή τη δεξαμενή.

$$0 \leq x_i \leq Q_i \quad \forall i$$

(Π1)

Τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου  $j, k$  πρέπει να είναι στα όρια, τα οποία θέτει ο κανονισμός 2568/1991, ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα 2.

Όσον αφορά χαρακτηριστικά Ac, PV, Wa, Sa, St, K1, K2, Dk, My, Li, Ar, Ei, Be, Lg, S1, S2, Ch, Br, Ca, Sr, D7 και Eu:

Μπορούμε να ορίσουμε ένα χαρακτηριστικό ως  $j$  όπου:

$$j \in \{ Ac, PV, Wa, Sa, St, K1, K2, DK, My, Li, Ar, Ei, Be, Lg, S1, S2, TS \}$$

και αντίστοιχα να ορίσουμε ένα χαρακτηριστικό ως  $k$  όπου:

$$k \in \{ Ch, Br, Ca, Sr, Bs, D7, EU \}$$

$$j \geq j^*$$

$$k \geq k^*$$

όπου

$j^*, k^*$ : οριακό χαρακτηριστικό ελαιολάδου από την Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με τον κανονισμό 2568/1991, ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα 2

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά Bs και Ts :

$$j \leq j^*$$

$$k \leq k^*$$

όπου

$j^*, k^*$ : οριακό χαρακτηριστικό ελαιολάδου από την Ευρωπαϊκή Ένωση σύμφωνα με τον κανονισμό 2568/1991, ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα 2.



## Κεφάλαιο 3. Αξιολόγηση μαθηματικού μοντέλου

---

Παρακάτω, ακολουθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του μαθηματικού μοντέλου ως προς τη χρήση και την εφαρμογή του, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα, η αρχή θα γίνει από τη σταθερή ποιότητα που επιφέρει το μοντέλο αυτό. Εξαιτίας των περιορισμών, οι οποίοι έχουν οριστεί και οριοθετούν την παραγωγή μιας τελικής παρτίδας μέσω της ανάμιξης διαφορετικών παρτίδων ελαιολάδου σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές και χαρακτηριστικά, δίνεται η δυνατότητα σταθερής ποιότητας. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί η υποστήριξη λήψης αποφάσεων. Συγκεκριμένα δηλαδή το κατά πόσο μπορούμε να ικανοποιήσουμε μια παραγγελία σε σχέση με την ποσότητα της συγκεκριμένης ποιότητας καθώς και ποια είναι η κοστολόγησή της. Ακόμα ένα πλεονέκτημα αποτελεί η ευκολία χρήσης. Η χρήση του είναι απόλυτα απλοϊκή, γεγονός που επιτρέπει τη λειτουργία από τους μη εξειδικευμένους χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, κάποιος να χειριστεί το μοντέλο ακόμα και με μόνο βασικές γνώσεις Excel. Να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο μοντέλο επιτρέπει εύκολη εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου στο αρχείο Excel, όπως π.χ. μετατροπή της κατάστασης του αποθηκευτικού χώρου, μετατροπή των ορίων όσον αφορά τους περιορισμούς για τη δημιουργία διαφορετικής ποιότητας, καθώς και υπολογισμό τελικής διαθέσιμης μέγιστης ποσότητας. Επιπρόσθετα πλεονεκτήματα αποτελούν η βελτιστοποίηση κόστους του τελικού προϊόντος, η δραστική μείωση του κόστους εργασίας, καθώς και η άμεση ανταπόκριση του μοντέλου κατά την εκτέλεση.

Το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο παρόλο που είναι πάρα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τις βιομηχανίες τυποποίησης ελαιολάδου απαιτεί κάποιες σημαντικές προϋποθέσεις για να λειτουργήσει και να αποδώσει στο έπακρο, οι οποίες ίσως θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως μειονεκτήματα.

Καθώς το μαθηματικό μοντέλο είναι σχεδιασμένο ώστε να δίνει αποτελέσματα βάσει των δεδομένων που καταχωρούνται και των περιορισμών που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή

Ένωση, θα πρέπει τα δεδομένα να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ακριβή για να μην υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις.

Επίσης μετά τον υπολογισμό των τελικών ποσοτήτων προς ανάμιξη θα πρέπει η τροφοδοσία των διαφορετικών ποσοτήτων και η διαδικασία της ανάδευσης να γίνει με μεγάλη ακρίβεια, όσον αφορά το τεχνικό κομμάτι.

Μία εξίσου σημαντική παράμετρος, η οποία δύναται να δημιουργήσει πρόβλημα είναι η διατήρηση της ποιότητας του ελαιολάδου κατά την αποθήκευση. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, το οξυγόνο, η υψηλή θερμοκρασία, η υγρασία και ο χρόνος οδηγούν στην αλλοίωση της ποιότητας. Οπότε όσο λιγότερο ιδανικές είναι οι συνθήκες και όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος παραμονής του ελαιολάδου στις δεξαμενές, τόσο πιο ανακριβή θα είναι τα δεδομένα που θα καταχωρηθούν στο μαθηματικό μοντέλο. Συνεπώς, θα είναι και μεγαλύτερες οι αποκλίσεις όσον αφορά το τελικό αποτέλεσμα.

Σε περίπτωση που τα στοιχεία της ταυτότητας κάθε δεξαμενής, τα χαρακτηριστικά δηλαδή εκείνα που προέρχονται από τις χημικές αναλύσεις και η ποσότητα, δεν έχουν ακρίβεια και εάν η διατήρηση αυτών δεν είναι σταθερή καθώς και αν η διαδικασία της ανάδευσης δεν γίνει με την απαιτούμενη ακρίβεια, τότε το αποτέλεσμα της ζητούμενης παρτίδας δεν θα είναι το επιθυμητό.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι για να λειτουργήσει το μαθηματικό μοντέλο με μεγάλη απόδοση θα πρέπει να υπάρχουν όσο το δυνατόν περισσότερες δεξαμενές με διαφορετικές παρτίδες που σημαίνει μεγάλο κεφάλαιο για την αγορά αυτών των ποσοτήτων από τους τυποποιητές.

Το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του, θα αποτελέσει ένα πάρα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την βιομηχανία τυποποίησης ελαιολάδου, αλλά ταυτόχρονα θα προβληματίσει τυποποιητές και επιστήμονες, ώστε να εστιάσουν σε περεταίρω έρευνα όσον αφορά τεχνικές βελτίωσης της ποιότητας και ελαχιστοποίησης του κόστους.

Αρχικά, προτείνεται με την χρήση του συγκεκριμένου μαθηματικού μοντέλου να υπάρξει ταυτόχρονα και ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου για όλα τα στάδια τυποποίησης μέχρι και την διαδικασία ανάδευσης. Πιο συγκεκριμένα, οι ποιοτικοί έλεγχοι των προϊόντων θα

πρέπει να γίνονται με συστήματα, τα οποία θα δίνουν ακριβή αποτελέσματα. Επίσης, το σύστημα τροφοδοσίας από δεξαμενή σε δεξαμενή θα πρέπει να λειτουργεί με μεγάλη ακρίβεια. Καθώς επίσης και η αποθήκευση θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καταλληλότερη ως προς τις συνθήκες χώρου, τον χρόνο αναμονής του ελαιολάδου, όπως επίσης και την τακτική ενημέρωση της κατάστασης των προϊόντων.

Όσον αφορά την εκπόνηση αυτής της έρευνας, υπήρξε μεγάλη δυσκολία στην εύρεση πληροφοριών σχετικά με το μαθηματικό μοντέλο, καθώς δεν υπάρχει παρεμφερής έρευνα και δημοσιεύσεις σε σχέση με το ελαιόλαδο και τα χαρακτηριστικά του. Επίσης, η δημιουργία του μαθηματικού μοντέλου χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά την απλοποίηση της διαδικασίας, καθώς το αρχείο Excel δεν δίδει τη δυνατότητα μεγάλου εύρους υπολογισμών.

Σχετικά με την χρήση του μαθηματικού μοντέλου στο οποίο υπάρχει δυνατότητα τροποποίησής, προτείνεται η μετατροπή του σε αρχείο βάσης δεδομένων (access) και επέκτασή του για δημιουργία υπολογισμών αντί μίας τελική παρτίδας σε περισσότερες ταυτόχρονα. Αυτό το μαθηματικό μοντέλο θα έχει πλέον την δυνατότητα να δημιουργεί παρτίδες διαφορετικών προϊόντων που να απευθύνονται και σε διαφορετικό καταναλωτικό κοινό. Για παράδειγμα, θα μπορούν να υπολογίζονται κατηγορίες έξτρα παρθένου ελαιολάδου με οξύτητα 0,8, για έξτρα παρθένο ελαιόλαδο με οξύτητα 0,3(ακόμα καλύτερης ποιότητας), όπως επίσης και για παρθένο ελαιόλαδο με οξύτητα 2, καθώς και αντίστοιχες κατηγορίες σε βιολογικό ελαιόλαδο.

Επίσης, θα είναι εξίσου σημαντικό δημιουργηθεί ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο να υπολογίζει το κόστος κάθε παρτίδας συναρτήσει των διαδικασιών που γίνονται μέχρι και πριν τον υπολογισμό της ανάδευσης όλων των ποσοτήτων. Ωστόσο, θα μπορεί να δημιουργηθεί ακόμα ένα μαθηματικό μοντέλο, ως υποβοήθηση του τελευταίου, που θα υπολογίζει το κόστος αναμονής του ελαιολάδου στην δεξαμενή.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για το παραπάνω μαθηματικό μοντέλο, το οποίο είναι πιο σύνθετο, συνίσταται ανάλογο λογισμικό για την δημιουργία του, καθώς το Excel έχει περιορισμένο αριθμό υπολογισμών, ο οποίος δεν επαρκεί.

Συμπερασματικά, το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο είναι ένα χρήσιμο και εύχρηστο εργαλείο, το οποίο επιδέχεται σημαντικές προϋποθέσεις ώστε να αποδώσει στο έπακρον. Τέλος, παρουσιάζει προοπτικές για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση της λειτουργικότητας του.

## Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα- προτάσεις

---

Με την περάτωση της παρούσας μελέτης αναδεικνύεται αρχικά η ανάγκη σχεδιασμού ενός μαθηματικού μοντέλου που θα δώσει τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις τυποποίησης και εμπορίας ελαιολάδου, οι οποίες δραστηριοποιούνται τόσο στην χώρα μας όσο και σε άλλες όχι τόσο αναπτυγμένες χώρες σε διεθνές επίπεδο, να βελτιώσουν σε σημαντικό βαθμό την ανταγωνιστικότητά τους στον κλάδο αυτό. Όλα τα παραπάνω εξηγούν πώς θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα μοντέλο, το οποίο αποτελεί και το αντικείμενο της μελέτης της παρούσας εργασίας και το οποίο θα συμβάλλει στην μείωση του κόστους που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις σήμερα, οι οποίες ασχολούνται με την τυποποίηση και εμπορία του ελαιόλαδου.

Αυτό το οποίο επιδιώκεται μέσα από το μαθηματικό αυτό μοντέλο είναι να αποδειχθεί ότι από έναν αποθηκευτικό χώρο με ένα παρθένο προϊόν, το οποίο έχει διαφορετική τιμή αρχικής αγοράς και διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά, να δημιουργηθεί ένα τελικό μείγμα, το οποίο θα είναι αποτέλεσμα όλων αυτών των προϊόντων, των οποίων η ποιότητα να είναι υψηλή, η τιμή πώλησης ικανοποιητική και το μέσο κόστος του προϊόντος να είναι το χαμηλότερο δυνατό.

Με τη μείωση του κόστους, βάσει του μαθηματικού μοντέλου, μειώνεται το συνολικό κόστος, γεγονός που κάνει την ελληνική παραγωγή περισσότερο ανταγωνιστική. Με την ανάμειξη αυξάνεται ο όγκος προς εξαγωγή, διατηρώντας το κόστος σε χαμηλό επίπεδο. Το ποσοστό της συνολικής τυποποίησης του ελαιολάδου θα αυξηθεί από το μόλις 20 τις εκατό που βρίσκεται αυτή τη στιγμή. Όσον αφορά το διακινήσιμο ελαιόλαδο, θα μειωθεί το ποσοστό σε τενεκέδες, το οποίο θα είναι πλέον ποσοτικά και ποιοτικά αναβαθμισμένο και όχι νοθευμένο και θα έχει πλέον αυξημένη διατροφική αξία. Αυτό συνεπάγεται ότι η μερίδα του καταναλωτικού κοινού, που θα καταναλώνει εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, θα αυξηθεί.

Με τη διατήρηση σταθερής και υψηλής ποιότητας, το προϊόν αποκτά υπεραξία. Πλέον, θα μπορεί να τυποποιηθεί και η τυποποίηση με τη σειρά της δημιουργεί μια επιπλέον υπεραξία, άρα και προστιθέμενη αξία για τους Έλληνες. Η υψηλή ποιότητα του ελαιολάδου θα δημιουργήσει ένα υψηλό brand name, το οποίο με τη σειρά του θα οδηγήσει σε εξαγωγές τυποποιημένου

ελαιολάδου σε υψηλή τιμή. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να βοηθήσει τις επιχειρήσεις να αποκτήσουν ισχυρή χρηματοοικονομική κατάσταση και να χτίσουν ένα όλο και ισχυρότερο όνομα στην αγορά.

Πλέον, οι ελληνικές εξαγωγικές τυποποιητικές εταιρίες θα είναι ανταγωνιστικές σε σχέση με τις ιταλικές και τις ισπανικές πολυεθνικές του ιδίου κλάδου όσον αφορά τη θέση στα super markets του εξωτερικού, κυρίως λόγω του αυξανόμενου όγκου τυποποιημένου ελαιολάδου. Αυτό συνεπάγεται ότι η Ελλάδα, θα μπορεί να ανταποκριθεί στην αύξηση της ζήτησης από το εξωτερικό, καθώς μέχρι τώρα αυτός ήταν ένας τομέας όπου υστερούσε.

Επίσης, δεν θα υπάρχει η ανάγκη εξάρτησης από τους Ιταλούς και θα μειώνεται όλο και περισσότερο η ανάμειξη του ποιοτικού ελληνικού ελαιολάδου με χαμηλότερης ποιότητας ιταλικό από τους Ιταλούς. Κατά αυτόν τον τρόπο, θα σταματήσει να λαμβάνει υπεραξία το ιταλικό ελαιόλαδο από το εισαγόμενο ελληνικό, και το ανώνυμο ελληνικό ελαιόλαδο, θα γίνει πλέον επώνυμο καθώς θα αυξηθεί η αναγνωρισιμότητα των ελληνικών επωνυμιών στις εγχώριες και διεθνείς αγορές. Με αυτόν τον τρόπο, θα δοθεί η δυνατότητα να ξεκινήσει η Ελλάδα μια μακρόχρονη συνεπή εθνική προσπάθεια ανταπόκρισης στη ζήτηση όσον αφορά το ελληνικό τυποποιημένο ελαιόλαδο.

Συμπερασματικά, δίνεται έτσι η δυνατότητα στους Έλληνες τυποποιητές να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της ζήτησης του ποιοτικού ελαιολάδου και να αυξήσουν την ποσότητα και την ποιότητα προς εξαγωγή.

Το μαθηματικό μοντέλο που προτάθηκε παρουσιάζει τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα αφορούν τη σταθερή ποιότητα, την υποστήριξη λήψης αποφάσεων, την ευκολία χρήσης, τη βελτιστοποίηση του τελικού κόστους του προϊόντος, τη δραστική μείωση του κόστους εργασίας, καθώς και την άμεση ανταπόκριση του μοντέλου, κατά την εκτέλεση. Όσον αφορά τα πιθανά μειονεκτήματα του, αυτά είναι η ακρίβεια των δεδομένων που καταχωρούνται στο μοντέλο, η δυσκολία στη διατήρηση της ποιότητας του ελαιολάδου κατά την αποθήκευση καθώς και το μεγάλο κεφάλαιο που απαιτείται για την αγορά πληθώρας διαφορετικών τύπων ελαιολάδου. Παρά τα μειονεκτήματα του μοντέλου, το τελευταίο αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο θα βελτιώσει την ποιότητα και ελαχιστοποιήσει το κόστος. Παράλληλα με το μοντέλο αυτό θα πρέπει να υπάρξει και ένα βοηθητικό αυτοματοποιημένο

σύστημα ελέγχου όλων των σταδίων τυποποίησης. Εξίσου σημαντικό, είναι να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που θα υπολογίζει το κόστος κάθε παρτίδας, καθώς και ακόμα ένα μοντέλο που θα υπολογίζει το κόστος αναμονής του ελαιολάδου στην δεξαμενή.

# Βιβλιογραφία

---

## Ξενόγλωσση

---

Aparicio R, Harwood J. Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties. 2000;620, Aspen Publishers

APARICIO, R., & APARICIO-RUIZ, (1999). Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties .

Arthur, J. L., & Lawrence, K. D. (1980). A multiple goal blending problem. *Computers & Operations Research*, 7(3), 215-224.

Buxton, A., Livingston, A. G., & Pistikopoulos, E. N. (1999). Optimal design of solvent blends for environmental impact minimization. *AIChE Journal*, 45(4), 817-843.

Darmon, N., Darmon, M., & Ferguson, E. (2006). Identification of nutritionally adequate mixtures of vegetable oils by linear programming. *Journal of human nutrition and dietetics*, 19(1), 59-69.

Glismann, K., & Gruhn, G. (2001). Short-term scheduling and recipe optimization of blending processes. *Computers & chemical engineering*, 25(4-6), 627-634.

Grossmann, I. E., Van Den Heever, S. A., & Harjunkoski, I. (2002). Discrete optimization methods and their role in the integration of planning and scheduling. In *AIChE Symposium Series* (pp. 150-168). New York; American Institute of Chemical Engineers; 1998.

Gupta, S., & Zhang, N. (2006). Multiperiod planning of refinery operations under market uncertainty. In *The 2006 Annual Meeting San Francisco, CA, Systems and Process Design (10a), Computing and Systems Technology Division* (Vol. 11). Available at: <http://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/aiche-2006/data/papers/P56644.pdf> [Accessed 15 Jan. 2018].



Jia, Z., & Ierapetritou, M. (2003). Mixed-integer linear programming model for gasoline blending and distribution scheduling. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(4), 825-835.

Kofakis, P. A. (2014). An Olive Oil Tank Farm Management and Optimum Blend System. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(1), 235.

Mailer, R. (2006). Chemistry and quality of olive oil. *Primefact*, 227, 1-4.

Nicklas, T. A., Hampl, J. S., Taylor, C. A., Thompson, V. J., & Heird, W. C. (2004). Monounsaturated fatty acid intake by children and adults: temporal trends and demographic differences. *Nutrition reviews*, 62(4), 132-141.

Quesada, I., & Grossmann, I. E. (1995). Global optimization of bilinear process networks with multicomponent flows. *Computers & Chemical Engineering*, 19(12), 1219-1242.

## **Ελληνική**

---

Κατσάς, Π. (2016). Η συμπεριφορά του καταναλωτή απέναντι στο ελαιόλαδο. Διαθέσιμο στο: <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/19712/3/KatsasPetrosMsc2016.pdf> [Πρόσβαση στις 14 Σεπ. 2018]

Μεσσαριτάκη, Μ. (2014). Marketing ελαιόλαδο. Διαθέσιμο στο: <http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3458/%20.pdf?sequence=1> [Πρόσβαση στις 16 Σεπ. 2018]

Κωνσταντίνου, Κ. (2014). Στρατηγικός σχεδιασμός του κλάδου τυποποιημένου ελαιολάδου στην Ελλάδα μελέτη περίπτωσης (Master's thesis). Διαθέσιμο στο: <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/5779/Konstantinou.pdf?sequence=2&isAllowed=y> [Πρόσβαση στις 16 Σεπ. 2018]

Μιχαηλ, Β. (2008). ΤΟ ΖΗΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Διαθέσιμο στο:

[http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1018/dikseo\\_1059.pdf?sequence=1](http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1018/dikseo_1059.pdf?sequence=1) [Πρόσβαση στις 17 Σεπ.2018]

Ράλλη, Β. (2015). Ποιότητα ελαιολάδου. Διαθέσιμο στο:

[http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:pjeCmVEMt0QJ:scholar.google.com/+%CE%A1%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%B7,+%CE%92.+\(2015\).+%CE%A0%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1+%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%85.&hl=en&as\\_sdt=0,5](http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:pjeCmVEMt0QJ:scholar.google.com/+%CE%A1%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%B7,+%CE%92.+(2015).+%CE%A0%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1+%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%BF%CF%85.&hl=en&as_sdt=0,5)

[Πρόσβαση στις 17 Σεπ.2018]

Γεωργιάδου, Δ. (2015). Η νοθεία των τροφίμων: μελέτη περίπτωσης η νοθεία του ελαιόλαδου.

Διαθέσιμο στο:

[http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14735/STEG\\_TEGEP\\_00558\\_Medium.pdf?sequence=1](http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/14735/STEG_TEGEP_00558_Medium.pdf?sequence=1) [Πρόσβαση στις 18 Σεπ.2018]

Κυριτσάκης, Α. 2000. Όλα τα μυστικά για το ελαιόλαδο.

Βαρβάκης .Κ 2001 . Θεωρία του κόστους : Το κόστος και οι επιχειρηματικές αποφάσεις

Λαζαράκη, 2003. Μέθοδος οργανοληπτικής αξιολόγησης του παρθένου ελαιόλαδου. Πρακτικά ημερίδας « Τυποποίηση και γευσιγνωσία ελαιόλαδου» Πεζιά, 12 Δεκεμβρίου 2003.

## Ηλεκτρονική πηγή

---

<http://www.modernanalytics.gr/work/%CE%BB%CE%B9%CF%80%CE%B7-%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%B1-2/> [Πρόσβαση στις 8 Ιουν.2017]

([http://ff-oliveoil.com/quality\\_en.html](http://ff-oliveoil.com/quality_en.html)) [Πρόσβαση στις 8 Ιουν.2017]

## **Κανονισμοί**

---

Κανονισμός (ΕΟΚ) αριθ. 2568/91 της επιτροπής της 11ης Ιουλίου 1991 σχετικά με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ελαιολάδων και των πυρηγελαίων καθώς και με τις μεθόδους προσδιορισμού

# Παραρτήματα

---

## Παράρτημα 1

### Χαρακτηρισμός και ανάλυση του ελαιολάδου

Το ελαιόλαδο μπορεί να χωριστεί σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία σε διάφορες κατηγορίες με κύριο κριτήριο τις φυσικές τις χημικές και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του λαδιού. Το ελαιόλαδο γενικά θεωρείται ως η σύνθεση ενός σαπωνοσοποιήσιμου κλάσματος δηλαδή από τριγλυκερίδια λιπαρών οξέων και ενός μη σαπωνοσοποιήσιμου κλάσματος που αποτελούνται κυρίως από δευτερεύουσα συστατικά. Ο κύριος όγκος του ελαιόλαδου είναι το σαπωνοποιήσιμο κλάσμα και η σύνθεση του αποτελείται από λιπαρά οξέα που περιέχονται στα τριγλυκερίδια, τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με την ποικιλία και εν μέρει εξαρτώνται από την περιοχή στην οποία καλλιεργούνται.

(<http://www.modernanalytics.gr/work/%CE%BB%CE%B9%CF%80%CE%B7-%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%B1-2/>).

Για να προσδιοριστεί η ποιότητα του ελαιόλαδου απαιτείται ο καθορισμός των χημικών φυσικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Στα χημικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου εκτός από τη σύσταση του συμπεριλαμβάνονται η οξύτητα και η οξείδωση του. Με τον όρο ‘οξύτητα’ εννοείται η προκαλούμενη μεταβολή εξαιτίας μικροβιακών και ενζυματικών δράσεων σε συνδυασμό με την υπάρχουσα υγρασία. Η οξύτητα αποτελεί χαρακτηριστικό του καρπού όταν αυτός έχει προσληφθεί από κάποια ασθένεια ή όταν αυτός δεν είναι αποθηκευμένος σωστά πριν την επεξεργασία του σε μεγάλη θερμοκρασία και κακό αερισμό. Η μέτρηση της οξύτητας πραγματοποιείται σε όρους ελεύθερων λιπαρών οξέων και εκφράζεται σε περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος (gr/ 100 grή %)

([http://ff-oliveoil.com/quality\\_en.html](http://ff-oliveoil.com/quality_en.html)).

Η οξείδωση είναι το αποτέλεσμα της επαφής του ελαιόλαδου με το οξυγόνο, το φως και τα μέταλλα σε συνδυασμό με την παραμονή του σε χαμηλές θερμοκρασίες. Προκειμένου να αποφευχθεί η οξείδωση θα πρέπει το ελαιόλαδο να διατηρείται σε χαμηλές θερμοκρασίες σε ειδικά αδιαφανή δοχεία. Το μέτρο της οξείδωσης του ελαιόλαδου είναι ο αριθμός υπεροξειδίων ή ο προσδιορισμός των σταθερών δεικτών K και πραγματοποιείται σε φασφατοφωτόμετρο υπεριώδους φάσματος.

Στα φυσικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου συμπεριλαμβάνονται κυρίως το χρώμα του, το ιξώδες και άλλα οπτικά χαρακτηριστικά. Το ελαιόλαδο γενικά μπορεί να έχει χρώμα που κυμαίνεται από πρασινοκίτρινο έως χρυσοκίτρινο. Το χρώμα του ελαιόλαδου είναι συνάρτηση τόσο της ωριμότητας του καρπού όσο και του χρώματος του πριν υποστεί επεξεργασία. (Κυριτσάκης, 2000).

Με τον όρο οργανοληπτικά χαρακτηριστικά εννοούνται κυρίως η γεύση και το άρωμα και γενικά οι οσμές του ελαιόλαδου. Η εκτίμηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών γίνεται από ειδικούς γευσιγνώστες σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται από το διεθνές συμβούλιο ελαιόλαδου. Στόχος της αξιολόγησης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών είναι η εκτίμηση των θετικών και αρνητικών ιδιοτήτων του ελαιόλαδου (Λαζαράκη, 2003).

Στις θετικές ιδιότητες του ελαιόλαδου περιλαμβάνεται η γεύση του που μπορεί να είναι φρουτώδης, πικρή ή πικάντικη. Η φρουτώδης γεύση προέρχεται κυρίως από την παραγωγή του ελαιόλαδου από υγιείς φρέσκες ώριμες ή άγουρες ελιές και αποτελεί βασικό κριτήριο κατάταξης του ελαιόλαδου στην κατηγορία του εξαιρετικά παρθένου. Πικάντικο θεωρείται το ελαιόλαδο που έχει μια «καυτερή» γεύση. Το συγκεκριμένο παρατηρείται κατά κύριο λόγο σε λάδια που προέρχονται από ανώριμες ελιές και που ευρύτερα είναι γνωστά ως αγουρέλαια. Η έντονη γεύση είναι το αποτέλεσμα της δράσης των φαινικών ουσιών που περιέχονται στα αγουρέλαια και είναι παροδική.

Η παραγωγή λαδιού από πράσινους καρπούς ή πρασινωπούς οδηγεί στην δημιουργία μιας πικρής γεύσης που όμως δεν θεωρείται αρνητική για την αξιολόγηση του παραγόμενου ελαιόλαδου. Σύμφωνα με το διεθνές συμβούλιο ελαιόλαδου πιθανά αρνητικά χαρακτηριστικά που μπορεί να εντοπιστούν στο ελαιόλαδο είναι το ατρόχαδο, η μούχλα, η μούργα, το κρασάτο, το μεταλλικό, το καμένο, το άχυρο-ξύλο, το παχύ, τα λιπαντικά, τα απόνερα, η άλμη, το σπάρτο,

η χωματίλα, το σκουλήκι, το αγγούρι κ.α. Τα χαρακτηριστικά αυτά εμφανίζονται κυρίως στα ελαιόλαδα των υπόλοιπων χωρών και σπάνια έως ποτέ στα ελληνικά ελαιόλαδα.

Το ελαιόλαδο με βάση Κανονισμούς της Ε.Ε. κατατάσσεται σε διάφορες ποιοτικές κατηγορίες, οι οποίες διαφέρουν ελαφρά στην χονδρική και λιανική αγορά. Ανάλογα τα χαρακτηριστικά και τον τρόπο παραγωγής του, το ελαιόλαδο διακρίνεται σε εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο, παρθένο ελαιόλαδο, παρθένο ελαιόλαδο λαμπάντε, εξευγενισμένο ελαιόλαδο, ελαιόλαδο, ακατέργαστο πυρηνέλαιο, εξευγενισμένο πυρηνέλαιο και βιολογικό ελαιόλαδο.

### **Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο**

Ως παρθένο ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται το ελαιόλαδο που λαμβάνεται από τον καρπό της ελιάς μόνο με μηχανικά ή άλλα φυσικά μέσα που δεν οδηγούν σε αλλαγές του ελαίου και το οποίο έχει υποστεί ως επεξεργασία μόνο το πλύσιμο, το διαχωρισμό, τη φυγοκέντρωση και το φιλτράρισμα. Κατά συνέπεια, ως παρθένο ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται ο φυσικός χυμός της ελιάς. Στο ελαιοτριβείο τα παρθένα ελαιόλαδα διαχωρίζονται σε βρώσιμα και μη βρώσιμα (Κανονισμός 2568/91). Στα βρώσιμα ανήκουν το εξαιρετικό παρθένο και το παρθένο ελαιόλαδο ενώ στα μη βρώσιμα το μειονεκτικό παρθένο ελαιόλαδο.

Το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο αποτελεί βασικό συστατικό της μεσογειακής δίαιτας και η κύρια πηγή λήψης βρώσιμων λιπιδίων. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτικά έλαια, το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο θεωρείται μια διαιτητική τροφή μοναδική εξαιτίας των λιπαρών οξέων που περιέχει, όπως το μονοκορεσμένο ελαϊκό οξύ και το υδροφιλικό περιεχόμενό του, όπως οι φαινολικές αλκοόλες και τα οξέα. Τα λιπαρά οξέα αποτελούν το 98% των συστατικών του ελαιόλαδου και το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται από ένα σχετικά χαμηλό επίπεδο πολυκορεσμένων λιπαρών οξέων και μεγάλο επίπεδο μονοκορεσμένων λιπαρών οξέων. Τα τριγλυκερίδια του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου αποτελούν το 98-99% των συνολικών λιπαρών οξέων με τα διγλυκερίδια να είναι 1-1.5% και τα μονογλυκερίδια να είναι λιγότερα από 1%. Περίπου το 99% του κλάσματος των λιπαρών οξέων αποτελείται από κορεσμένο παλμιτικό (20%), στεατικά λιπαρά οξέα (85%), ελαϊκά λιπαρά οξέα (85%) και λινολεϊκά οξέα (1,5%) που δεν συνθέτονται από τον άνθρωπο. Το συνολικό περιεχόμενο του σε μονοκορεσμένα λιπαρά

οξέα είναι 70-80g/100g, τιμή πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των φυτικών ελαίων (Nicklas et al., 2004).

Ο διεθνής οργανισμός ελαιόλαδου έχει δημιουργήσει μια λίστα με τα επιτρεπτά όρια για κάθε λιπαρό οξύ που είναι αποδεκτά προκειμένου το ελαιόλαδο να χαρακτηριστεί ως εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (Maller, 2006).

Γενικά τα συγκεκριμένα όρια χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα ευρή και σχεδόν κάθε είδος ελαιόλαδου μπορεί να ενταχθεί σε αυτά. Παρόλα αυτά υπάρχουν εξαιρέσεις στον κανόνα. Σύμφωνα με το διεθνή οργανισμό τα λιλολενικά οξέα μπορεί να είναι μικρότερα από 1%, αλλά υπάρχουν ελαιόλαδα στα οποία το ποσοστό ξεπερνάει το 2%.

Fatty acid	Carbon number	Allowable Range %
Palmitic	C16:0	7.5–20.0
Palmitoleic	C16:1	0.3–3.5
Stearic	C18:0	0.5–5.0
Oleic	C18:1	55.0–83.0
Linoleic	C18:2	3.5–21.0
Linolenic	C18:3	<1.0
Arachidic	C20:0	<0.6
Gadoleic	C20:1	<0.4

Πίνακας3. Επιτρεπτά όρια λιπαρών οξέων στο εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο (Maller, 2006).

Επιπλέον, ο διεθνής οργανισμός έχει θέσει λεπτομερή όρια προτύπων που περιγράφουν το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Οι βασικές χημικές παράμετροι, τις οποίες πρέπει το ελαιόλαδο να καλύπτει προκειμένου να θεωρείται εξαιρετικά παρθένο είναι:

Ελεύθερα λιπαρά οξέα  $\leq 0,8\%$  και τιμή περοξειδίου  $\leq 20\text{mEq/kg}$

Οι τιμές των δεικτών K για τα εξαιρετικά παρθένα ελαιόλαδα είναι

$K_{232} \leq 2,5$  και  $K_{270} \leq 0,20$

### **2.3 Είδη ελαιόλαδων και πυρηνελαίων όπως αναφέρει ο Kofakis (2014:240)**

1. Εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο
2. Παρθένο ελαιόλαδο
3. Λαμπάντε ελαιόλαδο
4. Ελαιόλαδο εξευγενισμένο
5. Συνδυασμένο ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένο ελαιόλαδο και παρθένο ελαιόλαδο
6. Ακατέργαστο πυρηνέλαιο
7. Εξευγενισμένο ελαιόλαδο



## Παράρτημα 2

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

Κατηγορία	Οξύτητα (%) (*)	Αριθμός υπεροξειδίων mEq O <sub>2</sub> /kg (*)	Κηφοί mg/kg (**)	2-μονοαυλιμπική (%)	Συγλυκισσοδιένιο mg/kg (†)	Διαφορά ECN42-IPFC και ECN42 (έσορητικός υπολογισμός)	K <sub>232</sub> (*)	K <sub>230</sub> (*)	Δια-Κ (*)	Οργανοληπτική εφύπωση Διάμοσος του ελαστώματος (M <sub>d</sub> ) (*)	Οργανοληπτική εφύπωση Διάμοσος των φρονιόδους (M <sub>f</sub> ) (*)
Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο	≤ 0,3	≤ 20	≤ 250	≤ 0,5 εάν % ολικό παλμτικό οξύ ≤ 14 % ≤ 1,0 εάν % ολικό παλμτικό οξύ > 14 %	≤ 0,10	≤ 0,2	≤ 2,50	≤ 0,22	≤ 0,01	M <sub>d</sub> = 0	M <sub>f</sub> > 0
Παρθένο ελαιόλαδο	≤ 2,0	≤ 20	≤ 250	≤ 0,5 εάν % ολικό παλμτικό οξύ ≤ 14 % ≤ 1,0 εάν % ολικό παλμτικό οξύ > 14 %	≤ 0,10	≤ 0,2	≤ 2,60	≤ 0,25	≤ 0,01	M <sub>d</sub> ≤ 2,5	M <sub>f</sub> > 0
Ελαιόλαδο λαμπάντε	> 2,0	—	≤ 300 (‡)	≤ 0,5 εάν % ολικό παλμτικό οξύ ≤ 14 % ≤ 1,1 εάν % ολικό παλμτικό οξύ > 14 %	≤ 0,50	≤ 0,3	—	—	—	M <sub>d</sub> > 2,5 (‡)	—
Εξευγενισμένο ελαιόλαδο	≤ 0,3	≤ 5	≤ 350	≤ 0,5 εάν % ολικό παλμτικό οξύ ≤ 14 % ≤ 1,1 εάν % ολικό παλμτικό οξύ > 14 %	—	≤ 0,3	—	≤ 1,10	≤ 0,15	—	—
Σύνθετο ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένα και παρθένα ελαιόλαδα	≤ 1,0	≤ 15	≤ 350	≤ 0,5 εάν % ολικό παλμτικό οξύ ≤ 14 % ≤ 1,0 εάν % ολικό παλμτικό οξύ > 14 %	—	≤ 0,3	—	≤ 0,90	≤ 0,15	—	—
Ακατέργαστο πορηνέλιο	—	—	> 350 (‡)	≤ 1,4	—	≤ 0,6	—	—	—	—	—
Εξευγενισμένο πορηνέλιο	≤ 0,3	≤ 5	> 350	≤ 1,4	—	≤ 0,5	—	≤ 2,00	≤ 0,20	—	—
Πορηνέλιο	≤ 1,0	≤ 15	> 350	≤ 1,2	—	≤ 0,5	—	≤ 1,70	≤ 0,18	—	—

Πίνακας4. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 61/2011 της Επιτροπής της 24-1-2011.

Κατηγορία	Περιεκτικότητα σε οξέα (†)						Αθροισμα των ισομερών του τριαιλικού ελαίου (%)	Αθροισμα των ισομερών του τριαιλικού ελαίου + τριαιλικού ελαίου (%)	Σύνθεση των στερολών					Ολικές στερόλες (mg/kg)	Εροθροδίκτυ και σφοδρότητα (%) (**)	
	Μηριστικά (%)	Λινολενικά (%)	Αραχιδικά (%)	Εικοσάινα (%)	Βεγεχνικά (%)	Λιγνολικά (%)			Χοληστερόλη (%)	Βρωμοκεστερόλη (%)	Καμπεστερόλη (%)	Στιγμοστερόλη (%)	β-Σιτοστερόλη (%) (‡)			δ-7-Στενιμπεστερόλη (%)
1. Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Κομπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
2. Παρθένο ελαιόλαδο	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Κομπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
3. Ελαιόλαδο λαμπάντε	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	—	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5 (†)
4. Εξευγενισμένο ελαιόλαδο	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Κομπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
5. Σύνθετο ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένα και παρθένα ελαιόλαδα	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 4,0	< Κομπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 000	≤ 4,5
6. Ακατέργαστο πορηνέλιο	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,20	≤ 0,10	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	—	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 2 500	> 4,5 (†)
7. Εξευγενισμένο πορηνέλιο	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,40	≤ 0,35	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	< Κομπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 800	> 4,5
8. Πορηνέλιο	≤ 0,05	≤ 1,0	≤ 0,6	≤ 0,4	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,40	≤ 0,35	≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	< Κομπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥ 1 600	> 4,5

Πίνακας5. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 61/2011 της Επιτροπής της 24-1-2011.