



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ
ΝΟΘΕΙΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ»**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ: ΜΕΪΝΤΗ ΓΙΑΝΝΗΣ

A.M.: 71617064

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΛΑΝΤΖΟΥΡΑΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΑΘΗΝΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF FOOD SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

DIPLOMA THESIS

**«ANALYTICAL METHODS FOR THE DETECTION OF
ADULTERATION OF PRODUCTS IN THE GREEK FOOD
AND BEVERAGE MARKET»**

STUDENT NAME AND SURNAME: MEINTI GIANNIS

REGISTRATION NUMBER: 71617064

SUPERVISOR NAME AND SURNAME: LANTZOURAKI DIMITRA

ATHENS

SEPTEMBER 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Τίτλος εργασίας

«ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΝΟΘΕΙΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/Α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΛΑΝΤΖΟΥΡΑΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ	
2	ΣΙΝΑΝΟΓΛΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΑ	ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΚΡΙΤΣΗ ΕΥΤΥΧΙΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μειντή Γιάννης του Θανάς, με αριθμό μητρώου 71617064, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Επιστημών Τροφίμων, του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



(Υπογραφή)

Περίληψη

Η νοθεία στα τρόφιμα και τα ποτά αποτελεί σύγχρονη μάστιγα του τομέα των τροφίμων, της οποίας ο αντίκτυπος εκτείνεται από τους παραγωγούς και τη βιομηχανία, έως τις κανονιστικές αρχές και τους καταναλωτές, οι οποίοι είναι οι τελικοί αποδέκτες. Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική αύξηση στα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας τροφίμων, τόσο στην παγκόσμια, όσο και την ελληνική αγορά. Ως εκ τούτου, έχει καταστεί αναγκαία η ανάπτυξη καινοτόμων, έγκυρων και αξιόπιστων αναλυτικών μεθόδων βασισμένες σε τεχνολογίες αιχμής για την αποτελεσματική ανίχνευση των νοθευμένων τροφίμων και ποτών και τη διασφάλιση της αυθεντικότητάς τους.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται οι αναλυτικές τεχνικές και μέθοδοι προσδιορισμού των ειδών νοθείας σε τρόφιμα και ποτά, εμπορικά διαθέσιμα στην ελληνική αγορά, τα οποία αποτελούν συχνά στόχο νοθείας. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα με εκτεταμένη και στοχευμένη ανασκόπηση έγκυρων επιστημονικών πηγών και μελετήθηκαν πρόσφατα ευρήματα, αναφορικά με τις αναλυτικές μεθόδους προσδιορισμού της νοθείας. Επιπλέον, περιγράφονται τα διαφορετικά είδη νοθείας που απαντώνται στις επιλεγμένες κατηγορίες τροφίμων και ποτών, όπως και ο αντίκτυπος που έχει η νοθεία στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών, τους καταναλωτές και την ποιότητα των προϊόντων.

Λέξεις Κλειδιά: νοθεία, τρόφιμα, ποτά, ελληνική αγορά, αναλυτικές τεχνικές/μέθοδοι

Abstract

Food and drink adulteration is a modern scourge of the food sector, whose impact extends from the producers and the industry, to regulators and consumers, who are the final recipients. In recent years, there has been a significant increase in recorded cases of food adulteration, both in the global and the Greek market. Therefore, it has become necessary to develop innovative, valid and reliable analytical methods based on cutting-edge technologies for the effective detection of adulterated food and beverages and to ensure their authenticity.

This study presents the analytical techniques and methods used for the determination of adulterated food and beverages, commercially available in the Greek market, which are a common target of adulteration. For this purpose, a literature survey was carried out with an extensive and targeted review of valid scientific sources and recent findings regarding analytical methods for the determination of adulteration were studied. In addition, the different types of adulteration found in the selected food and drink categories are described, as well as the impact of adulteration on the food and drink industry, consumers and product quality.

Keywords: adulteration, food, beverages, Greek market, analytical techniques/methods

*Στους γονείς μου,
στα φτερά με τα οποία πετάω*

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση πτυχιακής μου εργασίας, οφείλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας, κα Δήμητρα Λαντζουράκη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ' αρχής, αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα. Επίσης, την ευχαριστώ για την επιστημονική καθοδήγηση και τις χρήσιμες υποδείξεις που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις κυρίες Βασιλεία Σινάνογλου και Ευτυχία Κρίτση ως μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Κατάλογος εικόνων.....	11
Κατάλογος πινάκων	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ - ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΝΟΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ	12
1.1 Ιστορική Εξέλιξη της Νοθείας στα Τρόφιμα	12
1.2 Ορισμός της Νοθείας στα Τρόφιμα.....	13
1.2.1 Η Νοθεία στα Τρόφιμα Σήμερα	13
1.2.2 Ορισμός Νοθείας Τροφίμων	13
1.3 Είδη Νοθείας στα Τρόφιμα	17
1.4 Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΝΟΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΝΟΘΕΙΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ	20
2.1 Νοθεία του Κρέατος και των Προϊόντων του	20
2.1.1 Εισαγωγή.....	20
2.1.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Κρέατος και των Προϊόντων του	21
2.1.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Κρέας και τα Προϊόντα του.....	22
2.1.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Κρέατος και των Προϊόντων του	23
2.2 Νοθεία του Γάλακτος και των Γαλακτοκομικών Προϊόντων	27
2.2.1 Εισαγωγή.....	27
2.2.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Γάλακτος και των Γαλακτοκομικών Προϊόντων	28
2.2.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Γάλα και τα Προϊόντα του.....	29
2.2.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Γάλακτος και των Γαλακτοκομικών Προϊόντων	31
2.3 Νοθεία του Ελαιολάδου	35
2.3.1 Εισαγωγή.....	35
2.3.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Ελαιολάδου	36
2.3.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Ελαιόλαδο	37
2.3.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Ελαιολάδου	38
2.4 Νοθεία των Μπαχαρικών	43
2.4.1 Εισαγωγή.....	43
2.4.2 Αντίκτυπος της Νοθείας των Μπαχαρικών	44
2.4.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στα Μπαχαρικά	45
2.4.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας των Μπαχαρικών	46
2.5 Νοθεία του Κρασιού	49

2.5.1 Εισαγωγή.....	49
2.5.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Κρασιού	50
2.5.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Κρασί.....	50
2.5.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Κρασιού	51
2.6 Νοθεία των Χυμών Φρούτων.....	54
2.6.1 Εισαγωγή.....	54
2.6.2 Αντίκτυπος της Νοθείας των Χυμών Φρούτων	55
2.6.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στους Χυμούς Φρούτων.....	55
2.6.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας των Χυμών Φρούτων.....	56
2.7 Νοθεία του Καφέ.....	60
2.7.1 Εισαγωγή.....	60
2.7.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Καφέ	61
2.7.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στον Καφέ.....	61
2.7.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Καφέ.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	67
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ, ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	76
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	90

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1 Διαφορά μεταξύ της νοθείας τροφίμων και υπόλοιπων κινδύνων που αντιμετωπίζει η εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων (GFSI, 2018).....	17
Εικόνα 2.1 Αριθμός δημοσιεύσεων στη βιβλιογραφία σχετικά με την αυθεντικότητα διάφορων κατηγοριών τροφίμων (Hassoun <i>et al.</i> , 2020).....	21
Εικόνα 2.2 Συνήθεις τεχνικές που εφαρμόζονται για τον έλεγχο της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του (Li <i>et al.</i> , 2020a).....	23
Εικόνα 2.3 Αντιπροσωπευτικά FTIR φάσματα σε αντιπαραβολή λυοφιλοποιημένων δειγμάτων κρέατος κοτόπουλου, χοιρινού και βοδινού στην περιοχή μεταξύ των 4500 και 850 cm^{-1} . Επισημαίνονται οι ζώνες απορρόφησης χαρακτηριστικών ομάδων ενώσεων (Candoğan <i>et al.</i> , 2021)	27
Εικόνα 2.4 Ουσίες που προστίθενται συνήθως στο γάλα, οι αναλυτικές τεχνικές που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό τους και ο βαθμός περιπλοκότητας της προκατεργασίας του δείγματος. FL: μοριακή φασματοσκοπία φθορισμού, GC: αεριοχρωματογραφία, HPLC: υψηλής απόδοσης υγροχρωματογραφία, IR: φασματοσκοπία υπερύθρου, RI: μέτρηση του δείκτη διάθλασης, Scan: scanometry, SP: φασματοσκοπία UV - Vis (Nascimento <i>et al.</i> , 2017)	31
Εικόνα 2.5 Φάσμα Raman μαργαρίνης (A), 50/50 μίγματος μαργαρίνης-βουτύρου (B) και βουτύρου (C) (Nedeljković <i>et al.</i> , 2016).....	34
Εικόνα 2.6 Φάσμα NIR γάλακτος και νοθευμένου γάλακτος, στο οποίο έχει προστεθεί γλυκόζη, μελαμίνη ή ουρία (Yang <i>et al.</i> , 2013)	34
Εικόνα 2.7 Εικονική αναπαράσταση παραγωγής διαφορετικών κατηγοριών ελαιολάδου	35
Εικόνα 2.8 Φάσμα απορρόφησης εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου, ηλιέλαιου και μιγμάτων εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου με 10% και 50% ηλιέλαιο στα 400-800 nm (Philippidis <i>et al.</i> , 2017)	40
Εικόνα 2.9 Φάσματα FT-IR εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου (EVOO) και ηλιέλαιου (SFO), σε αντιπαραβολή (Ravindran <i>et al.</i> , 2018).....	41
Εικόνα 2.10 Απεικόνιση διάφορων ειδών μπαχαρικών	44
Εικόνα 2.11 Φάσματα UV-Vis των χρωστικών Sudan I, Sudan II, Sudan III και Sudan IV (Zhou <i>et al.</i> , 2013).....	47
Εικόνα 2.12 Αρωματική περιοχή του φάσματος ^1H NMR των χρωστικών Sudan I-IV και αγνού ελληνικού σαφράν. Με τα κόκκινα πλαίσια επισημαίνονται συγκεκριμένα σήματα που αξιοποιούνται για τη ταυτοποίηση κάθε χρωστικής στο νοθευμένο σαφράν (Petraakis <i>et al.</i> , 2017)	48
Εικόνα 2.13 Γενική χημική σύνθεση του κρασιού	49
Εικόνα 2.14 Φάσματα Raman αιθανόλης, μεθανόλης, κόκκινου κρασιού και κόκκινου κρασιού με μεθανόλη, σε αντιπαραβολή (Qian <i>et al.</i> , 2013)	53
Εικόνα 2.15 Εικονική αναπαράσταση παραγωγής καφέ.....	60
Εικόνα 2.16 HPLC χρωματογραφήματα δείγματος καθαρού καφέ και μίγματος καφέ με κόκκους σόγιας και σιτάρι. Κορυφές: 1) μαννιτόλη, 2) αραβινόζη, 3) γαλακτόζη, 4) γλυκόζη, 5) ξυλόζη, 6) μαννόζη, 7) φρουκτόζη (Pauli <i>et al.</i> , 2014).....	64
Εικόνα 2.17 Φάσμα ^1H NMR τυπικού καφέ Robusta και Arabica. Επισημαίνονται τα εξής σήματα: a) 16-OMC, b) καφεΐνη, c) τριγλυκερίδια, d) kahweol (Monakhova <i>et al.</i> , 2015).....	65

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.1 Ορισμοί νοθείας τροφίμων από τη βιβλιογραφία (Robson <i>et al.</i> , 2020).....	15
Πίνακας 1.2 Ορισμοί νοθείας τροφίμων από κανονιστικά πρότυπα και δημοσιεύσεις κυβερνητικών σωματείων (Robson <i>et al.</i> , 2020).....	16
Πίνακας 1.3 Είδη νοθείας, ορισμοί και παραδείγματα (Spink, 2018; Brooks <i>et al.</i> , 2021).....	19
Πίνακας 3.1: Αναλυτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό συγκεκριμένων ειδών νοθείας σε επιλεγμένα τρόφιμα και ποτά και η επικινδυνότητα της νοθείας στα προϊόντα αυτά.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ - ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΝΟΘΕΙΑΣ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

1.1 Ιστορική Εξέλιξη της Νοθείας στα Τρόφιμα

Η νοθεία στα τρόφιμα δεν είναι ένα σύγχρονο φαινόμενο. Αντιθέτως, θεωρείται τόσο παλιό φαινόμενο όσο είναι η παραγωγή τροφίμων και η εμπορευματοποίησή τους (Hong *et al.*, 2017; Sumar and Ismail, 1995). Τα παλαιότερα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας χρονολογούνται πριν από χιλιάδες χρόνια. Τα περιστατικά αυτά αφορούν κυρίως το ελαιόλαδο, το κρασί, τα μπαχαρικά και το τσάι (Johnson, 2014). Για παράδειγμα, στην αρχαία Ρώμη και Αθήνα το κρασί συνήθως αναμιγνυόταν με μέλι, μπαχαρικά, βότανα και ζάχαρη μόλυβδου (οξικός μόλυβδος). Τα συστατικά αυτά χρησιμοποιούνταν κυρίως ως συντηρητικά και γλυκαντικά (Sumar and Ismail, 1995; Banti, 2020). Με το πέρασμα του χρόνου, η νοθεία στα τρόφιμα με σκοπό το οικονομικό κέρδος γινόταν ολοένα συχνότερο φαινόμενο. Στα μεσαιωνικά χρόνια, η ζήτηση εισαγόμενων και ακριβών μπαχαρικών ήταν υψηλή, ενώ η προσφορά τους ήταν περιορισμένη. Λαμβάνοντας υπόψιν την κατάσταση αυτή, ορισμένοι έμποροι νόθευαν τα πολύτιμα μπαχαρικά αυτά, με ανάμιξη τους με σπόρους, κελύφη σπόρων, πέτρες ή σκόνη (Banti, 2020). Μεταξύ του 13^{ου} και 16^{ου} αιώνα, τα συνηθέστερα τρόφιμα που νοθεύονταν ήταν το ψωμί, το κρασί, η μύρα και τα μπαχαρικά (Tsimidou and Boskou, 2003). Η μετάβαση από την αγροτική κοινωνία στη βιομηχανική, κατά τον 18^ο και 19^ο αιώνα, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη επιστημονικής γνώσης σχετικά με τη σύνθεση των τροφίμων και τις ιδιότητες διαφόρων χημικών ενώσεων. Η γνώση αυτή, οδήγησε σε σταδιακή αύξηση του φαινομένου της νοθείας στα βασικά (ψωμί, μέλι, κρασί) και πολύτιμα για την εποχή τρόφιμα (μπαχαρικά). Επίσης, όμως, συνέβαλε και στην αποτελεσματικότερη ανίχνευση της νοθείας (Tsimidou *et al.*, 2016). Σύμφωνα με τους Tsimidou και Boskou (2003) η νοθεία τροφίμων, μετά τον 18^ο αιώνα, αποτέλεσε παράγοντα επικινδυνότητας για την υγεία. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το περιστατικό τοξικού ελαιολάδου στην Ισπανία το 1981, όπου λάδι βιομηχανικής χρήσης πουλήθηκε ως ελαιόλαδο για ανθρώπινη κατανάλωση. Το περιστατικό αυτό, συνδέθηκε με 1.200 θανάτους και 20.000 νοσηλείες (Kendall *et al.*, 2019). Άλλα σύγχρονα και σημαντικά παραδείγματα περιστατικών νοθείας είναι τα εξής: (1) προσθήκη καρκινογόνων κόκκινων χρωστικών Sudan στην πάπρικα και σε άλλα μπαχαρικά (2004), (2) προσθήκη μελαμίνης σε βρεφικές τροφές, η οποία είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο έξι βρεφών και 54.000 νοσηλείες στην Κίνα (2008), (3) προσθήκη μεθανόλης σε αλκοολούχα ποτά, που διατίθονταν στην Τσεχία, Πολωνία και Σλοβενία, η οποία οδήγησε συνολικά σε 42

θανάτους (2012), και (4) ανάμιξη κρέατος αλόγου με κρέας βοοειδών στην Ευρώπη (2013) (Spink, 2019a; Kendall *et al.*, 2018; Kendall *et al.*, 2019; Rizzuti, 2020).

1.2 Ορισμός της Νοθείας στα Τρόφιμα

1.2.1 Η Νοθεία στα Τρόφιμα Σήμερα

Η νοθεία τροφίμων ή αλλιώς απάτη στον τομέα των τροφίμων (Food Fraud) είναι ένα από τα πλέον φλέγοντα ζητήματα που απασχολούν τη βιομηχανία των τροφίμων (Spink, 2019b). Αυτό συμβαίνει επειδή η νοθεία στα τρόφιμα υποβιβάζει την ποιότητα των τροφίμων, μειώνει την εμπιστοσύνη του καταναλωτή σχετικά με την αυθεντικότητα των εμπορικά διαθέσιμων τροφίμων, παράλληλα ζημιώνει οικονομικά τον καταναλωτή και τη βιομηχανία τροφίμων, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις επιδρά αρνητικά στην υγεία του καταναλωτή αποτελώντας έτσι ένα δυνητικό πρόβλημα στην ασφάλεια των τροφίμων (Johnson, 2014; Bansal *et al.*, 2017; Cadieux *et al.*, 2019; Kendall *et al.*, 2019; Ulberth, 2020). Επίσης, βρίσκεται στο επίκεντρο του επιστημονικού ενδιαφέροντος, καθώς τα δημοσιευμένα περιστατικά νοθείας αυξάνονται και υπάρχουν μεγαλύτερες πιθανότητες απόκτησης κέρδους από τη νοθεία, λόγω της παγκοσμιοποίησης της αγοράς (Spink, 2014; Brooks *et al.*, 2021). Συνεπώς, η ανάγκη για μέτρα πρόληψης έναντι της νοθείας, όπως και για τεχνικές και μεθόδους προσδιορισμού και μείωσης της νοθείας στα τρόφιμα είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Ωστόσο, η αμφισημία του όρου «νοθεία τροφίμων» στέκεται συχνά ως εμπόδιο στην κάλυψη των αναγκών αυτών (Robson *et al.*, 2020).

1.2.2 Ορισμός Νοθείας Τροφίμων

Κανένας παγκόσμιος επίσημος ορισμός δεν υπάρχει για τη νοθεία των τροφίμων έως σήμερα (Tsimidou *et al.*, 2016). Εντούτοις, σε αρκετά επιστημονικά άρθρα, κυβερνητικά δημοσιεύματα και κανονιστικά πρότυπα έχουν δοθεί πληθώρα ορισμών για τη νοθεία τροφίμων. Στον **Πίνακα 1.1** δίνονται οι ορισμοί που έχουν δοθεί από επιστημονικές πηγές της βιβλιογραφίας και στον **Πίνακα 1.2** δίνονται οι ορισμοί που έχουν δοθεί από κυβερνητικά δημοσιεύματα και κανονιστικά πρότυπα (Robson *et al.*, 2020). Η Εθνική Νομοθεσία (Ν. 4235/2014) της Ελλάδας ορίζει ως νοθευμένα τρόφιμα «τα τρόφιμα στα οποία προστέθηκαν ύλες συνήθως ευτελέστερης αξίας για κερδοσκοπία ή για καλύτερη εμφάνιση των προϊόντων, στην οποία δεν ανταποκρίνονται πραγματικά» (ΕΦΕΤ, 2021).

Πίνακας 1.1 Ορισμοί νοθείας τροφίμων από τη βιβλιογραφία (Robson *et al.*, 2020)

Πηγή	Ορισμός
Spink and Moyer (2011)	Η νοθεία τροφίμων είναι συλλογικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιλάβει την εσκεμμένη υποκατάσταση, προσθήκη, αλλοίωση ή διαστρεβλωμένη παρουσίαση των τροφίμων, των συστατικών των τροφίμων ή της συσκευασίας των τροφίμων, μέσω παραπλανητικών δηλώσεων για ένα προϊόν, με σκοπό το οικονομικό κέρδος.
Everstine, Spink and Kennedy (2013)	Η σκόπιμη παραποίηση των τροφίμων, για οικονομικό κέρδος.
Ellis Muhamadali, Haughey, Elliott and Goodacre (2015)	Διαπράττεται όταν τα τρόφιμα εσκεμμένα διατίθενται στην αγορά για οικονομικό όφελος, με τη πρόθεση της εξαπάτησης των καταναλωτών. Αναφέρεται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Η.Π.Α.) και αλλού ως οικονομικά παρακινούμενη νοθεία (Economically Motivated Adulteration - E.M.A.). Δύο από τους κύριους τύπους περιλαμβάνουν: (1) εμπορία τροφίμων τα οποία είναι ακατάλληλα για κατανάλωση ή επιβλαβή ή επισημαίνονται παραπλανητικά και (2) λάθος επισημάνσεις σχετικά με τη γεωγραφική προέλευση, τα συστατικά ή αντικατάσταση με χαμηλότερης αξίας (π.χ. μυρτιά αντί για ρίγανη) ή μερικές φορές ακόμη και με επικίνδυνα συστατικά που δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση (π.χ. βιομηχανικές χρωστικές). Οι όροι απάτη τροφίμων (food fraud) και νοθεία τροφίμων (food adulteration) μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την ίδια σημασία, όταν η νοθεία είναι σκόπιμη.
Spink et al. (2015)	Διεθνής πρακτική με κίνητρο το οικονομικό κέρδος.
Moyer, DeVries and Spink (2017)	Η απάτη τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της υποκατηγορίας της Υπηρεσίας Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α. (Food and Drug Administration, F.D.A.) που ορίζεται ως E.M.A., αποτελεί πρακτική παράνομης παραπλάνησης για οικονομικό κέρδος χρησιμοποιώντας τρόφιμα.
Spink, Ortega, Chen and Wu (2017)	Παράνομη σκόπιμη παραπλάνηση για οικονομικό κέρδος χρησιμοποιώντας φαγητό - μπορεί να συμβεί σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας και συχνά περνά από τα διεθνή σύνορα.
Bouzembrak, Steen, Neslo, Linge, Mojtahed and Marvin (2018)	Η απάτη των τροφίμων περιλαμβάνει περιπτώσεις στις οποίες υπάρχει παραβίαση της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) για τα τρόφιμα, η οποία γίνεται σκόπιμα με σκοπό το οικονομικό κέρδος, μέσω της παραπλάνησης του καταναλωτή. Η απάτη των τροφίμων στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να προκύψει ως αποτέλεσμα ψευδής παρουσίασης σχετιζόμενη με: την ακεραιότητα του προϊόντος, την ακεραιότητα της διαδικασίας, την ακεραιότητα των ανθρώπων και την ακεραιότητα των δεδομένων των

	πληροφοριών που συνοδεύουν το προϊόν τροφίμου σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα.
Cruse (2019)	Μια σκόπιμη αλλαγή σε ένα προϊόν τροφίμου, την οποία ο καταναλωτής δεν γνωρίζει, με σκοπό την παραπλάνηση των καταναλωτών - είτε για να προκληθούν βλάβες είτε για οικονομικά οφέλη.
Manning and Soon (2019)	Σκόπιμη τροποποίηση προϊόντων τροφίμων ή/και των συσχετιζόμενων εγγράφων για οικονομικό κέρδος και μπορεί να οδηγήσει σε ζητήματα ασφάλειας τροφίμων, νομοθεσίας ή/και ποιότητας ανάλογα από τις δραστηριότητες που έχουν πραγματοποιηθεί από τους δράστες.

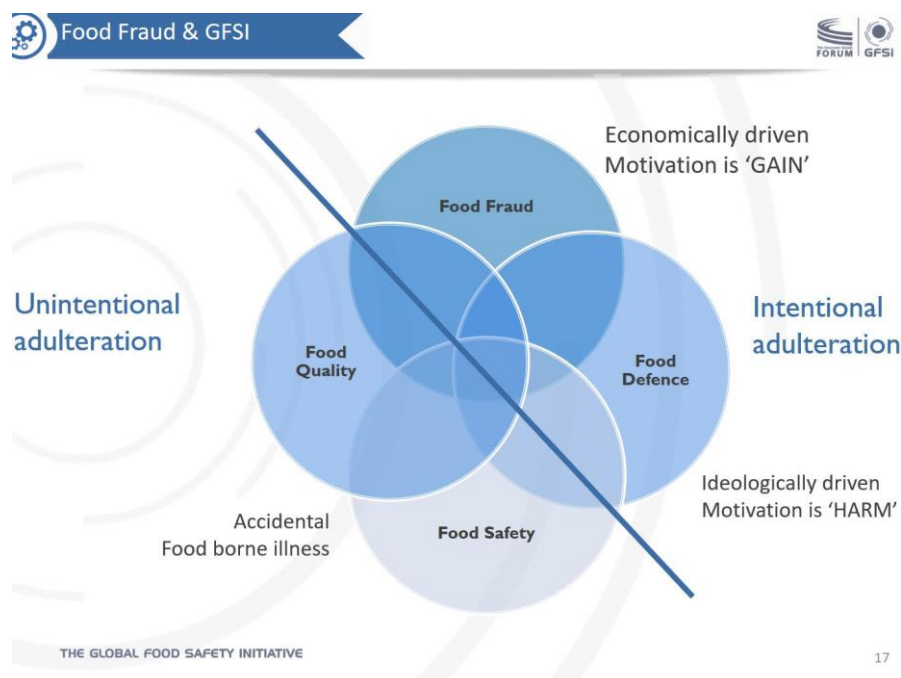
Πίνακας 1.2 Ορισμοί νοθείας τροφίμων από κανονιστικά πρότυπα και δημοσιεύσεις κυβερνητικών σωματείων (Robson *et al.*, 2020)

Πηγή	Ορισμός
Ανασκόπηση Elliott στην ακεραιότητα και διασφάλιση των δικτύων εφοδιασμού τροφίμων (DEFRA, 2014)	Σκόπιμη διακίνηση τροφίμων στην αγορά, για οικονομικό κέρδος, με την πρόθεση της παραπλάνησης του καταναλωτή. Αν και υπάρχουν πολλά είδη νοθείας τροφίμων, τα δύο βασικά είδη είναι: • Πώληση τροφίμων ακατάλληλων και δυνητικά επιβλαβών για την υγεία και • Σκόπιμη ψευδής περιγραφή των τροφίμων. Η νοθεία τροφίμων μπορεί επίσης να περιλαμβάνει την πώληση κρέατος από ζώα τα οποία έχουν κλαπεί και/ή έχουν σφαγεί παράνομα, όπως επίσης και άγριων ζώων, όπως ελάφια, που μπορεί να έχουν κυνηγηθεί λαθραία.
Αυθεντικότητα τροφίμων, πέντε βήματα για την προστασία της επιχείρησής σας (Food and Drink Federation, FDF, 2014)	Η νοθεία τροφίμων διαπράττεται όταν τρόφιμα διατίθενται σκόπιμα στην αγορά, με την πρόθεση της παραπλάνησης των καταναλωτών ή των πελατών.
Νοθεία τροφίμων και «οικονομικά παρακινούμενη νοθεία» τροφίμων και συστατικών τροφίμων (CRS, 2014)	Η πρακτική παραπλάνησης των αγοραστών τροφίμων και συστατικών τροφίμων για οικονομικό κέρδος.
GFSI Στάση ως προς τον περιορισμό του ρίσκου της δημόσιας υγείας από τη νοθεία τροφίμων (GFSI, 2014)	Η απάτη τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της υποκατηγορίας της οικονομικά παρακινούμενης νοθείας, προκαλεί αυξανόμενη ανησυχία. Είναι παραπλάνηση των καταναλωτών χρησιμοποιώντας προϊόντα, συστατικά και συσκευασίες τροφίμων για οικονομικό κέρδος και περιλαμβάνει αντικατάσταση, μη εγκεκριμένες βελτιώσεις, ψευδή επισήμανση, παραχάραξη, κλεμμένα αγαθά ή άλλα.
PAS 96:2017 - Οδηγός για την προστασία των τροφίμων και ποτών από σκόπιμες επιθέσεις (BSI - British Standards Institution, 2020)	Ανέντιμη πρακτική που σχετίζεται με την παραγωγή ή προμήθεια τροφίμων, οι οποία διαπράττεται για προσωπικό κέρδος ή για την πρόκληση ζημιάς σε τρίτο πρόσωπο.

<p>Εγχειρίδιο επεξεργασίας για τη GFSI διαδικασία συγκριτικής αξιολόγησης v7.2 (GFSI, 2017)</p>	<p>Νοθεία τροφίμων: Συλλογικός όρος που περιλαμβάνει την εσκεμμένη υποκατάσταση, προσθήκη, αλλοίωση ή διαστρεβλωμένη παρουσίαση τροφίμων, συστατικών τροφίμων ή συσκευασίας τροφίμων, επισήμανσης τροφίμων, πληροφοριών προϊόντος ή λανθασμένους ή παραπλανητικούς ισχυρισμούς για ένα προϊόν, για οικονομικό κέρδος και μπορεί έχει αντίκτυπο στην υγεία του καταναλωτή.</p>
<p>Διεθνή πρότυπα για την ασφάλεια τροφίμων, τεύχος 8 (British Retail Consortium, BRC, 2018)</p>	<p>Παραπλανητική και σκόπιμη υποκατάσταση, αραιώση ή προσθήκη σε ένα προϊόν ή μια πρώτη ύλη, ή διαστρεβλωμένη παρουσίαση του προϊόντος, με σκοπό το οικονομικό κέρδος, αυξάνοντας την αξία του προϊόντος ή μειώνοντας το κόστος παραγωγής του.</p>
<p>Δίκτυο της Ε.Ε. για τη νοθεία τροφίμων και σύστημα διοικητικής βοήθειας - νοθείας τροφίμων (EC, 2018)</p>	<p>Η νοθεία στα τρόφιμα αφορά εσκεμμένες ενέργειες που πραγματοποιούνται από επιχειρήσεις ή ιδιώτες με σκοπό την παραπλάνηση των αγοραστών και την απόκτηση κέρδους, με παραβίαση της νομοθεσίας της Ε.Ε. για την αλυσίδα των γεωργικών τροφίμων. Αυτές οι εκ προθέσεως παραβιάσεις μπορούν επίσης να αποτελέσουν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών ή για την καλή διαβίωση των ζώων ή για το περιβάλλον, όσον αφορά τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα - GMOs και τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Το δίκτυο της Ε.Ε για τη νοθεία τροφίμων αναφέρεται σε τέσσερα λειτουργικά κριτήρια για να διακρίνει αν ένα περιστατικό πρέπει να αναφέρεται ως ύποπτο για νοθεία ή ως μη συμμορφούμενο:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Παραβίαση της νομοθεσίας της Ε.Ε. σχετικά με τα τρόφιμα 2. Σκοπιμότητα 3. Οικονομικό κέρδος 4. Παραπλάνηση των καταναλωτών
<p>CWA 17369 (CEN, 2019)</p>	<p>Σκόπιμη πρόκληση αναντιστοιχίας μεταξύ των ισχυρισμών ενός προϊόντος τροφίμου και των χαρακτηριστικών του.</p>

Σε γενικές γραμμές, οι περισσότεροι ορισμοί συμφωνούν στο ότι η νοθεία τροφίμων αποτελεί σκόπιμη πρακτική παραπλάνησης στον τομέα των τροφίμων, η οποία συνήθως έχει ως απώτερο σκοπό το οικονομικό κέρδος και ενίοτε έχει ως μη επιθυμητή συνέπεια την απειλή της δημόσιας υγείας (Robson *et al.*, 2020; Spink, 2014). Ο οργανισμός Global Food Safety Initiative (GFSI) το 2014 διαφοροποίησε τέσσερις κατηγορίες ζητημάτων

σχετιζόμενων με την ακεραιότητα των τροφίμων. Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 1.1**, η νοθεία τροφίμων αποτελεί σκόπιμη πρακτική με κίνητρο το οικονομικό κέρδος, ενώ εάν το κίνητρο είναι η απειλή της υγείας των καταναλωτών, τότε αποτελεί ζήτημα της προστασίας των τροφίμων από κακόβουλες πράξεις (Food Defense). Επίσης, αν η νοθεία πραγματοποιηθεί μη ηθελημένα και απειλεί την υγεία των καταναλωτών, τότε αποτελεί ζήτημα της ασφάλειας τροφίμων, ενώ αν πραγματοποιηθεί μη ηθελημένα και δεν απειλεί την υγεία των καταναλωτών, τότε αποτελεί ζήτημα ποιότητας τροφίμων (GFSI, 2018).



Εικόνα 1.1 Διαφορά μεταξύ της νοθείας τροφίμων και υπόλοιπων κινδύνων που αντιμετωπίζει η εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων (GFSI, 2018).

1.3 Είδη Νοθείας στα Τρόφιμα

Η νοθεία τροφίμων μπορεί να διαχωρισθεί σε πολλά διαφορετικά είδη, τα οποία έχουν αναλυθεί από αρκετούς ερευνητές (Brooks *et al.*, 2021). Οι Moore *et al.* (2012) διαίρεσαν τη νοθεία τροφίμων στις εξής τρεις κατηγορίες: 1) αντικατάσταση, η οποία ορίζεται ως η πλήρης ή μερική αντικατάσταση ενός συστατικού τροφίμου από ένα άλλο φθηνότερο, εν αγνοία του καταναλωτή, 2) προσθήκη, η οποία ορίζεται ως η προσθήκη μη εγκεκριμένης ουσίας κατώτερης ποιότητας, εν αγνοία του καταναλωτή και 3) αφαίρεση, η οποία ορίζεται ως η αφαίρεση ενός αυθεντικού και υψηλής διατροφικής συστατικού τροφίμου, εν αγνοία του καταναλωτή. Υπάρχουν επίσης, επτά βασικά είδη νοθείας, τα οποία υιοθετούνται από διαπιστευμένους οργανισμούς, όπως είναι οι οργανισμοί British Retail Consortium (BRC, 2020), Food Safety System Certification (FSSC, 2018) και Global Food Safety Initiative (GSFI, 2018). Τα είδη αυτά, παρατίθενται στον **Πίνακα 1.3** και είναι τα εξής: υποκατάσταση, διάλυση, παραχάραξη, παραπλανητική επισήμανση

(mislabeling), απόκρυψη (concealment), γκρίζα αγορά (gray market) και μη εγκεκριμένες βελτιστοποιήσεις (Brooks *et al.*, 2021).

Πίνακας 1.3 Είδη νοθείας, ορισμοί και παραδείγματα (Spink, 2018; Brooks *et al.*, 2021)

Είδος νοθείας	Ορισμός	Παράδειγμα
Υποκατάσταση	Υποκατάσταση ενός συστατικού ή μέρος του προϊόντος με άλλο συστατικό ή μέρος προϊόντος χαμηλότερης αξίας.	Ηλιέλαιο μερικώς υποκατεστημένο με ορυκτέλαιο.
Διάλυση	Ανάμιξη υγρού συστατικού υψηλής αξίας με υγρό χαμηλότερης αξίας.	Αραιώση προϊόντων με μη πόσιμο νερό.
Παραχάραξη	Παράνομη αναπαραγωγή ενός νόμιμου προϊόντος και της συσκευασίας του.	Αντίγραφα γνωστών εμπορικών τροφίμων, στην παραγωγή των οποίων δεν εφαρμόζονται εγκεκριμένα συστήματα ασφάλειας.
Παραπλανητική επισήμανση	Λανθασμένες ή ελλιπείς πληροφορίες στη συσκευασία ή τα πιστοποιητικά του προϊόντος.	Τοξικός Ιαπωνικός αστεροειδής γλυκάνισος επισημασμένος σαν Κινέζικος.
Απόκρυψη (concealment)	Απόκρυψη της φθοράς ή της χαμηλής ποιότητας ενός συστατικού ή προϊόντος.	Χρήση βλαβερών χρωστικών σε φρέσκα φρούτα, ώστε να καλυφθούν τα ελαττώματά τους.
Γκρίζα αγορά (gray market)	Πώληση αυθεντικών προϊόντων εκτός της νόμιμης αγοράς.	Εμφάνιση προϊόντος, καταχωρισμένου στην αγορά των Η.Π.Α., στην Κορέα.
Μη εγκεκριμένες βελτιστοποιήσεις	Προσθήκη αδήλωτων ουσιών ή χρήση μη εγκεκριμένων επεξεργασιών σε προϊόντα, με σκοπό τη βελτίωση των χαρακτηριστικών ποιότητας.	Χρήση μη εγκεκριμένων προσθέτων (χρωστικές Sudan στα μπαχαρικά).

1.4 Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας

Η νοθεία στα τρόφιμα και τα ποτά αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα, του οποίου ο αντίκτυπος εκτείνεται από τους παραγωγούς και τη βιομηχανία, έως τους καταναλωτές, οι οποίοι είναι οι τελικοί αποδέκτες. Τα τρόφιμα και ποτά που υπόκεινται σε νοθεία αποτελούν προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικονομία, τόσο σε εθνικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Στις πλείστες των περιπτώσεων, η νοθεία είναι οικονομικά παρακινούμενη και απώτερος σκοπός αποτελεί η μεγιστοποίηση του ποσοστού κέρδους. Εντούτοις, ορισμένα περιστατικά νοθείας έχουν αποδείξει ότι η νοθεία αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών. Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω στοιχεία και το γεγονός ότι τα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας αυξάνονται συνεχώς, αρκετοί ερευνητές έχουν αναπτύξει διάφορες αναλυτικές μεθόδους για τον αποτελεσματικό προσδιορισμό της νοθείας στα τρόφιμα και τα ποτά.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία διερευνώνται οι αναλυτικές μέθοδοι προσδιορισμού της νοθείας. Πιο συγκεκριμένα, ο σκοπός της εργασίας είναι η συστηματική καταγραφή, αξιολόγηση και σύγκριση των αναλυτικών τεχνικών και μεθόδων που εφαρμόζονται για τον έλεγχο της νοθείας σε επιλεγμένα είδη τροφίμων και ποτών, εμπορικά διαθέσιμων στην ελληνική αγορά. Προκειμένου να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος σκοπός, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα με εκτεταμένη και στοχευμένη ανασκόπηση έγκυρων επιστημονικών πηγών και μελετήθηκαν πρόσφατα ευρήματα, αναφορικά με τις αναλυτικές μεθόδους προσδιορισμού της νοθείας.

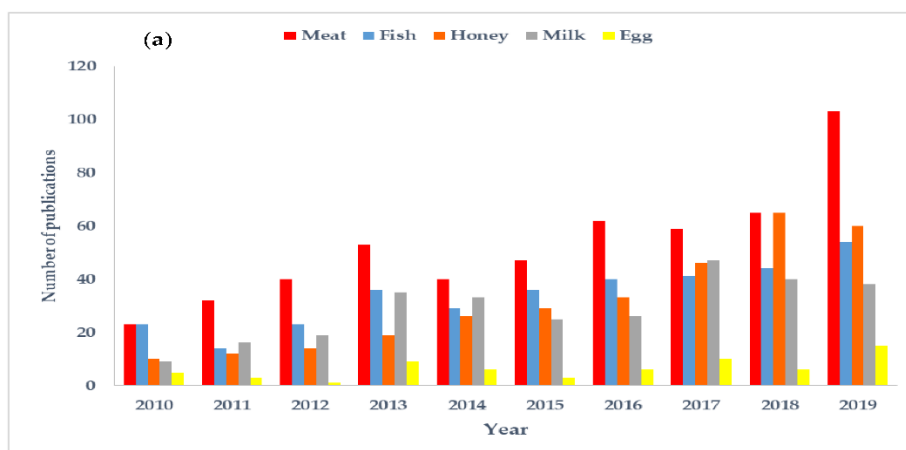
Στο επόμενο κεφάλαιο και τα επί μέρους υποκεφάλαια, παρουσιάζονται δεδομένα από σύγχρονες επιστημονικές έρευνες, σχετικά με τις αναλυτικές μεθόδους που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας σε επιλεγμένα τρόφιμα και ποτά και συγκεκριμένα, στο κρέας και τα προϊόντα του, το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, το ελαιόλαδο, τα μπαχαρικά, το κρασί, τους χυμούς φρούτων και τον καφέ. Επιπλέον, δίνεται βάση στα είδη νοθείας που απαντώνται στα προαναφερθέντα τρόφιμα και ποτά και στον αντίκτυπο που έχει η νοθεία στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών, τους καταναλωτές και την ποιότητα των προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΝΟΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΝΟΘΕΙΑΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ

2.1 Νοθεία του Κρέατος και των Προϊόντων του

2.1.1 Εισαγωγή

Κρέας, από τεχνολογικής άποψης, θεωρούνται τα εδώδιμα μέρη των σφαγίων ζώων, που εσφάγησαν και επεξεργάστηκαν με συγκεκριμένες και απαραίτητες τεχνολογικές διαδικασίες σε πιστοποιημένα και κρατικά ελεγχόμενα σφαγεία. Με τον όρο σφάγια ζώα νοούνται γενικά όλα τα ζώα, των οποίων το κρέας καταναλώνει ο άνθρωπος (Ραμαντάνης, 2006). Το κρέας θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα παγκοσμίως και αποτελεί καίριο κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής, λόγω των πολύτιμων απαραίτητων θρεπτικών συστατικών που προσφέρει για την καλή υγεία του ανθρώπου (Cavin *et al.*, 2018; Kamruzzaman *et al.*, 2015). Η εμπορική αξία του κρέατος και των προϊόντων του διαφοροποιείται σε μεγάλο βαθμό από πολλούς παράγοντες, με τους σημαντικότερους να είναι η χώρα προέλευσης και η χημική σύσταση (Hassoun *et al.*, 2020; Sheikha *et al.*, 2017). Έτσι, κρέατα και προϊόντα κρέατος που έχουν αναγνωρισθεί ως προϊόντα γεωγραφικής ένδειξης (Π.Γ.Ε.) και παράγονται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή διαθέτουν μεγαλύτερη οικονομική αξία στην αγορά. Το γεγονός αυτό καθιστά το κρέας και τα προϊόντα του μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες τροφίμων που υπόκεινται σε νοθεία. Επίσης, το νωπό και επεξεργασμένο κρέας αποτελούν στόχο της νοθείας τροφίμων σε πολλές περιοχές του πλανήτη (Cavin *et al.*, 2018; Sheikha *et al.*, 2017; Hong *et al.*, 2017). Χαρακτηριστικά, οι Grammenos *et al.* (2021) αναφέρουν ότι ένας συνεχώς αυξανόμενος αριθμός περιστατικών νοθείας κρέατος και προϊόντων του έχει παρατηρηθεί τα τελευταία τέσσερα χρόνια. Το ίδιο συμπέρασμα συνάγεται παρατηρώντας την **Εικόνα 2.1**, στην οποία παρατίθενται σε χρονολογική σειρά από το 2010 έως το 2019 ο αριθμός των δημοσιεύσεων στη βιβλιογραφία που αφορούν την αυθεντικότητα διάφορων κατηγοριών τροφίμων κατά την τελευταία δεκαετία (Hassoun *et al.*, 2020).



Εικόνα 2.1 Αριθμός δημοσιεύσεων στη βιβλιογραφία σχετικά με την αυθεντικότητα διάφορων κατηγοριών τροφίμων (Hassoun *et al.*, 2020)

2.1.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Κρέατος και των Προϊόντων του

Η νοθεία στο κρέας και τα προϊόντα του έχει συνήθως ως απώτερο σκοπό το οικονομικό κέρδος εις βάρος της βιομηχανίας κρέατος και των καταναλωτών, και δεν υπάρχει πρόθεση προσβολής της υγείας των καταναλωτών (Fengou *et al.* 2021a; Barnett *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2020; Cavin *et al.*, 2018). Εντούτοις, οι παραγωγοί αυθεντικών προϊόντων εκτίθενται σε αθέμιτο ανταγωνισμό. Αυτό συμβαίνει διότι οι παραγωγοί που νοθεύουν τα προϊόντα τους αποκτούν οικονομικό πλεονέκτημα λόγω της παραπλανητικής επισήμανσης και παρουσίας των προϊόντων τους (Vlachos *et al.* 2016). Σχετικά με την επίδραση που έχει η νοθεία στο κρέας και τα προϊόντα του στους καταναλωτές, ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι καταπατώνται τα δικαιώματα των καταναλωτών από οικονομικής άποψης και ότι αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για τους καταναλωτές που αποφεύγουν να καταναλώσουν κρέας συγκεκριμένου είδους ζώου, όπως για παράδειγμα χοιρινό και κρέας αλόγου, εξαιτίας πολιτιστικών, ηθικών, θρησκευτικών ή και διατροφικών λόγων (Sheikha *et al.*, 2017; Trivedi *et al.*, 2016; Fengou *et al.*, 2021a). Επίσης, η νοθεία στο κρέας και τα προϊόντα του επηρεάζει έμμεσα την «εύθραυστη» εμπιστοσύνη των καταναλωτών προς τις επιχειρήσεις τροφίμων και τις σχετικές αρμόδιες αρχές (Fengou *et al.*, 2021b; Barnett *et al.*, 2016). Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η μείωση των πωλήσεων επεξεργασμένου κρέατος και προϊόντων του, η οποία ακολούθησε μετά από τη νοθεία κρέατος βοοειδών με κρέας αλόγου το 2013 στην Ευρώπη (Barnett *et al.*, 2016). Επιπρόσθετα, παρ' όλο που η νοθεία είναι, συνήθως, οικονομικά παρακινούμενη και σκοπός της είναι το οικονομικό κέρδος, οι συνέπειες της πέρα από την παραπλάνηση των καταναλωτών, μπορεί να είναι και η απειλή της δημόσιας υγείας (Fengou *et al.*, 2021a; Fengou *et al.*, 2021b). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην άγνοια των παραγωγών όσον αφορά την ασφάλεια των νοθευμένων προϊόντων ή

στο αποκλειστικό ενδιαφέρον τους για οικονομικό κέρδος (Cavin *et al.*, 2018). Η κατανάλωση νοθευμένου κρέατος και προϊόντων του μπορεί να προκαλέσει τροφική δηλητηρίαση, καθώς τα νοθευμένα προϊόντα είναι δυνατό να εκτεθούν σε παθογόνους μικροοργανισμούς, τοξίνες και αλλεργιογόνα (Fengou *et al.*, 2021a; Li *et al.*, 2020). Εν κατακλείδι, λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι η νοθεία στο κρέας και τα προϊόντα του αποτελεί σοβαρό πρόβλημα που απασχολεί τόσο τη βιομηχανία κρέατος όσο τους παραγωγούς και τους καταναλωτές (Li *et al.*, 2020).

2.1.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Κρέας και τα Προϊόντα του

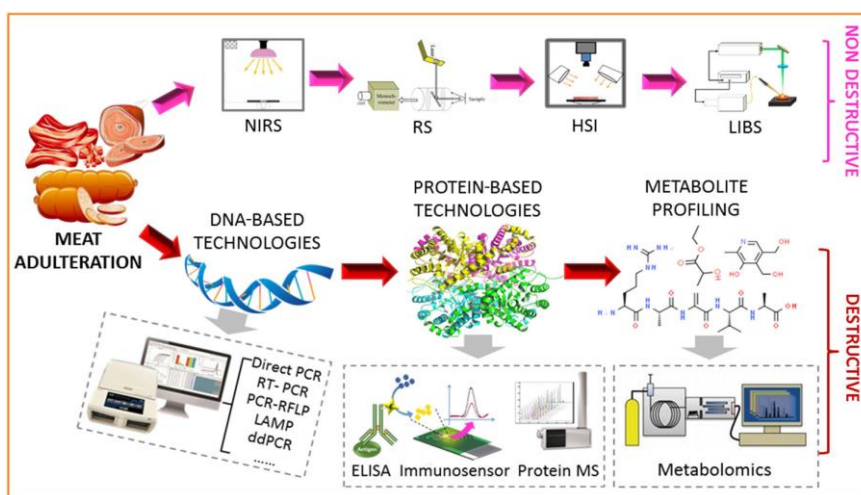
Τα είδη νοθείας που εντοπίζονται στο κρέας και τα προϊόντα του είναι η παραπλανητική επισήμανση και η υποκατάσταση. Ειδικότερα, πραγματοποιείται υποκατάσταση πολύτιμων θρεπτικών συστατικών από συστατικά με χαμηλότερο κόστος ή/και υποκατάσταση κρέατος ενός είδους ζώου με φθηνότερο κρέας άλλου είδους. Επίσης, είναι συχνή η προσθήκη ουσιών για την αύξηση του βάρους, η προσθήκη φθηνής πρωτεΐνης φυτικής προέλευσης (π.χ. από σόγια και σιτάρι) με σκοπό την αύξηση του πρωτεϊνικού επιπέδου, και η προσθήκη μη εγκεκριμένων ουσιών που βελτιώνουν την εμφάνιση των προϊόντων. Η παραπλανητική επισήμανση συνήθως αφορά τις αναγραφόμενες πληροφορίες σχετικές με το είδος ζώου από το οποίο προέρχεται το κρέας, τη χώρα προέλευσης, τη χημική σύσταση και τη γενική περιγραφή του προϊόντος, όπως για παράδειγμα η περίπτωση πώλησης φρέσκου κρέατος το οποίο όμως έχει προηγουμένως καταψυχθεί ή κρέας από εκτρεφόμενα ζώα που πωλείται ως κρέας άγριων ζώων (Grammenos *et al.*, 2021; Cavin *et al.*, 2018; Sheikha *et al.*, 2017; Hassoun *et al.*, 2020).

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας εμπορικά διαθέσιμα δείγματα κρέατος στην Αθήνα, υπέδειξε ότι το 52% των δειγμάτων ήταν παραπλανητικά επισημασμένα, και στις περισσότερες περιπτώσεις το αναγραφόμενο είδος κρέατος ανιχνεύθηκε παράλληλα με αδήλωτα είδη κρέατος. Ωστόσο, η παρουσία μη δηλωμένων ειδών κρεάτων είναι πιθανό, επίσης, να οφείλεται σε διασταυρούμενη επιμόλυνση. Επιπλέον, δεν ανιχνεύθηκαν κρέας αλόγου και γαϊδάρου (Grammenos *et al.*, 2021). Οι Hong *et al.* (2017) διαφοροποίησαν τα ζητήματα αυθεντικότητας που προκύπτουν από τη νοθεία του κρέατος και των προϊόντων του σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: 1) είδος κρέατος, 2) επεξεργασία κρέατος, δηλαδή αν πρόκειται για μαγειρεμένο, φρέσκο ή κατεψυγμένο, 3) γεωγραφική προέλευση κρέατος και 4) προσθήκη συστατικών εκτός του κρέατος (πρόσθετα και νερό).

2.1.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Κρέατος και των Προϊόντων του

2.1.4.1 Γενικά Στοιχεία

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για την αξιολόγηση της αυθεντικότητας δειγμάτων κρέατος περιλαμβάνουν πρωτεομικές, λιποδομικές, ανοσολογικές, ενζυμικές και μεθόδους που βασίζονται στην αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (Polymerase Chain Reaction, PCR) (Sheikha *et al.*, 2017; Παυλίδης, 2020; Ballin *et al.*, 2009; Trivedi *et al.*, 2016). Ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του βασίζονται σε φασματοσκοπικές ή φασματομετρικές, μοριακές, χρωματογραφικές και τεχνικές απεικόνισης (imaging) (Fengou *et al.*, 2021b). Στην **Εικόνα 2.2** φαίνονται οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες και με τις περισσότερες εφαρμογές τεχνικές που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του. Οι τεχνικές αυτές διακρίνονται σε καταστροφικές και μη καταστροφικές. Κάθε τεχνική έχει αναπτυχθεί και βελτιστοποιηθεί εξετάζοντας διαφορετικούς δείκτες (markers). Για παράδειγμα, η τεχνική PCR βασίζεται στην ανίχνευση αλληλουχιών του δεοξυριβονουκλεϊκού οξέος (Deoxyribonucleic acid, DNA), οι ανοσολογικές τεχνικές βασίζονται στην ταυτοποίηση πρωτεϊνών (αντισώματα) και οι φασματοσκοπικές τεχνικές βασίζονται στον προσδιορισμό συγκεκριμένων μεταβολιτών (Li *et al.*, 2020).



Εικόνα 2.2 Συνήθεις τεχνικές που εφαρμόζονται για τον έλεγχο της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του (Li *et al.*, 2020a)

Όλες οι αναλυτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Για την επιλογή της αναλυτικής μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί, λαμβάνονται υπόψιν διάφοροι παράγοντες, όπως είναι το είδος, η ποσότητα και η κατάσταση του κρέατος, όπως και η επεξεργασία την οποία έχει υποστεί το δείγμα προς έλεγχο (Vlachos *et al.*, 2016; Li *et*

al., 2020). Οι μέθοδοι ανίχνευσης της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του είναι επιθυμητό να είναι ταχείες, χαμηλού κόστους, μη καταστροφικές, αξιόπιστες και να επιτρέπουν τον τακτικό έλεγχο της πλειονότητας των δειγμάτων για ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων νοθείας (Fengou *et al.*, 2021b; Kamruzzaman *et al.*, 2015).

2.1.4.2 Μέθοδοι ανάλυσης DNA

Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι ανάλυσης, που εφαρμόζονται σε ποιοτικούς ελέγχους της αυθεντικότητας στο κρέας και στα προϊόντα του, όσον αφορά το είδος του κρέατος είναι αυτές που βασίζονται στην ανάλυση του DNA. Ειδικότερα, οι μέθοδοι που εφαρμόζουν τεχνικές PCR προτιμώνται, λόγω της υψηλής ευαισθησίας και αξιοπιστίας τους (Vlachos *et al.*, 2016; Hassoun *et al.*, 2020; Hong *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2020). Ωστόσο, οι συγκεκριμένες μέθοδοι είναι χρονοβόρες, δαπανηρές, καταστροφικές και απαιτούν κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό (Fengou *et al.*, 2021a). Επίσης, κύριο μειονέκτημα των συγκεκριμένων μεθόδων είναι η ευαισθησία του DNA κατά την αποθήκευση, το μαγείρεμα και την επεξεργασία του κρέατος και των προϊόντων του (Vlachos *et al.*, 2016; Sheikh *et al.*, 2017; Hong *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2020).

2.1.4.3 Μέθοδοι ανάλυσης πρωτεϊνών

Η πρωτεΐνη είναι το κύριο συστατικό του κρέατος. Η πεπτιδική σύνθεση και η τρισδιάστατη δομή συγκεκριμένων πρωτεϊνών μπορούν να αξιοποιηθούν ως δείκτες για την ανίχνευση της νοθείας, καθώς μπορεί να γίνει διάκριση των διαφορετικών ειδών κρέατος βάσει των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Οι μέθοδοι που βασίζονται στην ανάλυση των πρωτεϊνών και εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του περιλαμβάνουν κυρίως την ηλεκτροφορητική ανάλυση, τον ανοσοπροσδιορισμό και την ανάλυση με φασματομετρία μάζας (Mass Spectrometry, MS). Ωστόσο, η ηλεκτροφορητική ανάλυση εφαρμόζεται σπάνια, καθώς η ευαισθησία των μεθόδων αυτών είναι χαμηλή (Li *et al.*, 2020). Οι ανοσολογικές μέθοδοι σε σύγκριση με τις μεθόδους που βασίζονται στην ανάλυση του DNA, είναι λιγότερο χρονοβόρες, με χαμηλότερο κόστος και η απαιτούμενη προετοιμασία του δείγματος είναι πιο απλή. Όμως, επειδή οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην ειδική αντίδραση ενός αντιγόνου με ένα αντίσωμα, είναι δυνατό εφαρμόζοντας αυτές τις μεθόδους να ανιχνευθούν και να προσδιοριστούν μόνο τα είδη κρέατος για τα οποία έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένα αντισώματα (Ballin *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2020). Από την άλλη πλευρά, οι μέθοδοι ανάλυσης MS επιτυγχάνουν τον προσδιορισμό διαφόρων ειδών κρεάτων εξετάζοντας ταυτόχρονα πολλά πεπτίδια-στόχους. Σημαντικό πλεονέκτημα των μεθόδων ανάλυσης

MS είναι το γεγονός ότι η αλληλουχία των αμινοξέων των πεπτιδίων είναι πιο σταθερή από το DNA κατά την επεξεργασία του κρέατος. Συνεπώς, οι συγκεκριμένες μέθοδοι είναι αποτελεσματικές όσον αφορά τον προσδιορισμό της νοθείας σε επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος. Ωστόσο, το κόστος του εξοπλισμού και της συντήρησης των φασματογράφων μάζας είναι υψηλό και η προκατεργασία των δειγμάτων είναι ακριβή. Επίσης, η ανάλυση των δεδομένων φασματομετρίας μάζας είναι περίπλοκη (Li *et al.*, 2020).

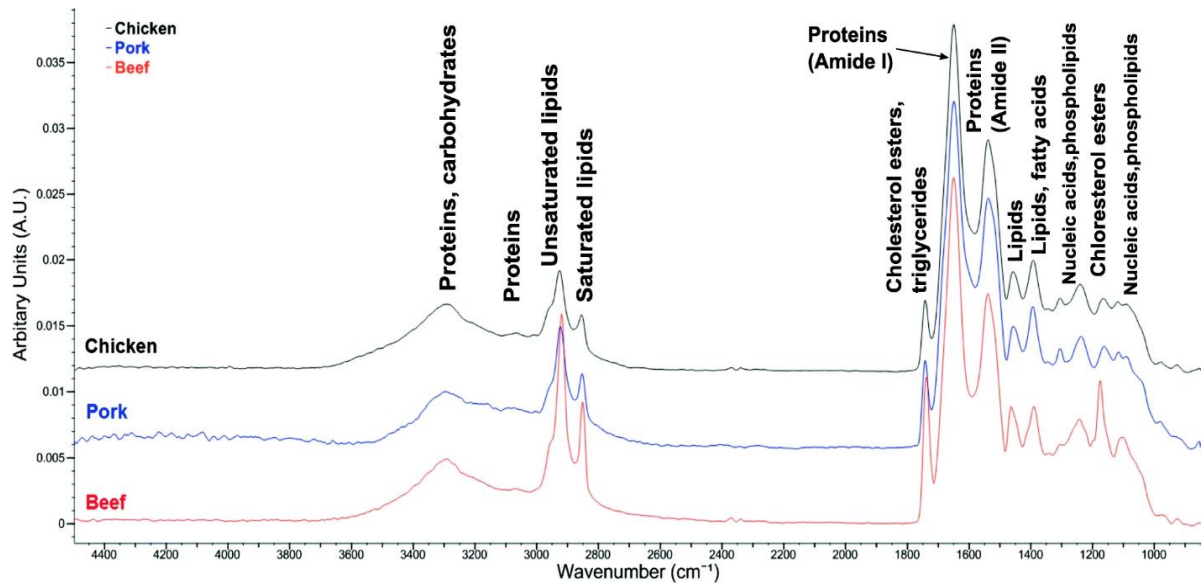
Πέρα από τις μεθόδους που αναφέρθηκαν, έχουν προταθεί μέθοδοι υγροχρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) συνδυασμένες με φασματοσκοπία υπεριώδους-ορατού (Ultraviolet–Visible, UV-Vis) που βασίζονται στο πρωτεϊνικό προφίλ του κρέατος και των προϊόντων του. Οι μέθοδοι αυτές επιτυγχάνουν προσδιορισμό της ποιότητας ενός είδους κρέατος μεταξύ μιας ποικιλίας διαφορετικών ειδών. Επιπλέον, έχουν ληφθεί ποσοτικά αποτελέσματα από ανάλυση υγροχρωματογραφίας σε μη επεξεργασμένα θερμικώς μίγματα κρεάτων κοτόπουλου και γαλοπούλας με όριο ανιχνεύσεως το 1% βάρος κρέατος κοτόπουλου κατά βάρος κρέατος γαλοπούλας (w/w). Έχουν αναπτυχθεί επίσης, HPLC μέθοδοι για τον προσδιορισμό της ποιότητας, οι οποίες εστιάζουν στην ανίχνευση συγκεκριμένων πεπτιδίων, όπως είναι η ιστιδίνη και η καρνοσίνη. Σε περιπτώσεις όπου το δείγμα αποτελείται αποκλειστικά από κρέας ενός είδους ζώου, εφαρμόζοντας τις μεθόδους αυτές επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός του συγκεκριμένου είδους κρέατος με βάση το διπεπτιδικό προφίλ (Ballin *et al.*, 2009). Επιπρόσθετα, μεθοδολογίες, όπως υγροχρωματογραφία συζευγμένη με φασματομετρία μαζών σε σειρά (Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry, LC-MS/MS) και αντίστροφης φάσης HPLC (Reversed Phase HPLC, RP-HPLC), επιτυγχάνουν τον προσδιορισμό πρωτεΐνης, η οποία προστίθεται για να αντικαταστήσει την πρωτεΐνη του κρέατος (Hong *et al.*, 2017; Cavin *et al.*, 2018). Όμως, οι μέθοδοι αυτές είναι χρονοβόρες και περίπλοκες (Cavin *et al.*, 2018).

Οι μέθοδοι που βασίζονται στην ανάλυση των πρωτεϊνών είναι αποτελεσματικές με υψηλή ευαισθησία και ακρίβεια, όταν εφαρμόζονται σε φρέσκα προϊόντα. Εντούτοις, όταν εφαρμόζονται σε επεξεργασμένα προϊόντα η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται, καθώς οι πρωτεΐνες μεταουσιώνονται υπό την επίδραση θερμότητας και πίεσης ή με την προσθήκη άλατος. Κατά συνέπεια, οι μέθοδοι αυτές δεν είναι κατάλληλες για τον προσδιορισμό της νοθείας σε μεταποιημένα προϊόντα, όπως είναι τα μπιφτέκια και τα λουκάνικα. Επιπρόσθετα, δεν είναι κατάλληλες για τον εντοπισμό ειδών κρέατος που

προέρχονται από είδη ζώων που είναι φυλογενετικά παρόμοια, όπως τα διαφορετικά είδη πουλερικών, λόγω διασταυρούμενης αντίδρασης (Sheikha *et al.*, 2017; Cavin *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2020).

2.1.4.4 Φασματοσκοπικές μέθοδοι

Τα τελευταία χρόνια οι μέθοδοι που βασίζονται σε φασματοσκοπικές τεχνικές έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον των ερευνητών και έχουν αποκτήσει μεγάλη σημασία στην καταπολέμηση της νοθείας και στην επαλήθευση της αυθεντικότητας των τροφίμων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην τεχνολογική πρόοδο που έχει επιτευχθεί στα αναλυτικά όργανα και στα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εφαρμογή τέτοιων μεθόδων, καθώς οι μέθοδοι αυτές είναι ταχείες, μη καταστροφικές, απαιτούν απλή προετοιμασία του δείγματος και εφαρμόζονται εύκολα σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση (Hassoun *et al.*, 2020; Fengou *et al.*, 2021a; Li *et al.*, 2020; Vlachos *et al.*, 2016). Οι φασματοσκοπικές αναλύσεις βασίζονται στην αρχή ότι οι διάφορες ενώσεις, όπως οι πρωτεΐνες και τα λιπαρά οξέα, στο κρέας και τα προϊόντα του παρουσιάζουν διαφορετικά φάσματα σε διαφορετικά μήκη κύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στην **Εικόνα 2.3** (Li *et al.*, 2020). Φασματοσκοπικές τεχνικές, όπως είναι η φασματοσκοπία Raman, εγγύς και μέσου υπερόθρου (Near Infrared, NIR και Mid Infrared, MIR) με ή χωρίς μετασχηματισμό Fourier (Fourier Transform Infrared, FTIR), UV-Vis και η πολυφασματική και υπερφασματική απεικόνιση (Multispectral Imaging, MSI και Hyperspectral Imaging, HSI) έχουν διερευνηθεί σε διάφορες περιπτώσεις νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του, όπως είναι ο προσδιορισμός του είδους κρέατος και της προέλευσής του, η ανίχνευση ενώσεων ζωικής ή φυτικής προέλευσης, με τις οποίες νοθεύονται το κρέας και τα προϊόντα του, όπως και ο χαρακτηρισμός κατεψυγμένου ή αποψυγμένου κρέατος (Fengou *et al.*, 2021a; Παυλίδης, 2020; Cavin *et al.*, 2018; Fengou *et al.*, 2021b; Hassoun *et al.*, 2020). Όσον αφορά την εφαρμογή μεθόδων που υιοθετούν τεχνικές φασματοσκοπίας φθορισμού, έχουν πραγματοποιηθεί περιορισμένες μελέτες στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία. Συνεπώς, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα, ώστε να αναδειχθούν οι δυνατότητες της φασματοσκοπίας φθορισμού στον προσδιορισμό της νοθείας στο κρέας και τα προϊόντα του (Hassoun *et al.*, 2020; Fengou *et al.*, 2021a).



Εικόνα 2.3 Αντιπροσωπευτικά FTIR φάσματα σε αντιπαραβολή λυοφιλοποιημένων δειγμάτων κρέατος κοτόπουλου, χοιρινού και βοδινού στην περιοχή μεταξύ των 4500 και 850 cm^{-1} . Επισημαίνονται οι ζώνες απορρόφησης χαρακτηριστικών ομάδων ενώσεων (Candoğan *et al.*, 2021)

2.2 Νοθεία του Γάλακτος και των Γαλακτοκομικών Προϊόντων

2.2.1 Εισαγωγή

Το γάλα ορίζεται ως η έκκριση που λαμβάνεται, έπειτα από πλήρη και συνεχή άμελξη, από τους μαστούς υγιών γαλακτοφόρων ζώων (Afzal *et al.*, 2011; Δρακοπούλου, 2016; Singh and Gandhi, 2015). Επίσης, συνιστά ένα σύνθετο μίγμα διαφορετικών ενώσεων, των οποίων αποτελεί σημαντική πηγή και οι οποίες περιέχονται σε νερό. Οι ενώσεις αυτές είναι κυρίως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπίδια, βιταμίνες και μέταλλα (Fotakis *et al.*, 2020, Azad and Ahmed, 2016; Afzal *et al.*, 2011; Poonia *et al.*, 2017). Αρκετοί ερευνητές περιγράφουν το γάλα ως «τέλειο/ιδανικό» τρόφιμο, καθώς διαθέτει υψηλή διατροφική αξία και προσφέρει πληθώρα θρεπτικών συστατικών, τα οποία είναι απαραίτητα για τον άνθρωπο ανεξαρτήτως ηλικίας (Azad and Ahmed, 2016; Ravindran *et al.*, 2018; Hassoun *et al.*, 2020; Poonia *et al.*, 2017). Επιπρόσθετα, η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων έχει συσχετισθεί με αρκετά οφέλη για την υγεία των καταναλωτών (Danezis *et al.*, 2020). Το γάλα αποτελεί μια σχετικά ακριβή πρώτη ύλη, με αποτέλεσμα η αντικατάσταση μέρους του γάλακτος με συστατικά που προέρχονται από αυτό ή και όχι, να φαντάζει μια επικερδής πρακτική (Hong *et al.*, 2017; Trbović *et al.*, 2017). Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω στοιχεία, γίνεται εύκολα αντιληπτός ο λόγος για τον οποίο το γάλα και τα προϊόντα του αποτελούν μια από τις κατηγορίες τροφίμων, στις οποίες παρατηρούνται τα περισσότερα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας (Trbović *et al.*, 2017; Kamal and Karoui, 2015; Santos *et al.*, 2013). Επιπλέον, οι

Das *et al.* (2015) υποστηρίζουν ότι το γάλα και τα προϊόντα του αποτελούν από τα πιο ευάλωτα τρόφιμα, τα οποία νοθεύονται εύκολα. Πιθανοί λόγοι που δικαιολογούν τη θέση αυτή μπορεί να είναι η ευαλλοίωτη φύση του γάλακτος, η διαφορά μεταξύ ζήτησης και προσφοράς του γάλακτος και των προϊόντων του, η χαμηλή αγοραστική ικανότητα των καταναλωτών και η έλλειψη των κατάλληλων δοκιμών προσδιορισμού της νοθείας (Azad and Ahmed, 2016).

2.2.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Γάλακτος και των Γαλακτοκομικών Προϊόντων

2.2.2.1 Αντίκτυπος στην Οικονομία και τη Βιομηχανία Γάλακτος

Η νοθεία στο γάλα και τα προϊόντα του αποτελεί ένα σημαντικό σύγχρονο κοινωνικό πρόβλημα, είναι στην πλειονότητα των περιπτώσεων οικονομικά παρακινούμενη και απώτερος σκοπός της είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους (Das *et al.*, 2016; Azad and Ahmed, 2016). Επιπλέον, αποτέλεσε ζήτημα που απασχόλησε έντονα τη διεθνή κοινότητα έπειτα από την προσθήκη μελαμίνης σε κινέζικα βρεφικά προϊόντα γάλακτος το 2008 (Azad and Ahmed, 2016). Το γάλα και τα προϊόντα του νοθεύονται με μεγάλη ευκολία και σε διαφορετικό βαθμό σε πολλές χώρες του πλανήτη (Goswami and Sharma, 2017; Kamal and Karoui, 2015; Azad and Ahmed, 2016; Afzal *et al.*, 2011). Επίσης, δημιουργείται πληθώρα ζητημάτων σχετικά με την αυθεντικότητα των προϊόντων, όπως είναι ο αθέμιτος ανταγωνισμός μεταξύ των βιομηχανιών, η οικονομική παραπλάνηση των καταναλωτών, η διαστρέβλωση της αντίληψης των καταναλωτών για τα συγκεκριμένα προϊόντα και η επιβάρυνση των επίσημων ρυθμιστικών αρχών για τη νοθεία των τροφίμων (Mayer, 2005; Poonia *et al.*, 2017). Η νοθεία του γάλακτος στην Ελλάδα φέρει σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στη βιομηχανία γάλακτος, καθώς το γάλα και τα προϊόντα του αποτελεί ένα από τα βασικά εμπορεύσιμα προϊόντα της χώρας (Fotakis *et al.*, 2020). Πράγματι, με εξαίρεση το ελαιόλαδο, τα τυριά με Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης (Π.Ο.Π.), όπως είναι η φέτα και το μανούρι, αποτελούν τα σημαντικότερα εξαγόμενα προϊόντα της Ελλάδας και κατέχουν υψηλή οικονομική αξία (Danezis *et al.*, 2020; Rau *et al.*, 2020).

2.2.2.2 Αντίκτυπος στην Υγεία των Καταναλωτών

Όπως αναφέρθηκε στην Παράγραφο 2.2.2.1 (σελ.28), η νοθεία είναι οικονομικά παρακινούμενη και πέρα από τα οικονομικά ζητήματα που δημιουργεί, επιπλέον έχει συχνά σοβαρές συνέπειες στη δημόσια υγεία (Azad and Ahmed, 2016; Goswami and Sharma, 2017; Das *et al.*, 2016). Ο Mayer (2005) αναφέρει ότι, στα διάφορα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας του γάλακτος, παρ' όλο που η θρεπτική αξία

αποτελεί σημαντικό ζήτημα, καθώς η νοθεία υποβιβάζει την ποιότητα των προϊόντων, η αυθεντικότητα του γάλακτος και των προϊόντων του δεν αποτελούν συνήθως ζήτημα της ασφάλειας τροφίμων (Poonia *et al.*, 2017). Ωστόσο, το περιστατικό νοθείας στην Κίνα το 2008, απέδειξε ότι η νοθεία ενέχει αρκετούς κινδύνους για την υγεία, προκαλώντας παράλληλα κατάρρευση των συστημάτων ασφάλειας των τροφίμων (Santos *et al.*, 2013). Πράγματι, η νοθεία στο γάλα μπορεί να γίνει ιδιαίτερα επικίνδυνη για την υγεία των καταναλωτών, σε περιπτώσεις προσθήκης ορισμένων βλαβερών ουσιών, ειδικά για τις ευάλωτες ομάδες, όπως είναι τα βρέφη, τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι, για τις οποίες το γάλα αποτελεί βασική πηγή θρεπτικών συστατικών (Azad and Ahmed, 2016; Goswami and Sharma, 2017; Trbović *et al.*, 2017). Οι βλαβερές ουσίες για την υγεία των καταναλωτών που μπορεί να βρεθούν σε νοθευμένα γάλατα είναι οι εξής: ουρία (σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 700 mg/L), μεθανάλη, απορρυπαντικά, θειικό αμμώνιο, βορικό οξύ, καυστική σόδα, θειικά άλατα, υπεροξείδιο του υδρογόνου και μελαμίνη. Ορισμένα προβλήματα υγείας που προκαλούν οι συγκεκριμένες ουσίες μπορεί να είναι: νεφρική ανεπάρκεια, γαστρεντερικές επιπλοκές, τροφική δηλητηρίαση, φλεγμονή στο έντερο, καρδιακά προβλήματα, ναυτία, καρκίνο ή ακόμη και θάνατος (Azad and Ahmed, 2016; Goswami and Sharma, 2017; Ravindran *et al.*, 2018; Afzal *et al.*, 2011; Das *et al.*, 2016).

2.2.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Γάλα και τα Προϊόντα του

2.2.3.1 Γενικά Στοιχεία

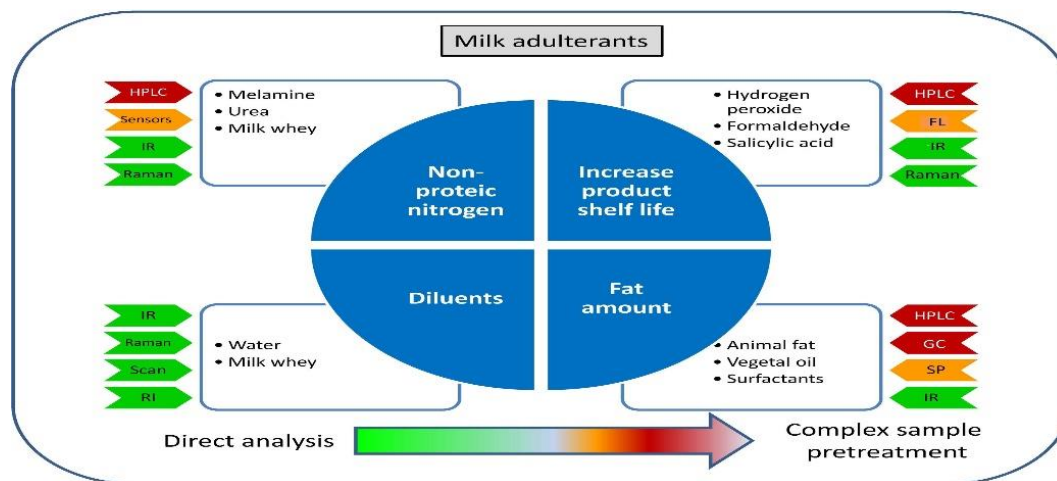
Τα κύρια είδη νοθείας, τα οποία έχουν καταγραφεί στα διάφορα περιστατικά νοθείας στο γάλα και τα προϊόντα του, είναι η ανάμιξη ενός είδους γάλακτος υψηλής αξίας με γάλα διαφορετικού είδους ή και χαμηλότερης αξίας, η αφαίρεση ή η υποκατάσταση ενός συστατικού υψηλής διατροφικής αξίας από το γάλα και τα προϊόντα του, όπως είναι το λίπος ή η κρέμα, η παραπλανητική επισήμανση στα γαλακτοκομικά προϊόντα και η προσθήκη διάφορων βλαβερών και μη εγκεκριμένων ουσιών (Goswami and Sharma, 2017; Fotakis *et al.*, 2020; Poonia *et al.*, 2017; Ganopoulos *et al.*, 2013; Temizkan *et al.*, 2020; Kamal and Karoui, 2015, Mayer, 2005; Singh and Gandhi, 2015; Hong *et al.*, 2017). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ανάμιξης διαφορετικών ειδών γάλακτος αποτελεί η ανάμιξη κατσικίσιου γάλακτος με αγελαδινό, καθώς το αγελαδινό γάλα διαθέτει παρόμοια εμφάνιση και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με το κατσικίσιο, είναι φθηνότερο και η παραγωγή του είναι μεγαλύτερη (Pereira *et al.*, 2020; Das *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2004; Mayer, 2005). Στα γαλακτοκομικά προϊόντα και ιδιαίτερα στα τυριά

Π.Ο.Π. παρατηρείται συχνά παραπλανητική επισήμανση. Ειδικότερα, τυριά συχνά παρασκευασμένα από αγελαδινό γάλα και στα οποία οι πληροφορίες σχετικά με τη γεωγραφική προέλευση και την τεχνολογία παραγωγής είναι ψευδείς, πωλούνται ως προϊόντα Π.Ο.Π. (Rau *et al.*, 2020; Danezis *et al.*, 2020; Kamal and Karoui, 2015; Hassoun *et al.*, 2020). Επιπλέον, σε προϊόντα, όπως το γιαούρτι και το βούτυρο, σύνθετες περιστατικό νοθείας αποτελεί η υποκατάσταση του λίπους με φυτικά έλαια και ζωικά λίπη (Temizkan *et al.*, 2020; Trbović *et al.*, 2017).

2.2.3.2 Προσθήκη Μη Εγκεκριμένων και Βλαβερών Ουσιών

Το συνηθέστερο είδος νοθείας που πραγματοποιείται στο γάλα και τα προϊόντα του είναι η προσθήκη βλαβερών και μη επισημασμένων ουσιών, και η διάλυση τους στο γάλα. Οι ενώσεις αυτές προστίθενται ώστε να τροποποιήσουν την χημική σύσταση των προϊόντων, να αυξηθεί ο όγκος του γάλακτος, να επαναφέρουν ορισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ή και φυσικοχημικές ιδιότητες σε φυσιολογικά επίπεδα προκειμένου να μην γίνεται εύκολα αντιληπτή η νοθεία ή και να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων (λειτουργούν ως συντηρητικά) (Afzal *et al.*, 2011; Fotakis *et al.*, 2020; Azad and Ahmed, 2016; Hassoun *et al.*, 2020). Ένα αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο είναι η προσθήκη νερού ή τυρογάλακτος, ώστε να αυξηθεί ο όγκος του γάλακτος. Εντούτοις, όταν προστίθεται νερό στο γάλα, η αφρώδης εμφάνισή του εξαφανίζεται και το φυσικό χρώμα του χάνεται. Οπότε, έπειτα προστίθενται τεχνητά απορρυπαντικά, ώστε να επανέλθει η αφρώδης εμφάνισή του και μικρή ποσότητα χρωστικών για να διατηρηθεί το χρώμα. Επίσης, προστίθενται άμυλο, ουρία, ζάχαρη, διαφορετικά είδη άλατος ή και ανασυσταμένο γάλα από σκόνη γάλακτος, προκειμένου να αυξηθούν τα στερεά άνευ λίπους (Σ.Α.Λ.) και το ειδικό βάρος να επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα (Afzal *et al.*, 2011; Azad and Ahmed, 2016; Das *et al.*, 2016; Ravindran *et al.*, 2018; Das *et al.*, 2015). Ως συντηρητικά προστίθενται το υπεροξείδιο του υδρογόνου, η μεθανάλη, η ουρία, η καυστική σόδα και τα αντιβιοτικά (Afzal *et al.*, 2011; Trbović *et al.*, 2017; Das *et al.*, 2015). Επίσης, ουσίες, όπως η καυστική σόδα, η ουρία και η μεθανάλη, προστίθενται για να μειώσουν την οξύτητα του γάλακτος (Kamal and Karoui, 2015; Das *et al.*, 2016). Τέλος, συνηθισμένη πρακτική αποτελεί η προσθήκη ουσιών πλούσιων σε άζωτο, όπως είναι η ουρία και η μελαμίνη. Αυτό συμβαίνει, προκειμένου να αυξηθεί το συνολικό ποσοστό αζώτου και κατά συνέπεια η περιεκτικότητα σε ολική πρωτεΐνη που προσδιορίζεται με την κλασική πρότυπη μέθοδο Kjeldahl. Έτσι, αυξάνεται και η

εμπορική αξία του γάλακτος, καθώς σχετίζεται με την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης σε αυτό (Azad and Ahmed, 2016; Sørensen *et al.*, 2016).



Εικόνα 2.4 Ουσίες που προστίθενται συνήθως στο γάλα, οι αναλυτικές τεχνικές που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό τους και ο βαθμός περιπλοκότητας της προκατεργασίας του δείγματος. FL: μοριακή φασματοσκοπία φθορισμού, GC: αεριοχρωματογραφία, HPLC: υψηλής απόδοσης υγροχρωματογραφία, IR: φασματοσκοπία υπερώθρου, RI: μέτρηση του δείκτη διάθλασης, Scan: scanometry, SP: φασματοσκοπία UV - Vis (Nascimento *et al.*, 2017)

2.2.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Γάλακτος και των Γαλακτοκομικών Προϊόντων

2.2.4.1 Γενικά Στοιχεία

Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μέθοδοι στην επιστημονική βιβλιογραφία που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό διαφορετικών ειδών νοθείας στο γάλα και τα προϊόντα του (Das *et al.*, 2015; Temizkan *et al.*, 2020; Nascimento *et al.*, 2017). Οι μέθοδοι προσδιορισμού της νοθείας εστιάζουν κυρίως στην ανάλυση της σύνθεσης του λίπους, του πρωτεϊνικού κλάσματος ή και του DNA που βρίσκεται στα σωματικά κύτταρα του γάλακτος και των προϊόντων του (Mayer, 2005; Hurley *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2004). Επιπρόσθετα, βασίζονται κυρίως σε τεχνικές χρωματογραφίας, PCR ή και φασματοσκοπίας, και σε άλλες τεχνικές, όπως ανοσολογικές και ηλεκτροφορητικές (Kamal and Karoui, 2015; Rau *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2013; Mayer, 2005; Ganopoulos *et al.*, 2013; Hassoun *et al.*, 2020). Εντούτοις, οι εφαρμογές των ανοσολογικών και ηλεκτροφορητικών μεθόδων είναι περιορισμένες, καθώς δεν επιτυγχάνουν τον προσδιορισμό του είδους γάλακτος που προέρχεται από συγγενικά είδη ζώων, ενώ παρουσιάζουν μειωμένη ευαισθησία όταν εφαρμόζονται σε προϊόντα που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία (Hong *et al.*, 2017; Ganopoulos *et al.*, 2013). Η ταυτοποίηση των ουσιών που προστίθενται για τη νοθεία του γάλακτος είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με απλές χρωματομετρικές μεθόδους. Ωστόσο, ο προσδιορισμός της ποσότητας των ουσιών αυτών εξαρτάται από τη φύση τους (Azad and Ahmed, 2016). Παραδείγματος

χάρην, τεχνικές HPLC χρησιμοποιούνται συχνά για τον προσδιορισμό προστιθέμενης πρωτεΐνης διαφορετικού είδους από την περιεχόμενη, και τεχνικές GC χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της νοθείας του λίπους στο βούτυρο (Azad and Ahmed, 2016; Hong *et al.*, 2017).

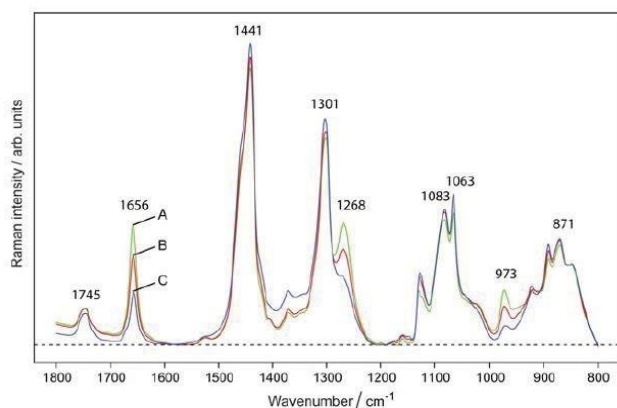
2.2.4.2 Χρωματογραφικές Μέθοδοι

Οι μέθοδοι χρωματογραφίας εφαρμόζονται κυρίως για τον προσδιορισμό της ποσότητας διαφορετικών ειδών γάλακτος και της ποσότητας προσθέτων σε μίγματα και γαλακτοκομικά προϊόντα (Azad and Ahmed; 2016, Temizkan *et al.*, 2020). Επίσης, η τεχνική της χρωματογραφίας χαρακτηρίζεται από υψηλή ευαισθησία και επιτυγχάνει αποτελεσματικό διαχωρισμό και ανίχνευση των κύριων πρωτεϊνών ή και των λιπαρών οξέων σε ορισμένα είδη γάλακτος (Kamal and Karoui, 2015; Ganopoulos *et al.*, 2013). Πιο συγκεκριμένα, η ποσότητα της μελαμίνης στο γάλα, τα προϊόντα του και σε βρεφικά προϊόντα προσδιορίζεται εφαρμόζοντας τεχνικές, όπως HPLC, RP-HPLC και HPLC-MS/MS (συζευγμένη με φασματόμετρο μάζας, Tandem Mass Spectrometry) (Hong *et al.*, 2017; Azad and Ahmed, 2016; Kamal and Karoui, 2015; Nascimento *et al.*, 2017). Επίσης, η ποσότητα της ουρίας και αντιβιοτικών στο γάλα μπορεί να προσδιορισθεί με μέθοδο HPLC κανονικής φάσης και το προστιθέμενο νερό ή και το τυρόγαλα με μέθοδο RP-HPLC (Azad and Ahmed, 2016; Das *et al.*, 2016). Ο προσδιορισμός των προστιθέμενων πρωτεϊνών επιτυγχάνεται με μέθοδο RP-HPLC με ανιχνευτή φθορισμού (Das *et al.*, 2016; Roopia *et al.*, 2017). Οι μέθοδοι GC εφαρμόζονται συνήθως για την ανάλυση των λιπαρών οξέων και μέσω αυτής για τον προσδιορισμό της νοθείας στο λίπος του γάλακτος και των προϊόντων του (Trbović *et al.*, 2017; Kamal and Karoui, 2015). Επιπλέον, το προφίλ των λιπαρών οξέων που λαμβάνεται από ανάλυση GC, αξιοποιείται για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης του γάλακτος (Kamal and Karoui, 2015). Σε αρκετές μελέτες αναφέρεται ότι εφαρμόζοντας μεθόδους GC και διαχωρίζοντας τα τριγλυκερίδια με βάση τον αριθμό των ανθράκων, προσδιορίζεται η προέλευση του γάλακτος και η πιθανή νοθεία του λίπους των γαλακτοκομικών προϊόντων (Trbović *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2004; Roopia *et al.*, 2017). Επίσης, η αναλογία της αφθονίας του λαυρικού οξέος προς το καπρικό οξύ έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως δείκτης νοθείας κατσικίσιου ή πρόβειου γάλακτος με αγελαδινό γάλα, κατά την παραγωγική διαδικασία τυριών (Chen *et al.*, 2004). Όσον αφορά τους περιορισμούς που εμφανίζουν οι μέθοδοι χρωματογραφίας, οι συγκεκριμένες μέθοδοι απαιτούν χρονοβόρα προκατεργασία του δείγματος και συχνά δεν επιλέγονται για καθημερινούς

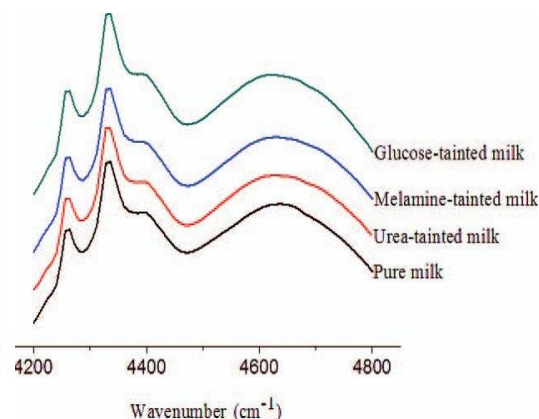
ελέγχους σε πολλά δείγματα, καθώς είναι δαπανηρές, απαιτούν χρόνο και εκπαίδευση του χειριστή (Temizkan *et al.*, 2020; Ganopoulos *et al.*, 2013; Hurley *et al.*, 2004; Kamal and Karoui, 2015).

2.2.4.3 Μέθοδοι Φασματοσκοπίας και Φασματομετρίας Μάζας

Οι φασματοσκοπικές τεχνικές εφαρμόζονται σε εναλλακτικές μεθόδους προσδιορισμού της νοθείας, καθώς δεν φέρουν τα μειονεκτήματα των υπάρχουσών μεθόδων, όπως των μεθόδων χρωματογραφίας. Ακόμη, οι μέθοδοι αυτές είναι μη καταστροφικές, ταχείες, φιλικές προς το περιβάλλον, έχουν σχετικά χαμηλό κόστος, παρέχουν πολλά δεδομένα με μια μόνο αναλυτική δοκιμή και απαιτούν ελάχιστη προετοιμασία του δείγματος. Εντούτοις, σημαντικό μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί η μικρότερη ευαισθησία σε σύγκριση με τις μεθόδους χρωματογραφίας (Hassoun *et al.*, 2020; Kamal and Karoui, 2015; Nascimento *et al.*, 2017). Μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, MIR και Raman εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της ποσότητας μη επισημασμένων ειδών γάλακτος (Hassoun *et al.*, 2020) και διάφορων ουσιών που προστίθενται στο γάλα και τα προϊόντα του, όπως είναι το νερό, το τυρόγαλα, η μελαμίνη, η ουρία και η σκόνη γάλακτος (Das *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2013; Nascimento *et al.*, 2017; Sørensen *et al.*, 2016; Azad and Ahmed, 2016; Poonia *et al.*, 2017; Ravindran *et al.*, 2018). Επιπλέον, η φασματοσκοπία Raman έχει χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της υποκατάστασης βουτύρου με μαργαρίνη (**Εικόνα 2.5**) και τον προσδιορισμό της προσθήκης λίπους σε γιαούρτι και κρέμα γάλακτος (Temizkan *et al.*, 2020; Hassoun *et al.*, 2020). Οι Nascimento *et al.* (2017) αναφέρουν ακόμη, ότι ο προσδιορισμός της ποσότητας της μελαμίνης στο γάλα προσδιορίζεται με μεθόδους UV-Vis και φασματοσκοπία φθορισμού. Η φασματοσκοπία φθορισμού σε σύγκριση με τις υπόλοιπες φασματοσκοπικές τεχνικές διαθέτει αρκετά μεγαλύτερη ευαισθησία. Όμως, οι μέθοδοι φασματοσκοπίας φθορισμού δεν είναι κατάλληλες για την ανάλυση σύνθετων δειγμάτων, που περιέχουν πολλά συστατικά, καθώς παρατηρούνται επικαλύψεις ζωνών στο φάσμα διεγέρσεως και φθορισμού. Συνεπώς, απαιτείται διαχωρισμός των συστατικών πριν την ανάλυση (Kamal and Karoui, 2015; Fotakis *et al.*, 2020). Ορισμένες εφαρμογές της φασματοσκοπίας φθορισμού που αξίζει να σημειωθούν είναι ο ταχύς προσδιορισμός της νοθείας του λίπους του γάλακτος με φυτικά έλαια και η ταυτοποίηση του είδους γάλακτος (Das *et al.*, 2016; Kamal and Karoui, 2015; Hassoun *et al.*, 2020).



Εικόνα 2.5 Φάσμα Raman μαργαρίνης (A), 50/50 μίγματος μαργαρίνης-βουτύρου (B) και βουτύρου (C) (Nedeljković *et al.*, 2016)



Εικόνα 2.6 Φάσμα NIR γάλακτος και νοθευμένου γάλακτος, στο οποίο έχει προστεθεί γλυκόζη, μελαμίνη ή ουρία (Yang *et al.*, 2013)

Τα τελευταία χρόνια, πολλές μέθοδοι MS έχουν αναπτυχθεί για την ανάλυση της δομής των πρωτεϊνών και πεπτιδίων στο γάλα (Chen *et al.*, 2004; Rau *et al.*, 2020). Ειδικότερα, μέθοδοι φασματομετρίας μάζας με ιοντισμό εκρόφησης με λέιζερ υποβοηθούμενο από τη μήτρα και αναλυτή μαζών χρόνου πτήσης (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization - Time of Flight Mass Spectrometry, MALDI-TOF MS) εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό των ειδών γάλακτος σε διάφορα προϊόντα γάλακτος και για την αξιολόγηση της αυθεντικότητας του λίπους του γάλακτος (Rau *et al.*, 2020; Nascimento *et al.*, 2017; Azad and Ahmed, 2016). Επιπλέον, μέθοδοι φασματομετρίας μάζας σε σειρά με ιοντισμό με ηλεκτροψεκασμό (ESI-MS/MS) ή MALDI-TOF MS έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της ποσότητας μελαμίνης με κατώτερο όριο ανίχνευσης 0,26 και 0,1 mg/kg αντίστοιχα (Nascimento *et al.*, 2017). Ορισμένα μειονεκτήματα εντούτοις, όπως η χρονοβόρα προκατεργασία του δείγματος, το υψηλό κόστος αγοράς και συντήρησης των οργάνων και η δυσκολία σύζευξης του φασματογράφου MALDI-MS με τεχνικές διαχωρισμού, περιορίζουν τις εφαρμογές των συγκεκριμένων μεθόδων (Nascimento *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2004).

2.2.4.4 Μέθοδοι Ανάλυσης DNA

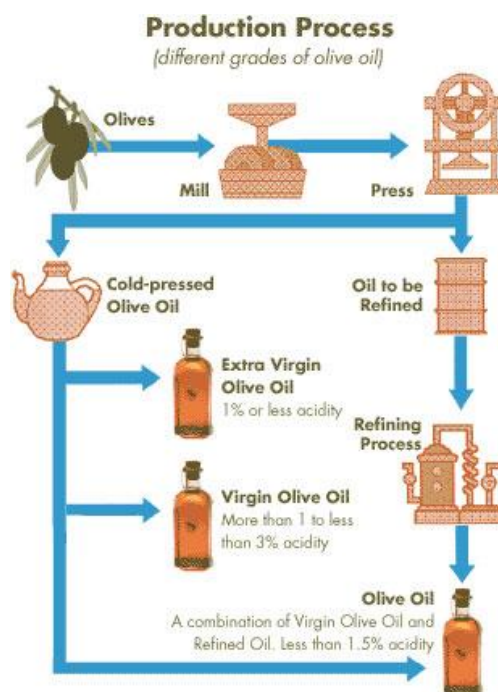
Οι μέθοδοι που βασίζονται στην ανάλυση του DNA εφαρμόζονται κυρίως για να προσδιορισθεί το είδος του γάλακτος και η προέλευση του, ώστε να επιβεβαιωθεί η αυθεντικότητα του γάλακτος και των προϊόντων του (Kamal and Karoui, 2015; Rau *et al.*, 2020). Οι συγκεκριμένες μέθοδοι θεωρούνται πιο αξιόπιστες και με μεγαλύτερη ευαισθησία σε σύγκριση με μεθόδους που βασίζονται στην ανάλυση των πρωτεϊνών ή των λιπαρών οξέων, καθώς το DNA είναι σταθερό κατά τις θερμικές και τις διάφορες χημικές επεξεργασίες που πραγματοποιούνται κατά την παραγωγή διάφορων γαλακτοκομικών προϊόντων (Ganopoulos *et al.*, 2013; Kamal and Karoui, 2015).

Ειδικότερα, μέθοδοι που εφαρμόζουν τεχνικές PCR χρησιμοποιούνται ευρέως και επιτυγχάνουν ταυτοποίηση του είδους γάλακτος σε διάφορα προϊόντα, όπως τυριά, γιαούρτι, σκόνη γάλακτος, βούτυρο και φρέσκο και Ultra High Temperature (UHT) γάλα (Azad and Ahmed, 2016; Poonia *et al.*, 2017; Das *et al.*, 2016; Mayer, 2005; Rau *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2020; Ganopoulos *et al.*, 2013; Kamal and Karoui, 2015). Ωστόσο, οι μέθοδοι ανάλυσης DNA είναι χρονοβόρες, δαπανηρές και αποτελούν ιδιαίτερα επίπονες μέθοδοι, καθώς απαιτείται ειδική προκατεργασία του δείγματος (Hassoun *et al.*, 2020; Kamal and Karoui, 2015; Pereira *et al.*, 2020; Rau *et al.*, 2020).

2.3 Νοθεία του Ελαιολάδου

2.3.1 Εισαγωγή

Το ελαιόλαδο θεωρείται ως το πιο αντιπροσωπευτικό, σημαντικό και εμβληματικό συστατικό της μεσογειακής διατροφής, ενώ από τις Μεσογειακές χώρες προέρχεται το 94% της παγκόσμιας παραγωγής (2019) (Lioupi *et al.*, 2020; Kalogiouri *et al.*, 2020; Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Chedid *et al.*, 2020; Poulli *et al.*, 2006). Σύμφωνα με το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου (International Olive Council), το ελαιόλαδο κατατάσσεται σε δύο βασικές κατηγορίες με βάση την ποιότητα και την καθαρότητά του. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούνται από τα ελαιόλαδα που είναι κατάλληλα για κατανάλωση και τα ελαιόλαδα



Εικόνα 2.7 Εικονική αναπαράσταση παραγωγής διαφορετικών κατηγοριών ελαιολάδου

που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία πριν την κατανάλωση. Τα ελαιόλαδα που είναι κατάλληλα για κατανάλωση περιλαμβάνουν το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, το παρθένο και το συνηθισμένο παρθένο ελαιόλαδο (Εικόνα 2.7). Αντιθέτως, τα ελαιόλαδα που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία πριν την κατανάλωση περιλαμβάνουν το λαμπάντε εξευγενισμένο ελαιόλαδο και το ελαιόλαδο που αποτελείται από εξευγενισμένα και παρθένα ελαιόλαδα (da Silveira *et al.*, 2017; Meenu *et al.*, 2019; Τσάκνης, 2018; Mildner-Szkudlarz and Jeleń, 2010; Pasiás *et al.*, 2020). Τα παρθένα ελαιόλαδα αποτελούν έλαια, τα οποία εξάγονται, αποκλειστικά μέσω μηχανικών μεθόδων ψυχρής έκθλιψης (πίεσης), από το φρέσκο, υγιή και στο κατάλληλο στάδιο

ωρίμανσης ελαιόκαρπο του δέντρου *Olea europaea* (ελιά) (Abamba Omwange *et al.*, 2021; da Silveira *et al.*, 2017; Yan *et al.*, 2020; Poulli *et al.*, 2006; Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Pasiás *et al.*, 2020; Downey *et al.*, 2002; Meenu *et al.*, 2019; Mildner-Szkudlarz and Jeleń, 2010). Σε αντίθεση με τα σπορέλαια, που λαμβάνονται με χημική επεξεργασία με διαλύτες, κατά την εξαγωγή του ελαιολάδου μόνο ελάχιστη επεξεργασία, που δεν τροποποιεί την αρχική σύνθεσή του, είναι επιτρεπτή, όπως το πλύσιμο, η πίεση, η μετάγγιση, η φυγοκέντριση και η διήθηση. Ως εκ τούτου, το ελαιόλαδο θεωρείται υψηλής ποιότητας προϊόν, το οποίο διαθέτει μεγαλύτερη αξία, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εδώδιμα έλαια (da Silveira *et al.*, 2017; Poulli *et al.*, 2006; Philippidis *et al.*, 2017; Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Τσάκνης, 2018).

Το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο αποτελεί ανώτερης ποιότητας και υψηλότερης αξίας ελαιόλαδο, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, διότι διαθέτει υψηλή διατροφική αξία και μοναδικά και ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Fragaki *et al.*, 2005; Ravindran *et al.*, 2018; Philippidis *et al.*, 2017; Meenu *et al.*, 2019; da Silveira *et al.*, 2017). Επιπλέον, θεωρείται λειτουργικό τρόφιμο, καθώς η καθημερινή κατανάλωσή του έχει συσχετισθεί με διάφορα οφέλη για την υγεία (Meenu *et al.*, 2019; Lioupi *et al.*, 2020; da Silveira *et al.*, 2017; Abamba Omwange *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2013; Poulli *et al.*, 2006). Τα οφέλη αυτά αποδίδονται στην παρουσία διάφορων ενώσεων, όπως τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, η α-τοκοφερόλη και οι φαινολικές ενώσεις, που δρουν ως αντιοξειδωτικά και αντιφλεγμονώδη (Lioupi *et al.*, 2020; Abamba Omwange *et al.*, 2021). Ωστόσο, λόγω των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών του εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου σε συνδυασμό με τη μεγάλη ζήτηση και την περιορισμένη παραγωγή του, το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο αποτελεί το μεγαλύτερο στόχο της νοθείας, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους τύπους ελαιολάδου (Abamba Omwange *et al.*, 2021; Meenu *et al.*, 2019; Casadei *et al.*, 2021).

2.3.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Ελαιολάδου

Η νοθεία στα τρόφιμα έχει ιδιαίτερη σημασία για τη βιομηχανία, τους σχετικούς ρυθμιστικούς οργανισμούς και ειδικά για τους τελικούς καταναλωτές, οι οποίοι εξαπατώνται σχετικά με την ποιότητα του προϊόντος που καταναλώνουν (da Silveira *et al.*, 2017). Η παραγωγή του ελαιολάδου έχει υψηλό κοινωνικοοικονομικό αντίκτυπο και ειδικά του εξαιρετικού παρθένου, διότι θεωρείται ανώτερης ποιότητας και διαθέτει υψηλότερες τιμές στην αγορά (Chedid *et al.*, 2020). Κατά συνέπεια, η νοθεία στο ελαιόλαδο προκαλεί τεράστιες οικονομικές απώλειες, καθώς οι παραγωγοί που πουλούν

νοθευμένα μίγματα ελαιολάδου μεγιστοποιούν τα κέρδη τους και επωφελούνται, λόγω αθέμιτου ανταγωνισμού. Έτσι, αποσταθεροποιείται η αγορά και διαταράσσεται η περιφερειακή και εθνική οικονομία (Fragaki *et al.*, 2005; Lioupi *et al.*, 2020). Επιπλέον, η νοθεία στο ελαιόλαδο οδηγεί σε εξαπάτηση των καταναλωτών, καθώς η ποιότητα και η διατροφική αξία του ελαιολάδου υποβαθμίζονται. Τέλος, είναι δυνατό να απειληθεί η υγεία των καταναλωτών, επειδή προκαλούνται προβλήματα υγείας και ασφάλειας, ειδικά σε περιπτώσεις, στις οποίες το ελαιόλαδο αγοράζεται για τη διατροφική αξία του και τα οφέλη που προσφέρει στην υγεία (Philippidis *et al.*, 2017; Gurdeniz and Ozen, 2009; Frankel, 2010; Fragaki *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2013; Meenu *et al.*, 2019).

2.3.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Ελαιόλαδο

Η εκτίμηση της αυθεντικότητας του παρθένου ελαιολάδου σχετίζεται με την ανίχνευση νοθείας και την επιβεβαίωση των στοιχείων που επισημαίνονται, όπως η κατηγορία ποιότητας, η γεωγραφική προέλευση, η γενετική ποικιλία και ο τύπος της παραγωγικής διαδικασίας (συμβατική ή οργανική) (Lioupi *et al.*, 2020; Kalogiouri *et al.*, 2016). Τα είδη νοθείας που παρατηρούνται στα διάφορα περιστατικά είναι η υποκατάσταση, η προσθήκη ή διάλυση και η παραπλανητική επισήμανση (Casadei *et al.*, 2021; Downey *et al.*, 2002). Πιο συγκεκριμένα, το παρθένο ελαιόλαδο υποκαθίσταται με φθηνότερα φυτικά έλαια ή και αποσμημένο κατώτερης ποιότητας ελαιόλαδο (εξευγενισμένο ή και πυρηνέλαιο). Τα προαναφερθέντα έλαια προστίθενται ή διαλύονται, επίσης, στο παρθένο ελαιόλαδο. Τα συνηθέστερα φυτικά έλαια που χρησιμοποιούνται για τη νοθεία του ελαιολάδου είναι το ηλιέλαιο και το αραβοσιτέλαιο, καθώς η χημική σύνθεσή τους είναι παρόμοια με του παρθένου ελαιολάδου και η τιμή τους είναι χαμηλότερη (Yang *et al.*, 2013; Philippidis *et al.*, 2017; Meenu *et al.*, 2019; Πουλλή, 2009; da Silveira *et al.*, 2017; Poulli *et al.*, 2006; Lioupi *et al.*, 2020; Αγιομυργιανάκη, 2012; Yan *et al.*, 2020; Gurdeniz and Ozen, 2009; Fragaki *et al.*, 2005; Hong *et al.*, 2017; Downey *et al.*, 2002; Mildner-Szkudlarz and Jeleń, 2010). Επιπρόσθετα, είναι δυνατό τα κατώτερης ποιότητας έλαια που χρησιμοποιούνται να έχουν χρωματισθεί τεχνητά, ώστε να προσομοιάσουν το χρώμα του ελαιολάδου (Casadei *et al.*, 2021; Yan *et al.*, 2020). Τέλος, η παραπλανητική επισήμανση σχετίζεται με την ψευδή επισήμανση της γεωγραφικής προέλευσης και της κατηγορίας ποιότητας του ελαιολάδου (Casadei *et al.*, 2021; Lioupi *et al.*, 2020; Downey *et al.*, 2002).

2.3.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Ελαιολάδου

2.3.4.1 Γενικά στοιχεία

Ο προσδιορισμός της νοθείας στο ελαιόλαδο αποτελεί μία δύσκολη και απαιτητική διαδικασία, καθώς το ελαιόλαδο είναι ένα σύνθετο μίγμα ενώσεων που ποικίλλουν ως προς την περιεκτικότητα, τις μοριακές ιδιότητες και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, όπως η πολικότητα. Οι ενώσεις αυτές είναι οι τριακυλογλυκερόλες, τα λιπαρά οξέα, οι υδρογονάνθρακες, οι τοκοφερόλες, οι λιπαρές αλκοόλες, οι στερόλες, τα φωσφολιπίδια, οι πρωτεΐνες, οι (πολυ)φαινολικές και πτητικές ενώσεις (Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Liouri *et al.*, 2020; Frankel, 2010; Yang *et al.*, 2013). Προκειμένου να ανιχνευθεί και να προσδιοριστεί η νοθεία στο ελαιόλαδο, δύο διαφορετικές αναλυτικές προσεγγίσεις περιγράφονται κατά κύριο λόγο στην επιστημονική βιβλιογραφία. Η πρώτη προσέγγιση εστιάζει στον προσδιορισμό της ποσότητας συγκεκριμένων χημικών ενώσεων-δεικτών, όπως οι τοκοτριενόλες, οι πολικές ενώσεις, οι τριακυλογλυκερόλες και το σύνολο της καμπεστερόλης και στιγμαστερόλης. Η δεύτερη εστιάζει στην εφαρμογή ενόργανων μεθόδων, με τις οποίες λαμβάνονται δεδομένα για τη γενική χημική σύνθεση των δειγμάτων, χωρίς να ταυτοποιείται μόνο μία ένωση ή ομάδα ενώσεων (Meenu *et al.*, 2019; Beneito-Cambra *et al.*, 2020). Υπάρχουν διάφορες αναλυτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας στο ελαιόλαδο. Οι βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται διακρίνονται σε χημικές και βιολογικές, με βάση την τεχνική που χρησιμοποιείται. Οι χημικές μέθοδοι βασίζονται σε τεχνικές χρωματογραφίας (HPLC και GC) και φασματοσκοπίας (NIR, MIR, Raman, φθορισμού, UV-Vis, NMR)/φασματομετρίας (MS). Ενώ, οι βιολογικές μέθοδοι βασίζονται σε τεχνικές ανάλυσης DNA (Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Poulli *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2013; Pasiadis *et al.*, 2020; Meenu *et al.*, 2019; Πουλλή, 2009; Ravindran *et al.*, 2018; Downey *et al.*, 2002; Hong *et al.*, 2017; Mildner-Szkudlarz and Jeleń, 2010; Philippidis *et al.*, 2017).

2.3.4.2 Χρωματογραφικές Μέθοδοι

Η εκτίμηση της αυθεντικότητας και η ανίχνευση της νοθείας στο ελαιόλαδο επιτυγχάνεται εφαρμόζοντας κυρίως χρωματογραφικές μεθόδους GC και HPLC. Οι μέθοδοι αυτές εφαρμόζονται συχνότερα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες και βασίζονται στον προσδιορισμό της ποσότητας συγκεκριμένων ενώσεων-δεικτών (Fragaki *et al.*, 2005; Poulli *et al.*, 2006; Meenu *et al.*, 2019; Πουλλή, 2009; Gurdeniz and Ozen, 2009). Οι μέθοδοι HPLC χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό ενώσεων-δεικτών, όπως οι

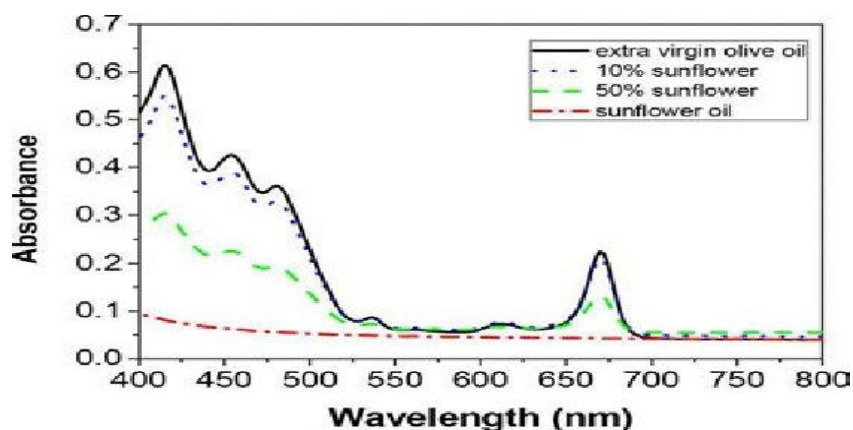
τριακυλογλυκερόλες, οι τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες, οι φαινολικές ενώσεις και το πολικό κλάσμα ενώσεων του ελαιολάδου. Αντιθέτως, οι μέθοδοι GC είναι ιδανικές για τον προσδιορισμό των λιπαρών οξέων και άλλων ενώσεων-δεικτών, όπως οι τριακυλογλυκερόλες, οι στερόλες και οι πτητικές ενώσεις (Meenu *et al.*, 2019; Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Kalogiouri *et al.*, 2020). Ορισμένες αξιοσημείωτες εφαρμογές των χρωματογραφικών μεθόδων για τον προσδιορισμό της νοθείας στο ελαιόλαδο είναι οι εξής: 1) ο προσδιορισμός φουντουκέλαιου σε εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, χρησιμοποιώντας μέθοδο RP-HPLC με ανιχνευτή UV και προσδιορισμό των πολικών ενώσεων του φουντουκέλαιου (Meenu *et al.*, 2019), 2) η ανίχνευση σογιέλαιου σε εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο χρησιμοποιώντας μέθοδο GC και προσδιορίζοντας την τριλινολεΐνη, μία ένωση που δεν παρουσιάζεται φυσικά στο ελαιόλαδο (Frankel, 2010), 3) η ανίχνευση φυτικών ελαίων ή οποιασδήποτε ποιότητας ελαιολάδου σε παρθένο ελαιόλαδο χρησιμοποιώντας μέθοδο LC-MS (Liouri *et al.*, 2020) και 4) η ανίχνευση ραφινρισμένου φυτικού ελαίου σε εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, χρησιμοποιώντας μέθοδο GC και προσδιορίζοντας το σύνολο της καμπεστερόλης και στιγμαστερόλης, χωρίς όμως να είναι δυνατή η ταυτοποίηση του είδους του φυτικού ελαίου που έχει χρησιμοποιηθεί για τη νοθεία (Meenu *et al.*, 2019).

Σύμφωνα με τους Fragaki *et al.* (2005), οι τεχνικές χρωματογραφίας αποτελούν τις πιο ακριβείς τεχνικές και χαρακτηρίζονται από χαμηλά όρια ανίχνευσης των αναλυτών. Ωστόσο, οι χρωματογραφικές μέθοδοι είναι καταστρεπτικές, περίπλοκες και χρονοβόρες, καθώς είναι απαραίτητο να διενεργηθεί η προκατεργασία του δείγματος και απαιτούνται διάφορα στάδια για να ολοκληρωθεί η ποσοτικοποίηση (Philippidis *et al.*, 2017; Poulli *et al.*, 2006; Fragaki *et al.*, 2005; Mavromoustakos *et al.*, 2000). Συγκεκριμένα, για την ανάλυση με GC απαιτείται παραγωγή κατά την προεπεξεργασία του δείγματος (π.χ. σιλανοποίηση των στερολών προς σχηματισμό πτητικών και σταθερών παραγώγων τους), που μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια πληροφορίας για τις ενώσεις που ανήκουν στο πολικό κλάσμα του εξεταζόμενου δείγματος ελαιολάδου (Liouri *et al.*, 2020; Kalogiouri *et al.*, 2020).

2.3.4.3 Φασματοσκοπικές και Φασματομετρικές Μέθοδοι

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι σε συνδυασμό με χημειομετρικές αναλύσεις εφαρμόζονται για την ανίχνευση και τον προσδιορισμό της ποσότητας κατώτερης ποιότητας ελαιολάδων και φυτικών ελαίων που μπορεί να έχουν προστεθεί κατά τη νοθεία σε παρθένο ελαιόλαδο (Yang *et al.*, 2013; Poulli *et al.*, 2006; Downey *et al.*, 2002). Οι

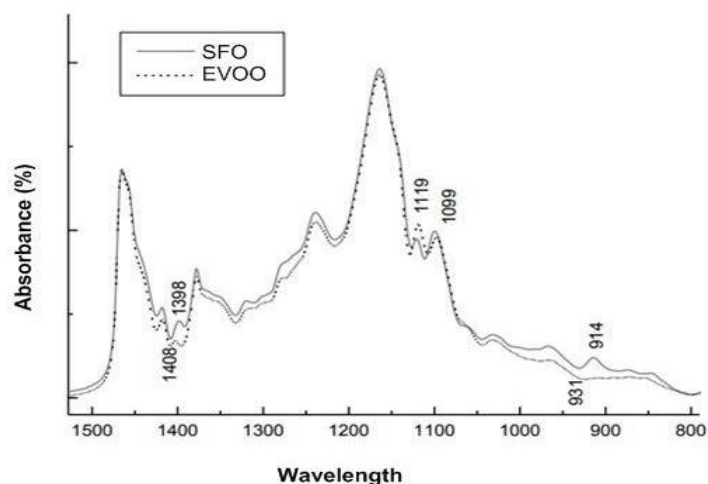
εφαρμοζόμενες τεχνικές φασματοσκοπίας είναι ταχείες, μη καταστρεπτικές και δεν απαιτείται πολύπλοκη προκατεργασία του δείγματος. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή των συγκεκριμένων μεθόδων είναι απλή και εύκολη. Επίσης, το κόστος ανά δοκιμή είναι χαμηλό (Poulli *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2013; Downey *et al.*, 2002). Εντούτοις, εφαρμόζοντας φασματοσκοπικές μεθόδους λαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με τα γενικά χαρακτηριστικά του χημικού δακτυλικού αποτυπώματος και δεν είναι συχνά δυνατό να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες ενώσεις (Yang *et al.*, 2013). Σε σύγκριση με τις χρωματογραφικές μεθόδους, οι μέθοδοι UV-Vis απαιτούν απλούστερες και φθηνότερες εργαστηριακές εγκαταστάσεις. Ωστόσο, βασικό μειονέκτημα των μεθόδων UV-Vis αποτελεί ο υψηλός θόρυβος σήματος του αναλυτικού οργάνου κατά την ταυτοποίηση των αγνών και νοθευμένων δειγμάτων, ο οποίος εμποδίζει την ταυτοποίηση ή τον ακριβή προσδιορισμό της ποσότητας ορισμένων ενώσεων (Meenu *et al.*, 2019). Οι μέθοδοι φασματοσκοπίας UV-Vis εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της ποσότητας κατώτερης ποιότητας ελαιολάδου που έχει αναμειχθεί με εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο και για την ταυτοποίηση ελαιολάδου, σπορέλαιων και εξευγενισμένων ελαιολάδων (Philippidis *et al.*, 2017; Meenu *et al.*, 2019). Η απορρόφηση στην ορατή περιοχή παρέχει πληροφορίες για τα χρωμοφόρα συστατικά του ελαίου, όπως είναι τα καροτενοειδή και οι χλωροφύλλες. Οι ενώσεις αυτές απουσιάζουν στο ηλιέλαιο, με αποτέλεσμα οι απορροφήσεις των ενώσεων αυτών στην ορατή περιοχή να απουσιάζουν επίσης από το φάσμα του, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.8** (Philippidis *et al.*, 2017).



Εικόνα 2.8 Φάσμα απορρόφησης εξαιρετικού παρθένο ελαιόλαδου, ηλιέλαιου και μιγμάτων εξαιρετικού παρθένο ελαιόλαδου με 10% και 50% ηλιέλαιο στα 400-800 nm (Philippidis *et al.*, 2017).

Οι μέθοδοι δονητικής φασματοσκοπίας σε συνδυασμό με χημειομετρικές μεθόδους έχουν επιδείξει σημαντικές δυνατότητες στον προσδιορισμό της αυθεντικότητας του ελαιολάδου (Abamba Omwange *et al.*, 2021; Gurdeniz and Ozen, 2009; Meenu *et al.*,

2019). Οι συγκεκριμένες μέθοδοι έχει αποδεχτεί ότι διαθέτουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως το χαμηλό κόστος, η υψηλή ταχύτητα ανάλυσης και η μη καταστροφική φύση τους (Meenu *et al.*, 2019; Philippidis *et al.*, 2017). Ωστόσο, η ευαισθησία των μεθόδων είναι χαμηλή και τα όρια ανίχνευσης είναι υψηλά (Poulli *et al.*, 2006; Πουλλή, 2009). Σύμφωνα με αρκετές επιστημονικές μελέτες, η κύρια εφαρμογή των μεθόδων NIR, MIR, FT-IR, ATR-FTIR και Raman σε συνδυασμό με χημειομετρικές αναλύσεις είναι ο προσδιορισμός της νοθείας του ελαιολάδου με άλλα φυτικά έλαια, όπως το ηλιέλαιο, το αραβοσιτέλαιο, το σογιέλαιο και το φουντουκέλαιο (Meenu *et al.*, 2019; Abamba Omwange *et al.*, 2021; Αγιομυργιανάκη, 2012; Frankel, 2010; Gurdeniz and Ozen, 2009; Downey *et al.*, 2002; Mildner-Szkudlarz and Jeleń, 2010; Hong *et al.*, 2017; Philippidis *et al.*, 2017; Pasiyas *et al.*, 2020). Η μορφή του φάσματος FT-IR των βρώσιμων ελαίων καθορίζεται κυρίως από τα λιπιδικά μόρια, σε μεγαλύτερο βαθμό μάλιστα από τα λιπαρά οξέα των ελαίων. Τα συγκεκριμένα μόρια παρουσιάζουν χαρακτηριστικές ζώνες απορρόφησης στη μέση υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Παρατηρώντας χαρακτηριστικά φάσματα απορρόφησης (Εικόνα 2.9) στην υπέρυθρη περιοχή γίνεται αντιληπτή η ομοιότητα που υπάρχει στην σύνθεση των λιπιδίων των ελαίων. Εντούτοις, εξετάζοντας πιο προσεκτικά το φάσμα, σημειώνονται ορισμένες σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζωνών απορρόφησης των ελαίων περίπου στα 900, 1100 και 1400 cm^{-1} . Οι διαφορές αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν για τον προσδιορισμό της νοθείας του εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου (Ravindran *et al.*, 2018).



Εικόνα 2.9 Φάσματα FT-IR εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου (EVOO) και ηλιέλαιου (SFO), σε αντιπαραβολή (Ravindran *et al.*, 2018)

Τα τελευταία χρόνια οι κλασικές μέθοδοι έχουν αντικατασταθεί από προηγμένες αναλυτικές μεθόδους, στις οποίες οι τεχνικές φασματομετρίας (MS) και φασματοσκοπίας NMR διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο (Lioupi *et al.*, 2020). Ειδικότερα, οι μέθοδοι

MS έχουν τη δυνατότητα να αναλύουν ταυτόχρονα και σε σύντομο χρόνο οργανικά μόρια σε χαμηλές συγκεντρώσεις με πολύ υψηλή ειδικότητα. Επίσης, η επιλογή της πηγής ιοντισμού είναι κρίσιμη για τον προσδιορισμό της νοθείας του ελαιολάδου, καθώς έχει βρεθεί ότι η πηγή ιοντισμού φωτοϊοντισμού σε ατμοσφαιρική πίεση (Atmospheric Pressure Photoionization Ionization, APPI) είναι πιο ευαίσθητη για τις ενώσεις μονο- και διακυλογλυκερόλης, ενώ η πηγή ιοντισμού με ηλεκτροψεκασμό (Electrospray ionization, ESI) είναι πιο ευαίσθητη για τα μόρια με τριακυλογλυκερόλη. Εφαρμόζοντας μεθόδους MS, λαμβάνεται μεγάλος όγκος σημαντικών δεδομένων, τα οποία αξιοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, όπως η εκτίμηση της γεωγραφικής ή και βοτανικής προέλευσης του ελαιολάδου και ο προσδιορισμός της νοθείας ελαιολάδου με διάφορα φυτικά έλαια (Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Pasiyas *et al.*, 2020; Meenu *et al.*, 2019).

Οι μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR αποτελούν συνήθως τις προτιμώμενες για την εκτίμηση της σύνθεσης του παρθένου ελαιολάδου, καθώς η προετοιμασία του δείγματος είναι απλή, δεν απαιτείται διαχωρισμός των διάφορων ενώσεων πριν από την ανάλυση και οι μέθοδοι είναι μη καταστρεπτικές, με εξαιρετική επαναληψιμότητα και αναπαραγωγιμότητα (Lioupi *et al.*, 2020; Agiomyrigianaki *et al.*, 2010; Meenu *et al.*, 2019). Ωστόσο, οι συγκεκριμένες μέθοδοι διαθέτουν χαμηλότερη ευαισθησία σε σύγκριση με τις χρωματογραφικές μεθόδους και τις μεθόδους MS και το κόστος της ανάλυσης είναι υψηλό, καθώς οι φασματογράφοι NMR είναι ιδιαίτερα ακριβά όργανα με υψηλό κόστος συντήρησης (Agiomyrgianaki *et al.*, 2010; Poulli *et al.*, 2006; Meenu *et al.*, 2019). Οι μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR σε συνδυασμό με πολυμεταβλητές στατιστικές μεθόδους επιτυγχάνουν τον προσδιορισμό της νοθείας του ελαιολάδου με σπορέλαια και κατώτερης ποιότητας ελαιολάδου (Agiomyrgianaki *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2017; Fragaki *et al.*, 2005). Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR, οι οποίες σε συνδυασμό με κατάλληλη χημειομετρική ανάλυση προσδιορίζουν και επιβεβαιώνουν τη γεωγραφική προέλευση του ελαιολάδου (Hong *et al.*, 2017; Lioupi *et al.*, 2020; Frankel, 2010).

2.3.4.4 Μέθοδοι ανάλυσης DNA

Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA θεωρούνται συμπληρωματικές των χημικών μεθόδων ως προς την εκτίμηση της αυθεντικότητας του ελαιολάδου, λόγω της ευαισθησίας, ειδικότητας και αξιοπιστίας τους. Επίσης, διάφοροι μοριακοί δείκτες έχουν αξιοποιηθεί για τον προσδιορισμό της νοθείας στο ελαιόλαδο, όπως οι πολυμορφισμοί μονού νουκλεοτιδίου (single nucleotide polymorphisms) και οι απλές επαναλήψεις αλληλουχίας

(μικροδορυφόροι) (Chedid *et al.*, 2020). Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA αποτελούν τις μοναδικές μεθόδους που ανιχνεύουν διαφορές σε γονιδιακό επίπεδο, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζονται από τη χημική σύνθεση του ελαιολάδου και των φυτικών ελαίων, με τα οποία νοθεύεται. Αντιθέτως, η ομοιότητα ανάμεσα στη χημική σύνθεση του ελαιολάδου και των φυτικών ελαίων, με τα οποία νοθεύεται, επηρεάζουν τα αποτελέσματα άλλων αναλυτικών μεθόδων (Meenu *et al.*, 2019). Οι εφαρμογές των μεθόδων ανάλυσης DNA περιλαμβάνουν την ανίχνευση νοθείας του ελαιολάδου με φυτικά έλαια, την ταυτοποίηση των ποικιλιών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ελαιολάδου και τον προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης, ειδικά των πιο ακριβών ελαιολάδων, που επισημαίνονται με προστατευόμενη ονομασία προέλευσης και προστατευόμενη γεωγραφική ένδειξη (Pasias *et al.*, 2020; Beneito-Cambra *et al.*, 2020; Hong *et al.*, 2017; Chedid *et al.*, 2020; Meenu *et al.*, 2019).

2.4 Νοθεία των Μπαχαρικών

2.4.1 Εισαγωγή

Τα μπαχαρικά ορίζονται ως αρωματικές ουσίες φυτικής προέλευσης, με τα πιο γνωστά να είναι το πιπέρι, η πάπρικα και το σαφράν (**Εικόνα 2.10**). Ωστόσο, εξαίρεση αποτελούν οι ουσίες που παραδοσιακά θεωρούνται τρόφιμα, όπως το σκόρδο και το κρεμμύδι. Το έντονο άρωμα των μπαχαρικών αποδίδεται στην παρουσία αιθέριων ελαίων στους ιστούς των φυτών. Τα αιθέρια έλαια αποτελούν μίγματα πτητικών ενώσεων, οι οποίες ανήκουν στην οικογένεια των τερπενοειδών. Τα μπαχαρικά τείνουν να διαθέτουν έντονα φωτεινά χρώματα και προέρχονται κυρίως από φυτά που ευδοκιμούν σε ζεστά κλίματα (Osman *et al.*, 2019; Black *et al.*, 2016). Επιπλέον, λαμβάνονται από διάφορα μέρη ενός φυτού, όμως όχι από τα φύλλα και τους μίσχους, διότι από τα μέρη αυτά λαμβάνονται τα βότανα. Για παράδειγμα, το μαύρο πιπέρι και το κύμινο λαμβάνονται από καρπούς, η κανέλα από φλοιό, το τζίντζερ και ο κουρκουμάς από ρίζες και το κάρδαμο και το μοσχοκάρυδο από σπόρους (Osman *et al.*, 2019; Sasikumar *et al.*, 2016). Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα μπαχαρικά διαδραματίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη ζωή των καταναλωτών, καθώς αποτελούν συστατικά σε πληθώρα τροφίμων και ποτών, αλλά και σε φάρμακα και καλλυντικά. Στα τρόφιμα και τα ποτά χρησιμοποιούνται συνήθως υπό τη μορφή σκόνης, εκχυλίσματος ή και ολόκληρα και αξιοποιούνται ως πρόσθετες αρωματικές ύλες ή ως πρόσθετες ουσίες που ενισχύουν τη γεύση. Επιπλέον, αποτελούν πηγή φυσικών χρωστικών που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα, όπως είναι για παράδειγμα το β-καροτένιο, η κροκίνη, η λουτεΐνη και η κρυπτοξανθίνη. Μια ακόμη σημαντική εφαρμογή

τους αποτελεί η προσθήκη τους με σκοπό να αποτραπεί η υποβάθμιση των λιπιδίων και το τάγγισμα στα τρόφιμα. Η συγκεκριμένη λειτουργία τους ως συντηρητικά οφείλεται στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες που διαθέτουν (Black *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2019; Ravindran *et al.*, 2018; Hong *et al.*, 2017; Sasikumar *et al.*, 2016).

Τα τελευταία χρόνια, τα μπαχαρικά έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία λόγω της αντιμικροβιακής τους δράσης και των βιοδραστικών ενώσεων που διαθέτουν (Kaavya *et al.*, 2020). Εντούτοις, η αυξημένη ζήτηση που παρατηρείται στην παγκόσμια αγορά σε συνδυασμό με την υψηλή εμπορική αξία και τη μείωση της προσφοράς εξαιτίας διάφορων παραγόντων, αποτελούν τους βασικούς λόγους για τους οποίους τα μπαχαρικά υπόκεινται σε νοθεία. Επίσης, η εφοδιαστική αλυσίδα των μπαχαρικών είναι περίπλοκη και αποτελείται από πολλά επιμέρους στάδια, με αποτέλεσμα πολλά στάδια να είναι ευάλωτα ως προς τη νοθεία (Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020; Kaavya *et al.*, 2020; Black *et al.*, 2016; Osman *et al.*, 2019; Horn *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2019).



Εικόνα 2.10 Απεικόνιση διάφορων ειδών μπαχαρικών

2.4.2 Αντίκτυπος της Νοθείας των Μπαχαρικών

Η νοθεία στα μπαχαρικά είναι οικονομικά παρακινούμενη και στόχος της είναι η αύξηση του ποσοστού κέρδους (Osman *et al.*, 2019; Kaavya *et al.*, 2020). Η αυξανόμενη συχνότητα των περιστατικών νοθείας, σε συνδυασμό με αρκετές μαζικές ανακλήσεις προϊόντων επιφέρουν δυσμενείς συνέπειες, τόσο για τους παραγωγούς και τη βιομηχανία, όσο και για τους καταναλωτές (Osman *et al.*, 2019). Ειδικότερα, παρατηρείται απώλεια της ποιότητας των προϊόντων και της εμπιστοσύνης των καταναλωτών προς τα προϊόντα και τους παραγωγούς των μπαχαρικών, ενώ παράλληλα βλάπτεται το κύρος των έντιμων παραγωγών (Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020; Bharathi *et al.*, 2018). Εντούτοις, τη σοβαρότερη επίπτωση της νοθείας στα μπαχαρικά αποτελεί η απειλή της

υγείας των καταναλωτών. Σε ορισμένα περιστατικά, τα μπαχαρικά νοθεύονται με ιδιαίτερα τοξικές ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα και με μη εγκεκριμένες πρόσθετες συνθετικές και καρκινογόνες χρωστικές ουσίες, η κατανάλωση των οποίων έχει συσχετισθεί με διάφορες ασθένειες, ακόμη και με θάνατο. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις τα μπαχαρικά περιέχουν μη επισημασμένες αλλεργιογόνες προστιθέμενες ουσίες, με αποτέλεσμα να προκληθούν αλλεργικές αντιδράσεις. Παραδείγματα τέτοιων περιστατικών αποτελεί η ανίχνευση της απαγορευμένης χρωστικής Sudan I σε σκόνη τσίλι (πάπρικας) το 2003 στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η ανίχνευση μη επισημασμένης και αλλεργιογόνας πρωτεΐνης αμυγδάλου στην πάπρικα και το κύμινο το 2015 (Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020; Osman *et al.*, 2019; Horn *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2019; Galvin-King *et al.*, 2018; Galvin-King *et al.*, 2020).

2.4.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στα Μπαχαρικά

Η εμπορική αξία των μπαχαρικών σχετίζεται άμεσα με την ένταση του χρώματός τους, καθώς το χρώμα αποτελεί ένδειξη της φρεσκότητας και της καθαρότητας τους καθώς τα μπαχαρικά αρχίζουν να χάνουν το φυσικό τους χρώμα με την πάροδο του χρόνου (Black *et al.*, 2016; Lohumi *et al.*, 2017). Ως εκ τούτου, ένα αρκετά συνηθισμένο είδος νοθείας αποτελεί η προσθήκη συνθετικών χρωστικών, προκειμένου να βελτιωθεί η εμφάνιση μαγαιάτικων ή και χαμηλότερης αξίας μπαχαρικών και ως συνέπεια να αυξηθεί η αξία τους. Ωστόσο, οι χρωστικές που συνήθως χρησιμοποιούνται θεωρούνται τοξικές και καρκινογόνες. Το κύριο είδος χρωστικών που προστίθεται παράνομα είναι οι αζωχρωστικές (π.χ. Sudan I, II, III και IV) (Galvin-King *et al.*, 2018; Galvin-King *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2019; Petrakis *et al.*, 2017; Lohumi *et al.*, 2017; Ravindran *et al.*, 2018; Di Anibal *et al.*, 2009; Black *et al.*, 2016). Επιπλέον, προστίθενται ξένες ύλες, οι οποίες διαθέτουν παρόμοιες φυσικές ιδιότητες με τα μπαχαρικά και είναι φθηνότερες. Οι διάφορες ξένες ύλες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι οι εξής: το άμυλο και διάφορα είδη σιτηρών, η σκόνη κιμωλίας και τούβλου, η άμμος, τα μέρη φυτού ίδιου είδους ή διαφορετικού, ώστε να αυξηθεί το βάρος ή ο όγκος και διάφορες χημικές ουσίες, οι οποίες προσδίδουν τεχνητά έντονη γεύση (Oliveira *et al.*, 2019; Bharathi *et al.*, 2018; Ravindran *et al.*, 2018; Osman *et al.*, 2019; Kaavya *et al.*, 2020).

Άλλα συνήθη είδη νοθείας που απαντώνται στα μπαχαρικά είναι η υποκατάσταση και η παραπλανητική επισήμανση. Τα περιστατικά υποκατάστασης περιλαμβάνουν την ανάμιξη μαγαιάτικων μπαχαρικών με φρέσκα μπαχαρικά και την ανάμιξη φρέσκων μπαχαρικών με μπαχαρικά στα οποία έχουν αφαιρεθεί οι πολύτιμες ενώσεις τους ή με

φθηνότερα, τα οποία διαθέτουν ασθενέστερες αρωματικές ιδιότητες (Oliveira *et al.*, 2019; Osman *et al.*, 2019). Τα περιστατικά παραπλανητικής επισήμανσης σχετίζονται με τη ψευδή επισήμανση των στοιχείων της γεωγραφικής και βοτανικής προέλευσης των μπαχαρικών (Sasikumar *et al.*, 2016). Για παράδειγμα, οι Petrakis *et al.* (2015) αναφέρουν ότι εμπορικά προϊόντα ατρακυλίδας (Safflower) και κουρκουμά επισημαίνονται συχνά με το όνομα «σαφράν» και με μια υποτιθέμενη χώρα προέλευσης.

2.4.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας των Μπαχαρικών

2.4.4.1 Γενικά στοιχεία

Για την αποτελεσματική καταπολέμηση της νοθείας στα μπαχαρικά, μια πληθώρα αναλυτικών μεθόδων έχουν αναπτυχθεί, οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες. Οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται στηρίζονται κυρίως σε τεχνικές χρωματογραφίας, φασματοσκοπίας και ανάλυσης DNA (Osman *et al.*, 2019). Οι εφαρμοζόμενες αναλυτικές τεχνικές αξιοποιούν κυρίως τη χημική σύνθεση ή τα οργανικά συστατικά που παρουσιάζονται στα μπαχαρικά, ούτως ώστε να εκτιμηθεί η αυθεντικότητα των μπαχαρικών (Sasikumar *et al.*, 2016). Επιπρόσθετα, η χημειομετρική ανάλυση συνήθως συνδυάζεται με τα δεδομένα που εξάγονται από τα αναλυτικά όργανα. Ο συνδυασμός αυτός διευκολύνει την ταυτοποίηση των λειτουργικών ομάδων άγνωστων ενώσεων, συγκρίνοντας τα χημικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά τους με ένα γνωστό (πρότυπο) δείγμα και βελτιώνει το όριο ανίχνευσης. Έτσι, είναι δυνατό να εξαχθούν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την αυθεντικότητα των δειγμάτων ή την παρουσία ανεπιθύμητων συστατικών σε αυτά (Bharathi *et al.*, 2018; Kucharska-Ambrozej and Karpinska, 2020; Ravindran *et al.*, 2018).

2.4.4.2 Χρωματογραφικές Μέθοδοι

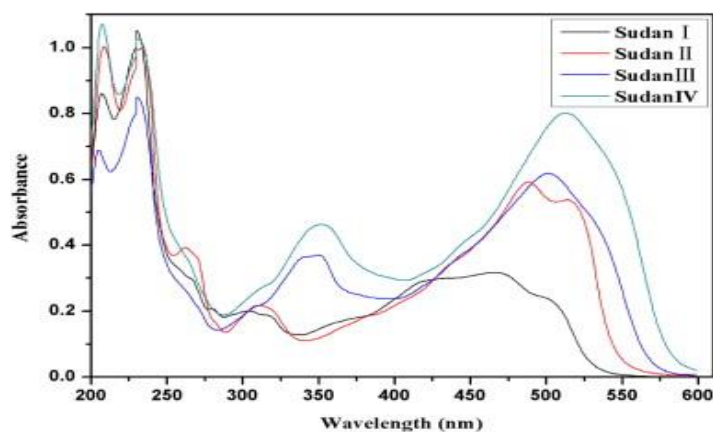
Οι μέθοδοι χρωματογραφίας παρέχουν ολοκληρωμένες πληροφορίες σχετικά με τους δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών και είναι αρκετά χρήσιμες για την ταυτοποίηση του εξεταζόμενου αναλύτη. Ορισμένες αξιοσημείωτες εφαρμογές των μεθόδων χρωματογραφίας για τον προσδιορισμό της νοθείας στα μπαχαρικά είναι οι εξής: 1) ταυτοποίηση διάφορων ποικιλιών μπαχαρικών εφαρμόζοντας μέθοδο HPLC (Bharathi *et al.*, 2018), 2) έλεγχος της καθαρότητας του σαφράν εφαρμόζοντας μέθοδο χρωματογραφίας λεπτής στιβάδας (Thin Layer Chromatography, TLC) (Sasikumar *et al.*, 2016; Kumari *et al.*, 2021), 3) προσδιορισμός της ποσότητας των χρωστικών Sudan στα μπαχαρικά εφαρμόζοντας μέθοδο HPLC, με όριο ανίχνευσης τα 3 mg χρωστικής / kg δείγματος (Sasikumar *et al.*, 2016) και 4) η ανίχνευση των χρωστικών Sudan στο σαφράν

με μέθοδο LC/MS (Petraakis *et al.*, 2017). Επίσης, οι Cetó *et al.* (2020) ανέδειξαν τις τεράστιες δυνατότητες της μεθόδου HPLC με ανιχνευτή UV σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση για τον προσδιορισμό της αυθεντικότητας δειγμάτων πάπρικας, με βάση το φαινολικό προφίλ των δειγμάτων.

2.4.4.3 Φασματοσκοπικές Μέθοδοι

Οι μέθοδοι φασματοσκοπίας που εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό της νοθείας στα μπαχαρικά αξιοποιούν τεχνικές φασματοσκοπίας UV-Vis, NIR, MIR, Raman και NMR. Οι μέθοδοι αυτές είναι μη καταστρεπτικές, ταχείες, ακριβείς, φιλικές προς το περιβάλλον και σε ορισμένες περιπτώσεις οικονομικά συμφέρουσες έναντι άλλων. Επιπλέον, η εφαρμογή των μεθόδων είναι εύκολη και δεν απαιτείται τεχνογνωσία προχωρημένου επιπέδου (Sasikumar *et al.*, 2016; Ravindran *et al.*, 2018; Galvin-King *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2019; Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020). Ωστόσο, σημαντικός περιορισμός των μεθόδων αυτών αποτελεί η έλλειψη μιας τυποποιημένης διαδικασίας επικύρωσης σε όλα τα εργαστήρια που πραγματοποιούν διαπίστευση της νοθείας μπαχαρικών (Galvin-King *et al.*, 2018).

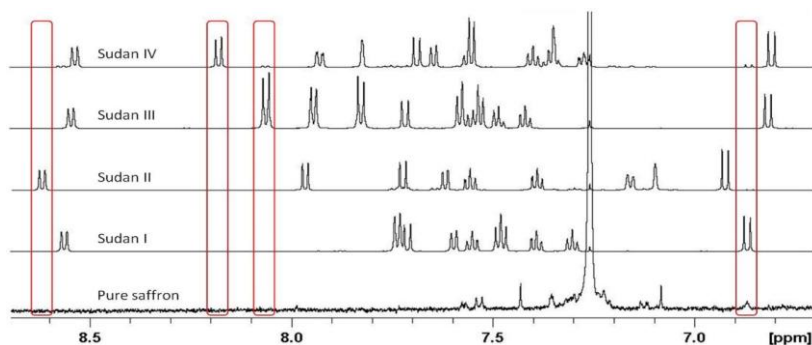
Κύρια εφαρμογή των μεθόδων φασματοσκοπίας UV-Vis αποτελεί ο προσδιορισμός της ποσότητας των συνθετικών χρωστικών στα μπαχαρικά. Παραδείγματος χάριν, εφαρμόζοντας μέθοδο φασματοσκοπίας UV-Vis επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός της ποσότητας των τεσσάρων χρωστικών Sudan στο σαφράν (Εικόνα 2.11). Ωστόσο, η ευαισθησία της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλή, καθώς επιτυγχάνεται η ανίχνευση 5 g χρωστικής Sudan I και Sudan II / kg δείγματος και 2 g χρωστικής Sudan III και Sudan IV / kg δείγματος (Bharathi *et al.*, 2018; Petraakis *et al.*, 2017; Sasikumar *et al.*, 2016; Hong *et al.*, 2017; Lohumi *et al.*, 2017). Επίσης, μεθοδολογία φασματοσκοπίας UV-Vis επιτυγχάνει την ανίχνευση ατρακτυλίδας και κουρκουμά στο σαφράν, σε περιεκτικότητες όμως άνω του 20% w/w (Petraakis *et al.*, 2015).



Εικόνα 2.11 Φάσματα UV-Vis των χρωστικών Sudan I, Sudan II, Sudan III και Sudan IV (Zhou *et al.*, 2013)

Μέθοδοι φασματοσκοπίας IR και Raman σε συνδυασμό με πολυμεταβλητή ανάλυση έχουν αναδείξει την αποτελεσματικότητά τους σε μελέτες αυθεντικότητας μπαχαρικών (Sasikumar *et al.*, 2016; Osman *et al.*, 2019). Για παράδειγμα, ο συνδυασμός της τεχνικής φασματοσκοπίας IR και χημειομετρικής ανάλυσης επιτυγχάνει ταχύ και αξιόπιστο προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης και της αυθεντικότητας του σαφράν (Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020; Amirvaresi *et al.*, 2021). Μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, FTIR και Raman επιτυγχάνουν την ανίχνευση κυρίως της χρωστικής Sudan I σε σκόνη τσίλι (Hong *et al.*, 2017; Galvin-King *et al.*, 2020; Lohumi *et al.*, 2017). Επιπλέον, οι μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR είναι αξιόπιστες, όσον αφορά τον προσδιορισμό ξένων υλών στα μπαχαρικά (Oliveira *et al.*, 2019).

Μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR εφαρμόζονται επιτυχώς για την ανάλυση του δακτυλικού αποτυπώματος φυτικών υλών, την ταυτοποίηση του είδους και την εκτίμηση της αυθεντικότητας των μπαχαρικών. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η φασματοσκοπία NMR παρέχει αναπαραγώγιμα αποτελέσματα, όμως απαιτείται περισσότερος χρόνος για την προκατεργασία του δείγματος, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες φασματοσκοπικές τεχνικές και εξειδικευμένο προσωπικό για τη διαδικασία αυτή (Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020; Galvin-King *et al.*, 2020). Σημαντικές εφαρμογές των μεθόδων φασματοσκοπίας NMR αποτελούν η ανίχνευση χρωστικών στην πάπρικα και άλλα μπαχαρικά (Galvin-King *et al.*, 2020; Horn *et al.*, 2021; Sasikumar *et al.*, 2016), ο προσδιορισμός ξένων υλών στα μπαχαρικά (Bharathi *et al.*, 2018; Petrakis *et al.* 2015) και ο προσδιορισμός της γεωγραφικής και βοτανικής προέλευσης σε συνδυασμό με χημειομετρικές αναλύσεις (Petrakis *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2019; Kumari *et al.*, 2021). Ακόμη, οι Petrakis *et al.* (2017) έχουν προτείνει μέθοδο φασματοσκοπίας NMR, η οποία επιτυγχάνει τον προσδιορισμό της ποσότητας των χρωστικών Sudan στο σαφράν (Εικόνα 2.12), και μάλιστα σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, σε σύγκριση με μεθόδους φασματοσκοπίας UV-Vis.



Εικόνα 2.12 Αρωματική περιοχή του φάσματος ^1H NMR των χρωστικών Sudan I-IV και αγνού ελληνικού σαφράν. Με τα κόκκινα πλαίσια επισημαίνονται συγκεκριμένα σήματα που αξιοποιούνται για τη ταυτοποίηση κάθε χρωστικής στο νοθευμένο σαφράν (Petrakis *et al.*, 2017)

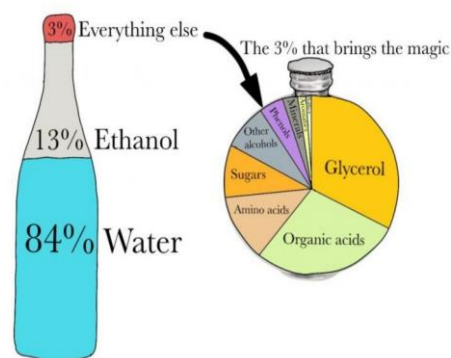
2.4.4.4 Μέθοδοι Ανάλυσης DNA

Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανίχνευση της υποκατάστασης στα μπαχαρικά (Galvin-King *et al.*, 2018). Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι κατηγοριοποιούνται σε τρία κύρια είδη: 1) τις μεθόδους που βασίζονται σε τεχνικές PCR, 2) τις μεθόδους που βασίζονται στον υβριδισμό των μορίων DNA και 3) τις μεθόδους που βασίζονται στην αλληλουχία των νουκλεοτιδίων των μορίων DNA (Sasikumar *et al.*, 2016; Kumari *et al.*, 2021). Οι μέθοδοι αυτές επιτυγχάνουν την ταυτοποίηση του είδους και της ποικιλίας των μπαχαρικών (Osman *et al.*, 2019). Επίσης, εφαρμόζοντας μεθόδους ανάλυσης DNA ανιχνεύονται φυτικές ύλες και διαφορετικά είδη μπαχαρικών σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Petraakis *et al.*, 2017; Hong *et al.*, 2017). Εντούτοις, σημαντικός περιορισμός των μεθόδων αυτών αποτελεί η αδυναμία τους να ανιχνεύσουν διαφορετικά μέρη του ίδιου είδους φυτού. Για παράδειγμα, η νοθεία σκόνης πιπεριού με φλοιό πιπεριού είναι αδύνατο να προσδιορισθεί με μεθόδους ανάλυσης DNA (Osman *et al.*, 2019; Kucharska-Ambrożej and Karpinska, 2020).

2.5 Νοθεία του Κρασιού

2.5.1 Εισαγωγή

Το κρασί αποτελεί αλκοολούχο ποτό, το οποίο παράγεται αποκλειστικά μέσω αλκοολικής ζύμωσης σε φρέσκα σταφύλια ή γλεύκος σταφυλιών (Canizo *et al.*, 2019; Dordevic *et al.*, 2013). Επιπλέον, αποτελεί ένα σύνθετο μίγμα τόσο οργανικών, όσο και ανόργανων ενώσεων. Η χημική σύνθεση του κρασιού (Εικόνα 2.13) συνίσταται κυρίως από νερό, αιθανόλη,



Εικόνα 2.13 Γενική χημική σύνθεση του κρασιού

οργανικά οξέα, (πολυ)φαινολικές ενώσεις, βιταμίνες και μέταλλα (Kallithraka *et al.*, 2001; Canizo *et al.*, 2019, Pasvanka *et al.*, 2019). Επιπρόσθετα, η χημική του σύνθεση εξαρτάται από ποικίλους και διάφορους παράγοντες, όπως είναι το κλίμα, το έδαφος και η γεωγραφική περιοχή, η ποικιλία των σταφυλιών και οι οινολογικές πρακτικές που ακολουθούνται (Canizo *et al.*, 2019; Kallithraka *et al.*, 2001). Ορισμένες επιδημιολογικές μελέτες συνιστούν ότι η τακτική κατανάλωση μέτριων ποσοτήτων κρασιού στο πλαίσιο μιας ισορροπημένης διατροφής έχει θετική επίδραση στην υγεία (Kamiloglu, 2019). Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά καθιστούν το κρασί ένα μοναδικό ποτό με χαρακτηριστική προστιθέμενη αξία, η οποία οφείλεται στη γεωγραφική προέλευση του

κρασιού (Canizo *et al.*, 2019). Ωστόσο, συγκεκριμένοι παράγοντες καθιστούν το κρασί ελκυστικό στόχο της νοθείας και ένα από τα ποτά που υπόκεινται πιο συχνά σε παραπλανητική επισήμανση. Οι παράγοντες αυτοί είναι η αυξημένη ζήτηση για το κρασί, η σημαντική εμπορική αξία του, το υψηλό κόστος παραγωγής του, και η πώληση κρασιών συγκεκριμένων ποικιλιών της *Vitis vinifera*, η οποία είναι αρκετά επικερδής (Kamiloglu, 2019; Geana *et al.*, 2016; Everstine *et al.*, 2013; Anastasiadi *et al.*, 2009).

2.5.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Κρασιού

Το κρασί διαθέτει σημαντική κοινωνική και εμπορική αξία στις χώρες με μακρά και μεγάλη οινοπαραγωγή, όπως είναι η Ελλάδα, καθώς συνδέεται στενά με τον πολιτισμό και την ιστορία, ενώ η παραγωγή του αποτελεί διεθνώς μια σημαντική οικονομική και αγροτική δραστηριότητα (Canizo *et al.*, 2019; Anastasiadi *et al.*, 2009). Η νοθεία στο κρασί έχει αντίκτυπο στην ποιότητά του και σοβαρές οικονομικές συνέπειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα επίδρασης στην οικονομία, αποτελεί η περίπτωση της πώλησης μη αυθεντικών κρασιών όπου οι οινοπαραγωγοί χάνουν μερίδιο από την αγορά του κρασιού (Canizo *et al.*, 2019, Holmberg, 2010). Όσον αφορά, τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η νοθεία του κρασιού στην υγεία των καταναλωτών, αρκετά επικίνδυνη περίπτωση αποτελεί η προσθήκη βλαβερών ουσιών, όπως είναι η μεθανόλη, η οποία είναι τοξική ένωση και η προσθήκη τεχνητών γλυκαντικών, όπως η ακεσουλφάμη του καλίου και η σακχαρίνη και συνθετικών χρωστικών, όπως η αζορουμπίνη, οι οποίες φέρουν πιθανό κίνδυνο για την υγεία (Holmberg, 2010; Geana *et al.*, 2016; Everstine *et al.*, 2013; Geana *et al.*, 2012; De Villiers *et al.*, 2003). Εντούτοις, εξαιρώντας την περίπτωση αυτή, η νοθεία στο κρασί είναι συχνά δυνατό να μην γίνει αντιληπτή από τους καταναλωτές. Το γεγονός αυτό συμβαίνει, διότι για να γίνουν αντιληπτές οι αποκλίσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών του κρασιού που βρίσκεται στο ποτήρι και των χαρακτηριστικών που επισημαίνονται στο μπουκάλι ενός νοθευμένου κρασιού, απαιτούνται οι εξειδικευμένες γνώσεις ενός επαγγελματία του οίνου.. Επιπλέον, τα παραπλανητικά επισημασμένα κρασιά συχνά διαθέτουν τέτοια γεύση ώστε να είναι η αναμενόμενη και κατάλληλη για τις προτιμήσεις των περισσότερων καταναλωτών (Holmberg, 2010).

2.5.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στο Κρασί

Η παραπλανητική επισήμανση είναι το συνηθέστερο είδος νοθείας, που απαντάται στα διάφορα περιστατικά νοθείας στο κρασί και σχετίζεται με ψευδείς πληροφορίες ετικέτας που αφορούν την ποικιλία των σταφυλιών, τη γεωγραφική προέλευση του κρασιού ή τη χρονιά παραγωγής (Holmberg, 2010; Kamiloglu, 2019; Everstine *et al.*, 2013). Άλλα είδη

νοθείας που συναντώνται στο κρασί είναι τα εξής: 1) η ανάμιξη ή η υποκατάσταση υψηλής ποιότητας κρασιού παραγόμενο σε συγκεκριμένη περιοχή, με κρασί χαμηλότερης ποιότητας συχνά παραγόμενο σε διαφορετική περιοχή, 2) η αραίωση με νερό και 3) η προσθήκη μη εγκεκριμένων και απαγορευμένων ουσιών (Anastasiadi *et al.*, 2009; Kamiloglu, 2019; Geana *et al.*, 2016; Holmberg, 2010). Η προσθήκη των ουσιών πραγματοποιείται, κυρίως, ώστε να αυξηθεί η φαινομενική ποιότητα που σχετίζεται με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρασιού, και η περιεκτικότητα σε αιθανόλη, καθώς έτσι αυξάνεται η αξία και η εμπορική τιμή του κρασιού (Ravindran *et al.*, 2018; Dordevic *et al.*, 2013). Οι ουσίες που προστίθενται μπορεί να είναι φυσικές ή τεχνητές γλυκαντικές ύλες, αιθανόλη, γλυκερίνη, διαιθυλενογλυκόλη ή και τεχνητές ουσίες, όπως χρωστικές και αρωματικές ύλες (Geana *et al.*, 2016; Kamiloglu, 2019; Anastasiadi *et al.*, 2009; Hong *et al.*, 2017; Ravindran *et al.*, 2018; Csapó and Albert, 2018; Everstine *et al.*, 2013). Εντούτοις, αξίζει να επισημανθεί ότι η νομοθεσία για το κρασί διαφοροποιείται μεταξύ των χωρών και εξαρτάται από τη χώρα ή και ακόμη από την περιοχή παραγωγής, όπως και από το είδος του κρασιού (π.χ. λευκό, ερυθρό ή ροζέ κρασί, ξηρό ή ημίγλυκο). Ως αποτέλεσμα, σε ορισμένες χώρες, σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και εντός καθορισμένων ορίων επιτρέπεται η προσθήκη συγκεκριμένων ουσιών, όπως φυσικών γλυκαντικών και νερού, πριν ή κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης. Αντιθέτως, στις υπόλοιπες χώρες η προσθήκη αυτή απαγορεύεται και χαρακτηρίζεται ως νοθεία (Canizo *et al.*, 2019; Csapó and Albert, 2018; Geana *et al.*, 2016; Kamiloglu, 2019; Dordevic *et al.*, 2013).

2.5.4. Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Κρασιού

2.5.4.1 Γενικά στοιχεία

Ο προσδιορισμός της νοθείας, αλλά και η εκτίμηση της αυθεντικότητας και στο κρασί πραγματοποιείται εξετάζοντας διάφορες παραμέτρους, όπως είναι η γεωγραφική προέλευση, η χημική σύνθεση, η χρονιά και η μέθοδος οινοποίησης και παλαίωσης. Η εξέταση βασίζεται στην ανάλυση ειδικών ενώσεων-δεικτών, οι οποίες είναι ενδεικτικές για συγκεκριμένες οινολογικές παραμέτρους. Οι ενώσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως δείκτες είναι ορισμένα ελεύθερα αμινοξέα, φαινολικές ενώσεις, όπως τα φλαβονοειδή και οι ανθοκυανίνες, και διάφορες πτητικές ενώσεις. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται ως δείκτες ορισμένα μέταλλα και ιχνοστοιχεία (K, Na, Fe, Zn, Rb, Ca, Mg, Mn, Cu, Cr, Co, Br) και η αναλογία σταθερών ισοτόπων, κυρίως ατόμων H, C και O (Geana *et al.*, 2016; Canizo *et al.*, 2019; Hong *et al.*, 2017; Csapó and Albert, 2018;

Kallithraka *et al.*, 2001; Dordevic *et al.*, 2013). Η ανάλυση των δεικτών βασίζεται σε διάφορες αναλυτικές τεχνικές, οι οποίες διαθέτουν διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας και ειδικότητας, όπως είναι η HPLC, η GC, η MS, φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης και εκπομπής, η φασματοσκοπία UV-Vis, NIR, MIR και Raman και η φασματοσκοπία πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (Nuclear Magnetic Resonance, NMR) (Anastasiadi *et al.*, 2009; Csaró and Albert, 2018; Pasvanka *et al.*, 2019; Canizo *et al.*, 2019). Επιπρόσθετα, ο συνδυασμός δεδομένων αναλυτικών τεχνικών με χημειομετρική ανάλυση επιτυγχάνει αποτελεσματική εκτίμηση της αυθεντικότητας του κρασιού (Canizo *et al.*, 2019; Sádecká *et al.*, 2018; Kallithraka *et al.*, 2001).

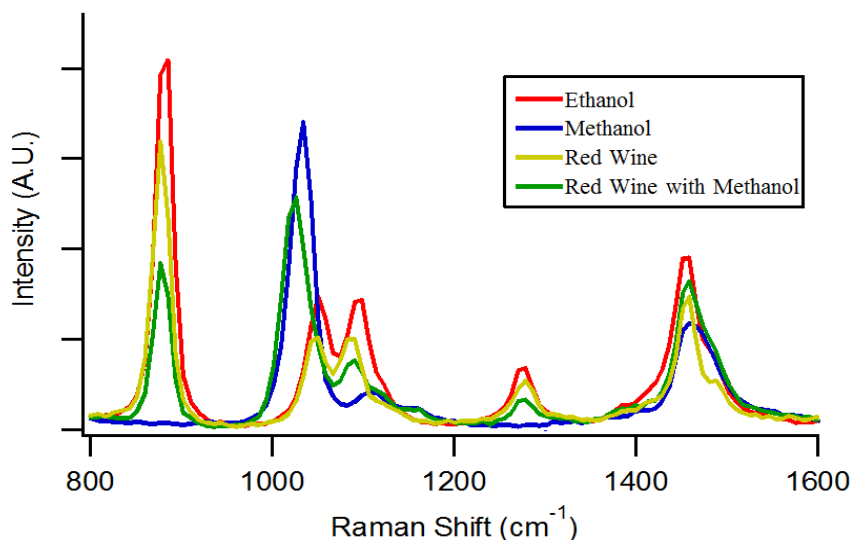
2.5.4.2 Χρωματογραφικές Μέθοδοι

Οι μέθοδοι HPLC είναι ιδανικές για τον προσδιορισμό όλων των προστιθέμενων μονο- και δισακχαριτών, της γλυκερίνης, των χρωστικών και των αρωματικών υλών. Επιπλέον, ιδιαίτερα σημαντική εφαρμογή μεθόδων HPLC είναι ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του γλεύκους σταφυλιών σε σορβιτόλη. Το κρασί περιέχει φυσικά μικρές ποσότητες σορβιτόλης (έως 80 mg/dm³), συνεπώς η παρουσία μεγαλύτερων ποσοτήτων σορβιτόλης υποδεικνύει την ανάμιξη του γλεύκους σταφυλιών με χυμό άλλων φρούτων (Csaró and Albert, 2018). Επίσης, φαινολικές ενώσεις, όπως οι ανθοκυανίνες, ταυτοποιούνται και προσδιορίζεται η ποσότητα τους με μεθόδους RP-HPLC και LC-MS (Ferrari *et al.*, 2011; Hong *et al.*, 2017; Canizo *et al.*, 2019). Οι τεχνικές GC εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό πτητικών ενώσεων, όπως είναι οι αλκοόλες, οι αλδεΐδες, οι κετόνες και τα οργανικά οξέα. Ειδικότερα, σε περιπτώσεις ανάμιξης κρασιών, εφαρμόζοντας μέθοδο GC-MS, προσδιορίζονται οι συγκεκριμένες πτητικές ενώσεις διαφορετικών ποικιλιών κρασιών και ταυτοποιούνται τα κρασιά που έχουν προκύψει από ανάμιξη διαφορετικών ποικιλιών της *V. vinifera* (Csaró and Albert, 2018; Canizo *et al.*, 2019).

2.5.4.3 Φασματοσκοπικές Μέθοδοι

Οι μέθοδοι προσδιορισμού της νοθείας στο κρασί που βασίζονται σε φασματοσκοπικές τεχνικές διαθέτουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως είναι η μη καταστρεπτική ανάλυση μικρών ποσοτήτων δείγματος, ο σύντομος χρόνος που απαιτείται για την ανάλυση και το γεγονός ότι δεν αποτελούν δαπανηρές μέθοδοι (Canizo *et al.*, 2019). Η φασματοσκοπία UV-Vis εφαρμόζεται για την αξιολόγηση του χρώματος του κρασιού και αποτελεί ταχεία και αξιόπιστη τεχνική. Ειδικότερα, η συνολική περιεκτικότητα των ανθοκυανινών, εκφρασμένη ως ισοδύναμα μαλβιδίνης, προσδιορίζεται με απορρόφηση στα 520 nm.

Εντούτοις, δεν είναι εφικτός ο προσδιορισμός συγκεκριμένων ανθοκυανινών, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό της προέλευσής τους (Canizo *et al.*, 2019; Ferrari *et al.*, 2011). Οι μέθοδοι φασματοσκοπίας IR εφαρμόζονται ευρέως σε αναλύσεις ρουτίνας στο γλεύκος και το κρασί, καθώς απαιτείται ελάχιστη προκατεργασία του δείγματος, ο χρόνος ανάλυσης κυμαίνεται σε μερικά δευτερόλεπτα και είναι σχετικά φθηνές μέθοδοι. Σύμφωνα με σχετικές επιστημονικές μελέτες, οι μέθοδοι IR εστιάζουν στον προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης του κρασιού και της συνολικής περιεκτικότητας των ανθοκυανινών και ορισμένων φαινολικών ενώσεων στο σταφύλι (Canizo *et al.*, 2019; Ferrari *et al.*, 2011). Επίσης, μέθοδοι NIR και MIR είναι αρκετά υποσχόμενες όσον αφορά τον προσδιορισμό της σύστασης του κρασιού και τη διάκριση βιολογικών και μη βιολογικών κρασιών (Cozzolino *et al.*, 2006; Holmberg, 2010). Ωστόσο, βασικό μειονέκτημα των μεθόδων IR είναι η χαμηλή ευαισθησία κατά τον προσδιορισμό ενώσεων σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Ferrari *et al.*, 2011).



Εικόνα 2.14 Φάσματα Raman αιθανόλης, μεθανόλης, κόκκινου κρασιού και κόκκινου κρασιού με μεθανόλη, σε αντιπαραβολή (Qian *et al.*, 2013)

Η φασματοσκοπία NMR επιτρέπει την ταυτόχρονη ανάλυση διαφορετικών παραμέτρων μέσω στοχευμένων και μη στοχευμένων προσεγγίσεων. Επιπλέον, εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής προέλευσης, της χρονιάς παραγωγής και της ποικιλίας του κρασιού (Hong *et al.*, 2017; Anastasiadi *et al.*, 2009; Canizo *et al.*, 2019; Kamiloglu, 2019). Από το 1990, η ανάλυση της αναλογίας σταθερών ισοτόπων (¹³C/¹²C στην αιθανόλη και ¹⁸O/¹⁶O στο νερό) με φασματοσκοπία NMR και με φασματομετρία μάζας αναλογίας ισοτόπων (Isotope Ratio Mass Spectrometry, IRMS) εφαρμόζεται ως η επίσημη μέθοδος ανάλυσης στα κρασιά που παράγονται εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι προσδιορίζουν την προέλευση, τη χρονιά παραγωγής και την

προσθήκη νερού και ζάχαρης στο κρασί, συγκρίνοντας τα δεδομένα του δείγματος με τα δεδομένα αυθεντικού κρασιού ίδιας γεωγραφικής προέλευσης με το εξεταζόμενο (Holmberg, 2010; Dordevic *et al.*, 2013; Kamiloglu, 2019; Geana *et al.*, 2016). Επιπρόσθετα, η φασματοσκοπία NMR βρίσκει σημαντική εφαρμογή σε περιπτώσεις νοθείας κόκκινου κρασιού με πρόσθετες ανθοκυανίνες και τεχνητές αρωματικές ύλες (Canizo *et al.*, 2019). Σε σύγκριση με τις μεθόδους χρωματογραφίας, οι μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR διαθέτουν μικρότερη ευαισθησία. Εντούτοις, αποτελούν μη καταστροφικές μεθόδους, με απλούστερη και συντομότερη προετοιμασία του δείγματος (Ferrari *et al.*, 2011).

2.6 Νοθεία των Χυμών Φρούτων

2.6.1 Εισαγωγή

Οι χυμοί φρούτων θεωρούνται ένα θρεπτικό ποτό και αποτελούν σημαντικό κομμάτι της σύγχρονης διατροφής του ανθρώπου παγκοσμίως, καθώς προσφέρουν ποικιλία θρεπτικών συστατικών (π.χ. βιταμίνες, μέταλλα κ.ά.), που απαντώνται φυσικά στα φρούτα (Rahman, 2019; Jandrić and Cannavan, 2018). Επιπλέον, αποτελούν σπουδαίο οικονομικό αγαθό για τις αγροτικές επιχειρήσεις και η παραγωγή τους αντιπροσωπεύει έναν σημαντικό και ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα της βιομηχανίας ποτών (Wistaff *et al.*, 2021; Hong *et al.*, 2017). Οι φρουτοχυμοί καταναλώνονται από διάφορες ηλικιακές ομάδες παγκοσμίως, ειδικότερα τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλείς με αποτέλεσμα τη ραγδαία αύξηση της κατανάλωσής τους. Διαθέτουν υψηλές περιεκτικότητες βιταμινών, φλαβονοειδών και αντιοξειδωτικών, προσφέροντας έτσι αρκετά οφέλη για την υγεία, ενώ η κατανάλωσή τους έχει συνδεθεί με μείωση του κινδύνου εμφάνισης πολλών χρόνιων ασθενειών, όπως του καρκίνου, του διαβήτη και της αρθρίτιδας (Kamiloglu, 2019; Marchetti *et al.*, 2019; Jandrić *et al.*, 2014; Jandrić and Cannavan, 2018; Drakopoulou, 2018). Ο χυμός πορτοκαλιού παραμένει ο πιο δημοφιλής και ευρέως καταναλώμενος χυμός φρούτων, όμως η δημοτικότητα ορισμένων ειδών χυμών φρούτων, όπως ο χυμός ροδιού και ο χυμός μούρων, έχει εκτοξευθεί στα ύψη τα τελευταία χρόνια. Ακόμη, τα είδη αυτά πωλούνται ως υψηλής ποιότητας προϊόντα, διότι προσφέρουν αξιοσημείωτα οφέλη για την υγεία (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Li *et al.*, 2020; Dasenaki *et al.*, 2019; Nuncio-Jáuregui *et al.*, 2014). Εντούτοις, η υψηλή οικονομική και θρεπτική αξία, η αυξανόμενη ζήτηση και ο μεγάλος όγκος της αγοράς των χυμών φρούτων καθιστούν τους χυμούς φρούτων έναν αρκετά συνήθη στόχο της νοθείας (Jandrić and Cannavan, 2018; Wistaff *et al.*, 2021; Marchetti *et al.*, 2019). Πιο

συγκεκριμένα, οι χυμοί πορτοκαλιού, μήλου και ροδιού ανήκουν στα πιο συχνά είδη χυμών φρούτων που υπόκεινται σε νοθεία (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Kyriakidis, 1999; Jandrić and Cannavan, 2018; Nuncio-Jáuregui *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2020; Jandrić *et al.*, 2014).

2.6.2 Αντίκτυπος της Νοθείας των Χυμών Φρούτων

Η νοθεία στους χυμούς φρούτων αποτελεί ένα σοβαρό οικονομικό πρόβλημα, καθώς οι φρουτοχυμοί έχουν τεράστιο αντίκτυπο στην παγκόσμια οικονομία, λόγω της εμπορικής και θρεπτικής αξίας τους (Rahman, 2019; Drakoroulou, 2018). Ο προσδιορισμός της νοθείας στους χυμούς φρούτων έχει σπουδαία οικονομική σημασία, καθώς μεγάλες ποσότητες χυμών φρούτων καταναλώνονται παγκοσμίως (Dasenaki and Thomaidis, 2019). Επιπρόσθετα, η νοθεία στους χυμούς φρούτων έχει αρνητικές συνέπειες για τη βιομηχανία, καθώς υψηλής ποιότητας αυθεντικά προϊόντα ανταγωνίζονται φθηνότερα νοθευμένα, που πωλούνται ως 100% γνήσιοι χυμοί φρούτων. Ως εκ τούτου, οι παραγωγοί νοθευμένων φρουτοχυμών αυξάνουν το περιθώριο κέρδους (Jandrić and Cannavan, 2018; Rahman, 2019). Ακόμη, η νοθεία στους χυμούς φρούτων επηρεάζει τη χημική σύνθεσή τους και μειώνει την υψηλή θρεπτική αξία τους (Kamiloglu, 2019; Mohamed *et al.*, 2011; Jandrić *et al.*, 2014). Σχετικά με τις επιπτώσεις της νοθείας στους χυμούς προς τους καταναλωτές, τα δικαιώματα των καταναλωτών παραβιάζονται, καθώς εξαπατώνται αγοράζοντας προϊόντα με υψηλές τιμές και παραπλανητική επισήμανση, ενώ είναι κατώτερης ποιότητας (Dasenaki *et al.*, 2019; Jandrić and Cannavan, 2018). Επίσης, αν και η νοθεία στους χυμούς αποτελεί κυρίως ένα οικονομικό ζήτημα και λιγότερο ζήτημα ασφάλειας, τα μη επισημασμένα συστατικά που υποκαθίστανται ή προστίθενται είναι δυνατό να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις μετά την κατανάλωση ή να είναι τοξικά (Kamiloglu, 2019; Jandrić and Cannavan, 2018; Dasenaki *et al.*, 2019; Jandrić *et al.*, 2014).

2.6.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στους Χυμούς Φρούτων

Οι φρουτοχυμοί μπορούν να νοθευτούν με ποικίλους τρόπους (Rahman, 2019). Τα διάφορα είδη νοθείας που παρατηρούνται στους χυμούς φρούτων είναι η υποκατάσταση, η διάλυση, η προσθήκη και η παραπλανητική επισήμανση. Τα είδη αυτά είναι δυνατό να εφαρμοστούν ξεχωριστά ή σε συνδυασμό, ώστε ο προσδιορισμός της νοθείας να καθίσταται δυσκολότερος (Kamiloglu, 2019; Jandrić *et al.*, 2014). Πιο συγκεκριμένα, οι υψηλής αξίας χυμοί φρούτων υποκαθίστανται με χαμηλότερης οικονομικής αξίας χυμούς που παράγονται από άλλα φρούτα (π.χ. σταφυλιού), με χυμούς που διαθέτουν βαθύ και

έντονο χρώμα ή και με γλυκούς χυμούς ή χυμό λεμονιού, ώστε να αντισταθμιστούν η στυπτικότητα των τανινών και η έντονη γλυκύτητα ορισμένων χυμών, αντίστοιχα. Η ανάμιξη με άλλους χυμούς πραγματοποιείται, ώστε να αντισταθμιστούν οι αρνητικές επιπτώσεις των χαμηλής ποιότητας πρώτων υλών ή και της θερμικής επεξεργασίας (Nuncio-Jáuregui *et al.*, 2014; Kamiloglu, 2019; Dasenaki and Thomaidis, 2019; Muntean, 2010; Jandrić and Cannavan, 2018; Drakopoulou, 2018; Dasenaki *et al.*, 2019; Hong *et al.*, 2017; Mabood *et al.*, 2018). Οι χυμοί φρούτων συχνά αραιώνονται με νερό. Επίσης, προστίθενται σε αυτούς οξέα, σάκχαρα ή φθηνά εμπορικά διαθέσιμα γλυκαντικά ή και άλλα πρόσθετα για την τροποποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους ή την αύξηση του χρόνου ζωής του προϊόντος (Kamiloglu, 2019; Dasenaki and Thomaidis, 2019; Muntean, 2010; Jandrić and Cannavan, 2018; Drakopoulou, 2018; Rahman, 2019; Hong *et al.*, 2017). Τέλος, η παραπλανητική επισήμανση στους χυμούς φρούτων περιλαμβάνει τη ψευδή επισήμανση των στοιχείων που αφορούν το είδος του χυμού και τη γεωγραφική προέλευσή του (Kamiloglu, 2019).

2.6.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας των Χυμών Φρούτων

2.6.4.1 Γενικά στοιχεία

Διαφορετικές τεχνικές εφαρμόζονται για την ανίχνευση ή και τον προσδιορισμό των ειδών νοθείας στους χυμούς φρούτων (Kamiloglu, 2019). Ειδικότερα, οι μέθοδοι που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, είναι κυρίως χρωματογραφικές, φασματοσκοπικές, φασματομετρίας μάζας, ηλεκτροφορητικές και ισοτοπικής και στοιχειακής ανάλυσης (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Kamiloglu, 2019; Muntean, 2010; Fügél *et al.*, 2005; Drakopoulou, 2018; Jandrić and Cannavan, 2018). Οι αναλυτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται στον προσδιορισμό της νοθείας στους χυμούς φρούτων, είναι συχνά στοχευμένης ανάλυσης, που εστιάζουν στην ανίχνευση και ταυτοποίηση συγκεκριμένων ενώσεων ή κατηγοριών ενώσεων. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να είναι αμινοξέα, οργανικά οξέα, σάκχαρα, χρωστικές ενώσεις, όπως ανθοκυανίνες, και καροτενοειδή, οι οποίες λειτουργούν είτε ως ενώσεις-δείκτες του αυθεντικού προϊόντος είτε ως δείκτες που επιβεβαιώνουν την παρουσία νοθευμένου δείγματος. Οι μέθοδοι στοχευμένης ανάλυσης παρέχουν αξιόπιστη ταυτοποίηση και ακριβή προσδιορισμό της ποσότητας των εξεταζόμενων ενώσεων. Επίσης, σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση είναι δυνατόν να προσδιοριστούν χαρακτηριστικά μοτίβα στο προφίλ των ενώσεων ή να αναδειχθούν οι κατάλληλες παράμετροι που υποδεικνύουν την αυθεντικότητα ενός δείγματος ή την ποικιλιακή και γεωγραφική προέλευσή του. Ωστόσο, ενώσεις, οι οποίες δεν έχουν

επιλεχθεί ως αναλύτες, δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν με τη στοχευμένη ανάλυση, όσο υψηλή κι αν είναι η περιεκτικότητά τους στο δείγμα. Ως εκ τούτου, οι μη στοχευμένες μέθοδοι, που βασίζονται στην ανίχνευση ενώσεων σε δείγματα άγνωστης σύνθεσης, συχνά προτιμώνται έναντι των στοχευμένων και έχουν γίνει ιδιαίτερα δημοφιλείς (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Marchetti *et al.*, 2019; Jandrić *et al.*, 2014; Muntean, 2010; Wistaff *et al.*, 2021; Thavarajah and Low, 2006). Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της νοθείας στους χυμούς φρούτων βασίζονται στην ανάλυση αλληλουχιών DNA ή των προαναφερθέντων ενώσεων-δεικτών. Σε αντίθεση με τις μεθόδους που βασίζονται στην ανάλυση του DNA, οι οποίες διαφοροποιούν μόνο ενώσεις που ανήκουν σε διαφορετικά είδη φρούτων, οι στοχευμένες μέθοδοι ανάλυσης είναι δυνατό να ταυτοποιήσουν περισσότερα είδη νοθείας, όπως η προσθήκη νερού και σακχάρων και η ψευδής επισήμανση της γεωγραφικής προέλευσης. Ωστόσο, καμία από τις προαναφερθέντες μεθόδους δεν έχει επιτύχει τον ταυτόχρονο προσδιορισμό του είδους φρούτου, της γεωγραφικής προέλευσης και των μεθόδων επεξεργασίας (Li *et al.*, 2020).

2.6.4.2 Χρωματογραφικές Μέθοδοι

Οι πλέον καθιερωμένες προσεγγίσεις που ακολουθούνται για την εκτίμηση της αυθεντικότητας των χυμών φρούτων βασίζονται στον προσδιορισμό του προφίλ των υδατανθράκων, των (πολυ)φαινολικών ενώσεων, των αμινοξέων και των οργανικών οξέων, εφαρμόζοντας χρωματογραφικές μεθόδους, κυρίως HPLC και GC, σε συνδυασμό με καταστρεπτικούς (φαρμακογράφος μάζας) και μη καταστρεπτικούς (UV, φθορισμού) ανιχνευτές (Kamiloglu, 2019; Muntean, 2010; Drakopoulou, 2018). Οι χρωματογραφικές τεχνικές αξιοποιούνται σε στοχευμένες και μη στοχευμένες μεθόδους εκτίμησης της αυθεντικότητας. Επιπλέον, επιτρέπουν το διαχωρισμό των συστατικών σύνθετων δειγμάτων με εξαιρετική απόδοση και την ταυτοποίησή τους από τον επιλεχθέντα σε σειρά ανιχνευτή (Li *et al.*, 2020; Dasenaki and Thomaidis, 2019). Ορισμένα σημαντικά παραδείγματα εφαρμογών των χρωματογραφικών μεθόδων αποτελούν: 1) ο προσδιορισμός της προσθήκης χυμού περγαμόντου σε χυμό λεμονιού σε ποσοστό μεγαλύτερο του 1% (v/v), εφαρμόζοντας μέθοδο HPLC και εξετάζοντας συγκεκριμένα φλαβονοειδή, όπως η ναρινγίνη, η νεοεσπεριδίνη και η νεοεριοκιτρίνη, που παρατηρούνται στον χυμό περγαμόντο, όμως απουσιάζουν στον χυμό λεμονιού (Cautela *et al.*, 2008), 2) η ανίχνευση της προσθήκης ιμβερτοποιημένων ή σακχάρων τεύτλων (Kamiloglu, 2019), 3) η ανίχνευση της προσθήκης σχετικά φθηνών χυμών, όπως του

χυμού μήλου, σε πιο ακριβούς χυμούς, όπως του χυμού πορτοκαλιού, εφαρμόζοντας μη στοχευμένη μέθοδο HPLC-MS (Hong *et al.*, 2017) και 4) η ανίχνευση της προσθήκης νερού και σακχάρων σε χυμό πορτοκαλιού, εφαρμόζοντας μέθοδο GC-MS (Dasenaki and Thomaidis, 2019).

2.6.4.3 Φασματοσκοπικές Μέθοδοι

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι βασιζόμενες σε τεχνικές φασματοσκοπίας UV-Vis, φθορισμού, IR, Raman και NMR εφαρμόζονται ευρέως για να ληφθεί το δακτυλικό αποτύπωμα των τροφίμων. Οι μέθοδοι αυτές απαιτούν ελάχιστη ή και καθόλου προετοιμασία του δείγματος, διαθέτουν υψηλή αναπαραγωγικότητα και είναι μη καταστρεπτικές. Εντούτοις, οι δυνατότητες των μεθόδων φασματοσκοπίας UV-Vis και φθορισμού ως προς την εκτίμηση της αυθεντικότητας των χυμών φρούτων δεν έχουν διερευνηθεί πλήρως έως σήμερα (Dasenaki and Thomaidis, 2019). Όσον αφορά την αξιοποίηση μεθόδων φασματοσκοπίας UV-Vis για τον προσδιορισμό της νοθείας στους χυμούς φρούτων, τα τελευταία χρόνια ελάχιστες εφαρμογές αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Ωστόσο, αξιοσημείωτη εφαρμογή αποτελεί ο προσδιορισμός αραιωμένων δειγμάτων χυμών ροδιού και δειγμάτων που περιέχουν μη επισημασμένους φθηνότερους χυμούς μήλου και σταφυλιού, χρησιμοποιώντας μέθοδο φασματοσκοπίας UV-Vis σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Boggia *et al.*, 2013).

Η εξέλιξη στα φασματοφωτόμετρα IR και ο συνδυασμός των τεχνικών με χημειομετρικές τεχνικές καθιστούν τις μεθόδους φασματοσκοπίας IR ένα ισχυρό εργαλείο για τον προσδιορισμό της αυθεντικότητας των τροφίμων και των φρουτοχυμών (Mabood *et al.*, 2018; Muntean, 2010). Σημαντικές εφαρμογές των μεθόδων φασματοσκοπίας IR στον προσδιορισμό της νοθείας των χυμών φρούτων αποτελούν ο προσδιορισμός προστιθέμενων σακχάρων σε χυμό μήλου, εφαρμόζοντας μέθοδο FT-IR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση (Mabood *et al.*, 2018), η ταυτοποίηση γνήσιου χυμού bayberry και χυμού αραιωμένου με νερό, εφαρμόζοντας μέθοδο NIR σε συνδυασμό με χημειομετρικές τεχνικές (Dasenaki and Thomaidis, 2019), και η εκτίμηση της νοθείας χυμού πορτοκαλιού με σακχαρούχα διαλύματα ή χυμούς από άλλα φρούτα, εφαρμόζοντας μέθοδο FT-IR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση (Kamiloglu, 2019).

Όσον αφορά τις μεθόδους φασματοσκοπίας NMR, αυτές εφαρμόζονται ευρέως για την ανίχνευση της νοθείας στους χυμούς φρούτων, καθώς η φασματοσκοπία NMR αποτελεί

ιδιαίτερη αποτελεσματική τεχνική προσδιορισμού της μοριακής δομής ενός σημαντικού σε αριθμό πλήθους ξεχωριστών ενώσεων σε ένα δείγμα, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνονται σημαντικές φασματοσκοπικές/δομικές πληροφορίες για το σύνολο των ομάδων των μεταβολιτών που περιέχονται σε αυτό (Marchetti *et al.*, 2019; Fügél *et al.*, 2005; Dasenaki and Thomaidis, 2019). Τα φάσματα NMR των τροφίμων είναι αρκετά περίπλοκα, καθώς περιέχουν πολλά σήματα που αντιστοιχούν σε πρωτογενείς και δευτερογενείς μεταβολίτες. Ως εκ τούτου, η χημειομετρική ανάλυση είναι απαραίτητη για να εξαχθούν οι χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν το προφίλ των μεταβολιτών και θα χρησιμεύσουν στον προσδιορισμό της νοθείας των χυμών. Επιπλέον, η χημειομετρική ανάλυση είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό της ποιότητας και της ποσότητας των συστατικών που πιστοποιούν τη νοθεία (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Marchetti *et al.*, 2019). Ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων μεθόδων αποτελούν η μη καταστρεπτική φύση τους, η υψηλή ακρίβεια και το γεγονός ότι τα αποτελέσματα λαμβάνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, η φασματοσκοπία NMR παρουσιάζει χαμηλότερη ευαισθησία σε σύγκριση με άλλες αναλυτικές τεχνικές, όπως η τεχνική FT-IR, ενώ ακόμη, τα φασματόμετρα NMR είναι αρκετά ακριβά, με υψηλά κόστη λειτουργίας (Dasenaki and Thomaidis, 2019). Οι εφαρμογές των μεθόδων φασματοσκοπίας NMR συνοψίζονται ως εξής: 1) ανίχνευση της υποκατάστασης χυμών φρούτων με διαφορετικά είδη φρούτων (Dasenaki and Thomaidis, 2019; Hong *et al.*, 2017), 2) προσδιορισμός προστιθέμενων σακχάρων, όπως της σακχαρόζης (Dasenaki and Thomaidis, 2019) και 3) προσδιορισμός της γεωγραφικής προέλευσης των χυμών φρούτων (Marchetti *et al.*, 2019; Dasenaki and Thomaidis, 2019; Hong *et al.*, 2017).

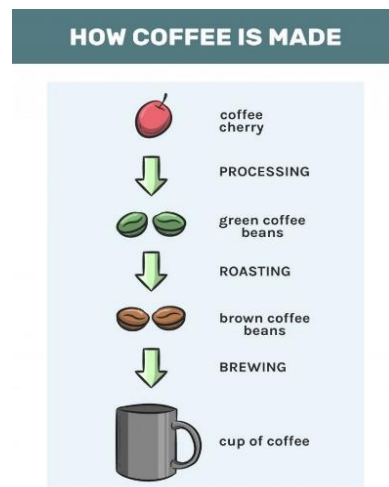
2.6.4.4 Μέθοδοι Ανάλυσης DNA

Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA έχουν αποδειχθεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο εκτίμησης της αυθεντικότητας των τροφίμων και των χυμών φρούτων (Pardo, 2015). Οι συγκεκριμένες μέθοδοι θεωρούνται περισσότερο αξιόπιστες σε σύγκριση με τις χημικές, λόγω της σταθερότητας των μορίων DNA κάτω από μεταβλητές περιβαλλοντικές συνθήκες, και τις διαδικασίες παραγωγής και επεξεργασίας των φρουτοχυμών. Εντούτοις, οι εφαρμογές των μεθόδων ανάλυσης DNA περιορίζονται μόνο στην ανίχνευση της υποκατάστασης των χυμών φρούτων με χυμό άλλων ειδών, χωρίς να είναι δυνατή η εξαγωγή περαιτέρω πληροφορίας (Dasenaki and Thomaidis, 2019).

2.7 Νοθεία του Καφέ

2.7.1 Εισαγωγή

Ο καφές αποτελεί ποτό με ιδιαίτερη γεύση και άρωμα. Η παρασκευή του πραγματοποιείται καβουρδίζοντας πρώτα τους ωμούς (πράσινους) κόκκους καφέ και στη συνέχεια αλέθοντας τους (Εικόνα 2.15) (Perez *et al.*, 2021; Čurlej *et al.*, 2021). Επιπλέον, αποτελεί ένα από τα ποτά που καταναλώνονται ευρέως παγκοσμίως, λόγω της ευχάριστης γεύσης και αρώματος που διαθέτει και λόγω της ευεργετικής επίδρασης των βιοενεργών συστατικών του, όπως είναι η καφεΐνη και οι αντιοξειδωτικές φαινολικές ενώσεις, στην υγεία των καταναλωτών (Brondi *et al.*, 2017; Sezer *et al.*, 2018;



Εικόνα 2.15 Εικονική αναπαράσταση παραγωγής καφέ

Perez *et al.*, 2021; Souto *et al.*, 2015; Toci *et al.*, 2016; Pauli *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2020). Συγκεκριμένα τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχει σημειωθεί μία συνεχής άνοδος της παγκόσμιας κατανάλωσης καφέ, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη νέων προϊόντων και σκευασμάτων με βασικό συστατικό τον καφέ, και με αλλαγές στις τυπικές καταναλωτικές συνήθειες (Hong *et al.*, 2017; Cheah and Fang, 2020; Toci *et al.*, 2016). Υπάρχουν περίπου 100 είδη καφέ στον πλανήτη, ωστόσο μόνο δύο είδη φέρουν σημαντική εμπορική αξία. Τα είδη αυτά ονομάζονται *Coffea arabica* (καφές Arabica) και *Coffea canephora* (καφές Robusta) (Toci *et al.*, 2016; Sezer *et al.*, 2018; Burns and Walker, 2020; Perez *et al.*, 2021; Hong *et al.*, 2017). Ο καφές Arabica προτιμάται σε μεγαλύτερο βαθμό από τους καταναλωτές, λόγω της χαμηλότερης περιεκτικότητας σε καφεΐνη και των ανώτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του, όπως είναι το έντονο άρωμα και η ελαφρά πικρή γεύση. Επιπλέον, θεωρείται υψηλότερης ποιότητας και η τιμή πωλήσεώς του είναι 20-25% υψηλότερη σε σύγκριση με τον καφέ Robusta, λόγω των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και αγρονομικών λόγων (Čurlej *et al.*, 2021; Hong *et al.*, 2017; Toci *et al.*, 2016; Burns and Walker, 2020; Kamiloglu, 2019; Wang *et al.*, 2020; Sezer *et al.*, 2018). Εντούτοις, ορισμένες συνθήκες, όπως η διαφορά μεταξύ των ρυθμών παραγωγής και κατανάλωσης και η υψηλή εμπορική αξία του καφέ, καθιστούν τον καφέ στόχο της νοθείας (Cai *et al.*, 2016; Burns and Walker, 2020; Brondi *et al.*, 2017). Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων της φαρμακοποιίας των Ηνωμένων Πολιτειών (United

States Pharmacopeia), ο καφές αποτελεί ένα από τα δέκα κορυφαία προϊόντα που υπόκεινται σε νοθεία στις χώρες παραγωγής και πώλησής του (Cheah and Fang, 2020).

2.7.2 Αντίκτυπος της Νοθείας του Καφέ

Η νοθεία στον καφέ θεωρείται ως η πιο σοβαρή απειλή για τη βιώσιμη ανάπτυξη της παγκόσμιας αγοράς του καφέ. Ο αντίκτυπος της νοθείας αποτελεί σημαντικό οικονομικό ζήτημα, καθώς ζημιώνονται οι παραγωγοί, οι έμποροι και οι καταναλωτές (Cai *et al.*, 2016; Pauli *et al.*, 2014). Αντιθέτως, οι έμποροι νοθευμένου καφέ επωφελούνται, καθώς ακολουθούν στρατηγικές οι οποίες μειώνουν τα κόστη παραγωγής και αυξάνουν τα κέρδη από το τελικό προϊόν (Brondi *et al.*, 2017; Perez *et al.*, 2021). Επιπρόσθετα, σε περιπτώσεις όπου προστίθενται συγκεκριμένες ουσίες, όπως ο φλοιός και οι μίσχοι του καφέ, το καλαμπόκι, το κριθάρι ή η σόγια, η νοθεία στον καφέ οδηγεί σε απώλεια της ποιότητας και της θρεπτικής αξίας του (Sezer *et al.*, 2018; Brondi *et al.*, 2017; Cai *et al.*, 2016). Οι ουσίες αυτές επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα του καβουρδισμένου και αλεσμένου καφέ, και ιδιαίτερα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (Souito *et al.*, 2015). Σχετικά με την επικινδυνότητα της νοθείας στον καφέ για την υγεία των καταναλωτών, οι Brondi *et al.* (2017) αναφέρουν ότι είναι επιβλαβής σε περιστατικά τροφιογενών ασθενειών.

2.7.3 Είδη Νοθείας που Απαντώνται στον Καφέ

Τα συνήθη είδη νοθείας που απαντώνται στον καφέ είναι η παραπλανητική επισήμανση, η υποκατάσταση και η προσθήκη χαμηλού κόστους συστατικών που προέρχονται από τον καφέ ή συστατικών που δεν προέρχονται από τον καφέ (Wang *et al.*, 2020; Cheah and Fang, 2020). Η παραπλανητική επισήμανση σχετίζεται με την παρουσίαση κόκκων καφέ χαμηλής αξίας ως υψηλής, όπως και την επισήμανση ψευδών πληροφοριών σχετικά με το είδος, την καθαρότητα και τη γεωγραφική προέλευση του καφέ (Wang *et al.*, 2020; Ćurlej *et al.*, 2021; Burns and Walker, 2020). Τα περιστατικά υποκατάστασης περιλαμβάνουν την ανάμιξη κόκκων καφέ μονής προέλευσης (single-origin) με κόκκους διαφορετικών ειδών καφέ ή και διαφορετικής γεωγραφικής προέλευσης (Perez *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υποκατάσταση καφέ που επισημαίνεται ως 100% Arabica με φθηνότερο καφέ Robusta (Cheah and Fang, 2020; Ćurlej *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020).

Οι Cai *et al.* (2016) αναφέρουν ότι η προσθήκη ουσιών ή ακαθαρσιών αποτελεί το πιο διαδεδομένο περιστατικό νοθείας στον καφέ. Οι ουσίες που προστίθενται παρουσιάζουν παρόμοια φυσικά χαρακτηριστικά με τον καφέ, όπως είναι το μέγεθος των σωματιδίων,

το χρώμα και η υφή (Brondi *et al.*, 2017, Cheah and Fang, 2020). Επιπλέον, είναι φθηνότερες σε σύγκριση με τον καφέ και ως αποτέλεσμα η προσθήκη τους μειώνει το κόστος παραγωγής του καφέ (Čurlej *et al.*, 2021). Παραδείγματος χάριν, οι καβουρδισμένοι κόκκοι σόγιας έχει διαπιστωθεί ότι αποτελούν ιδανική προστιθέμενη ουσία, καθώς διαθέτουν παρόμοιο χρώμα, άρωμα και γεύση με τον καφέ (Cheah and Fang, 2020). Άλλες ουσίες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και χρησιμοποιούνται στη νοθεία του καφέ είναι οι φλοιοί των κόκκων καφέ, η καστανή ζάχαρη, το άμυλο, το κακάο και διάφορα σιτηρά, όπως είναι το καλαμπόκι, η σίκαλη, το καβουρδισμένο κριθάρι, το σιτάρι, το κичώριο και το τριτικάλε (Hong *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2020; Kamiloglu, 2019; Oliveira *et al.*, 2009; Toci *et al.*, 2016; Sezer *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2011).

2.7.4 Μέθοδοι Προσδιορισμού της Νοθείας του Καφέ

2.7.4.1 Γενικά στοιχεία

Οι μέθοδοι που βασίζονται σε τεχνικές απεικόνισης και κλασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούν οπτικό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο εφαρμόζονται ευρέως για τον προσδιορισμό της νοθείας στον καβουρδισμένο και αλεσμένο καφέ. Ωστόσο, οι μέθοδοι αυτές είναι υποκειμενικές και δεν είναι κατάλληλες για την ανίχνευση πρόσθετων ουσιών στον επεξεργασμένο καφέ (Cai *et al.*, 2016; Pauli *et al.*, 2014; Toci *et al.*, 2016; Perez *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020). Οι προσεγγίσεις που ακολουθούνται για τον προσδιορισμό της νοθείας μπορεί να είναι στοχευμένες ή μη στοχευμένες. Οι στοχευμένες μέθοδοι ανάλυσης εστιάζουν στην ταυτοποίηση και τον προσδιορισμό της ποσότητας συγκεκριμένων ενώσεων. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να ανιχνεύσουν αναλύτες με περιεκτικότητα της τάξεως μερών στο τρισεκατομμύριο (parts per trillion, ppt), όμως δεν είναι αποτελεσματικές σε περιπτώσεις στις οποίες προστίθενται άγνωστες ενώσεις που δε συμπεριλαμβάνονται στους αναλύτες της μεθόδου. Από την άλλη πλευρά, οι μη στοχευμένες μέθοδοι εστιάζουν στον προσδιορισμό μεγάλου αριθμού ποικίλων ενώσεων, δίχως απαραίτητα την άμεση ταυτοποίηση του συνόλου των ενώσεων. Τα δεδομένα που λαμβάνονται χρησιμοποιούνται ως δακτυλικά αποτυπώματα, τα οποία αξιοποιούνται για την ταχεία αξιολόγηση της αυθεντικότητας του δείγματος καφέ, και παρέχουν αρχικές πληροφορίες για πιθανή νόθευση των δειγμάτων (Cheah and Fang, 2020; Wang *et al.*, 2020). Οι δύο προσεγγίσεις εφαρμόζουν τεχνικές που βασίζονται στην ανάλυση χημικών ή βιοχημικών ενώσεων (μέταλλα, πρωτεΐνες, μεταβολίτες, DNA) ή ισοτόπων, κυρίως ατόμων C, O και H (Wang *et al.*, 2020). Στην επίσημη επιστημονική βιβλιογραφία, αναφέρονται πολλές και διαφορετικές αναλυτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον

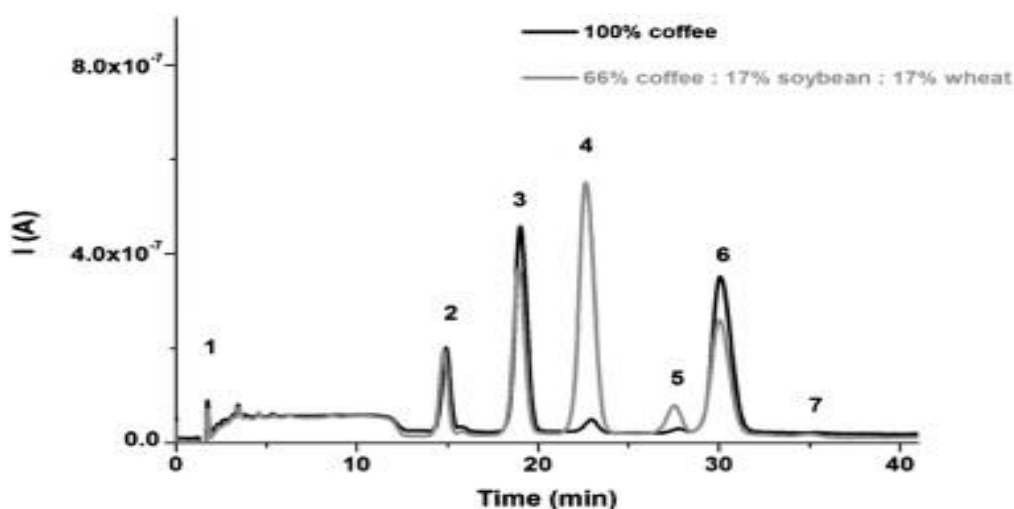
προσδιορισμό της νοθείας στον καφέ. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν τεχνικές χρωματογραφίας, σφασματομετρικές (MS), ανάλυσης DNA, ηλεκτροφορητικές και φασματοσκοπίας UV-Vis, NMR, φθορισμού και IR (NIR, MIR, FTIR, Raman και αποσβένουσας ολικής ανάκλασης με μετασχηματισμό Fourier IR/Attenuated Total Reflectance-FTIR, ATR-FTIR) (Wang *et al.*, 2020; Toci *et al.*, 2016; Kamiloglu, 2019; Sezer *et al.*, 2018; Cheah and Fang, 2020; Perez *et al.*, 2021; Cai *et al.*, 2016; Pauli *et al.*, 2014; Brondi *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2011).

2.7.4.2 Χρωματογραφικές Μέθοδοι

Οι μέθοδοι χρωματογραφίας αποτελούν από τις πιο ευέλικτες και ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους προσδιορισμού της νοθείας στον καφέ (Toci *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2020). Τα δείγματα καφέ που έχουν προκύψει από μείξη διαφορετικών ποικιλιών είναι δυνατό να ταυτοποιηθούν αποτελεσματικά είτε με HPLC είτε με GC, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες χρωματογραφικές στήλες και κινητές φάσεις. Επίσης, με την παρουσία του κατάλληλου ανιχνευτή, όπως ιοντισμού φλόγας (Flame ionization Detector, F.I.D.), φασματομέτρου μάζας (MS) και φθορισμού, παρέχονται χρωματογραφήματα και λαμβάνονται τα μοναδικά δακτυλικά αποτυπώματα των δειγμάτων (Wang *et al.*, 2020). Επίσης, πληθώρα μεθόδων χρωματογραφίας έχει αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της νοθείας του καφέ με διάφορες προστιθέμενες ουσίες (Kamiloglu, 2019; Toci *et al.*, 2016). Ο αναλύτης που χρησιμοποιείται συχνότερα για τον προσδιορισμό του αυθεντικού και του νοθευμένου καφέ είναι οι υδατάνθρακες (**Εικόνα 2.16**), καθώς το προφίλ τους διαφοροποιείται με την παρουσία ξένων πρώτων υλών, όπως ο φλοιός του καφέ. Ειδικότερα, έχουν καθοριστεί όρια για την παρουσία ορισμένων υδατανθράκων, όπως η ξυλόζη, η μαννιτόλη, η γαλακτόζη, η φρουκτόζη και η γλυκόζη. Έτσι, σε περιπτώσεις, όπου η περιεκτικότητα τους βρίσκεται εκτός των επίσημων ορίων, το δείγμα μπορεί να θεωρηθεί με βεβαιότητα νοθευμένο (Toci *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2009; Perez *et al.*, 2021; Cai *et al.*, 2016). Επιπρόσθετα, σημαντικές εφαρμογές βρίσκουν οι μέθοδοι HPLC- και GC-MS, καθώς επιτυγχάνουν την ταυτοποίηση καφέ Robusta και Arabica βασιζόμενες σε ενώσεις-δείκτες, όπως το διτερπένιο 16-O-methylcafestol (16-OMC), που βρίσκεται σε αφθονία στον καφέ Robusta, και το διτερπένιο kahweol, που βρίσκεται σχεδόν αποκλειστικά στον καφέ Arabica (Hong *et al.*, 2017; Kamiloglu, 2019; Burns and Walker, 2020; Monakhova *et al.*, 2015). Επίσης, οι Oliveira *et al.* (2009) ανέπτυξαν μέθοδο GC-MS για τον προσδιορισμό της νοθείας καφέ με καβουρδισμένο κριθάρι, η οποία επιτυγχάνει την

ανίχνευση του στον καφέ σε περιεκτικότητα έως 1% w/w. Ακόμη, μέθοδοι LC-MS και GC-FID με συνδυασμό με πολυμεταβλητή ανάλυση εφαρμόζονται για την ταυτοποίηση της γεωγραφικής και βοτανικής προέλευσης των δειγμάτων καφέ (Hong *et al.*, 2017).

Οι εφαρμογές των μεθόδων χρωματογραφίας είναι δυνατό να εμφανίσουν ορισμένους περιορισμούς, διότι οι συγκεκριμένες μέθοδοι δεν είναι κατάλληλες για αναλύσεις ρουτίνας, είναι χρονοβόρες, δαπανηρές και μη αυτοποιημένες, οπότε απαιτείται σημαντικός φόρτος προκατεργασίας του δείγματος και χρόνος ανάλυσης (Silva *et al.*, 2011). Επιπλέον, η ανίχνευση των ενώσεων-δεικτών είναι δυνατό να επηρεασθεί από την τυπική εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας, πίεσης και χημικής επεξεργασίας του καφέ (Sezer *et al.*, 2018).



Εικόνα 2.16 HPLC χρωματογραφήματα δείγματος καθαρού καφέ και μίγματος καφέ με κόκκους σόγιας και σιτάρι. Κορυφές: 1) μαννιτόλη, 2) αραβινόζη, 3) γαλακτόζη, 4) γλυκόζη, 5) ξυλόζη, 6) μαλλοζή, 7) φρουκτόζη (Pauli *et al.*, 2014)

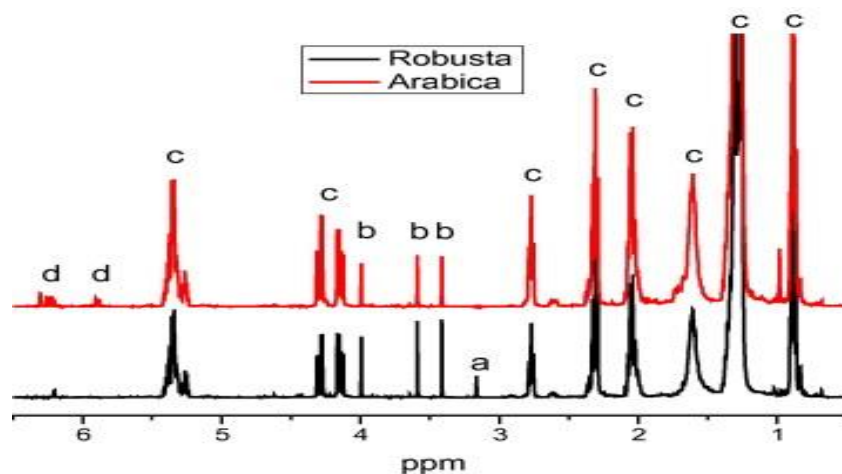
2.7.4.3 Φασματοσκοπικές Μέθοδοι

Η φασματοσκοπία IR αποτελεί ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική για τον προσδιορισμό της νοθείας, καθώς διαθέτει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως ο σύντομος χρόνος ανάλυσης, η απλή επεξεργασία του δείγματος που απαιτείται και η μικρότερη παραγωγή χημικών αποβλήτων σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους. Τα φάσματα IR του καφέ είναι πολύπλοκα, λόγω των ισχυρών επικαλύψεων των κορυφών που προέρχονται από διάφορες οργανικές ενώσεις. Ωστόσο, αρκετές μελέτες αναδεικνύουν τις δυνατότητες αυτής της αναλυτικής τεχνικής για την ανίχνευση της νοθείας στον καφέ (Toci *et al.*, 2016). Ορισμένες εφαρμογές της φασματοσκοπίας IR που αξίζει να επισημανθούν είναι οι εξής: 1) προσδιορισμός της νοθείας σε λυοφιλοποιημένα δείγματα καφέ με γλυκόζη και άμυλο χρησιμοποιώντας μέθοδο FTIR (Silva *et al.*, 2011; Toci *et al.*, 2016), 2) ταυτοποίηση δειγμάτων καφέ Arabica από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές με μέθοδο ATR-FTIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση (Wang *et al.*, 2020), 3) η

ταυτοποίηση της γεωγραφικής προέλευσης δειγμάτων από διαφορετικές χώρες με μεθόδους FTIR και NIR (Burns and Walker, 2020; Čurlej *et al.*, 2021) και 4) ο προσδιορισμός της αναλογίας καφέ Arabica προς Robusta σε καβουρδισμένο και αλεσμένο καφέ με μεθόδους NIR και MIR (Burns and Walker, 2020).

Εναλλακτικές μέθοδοι αποτελούν οι μέθοδοι φασματοσκοπίας UV-Vis. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι εφαρμόζονται συχνά σε αναλύσεις ρουτίνας και είναι χαμηλού κόστους (Souto *et al.*, 2015). Οι μέθοδοι UV-Vis επιτυγχάνουν τον προσδιορισμό ποικιλιών καφέ Arabica και Robusta (Hong *et al.*, 2017). Επιπλέον, επιτυγχάνουν την ταυτοποίηση πράσινων κόκκων Arabica και Robusta, προσδιορίζοντας την περιεκτικότητά τους σε καφεΐνη και χλωρογενικό οξύ (Perez *et al.*, 2021).

Οι μεθοδολογίες φασματοσκοπίας NMR είναι ιδανικές για τον προσδιορισμό της ποσότητας ενώσεων σε μικρές συγκεντρώσεις που βρίσκονται σε σύνθετα υποστρώματα, όπως είναι ο καφές (Perez *et al.*, 2021). Επιπλέον, η φασματοσκοπία NMR επιτυγχάνει την ταυτοποίηση του είδους καφέ και επιτρέπει την ανάλυση δειγμάτων, δίχως να έχει προηγηθεί παραγωγοποίηση και διαχωρισμός των ενώσεων όπως συνηθίζεται στις χρωματογραφικές αναλύσεις, απλοποιώντας έτσι την πορεία εργασίας (Burns and Walker, 2020; Wang *et al.*, 2020). Οι μέθοδοι NMR είναι αρκετά αποτελεσματικές για τον προσδιορισμό της ποσότητας των κύριων ουσιών που προστίθενται στο νοθευμένο καβουρδισμένο και αλεσμένο καφέ, όπως είναι το κριθάρι, το καλαμπόκι και ο φλοιός του καφέ (Hong *et al.*, 2017; Kamiloglu, 2019; Wang *et al.*, 2020). Ακόμη, σημαντικές εφαρμογές αποτελούν ο προσδιορισμός της νοθείας καφέ Arabica με Robusta, βασιζόμενος σε ενώσεις-δείκτες, όπως η ένωση 16-OMC (Εικόνα 2.17) και ο προσδιορισμός της γεωγραφικής προέλευσης (Hong *et al.*, 2017; Čurlej *et al.*, 2021; Perez *et al.*, 2021; Burns and Walker, 2020; Wang *et al.*, 2020).



Εικόνα 2.17 Φάσμα ^1H NMR τυπικού καφέ Robusta και Arabica. Επισημαίνονται τα εξής σήματα: a) 16-OMC, b) καφεΐνη, c) τριγλυκερίδια, d) kahweol (Monakhova *et al.*, 2015)

2.7.4.4 Μέθοδοι Ανάλυσης DNA

Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA επιτυγχάνουν τον προσδιορισμό της ποσότητας συγκεκριμένων αλληλουχιών DNA που παρουσιάζονται σε συγκεκριμένα είδη καφέ και σε ξένα βιολογικά υλικά (Wang *et al.*, 2020). Οι σημαντικότερες εφαρμογές των μεθόδων ανάλυσης DNA περιλαμβάνουν την ταυτοποίηση του είδους ή και της ποικιλίας του καφέ και τον προσδιορισμό της ποσότητας των σιτηρών που προστίθενται για τη νοθεία καβουρδισμένου και αλεσμένου καφέ, όπως το κριθάρι, το σιτάρι, το καλαμπόκι και το ρύζι (Toci *et al.*, 2016; Burns and Walker, 2020; Perez *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020; Ćurlej *et al.*, 2021). Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA είναι εξαιρετικά αξιόπιστες. Εντούτοις, η εφαρμογή των μεθόδων αυτών περιλαμβάνει ορισμένους περιορισμούς, όπως είναι το στάδιο παραλαβής των μορίων DNA, και το εξειδικευμένο προσωπικό και τα χημικά αντιδραστήρια που απαιτούνται (Sezer *et al.*, 2018). Επιπλέον, το όριο ανιχνεύσεως είναι δυνατό να επηρεασθεί από τους διαφορετικούς βαθμούς καβουρδίσματος, καθώς τα μόρια DNA υφίστανται θερμική αποδιάταξη κατά το καβούρδισμα (Wang *et al.*, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί βιβλιογραφική ανασκόπηση επιστημονικών πηγών, αναφορικά με τις τεχνικές και αναλυτικές μεθόδους προσδιορισμού της νοθείας σε εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα στην ελληνική αγορά τροφίμων και ποτών, όπως για παράδειγμα το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, το ελαιόλαδο, το κρασί και ο καφές. Η νοθεία στα τρόφιμα αποτελεί σκόπιμη πρακτική παραπλάνησης στον τομέα των τροφίμων, η οποία συνήθως έχει ως απώτερο σκοπό το οικονομικό κέρδος και ενίοτε έχει ως μη επιθυμητή συνέπεια την απειλή της δημόσιας υγείας. Επιπλέον, η νοθεία στα τρόφιμα διακρίνεται σε διαφορετικά είδη, με τα σημαντικότερα να είναι η υποκατάσταση, η προσθήκη και η παραπλανητική επισήμανση.

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση στα καταγεγραμμένα περιστατικά νοθείας τροφίμων στην ελληνική και την παγκόσμια αγορά. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε διάφορες συνθήκες, όπως είναι η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση προϊόντων με υψηλή οικονομική και θρεπτική αξία, σε συνδυασμό με τη μειωμένη προσφορά/παραγωγή των προϊόντων αυτών, το υψηλό κόστος παραγωγής αυθεντικών προϊόντων και τη δυνατότητα μείωσης του κόστους και μεγιστοποίησης του ποσοστού κέρδους, ακολουθώντας δόλιες πρακτικές. Επίσης, η σύνθετη και περίπλοκη εφοδιαστική αλυσίδα ορισμένων προϊόντων, όπως των μπαχαρικών, καθιστά τα προϊόντα ευάλωτα ως προς τη νοθεία, καθώς διευκολύνεται η υιοθέτηση δόλιων πρακτικών σε ένα ή περισσότερα στάδια της αλυσίδας. Η νοθεία στα τρόφιμα φέρει σοβαρές επιπτώσεις στους παραγωγούς, τη βιομηχανία τροφίμων και τους καταναλωτές, που αποτελούν τους τελικούς αποδέκτες των νοθευμένων προϊόντων. Οι σημαντικότερες αποτελούν η διατάραξη της εθνικής και παγκόσμιας οικονομίας, η υποβάθμιση της ποιότητας προϊόντων με υψηλή θρεπτική αξία και η απειλή της υγείας των καταναλωτών. Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω πληροφορίες, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για αποτελεσματικές αναλυτικές μεθόδους προσδιορισμού της νοθείας στα τρόφιμα.

Στην επιστημονική βιβλιογραφία αναφέρονται πληθώρα αναλυτικών μεθόδων για τον προσδιορισμό της νοθείας. Στον **Πίνακα 3.1** παρατίθενται συγκεντρωτικά τα είδη νοθείας που έχουν καταγραφεί ανά κατηγορία τροφίμων ή ποτών, και οι αναλυτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για τον έλεγχο των ειδών της νοθείας. Επίσης, παρουσιάζονται ο τρόπος και η επικινδυνότητα της νοθείας σε καθένα από τα επιλεγμένα τρόφιμα και ποτά. Οι προσεγγίσεις που ακολουθούνται για τον προσδιορισμό της νοθείας

μπορεί να είναι στοχευμένες ή μη στοχευμένες. Οι στοχευμένες μέθοδοι ανάλυσης εστιάζουν στην ταυτοποίηση και τον προσδιορισμό της ποσότητας συγκεκριμένων ενώσεων-στόχων. Επίσης, διακρίνονται για την υψηλή ευαισθησία τους, όμως οι συγκεκριμένες μέθοδοι δεν είναι αποτελεσματικές σε περιπτώσεις στις οποίες προστίθενται άγνωστες ενώσεις που δε συμπεριλαμβάνονται στους αναλύτες της μεθόδου. Από την άλλη πλευρά, οι μη στοχευμένες μέθοδοι εστιάζουν στον προσδιορισμό μεγάλου αριθμού ποικίλων ενώσεων (δακτυλικό αποτύπωμα), δίχως απαραίτητα την άμεση ταυτοποίηση του συνόλου των ενώσεων. Ως εκ τούτου, οι μη στοχευμένες μέθοδοι ανάλυσης γίνονται ιδιαίτερα δημοφιλής τα τελευταία χρόνια.

Οι ευρέως εφαρμοζόμενες αναλυτικές μέθοδοι για τον έλεγχο της νοθείας στα τρόφιμα και τα ποτά είναι οι χρωματογραφικές, φασματοσκοπικές και οι μέθοδοι ανάλυσης DNA. Οι μέθοδοι αυτές διαθέτουν ορισμένα πλεονεκτήματα και περιορισμούς. Συγκεκριμένα, οι χρωματογραφικές μέθοδοι χαρακτηρίζονται από υψηλή ευαισθησία και χαμηλά όρια ανίχνευσης των αναλυτών, όμως δεν είναι κατάλληλες για αναλύσεις ρουτίνας, καθώς απαιτούν χρονοβόρα προκατεργασία του δείγματος, είναι δαπανηρές και καταστρεπτικές. Αντιθέτως, οι φασματοσκοπικές μέθοδοι είναι μη καταστρεπτικές, ταχείες, φιλικότερες προς το περιβάλλον, έχουν σχετικά χαμηλό κόστος, παρέχουν μεγάλο όγκο χρήσιμων δεδομένων με μία μόνο αναλυτική δοκιμή και απαιτούν ελάχιστη προετοιμασία του δείγματος. Ωστόσο, σημαντικός περιορισμός των μεθόδων αυτών αποτελεί η έλλειψη μιας τυποποιημένης διαδικασίας επικύρωσης σε όλα τα εργαστήρια που εφαρμόζονται. Οι μέθοδοι ανάλυσης DNA διακρίνονται για την υψηλή ευαισθησία και την αξιοπιστία τους. Εντούτοις, οι εφαρμογές των μεθόδων αυτών είναι δυνατό να περιοριστούν, λόγω της ευαισθησίας του DNA στη θερμική επεξεργασία που υπόκεινται ορισμένα προϊόντα. Επίσης, οι μέθοδοι ανάλυσης DNA αποτελούν δαπανηρές και επίπονες μέθοδοι ανάλυσης, καθώς απαιτείται ειδική προκατεργασία των δειγμάτων. Οι αναλυτικές μέθοδοι για τον έλεγχο της νοθείας διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της νοθείας. Για παράδειγμα, οι χρωματογραφικές και φασματοσκοπικές μέθοδοι είναι ιδανικές για τον προσδιορισμό της προσθήκης, της υποκατάστασης και της διάλυσης ενώσεων στα τρόφιμα και τα ποτά, ενώ οι μέθοδοι ανάλυσης DNA προτιμώνται για τον έλεγχο της παραπλανητικής επισήμανσης και την επαλήθευση ορισμένων στοιχείων που επισημαίνονται στα διάφορα προϊόντα, όπως η γεωγραφική προέλευση και το είδος των διάφορων προϊόντων, για παράδειγμα το είδος γάλακτος ή κρέατος.

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι διάφοροι περιορισμοί των ευρέως εφαρμοζόμενων μεθόδων και να αναπτυχθούν αποτελεσματικότερες μέθοδοι ανάλυσης, αρκετές πρόσφατες μελέτες εστιάζουν στον συνδυασμό ορισμένων τεχνολογιών τελευταίας αιχμής, όπως η σύζευξη χρωματογραφικών τεχνικών με τη φασματομετρία μάζας, και η επεξεργασία των δεδομένων που εξάγονται από τα αναλυτικά όργανα με χημειομετρική ανάλυση για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, ο συνδυασμός αναλυτικών τεχνικών και χημειομετρικών τεχνικών φέρει αρκετά υποσχόμενες δυνατότητες για τον ταυτόχρονο προσδιορισμό διαφορετικών ειδών νοθείας. Πιο συγκεκριμένα, με τον συνδυασμό αυτό προσδιορίζονται χαρακτηριστικά μοτίβα για τα δείγματα, τα οποία εξαρτώνται άμεσα από τη χημική σύνθεση και τη γεωγραφική προέλευση τους. Επίσης, βελτιώνεται το όριο ανίχνευσης των αναλυτικών τεχνικών. Έτσι, συγκρίνοντας τα μοτίβα των δειγμάτων με τα χαρακτηριστικά μοτίβα αυθεντικών δειγμάτων γνωστής χημικής σύνθεσης και γεωγραφικής προέλευσης, είναι δυνατό να προσδιορισθεί η προσθήκη, η υποκατάσταση ή και η αφαίρεση ουσιών στα τρόφιμα ή ποτά, αλλά και η παραπλανητική επισήμανση της γεωγραφικής ή ποικιλιακής προέλευσής τους. Σε αυτό το πλαίσιο, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη βιβλιοθήκης χημικών ενώσεων και η καταγραφή των χαρακτηριστικών βιοχημικών προφίλ αυθεντικών προϊόντων και ειδικά των πιο ευάλωτων προϊόντων, όπως είναι τα προϊόντα προστατευόμενης προέλευσης. Ως εκ τούτου, θα καθίσταται δυνατός ο ταυτόχρονος προσδιορισμός διαφορετικών ειδών νοθείας με μία μόνο δοκιμή.

Πίνακας 3.1: Αναλυτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό συγκεκριμένων ειδών νοθείας σε επιλεγμένα τρόφιμα και ποτά και η επικινδυνότητα της νοθείας στα προϊόντα αυτά

Τρόφιμο	Είδος νοθείας	Τρόπος νοθείας	Τρόπος ελέγχου	Επικινδυνότητα
Κρέας και προϊόντα του	<ul style="list-style-type: none"> • Υποκατάσταση • Παραπλανητική επισήμανση • Προσθήκη 	<ul style="list-style-type: none"> • Υποκατάσταση ενός είδους κρέατος με φθηνότερο κρέας άλλου είδους. • Παραπλανητική επισήμανση των πληροφοριών που αφορούν το είδος ζώου από το οποίο προέρχεται το κρέας, τη χώρα προέλευσης, τη χημική σύσταση και τη γενική περιγραφή του προϊόντος. • Προσθήκη ουσιών (π.χ. νερού) για την αύξηση του βάρους. Προσθήκη πρωτεΐνης ζωικής ή φυτικής προέλευσης. Προσθήκη μη εγκεκριμένων ουσιών που βελτιώνουν την εμφάνιση των προϊόντων 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι ανάλυσης DNA, μέθοδοι ανοσοπροσδιορισμού, μέθοδοι φασματομετρίας μάζας, χρωματογραφικές μέθοδοι (HPLC) φασματοσκοπικές μέθοδοι (IR, NIR, MIR, FT-IR, Raman, UV-Vis, MSI, HSI) • Μέθοδοι ανάλυσης DNA, μέθοδοι ανοσοπροσδιορισμού, μέθοδοι φασματομετρίας μάζας, χρωματογραφικές μέθοδοι (HPLC), φασματοσκοπικές μέθοδοι (IR, NIR, MIR, FT-IR, Raman, UV-Vis, MSI, HSI) • Χρωματογραφικές μέθοδοι (LC-MS/MS, RP-HPLC), φασματοσκοπικές μέθοδοι (IR, NIR, MIR, FT-IR, Raman) 	Σε περιπτώσεις, στις οποίες τα νοθευμένα προϊόντα εκτίθενται σε παθογόνους μικροοργανισμούς, τοξίνες και αλλεργιογόνες ουσίες είναι δυνατό να προκληθεί τροφική δηλητηρίαση.
Γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα	<ul style="list-style-type: none"> • Διάλυση 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάμιξη ενός είδους γάλακτος υψηλής αξίας με γάλα διαφορετικού 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι ανάλυσης DNA, μέθοδοι χρωματογραφίας, μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, MIR, Raman 	Σε περιπτώσεις, στις οποίες έχει πραγματοποιηθεί ανάμιξη διαφορετικών ειδών γάλακτος, υπάρχει η πιθανότητα πρόκλησης

	<ul style="list-style-type: none"> • Αφαίρεση ή υποκατάσταση • Παραπλανητική επισήμανση • Προσθήκη 	<p>είδους ή και χαμηλότερης αξίας</p> <ul style="list-style-type: none"> • Αφαίρεση του λίπους στο γάλα ή υποκατάσταση του λίπους με ζωικά λίπη ή φυτικά έλαια, σε προϊόντα, όπως το βούτυρο και το γιαούρτι • Παραπλανητική επισήμανση των πληροφοριών που αφορούν το είδος γάλακτος, την γεωγραφική προέλευση και την τεχνολογία παραγωγής των γαλακτοκομικών προϊόντων • Προσθήκη βλαβερών και μη εγκεκριμένων ουσιών 	<p>και φθορισμού, μέθοδοι MALDI-TOF-MS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι GC, μέθοδοι φασματοσκοπίας Raman και φθορισμού, μέθοδοι MALDI-TOF-MS • Μέθοδοι ανάλυσης DNA, μέθοδοι χρωματογραφίας, μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, MIR, Raman και φθορισμού, μέθοδοι MALDI-TOF-MS • Μέθοδοι χρωματογραφίας, μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, MIR, Raman, UV-Vis και φθορισμού, μέθοδοι MALDI-TOF-MS και ESI-MS/MS 	<p>αλλεργικής αντίδρασης. Επιπλέον, ορισμένες από τις ουσίες που προστίθενται στο γάλα μπορεί να προκαλέσουν νεφρική ανεπάρκεια, γαστρεντερικές επιπλοκές, τροφική δηλητηρίαση, φλεγμονή στο έντερο, καρδιακά προβλήματα, ναυτία, καρκίνο ή ακόμη και θάνατο.</p>
Ελαιόλαδο	<ul style="list-style-type: none"> • Υποκατάσταση • Προσθήκη ή διάλυση 	<ul style="list-style-type: none"> • Υποκατάσταση παρθένου ελαιολάδου με φθηνότερα φυτικά έλαια ή με κατώτερης ποιότητας ελαιόλαδο • Προσθήκη ή διάλυση φθηνών φυτικών ελαίων ή κατώτερης ποιότητας 	<ul style="list-style-type: none"> • Χρωματογραφικές μέθοδοι (κυρίως GC και HPLC), φασματοσκοπικές μέθοδοι (UV-Vis ή NIR, MIR, FT-IR, ATR-FTIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση), μέθοδοι MS, μέθοδοι NMR, μέθοδοι ανάλυσης DNA • Χρωματογραφικές μέθοδοι (κυρίως GC και HPLC), φασματοσκοπικές μέθοδοι (UV-Vis ή NIR, MIR, FT- 	<p>Δημιουργούνται προβλήματα υγείας και ασφάλειας, τα οποία απειλούν την υγεία των καταναλωτών, ειδικά σε περιπτώσεις στις οποίες το ελαιόλαδο αγοράζεται για τη διατροφική αξία του και τα οφέλη που προσφέρει στην υγεία.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση 	<p>ελαιολάδου σε παρθένο ελαιολάδο</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ψευδής επισήμανση των στοιχείων που αφορούν τη γεωγραφική προέλευση και την κατηγορία ποιότητας του ελαιολάδου 	<p>IR, ATR-FTIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση), μέθοδοι MS, μέθοδοι NMR, μέθοδοι ανάλυσης DNA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι MS, μέθοδοι NMR, μέθοδοι ανάλυσης DNA 	
Μπαχαρικά	<ul style="list-style-type: none"> • Προσθήκη • Υποκατάσταση • Παραπλανητική επισήμανση 	<ul style="list-style-type: none"> • Προσθήκη ξένων υλών και συνθετικών και απαγορευμένων χρωστικών • Υποκατάσταση φρέσκων μπαχαρικών με μπαγαίτικα ή και φθηνότερα μπαχαρικά ή και με μπαχαρικά στα οποία έχουν αφαιρεθεί οι πολύτιμες ενώσεις τους • Ψευδής επισήμανση των στοιχείων της γεωγραφικής και βοτανικής προέλευσης των μπαχαρικών 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι χρωματογραφίας, μέθοδοι φασματοσκοπίας UV-Vis, NIR, FTIR, Raman και NMR • Μέθοδοι χρωματογραφίας, μέθοδοι φασματοσκοπίας UV-Vis και NMR, μέθοδοι ανάλυσης DNA • Μέθοδοι χρωματογραφίας, μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση και NMR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, μέθοδοι ανάλυσης DNA 	<p>Η κατανάλωση των προστιθέμενων τοξικών και καρκινογόνων ουσιών έχει συσχετισθεί με διάφορες ασθένειες, ακόμη και θάνατο. Επίσης, σε περιπτώσεις, στις οποίες τα μπαχαρικά περιέχουν μη επισημασμένες αλλεργιογόνες ουσίες, είναι δυνατό να προκληθούν αλλεργικές αντιδράσεις.</p>
Κρασί	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση 	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση των στοιχείων που αφορούν την ποικιλία των σταφυλιών, την γεωγραφική προέλευση του κρασιού και τη χρονιά παραγωγής 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR, μέθοδοι IRMS, μέθοδοι χρωματογραφίας μέθοδοι φασματοσκοπίας IR και φθορισμού 	<p>Η νοθεία στο κρασί είναι συνήθως ακίνδυνη για τους καταναλωτές. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις προστίθενται τοξικές και καρκινογόνες ουσίες.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> •Υποκατάσταση •Διάλυση •Προσθήκη 	<ul style="list-style-type: none"> •Υποκατάσταση υψηλής ποιότητας κρασιού, παραγόμενο σε συγκεκριμένη περιοχή, με κρασί χαμηλότερης ποιότητας, συχνά παραγόμενο σε διαφορετική περιοχή •Αραίωση με νερό •Προσθήκη μη εγκεκριμένων και απαγορευμένων ουσιών 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR, μέθοδοι IRMS, μέθοδοι χρωματογραφίας μέθοδοι φασματοσκοπίας IR και φθορισμού •Μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR, μέθοδοι IRMS •Μέθοδοι φασματοσκοπίας NMR, μέθοδοι IRMS, μέθοδοι χρωματογραφίας και μέθοδοι φασματοσκοπίας UV-Vis και IR 	
Χυμοί φρούτων	<ul style="list-style-type: none"> •Υποκατάσταση •Προσθήκη •Διάλυση 	<ul style="list-style-type: none"> •Υποκατάσταση χυμών υψηλής αξίας με χαμηλότερης αξίας χυμούς, με χυμούς που διαθέτουν βαθύ και έντονο χρώμα ή και με γλυκούς χυμούς ή χυμό λεμονιού, ώστε να αντισταθμιστούν η στυπτικότητα των τανινών και η έντονη γλυκύτητα ορισμένων χυμών, αντίστοιχα •Προσθήκη οξέων, σακχάρων ή φθηνών εμπορικών διαθέσιμων γλυκαντικών υλών και άλλων προσθέτων •Αραίωση με νερό 	<ul style="list-style-type: none"> •Χρωματογραφικές μέθοδοι (HPLC, HPLC-MS), φασματοσκοπικές μέθοδοι (UV-Vis σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, φθορισμού, FT-IR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, NMR), μέθοδοι ανάλυσης DNA •Χρωματογραφικές μέθοδοι (HPLC, GC-MS), φασματοσκοπικές μέθοδοι (FT-IR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, NMR) •Χρωματογραφικές μέθοδοι (GC-MS), φασματοσκοπικές μέθοδοι 	Τα μη επισημασμένα συστατικά που υποκαθίστανται ή προστίθενται στους χυμούς φρούτων είναι δυνατό να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις μετά την κατανάλωση ή να είναι τοξικά.

	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση 	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση των στοιχείων που αφορούν το είδος του χυμού και τη γεωγραφική προέλευσή του 	<p>(UV-Vis σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, NIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Χρωματογραφικές μέθοδοι (HPLC, HPLC-MS), φασματοσκοπικές μέθοδοι (UV-Vis σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, φθορισμού, FT-IR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, NMR), μέθοδοι ανάλυσης DNA 	
Καφές	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση • Υποκατάσταση • Προσθήκη 	<ul style="list-style-type: none"> • Παραπλανητική επισήμανση ψευδών πληροφοριών σχετικά με το είδος, την καθαρότητα και τη γεωγραφική προέλευση του καφέ • Υποκατάσταση κόκκων καφέ μονής προέλευσης (single-origin) με κόκκους διαφορετικών ειδών καφέ ή και διαφορετικής γεωγραφικής προέλευσης • Προσθήκη φθιγνότερων ουσιών, που διαθέτουν παρόμοια φυσικά χαρακτηριστικά με τον καφέ 	<ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδοι LC-MS και GC-FID με συνδυασμό πολυμεταβλητής ανάλυσης, HPLC και GC-MS, μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, MIR, FTIR, ATR-FTIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, UV-Vis και NMR, μέθοδοι ανάλυσης DNA • Μέθοδοι LC-MS και GC-FID με συνδυασμό πολυμεταβλητής ανάλυσης, HPLC και GC-MS, μέθοδοι φασματοσκοπίας NIR, MIR, FTIR, ATR-FTIR σε συνδυασμό με χημειομετρική ανάλυση, UV-Vis και NMR, μέθοδοι ανάλυσης DNA • Μέθοδοι GC-MS, φασματοσκοπίας NMR, FTIR, μέθοδοι ανάλυσης DNA 	Σε περιστατικά τροφιμογενών ασθενειών, η νοθεία στον καφέ είναι επιβλαβής.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ, ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ ΚΑΙ ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

Συντομογραφία, αρκτικόλεξο, ακρωνύμιο	Αγγλική ορολογία	Ελληνική ορολογία
ATR-FTIR	Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared	Υπέρυθρο αποσβένουσας ολικής ανάκλασης με μετασχηματισμό Fourier
DNA	Deoxyribonucleic acid	Δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ
E.M.A.	Economically Motivated Adulteration	Οικονομικά παρακινούμενη νοθεία
ESI-MS/MS	Electrospray Ionization - Tandem Mass Spectrometry	Φασματομετρία μάζας σε σειρά με ιοντισμό με ηλεκτροψεκασμό
F.I.D.	Flame Ionization Detector	Ανιχνευτής ιονισμού φλόγας
FTIR	Fourier Transform Infrared	Υπέρυθρο με μετασχηματισμό Fourier
GC	Gas Chromatography	Αεριοχρωματογραφία
GC-FID	Gas Chromatography- Flame Ionization Detector	Αεριοχρωματογραφία με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας
GC-MS	Gas Chromatography-Mass Spectrometry	Αεριοχρωματογραφία συζευγμένη με φασματομετρία μάζας
HSI	Hyperspectral Imaging	Υπερφασματική απεικόνιση
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	Υγροχρωματογραφία υψηλής απόδοσης
IR	Infrared	Υπέρυθρο
IRMS	Isotope Ratio Mass Spectrometry	Φασματομετρία μάζας αναλογίας ισοτόπων
LC-MS	Liquid Chromatography-Mass Spectrometry	Υγροχρωματογραφία συζευγμένη με φασματομετρία μάζας
LC-MS/MS	Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry	Υγροχρωματογραφία συζευγμένη με φασματομετρία μαζών σε σειρά
MALDI-TOF MS	Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization - Time of Flight Mass Spectrometry	Φασματομετρία μάζας με ιοντισμό εκρόφησης με λέιζερ υποβοηθούμενο από τη μήτρα και αναλυτή μαζών χρόνου πτήσης
MIR	Mid Infrared	Μέσο υπέρυθρο
MS	Mass Spectrometry	Φασματομετρία μάζας
MSI	Multispectral Imaging	Πολυφασματική απεικόνιση
NIR	Near Infrared	Εγγύς υπέρυθρο
NMR	Nuclear Magnetic Resonance	Πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός
PCR	Polymerase Chain Reaction	Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης
RP-HPLC	Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography	Υγροχρωματογραφία υψηλής απόδοσης αντίστροφης φάσης
TLC	Thin Layer Chromatography	Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας
UV-Vis	Ultraviolet-Visible	Υπεριώδες-ορατό

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Abamba Omwange K., Riza, D. F., Saito, Y., Suzuki, T., Ogawa, Y., Shiraga, K. *et al.* (2021). Potential of front face fluorescence spectroscopy and fluorescence imaging in discriminating adulterated extra-virgin olive oil with virgin olive oil. *Food Control*, 124, 107906. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107906>
- Afzal, A., Mahmood, M. S., Hussain, I. & Akhtar, M. (2011). Adulteration and Microbiological Quality of Milk (A Review). *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(12), 1195-1202. <https://doi.org/10.3923/pjn.2011.1195.1202>
- Agiomyrgianaki, A., Petrakis, P. V. & Dais, P. (2010). Detection of refined olive oil adulteration with refined hazelnut oil by employing NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Talanta*, 80(5), 2165-2171. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.11.024>
- Anastasiadi, M., Zira, A., Magiatis, P., Haroutounian, S. A., Skaltsounis, A. L. & Mikros, E. (2009). ¹H NMR-Based Metabonomics for the Classification of Greek Wines According to Variety, Region, and Vintage. Comparison with HPLC Data. *J. Agric. Food Chem.* 2009, 57(23), 11067–11074. <https://doi.org/10.1021/jf902137e>
- Azad, T. & Ahmed, S. (2016). Common milk adulteration and their detection techniques. *International Journal of Food Contamination*, 3(22). <https://doi.org/10.1186/s40550-016-0045-3>
- Ballin, N. Z., Vogensen, F. K. & Karlsson, A. H. (2009). Species determination – Can we detect and quantify meat adulteration? *Meat Science*, 83(2), 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.003>
- Bansal, S., Singh, A., Mangal, M., Mangal, A. K. & Kumar, S. (2017). Food adulteration: Sources, health risks, and detection methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1174-1189. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.967834>
- Banti M. (2020). Food Adulteration and Some Methods of Detection, Review. *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology*, 7(4), 09-19.
- Barnett, J., Begen, F., Howes, S., Regan, A., McConnon, A. & Marcu, A. (2016). Consumers' confidence, reflections and response strategies following the horsemeat incident. *Food Control*, 59, 721-730. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.06.021>
- Beneito-Cambra, M., Moreno-González, D., García-Reyes, J. F., Bouza, M., Gilbert-López, B. & Molina-Díaz, A. (2020). Direct analysis of olive oil and other vegetable oils by mass spectrometry: A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 132, 116046. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116046>

- Bharathi, S. K. V., Sukitha, A., Moses, J. A. & Anandharamakrishnan, C. (2018). Instrument-based detection methods for adulteration in spice and spice products – A review. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 27(2), 106–118. <https://doi.org/10.25081/josac.2018.v27.i2.1099>
- Black, C., Haughey, S. A., Chevallier, O. P., Galvin-King, P. & Elliott, C. T. (2016). A comprehensive strategy to detect the fraudulent adulteration of herbs: The oregano approach. *Food Chemistry*, 210, 551-557. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.004>
- Boggia, R., Casolino, M. C., Hysenaj, V., Oliveri, P. & Zunin, P. (2013). A screening method based on UV–Visible spectroscopy and multivariate analysis to assess addition of filler juices and water to pomegranate juices. *Food Chemistry*, 140(4), 735-741. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.020>
- Brondi, A. M., Torres, C., Garcia, J. S. & Trevisan, M. G. (2017). Differential Scanning Calorimetry and Infrared Spectroscopy Combined with Chemometric Analysis to the Determination of Coffee Adulteration by Corn. *J. Braz. Chem. Soc.*, 28(7), 1308-1314. <http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20160296>
- Brooks, C., Parr, L., Smith, J. M., Buchanan, D., Snioch, D. & Hebishy, E. (2021). A review of food fraud and food authenticity across the food supply chain, with an examination of the impact of the COVID-19 pandemic and Brexit on food industry. *Food Control*, 130, 108171. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108171>
- Burns, D. T. & Walker, M. J. (2020). Critical Review of Analytical and Bioanalytical Verification of the Authenticity of Coffee. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 103(2), 283–294. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0392>
- Cadieux, B., Goodridge, L. D. & Spink, J. (2019). Gap analysis of the Canadian food fraud regulatory oversight and recommendations for improvement. *Food Control*, 102, 46-55. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.012>
- Cai, T., Ting, H. & Jin-lan, Z. (2016). Novel identification strategy for ground coffee adulteration based on UPLC–HRMS oligosaccharide profiling. *Food Chemistry*, 190, 1046-1049. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.084>
- Canizo, B. V., Escudero, L. B., Pellerano, R. G., Wuilloud, R. G. (2019). 10 - Quality Monitoring and Authenticity Assessment of Wines: Analytical and Chemometric Methods. *Quality Control in the Beverage Industry*, Academic Press, pp 335-384. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816681-9.00010-2>
- Casadei, E., Valli, E., Panni, F., Donarski, J., Gubern, J. F., Lucci, P. *et al.* (2021). Emerging trends in olive oil fraud and possible countermeasures. *Food Control*, 124, 107902. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107902>

- Cautela, D., Laratta, B., Santelli, F., Trifirò, A., Servillo, L. & Castaldo, D. (2008). Estimating Bergamot Juice Adulteration of Lemon Juice by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) Analysis of Flavanone Glycosides. *J. Agric. Food Chem.*, *56*(13), 5407–5414. <https://doi.org/10.1021/jf8006823>
- Cavin, C., Cottenet, G., Cooper, K. M. & Zbinden, P. (2018). Meat Vulnerabilities to Economic Food Adulteration Require New Analytical Solutions. *CHIMIA*, *72*(10), 697-703. <https://doi.org/10.2533/chimia.2018.697>
- Cetó, X., Sánchez, C., Serrano, N., Díaz-Cruz, J. M. & Núñez, O. (2020). Authentication of paprika using HPLC-UV fingerprints. *LWT*, *124*, 109153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109153>
- Cheah, W. L. & Fang, M. (2020). HPLC-Based Chemometric Analysis for Coffee Adulteration. *Foods*, *9*(7), 880. <https://doi.org/10.3390/foods9070880>
- Chedid, E., Rizou, M. & Kalaitzis, P. (2020). Application of high resolution melting combined with DNA-based markers for quantitative analysis of olive oil authenticity and adulteration. *Food Chemistry: X*, *6*, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100082>
- Chen, R. K., Chang, L. W., Chung, Y. Y., Lee, M. H. & Ling, Y. C. (2004). Quantification of cow milk adulteration in goat milk using high-performance liquid chromatography with electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid communications in mass spectrometry*, *18*(10), 1167-1171. <https://doi.org/10.1002/rcm.1460>
- Csapó, J., & Albert, C. (2018). Wine adulteration and its detection based on the rate and the concentration of free amino acids. *Acta Agraria Debreceniensis*, *150*, 139–151. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1710>
- Čurlej, J., Bobková, A., Zajác, P., Čapla, J. & Hleba, L. (2021). Sights to authentication and adulteration of the coffee in global aspect. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, *10*(6), e4793. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4793>
- da Silveira, R., Vágula, J. M., Figueiredo, I. L., Claus, T., Galuch, M. B., Santos Junior, O. O. *et al.* (2017). Rapid methodology via mass spectrometry to quantify addition of soybean oil in extra virgin olive oil: A comparison with traditional methods adopted by food industry to identify fraud. *Food Research International*, *102*, 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.076>
- Danezis, G. P., Tsiplakou, E., Pappa, E. C., Pappas, A. C., Mavrommatis, A., Sotirakoglou, K. *et al.* (2020). Fatty acid profile and physicochemical properties of Greek protected designation of origin cheeses, implications for authentication. *European Food Research and Technology*, *246*, 1741–1753. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03527-7>

- Das, S., Sivaramakrishna, M., Biswas, K. & Goswami, B. (2015). A low cost instrumentation system to analyze different types of milk adulteration. *ISA Transactions*, 56, 268–275. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isatra.2014.11.021>
- Das, S., Goswami, B. & Biswas, K. (2016). Milk Adulteration and Detection: A Review. *Sensor Letters*, 14(1), 4-18. <https://doi.org/10.1166/sl.2016.3580>
- Dasenaki, M. E. & Thomaidis, N. S. (2019). Quality and Authenticity Control of Fruit Juices-A Review. *Molecules*, 24(6), 1014. <https://doi.org/10.3390/molecules24061014>
- Dasenaki, M. E., Drakopoulou, S. K., Aalizadeh, R. & Thomaidis, N. S. (2019). Targeted and Untargeted Metabolomics as an Enhanced Tool for the Detection of Pomegranate Juice Adulteration. *Foods*, 8(6), 212. <https://doi.org/10.3390/foods8060212>
- De Villiers, A., Alberts, F., Lynen, F., Crouch, A. & Sandra, P. (2003). Evaluation of Liquid Chromatography and Capillary Electrophoresis for the Elucidation of the Artificial Colorants Brilliant Blue and Azorubine in Red Wines. *Chromatographia*, 58, 393–397.
- Di Anibal, C. V., Odena, M., Ruisánchez, I. & Callao, M. P. (2009). Determining the adulteration of spices with Sudan I-II-III-IV dyes by UV–visible spectroscopy and multivariate classification techniques. *Talanta*, 79(3), 887-892. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.05.023>
- Dordevic, N., Camin, F., Marianella, R. M., Postma, G. J., Buydens, L. M. C. & Wehrens, R. (2013). Detecting the addition of sugar and water to wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(3), 324–330. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12043>
- Downey, G., McIntyre, P. & Davies, A. N. (2002). Detecting and Quantifying Sunflower Oil Adulteration in Extra Virgin Olive Oils from the Eastern Mediterranean by Visible and Near-Infrared Spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 50(20), 5520–5525. <https://doi.org/10.1021/jf0257188>
- Drakopoulou, S. (2018). Targeted metabolomics as an advanced tool for the detection of pomegranate juice adulteration (Μεταπτυχιακή Εργασία). National And Kapodistrian University of Athens. <https://pergamon.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2773196>
- Everstine, K., Spink, J. & Kennedy, S. (2013). Economically Motivated Adulteration (EMA) of Food: Common Characteristics of EMA Incidents. *J Food Prot*, 76(4), 723–735. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-399>
- Fengou, L. C., Lianou, A., Tsakanikas, P., Mohareb F. & Nychas, G. J. E. (2021a). Detection of Meat Adulteration Using Spectroscopy-Based Sensors. *Foods*, 10(4), 861. <https://doi.org/10.3390/foods10040861>

- Fengou, L. C., Tsakanikas, P. & Nychas, G. J. E. (2021b). Rapid detection of minced pork and chicken adulteration in fresh, stored and cooked ground meat. *Food Control*, *125*, 108002. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108002>
- Ferrari, E., Foca, G., Vignali, M., Tassi, L. & Ulrici, A. (2011). Adulteration of the anthocyanin content of red wines: Perspectives for authentication by Fourier Transform-Near InfraRed and ¹H NMR spectroscopies. *Analytica Chimica Acta*, *701*(2), 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.05.053>
- Fotakis, C., Mousdis, G., Langi, P., Kalantzi, K., Hatzigeorgiou, A. & Proestos, C. (2020). Front face synchronous fluorescence as a tool for the quality assurance of Greek milk. *Arabian Journal of Chemistry*, *13*(11), 7875–7885. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.09.019>
- Fragaki, G., Spyros, A., Siragakis, G., Salivaras, E. & Dais, P. (2005). Detection of Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Lampante Olive Oil and Refined Olive Oil Using Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and Multivariate Statistical Analysis. *J. Agric. Food Chem.*, *53*(8), 2810–2816. <https://doi.org/10.1021/jf040279t>
- Frankel, E. N. (2010). Chemistry of Extra Virgin Olive Oil: Adulteration, Oxidative Stability, and Antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, *58*(10), 5991–6006. <https://doi.org/10.1021/jf1007677>
- Fügel, R., Carle, R. & Schieber, A. (2005). Quality and authenticity control of fruit purées, fruit preparations and jams-a review. *Trends in Food Science & Technology*, *16*(10), 433-441. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.07.001>
- Galvin-King, P., Haughey, S. A. & Elliott., C. T. (2018). Herb and spice fraud; the drivers, challenges and detection. *Food Control*, Volume 88, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.12.031>
- Galvin-King, P., Haughey, S. A. & Elliott, C. T. (2020). The Detection of Substitution Adulteration of Paprika with Spent Paprika by the Application of Molecular Spectroscopy Tools. *Foods*, *9*(7), 944. <https://doi.org/10.3390/foods9070944>
- Ganopoulos, I., Sakaridis, I., Argiriou, A., Madesis, P. & Tsaftaris, A. (2013). A novel closed-tube method based on high resolution melting (HRM) analysis for authenticity testing and quantitative detection in Greek PDO Feta cheese. *Food Chemistry*, *141*(2), 835–840. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.130>
- Geana, E. I., Iordache, A. M. & Ionete, R. E. (2012). Simultaneous determination of artificial sweeteners in possible counterfeited wines, using high performance liquid chromatography with DAD detection. *Ovidius University Annals of Chemistry* *23*(1), 77-81.
- Geana, E. I., Popescu, R., Costinel, D., Dinca, O. R., Stefanescu, I., Ionete, R. E. *et al.* (2016). Verifying the red wines adulteration through isotopic and chromatographic investigations coupled

with multivariate statistic interpretation of the data. *Food Control*, 62, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.003>

GFSI (2018). Tacking Food Fraud Through Food Safety Management Systems. <https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/Food-Fraud-GFSI-Technical-Document.pdf>

Goswami, P. & Sharma, P. (2017). Adulteration Detection and Prevention https://www.nistads.res.in/sites/default/files/snt%20reports/stapp-27%20July_0.pdf

Grammenos, A., Paramithiotis, S., Drosinos, E. H. & Trafialek, J. (2021). Labeling accuracy and detection of DNA sequences originating from GMOs in meat products commercially available in Greece. *LWT*, 137, 110420. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110420>

Gurdeniz, G. & Ozen, B. (2009). Detection of adulteration of extra-virgin olive oil by chemometric analysis of mid-infrared spectral data. *Food Chemistry*, 116(2), 519-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.068>

Hassoun, A., Måge, I., Schmidt, W. F., Temiz, H. T., Li, L., Kim, H. *et al.* (2020). Fraud in Animal Origin Food Products: Advances in Emerging Spectroscopic Detection Methods over the Past Five Years. *Foods*, 9(8), 1069. <https://doi.org/10.3390/foods9081069>

Holmberg, L. (2010). Wine fraud. *International Journal of Wine Research*, 2010:2, 105–113. <https://doi.org/10.2147/IJWR.S14102>

Hong, E., Lee, S. Y., Jeong, J. Y., Park, J. M., Kim, B. H., Kwon, K. *et al.* (2017). Modern analytical methods for the detection of food fraud and adulteration by food category. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3877-3896. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8364>

Horn, B., Esslinger, S., Fahl-Hassek, C. & Riedl, J. (2021). ¹H NMR spectroscopy, one-class classification and outlier diagnosis: A powerful combination for adulteration detection in paprika powder. *Food Control*, 128, 108205. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108205>

Hurley, I. P., Ireland, H. E., Coleman, R. C. & Williams, J. H. H. (2004). Application of immunological methods for the detection of species adulteration in dairy products. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(8), 873–878. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00861.x>

Jandrić, Z., Roberts, D., Rathor, M. N., Abraham, A., Islam, M. & Cannavan, A. (2014). Assessment of fruit juice authenticity using UPLC–QToF MS: A metabolomics approach. *Food Chemistry*, 148, 7-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.014>

- Jandrić, Z. & Cannavan, A. (2018). Chapter 37 - Authentication of Fruit Juices by Metabolomics Using UPLC-QTOF MS. *Fruit Juices, Academic Press*, pp 779-804. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00037-0>
- Johnson, R. (2014). Food Fraud and “Economically Motivated Adulteration” of Food and Food Ingredients. *Congressional Research Service*, 1-40.
- Kaavya, R., Pandiselvam, R., Mohammed, M., Dakshayani, R., Kothakota, A., Ramesh, S.V. *et al.* (2020). Application of infrared spectroscopy techniques for the assessment of quality and safety in spices: a review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 55(7), 593-611. <https://doi.org/10.1080/05704928.2020.1713801>
- Kallithraka, S., Arvanitoyannis, I. S., Kefalas, P., El-Zajouli, E., Soufleros, E. & Psarra, E. (2001). Instrumental and sensory analysis of Greek wines; implementation of principal component analysis (PCA) for classification according to geographical origin. *Food Chemistry*, 73(4), 501-514. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00327-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00327-7)
- Kalogiouri, N. P., Alygizakis, N. A., Aalizadeh, R. & Thomaidis, N. S. (2016). Olive oil authenticity studies by target and nontarget LC-QTOF-MS combined with advanced chemometric techniques. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 408, 7955–7970. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9891-3>
- Kalogiouri, N. P., Aalizadeh, R., Dasenaki, M. E. & Thomaidis, N. S. (2020). Application of High Resolution Mass Spectrometric methods coupled with chemometric techniques in olive oil authenticity studies - A review. *Analytica Chimica Acta*, 1134, 150-173. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.07.029>
- Kamal, M. & Karoui, R. (2015). Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 27-48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.007>
- Kamiloglu, S. (2019). Authenticity and traceability in beverages. *Food Chemistry*, 277, 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.091>
- Kamruzzaman, M., Makino, Y. & Oshita, S. (2015). Non-invasive analytical technology for the detection of contamination, adulteration, and authenticity of meat, poultry, and fish: A review. *Analytica Chimica Acta*, 853, 19-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2014.08.043>
- Kendall, H., Clark, B., Rhymer, C., Kuznesof, S., Hajslova, J., Tomaniova, M. *et al.* (2019). A systematic review of consumer perceptions of food fraud and authenticity: A European perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 94, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.005>

- Kendall, H., Naughton, P., Kuznesof, S., Raley, M., Dean, M., Clark B. *et al.* (2018). Food fraud and the perceived integrity of European food imports into China. *PLOS ONE* 13(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195817>
- Kucharska-Ambrozej, K. & Karpinska, J. (2020). The application of spectroscopic techniques in combination with chemometrics for detection adulteration of some herbs and spices. *Microchemical Journal*, 153, 104278. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104278>
- Kyriakidis, N. B. (1999). Use of pectinesterase for detection of hydrocolloids addition in natural orange juice. *Food Hydrocolloids*, 13(6), 497-500. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(99\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00034-X)
- Li, Y. C., Liu, S. Y., Meng, F. B., Liu, D. Y., Zhang, Y., Wang, W. *et al.* (2020a). Comparative review and the recent progress in detection technologies of meat product adulteration. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 19(4), 2256-2296. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12579>
- Li, S., Hu, Y., Liu, W., Chen, Y., Wang, F., Lu, X. *et al.* (2020b). Untargeted volatile metabolomics using comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry – A solution for orange juice authentication. *Talanta*, 217, 121038. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121038>
- Lioupi, A., Nikolaos Nenadis, N. & Theodoridis, G. (2020). Virgin olive oil metabolomics: A review. *Journal of Chromatography B*, 1150, 122161. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2020.122161>
- Lohumi, S., Joshi, R., Kandpal, L. M., Lee, H., Kim, M. S., Cho, H. *et al.* (2017). Quantitative analysis of Sudan dye adulteration in paprika powder using FTIR spectroscopy. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(5), 678-686. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1290828>
- Mabood, F., Hussain, J., Jabeen, F., Abbas, G., Allaham, B., Albroumi, M. *et al.* (2018). Applications of FT-NIRS combined with PLS multivariate methods for the detection & quantification of saccharin adulteration in commercial fruit juices, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(6), 1052-1060. <https://doi.org/10.1080/19440049.2018.1457802>
- Marchetti, L., Pellati, F., Benvenuti, S. & Bertelli, D. (2019). Use of ¹H NMR to Detect the Percentage of Pure Fruit Juices in Blends. *Molecules*, 24(14), 2592. <https://doi.org/10.3390/molecules24142592>
- Mavromoustakos, T., Zervou, M., Bonas, G., Kolocouris, A. & Petrakis, P. (2000). A Novel Analytical Method to Detect Adulteration of Virgin Olive Oil by Other Oils. *J Amer Oil Chem Soc*, 77, 405–411. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0065-x>

- Mayer, H. K. (2005). Milk species identification in cheese varieties using electrophoretic, chromatographic and PCR techniques. *International Dairy Journal*, 15(6–9), 595-604. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.10.012>
- Meenu, M., Cai, Q. & Xu, B. (2019). A critical review on analytical techniques to detect adulteration of extra virgin olive oil. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 391-408. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.045>
- Mildner-Szkudlarz, S. & Henryk H. Jeleń, H. H. (2010). Detection of olive oil adulteration with rapeseed and sunflower oils using MOS electronic nose and SMPE-MS. *Journal of Food Quality*, 33(1), 21-41. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00286.x>
- Mohamed, G. F., Shaheen, M. S., Khalil, S. K. H., Hussein, A. M. S. & Kamil, M. M. (2011). Application of FT-IR spectroscopy for rapid and simultaneous quality determination of some fruit products. *Nature and Science*, 9(11), 21-31.
- Monakhova, Y. B., Ruge, W., Kuballa, T., Ilse, M., Winkelmann, O., Diehld, B. *et al.* (2015). Rapid approach to identify the presence of Arabica and Robusta species in coffee using ¹H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 182, 178-184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.132>
- Moore, J. C., Spink, J. & Lipp, M. (2012). Development and Application of a Database of Food Ingredient Fraud and Economically Motivated Adulteration from 1980 to 2010. *Journal of Food Science*, 77(4), R118-R126. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02657.x>
- Moyer, D. C., DeVries, J. W. & Spink J. (2017). The economics of a food fraud incident – Case studies and examples including Melamine in Wheat Gluten. *Food Control*, 71, 358-364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.015>
- Muntean, E. (2010). Simultaneous Carbohydrate Chromatography and Unsuppressed Ion Chromatography in Detecting Fruit Juices Adulteration. *Chromatographia*, 71, 69–74. <https://doi.org/10.1365/s10337-010-1598-6>
- Nascimento, C. F., Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R. & Rocha, F. R. P. (2017). Recent advances on determination of milk adulterants. *Food Chemistry*, 221, 1232–1244. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.034>
- Nuncio-Jáuregui, N., Calín-Sánchez, Á., Hernández, F. & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2014). Pomegranate juice adulteration by addition of grape or peach juices. *J. Sci. Food Agric.*, 94(4), 646-655. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6300>
- Oliveira, R. C. S., Oliveira, L. S., Franca, A. S. & Augusti, R. (2009). Evaluation of the potential of SPME-GC-MS and chemometrics to detect adulteration of ground roasted coffee with roasted barley. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(3), 257-261. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.015>

- Oliveira, M. M., Cruz-Tirado, J. P. & Barbin, D. F. (2019). Nontargeted Analytical Methods as a Powerful Tool for the Authentication of Spices and Herbs: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 670-689. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12436>
- Osman, A. G., Raman, V., Haider, S., Ali, Z., Chittiboyina, A. G. & Khan, I. A. (2019). Overview of Analytical Tools for the Identification of Adulterants in Commonly Traded Herbs and Spices. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 102(2), 376–385. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0389>
- Pardo, M. A. (2015). Evaluation of a dual-probe real time PCR system for detection of mandarin in commercial orange juice. *Food Chemistry*, 172, 377-384. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.096>
- Pasias, I. N., Raptopoulou, K. G. & Proestos, C. (2020). Analytical Chemistry and Foodomics: Determination of Authenticity and Adulteration of Extra Virgin Oil as Case Study. *Comprehensive Foodomics*, 494-500. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22801-1>
- Pasvanka, K., Tzachristas, A., Kostakis, M., Thomaidis, N. & Proestos, C. (2019). Geographic characterization of Greek wine by inductively coupled plasma–mass spectrometry macroelemental analysis. *Analytical Letters*, 52(17), 2741-2750. <https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1596118>
- Pauli, E. D., Barbieri, F., Garcia, P. S., Madeira, T. B., Acquaro Junior, V. R. Scarminio, I. S. *et al.* (2014). Detection of ground roasted coffee adulteration with roasted soybean and wheat. *Food Research International*, 61, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.032>
- Pereira, E. V. d. S., Fernandes, D. D. d. S., Araújo, M. C. U. d., Diniz, P. H. G. D. & Maciel, M. I. S. (2020). Simultaneous determination of goat milk adulteration with cow milk and their fat and protein contents using NIR spectroscopy and PLS algorithms. *LWT - Food Science and Technology*, 127, 109427. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109427>
- Perez, M., Domínguez-López, I., López-Yerena, A. & Queralt, A. V. (2021). Current strategies to guarantee the authenticity of coffee, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1951651>
- Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Polissiou, M. G. & Consonni, R. (2015). Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) adulteration with plant adulterants by ¹H NMR metabolite fingerprinting. *Food Chemistry*, 173, 890-896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.107>
- Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G. & Roberto Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by ¹H NMR. *Food Chemistry*, 217, 418-424. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.078>

- Philippidis, A., Poulakis, E., Papadaki, A. & Velegrakis, M. (2017). Comparative Study using Raman and Visible Spectroscopy of Cretan Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Sunflower Oil. *Analytical Letters*, 50(7), 1182-1195. <http://dx.doi.org/10.1080/00032719.2016.1208212>
- Poonia, A., Jha, A., Sharma, R., Singh, H. B., Rai, A. K. & Sharma, N. (2017). Detection of adulteration in milk: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 23-42. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12274>
- Poulli K. I., Mousdis, G. A. & Georgiou, C. A. (2006). Synchronous fluorescence spectroscopy for quantitative determination of virgin olive oil adulteration with sunflower oil. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 386, 1571–1575. <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0729-2>
- Rahman, N. E. (2019). Awareness Situation Regarding Fruit Juice Adulteration among the Public University Students of Bangladesh: A Case from University of Dhaka. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.9734/AJESS/2019/45022>
- Rau, J., Korte, N., Dyk, M., Wenninger, O., Schreiter, P. & Hiller, E. (2020). Rapid animal species identification of feta and mozzarella cheese using MALDI-TOF mass-spectrometry. *Food Control*, 117, 107349. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107349>
- Ravindran, A., Nesamani, F. P. & D. N. (2018). A Study on the use of Spectroscopic Techniques to Identify Food Adulteration. *2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCSDET.2018.8821197>
- Rizzuti, A. (2020). Food Crime: A Review of the UK Institutional Perception of Illicit Practices in the Food Sector. *Social Sciences*, 9(7), 112. <https://doi.org/10.3390/socsci9070112>
- Robson, K., Dean, M., Haughey, S. & Elliott, C. (2021). A comprehensive review of food fraud terminologies and food fraud mitigation guides. *Food Control*, 120, 107516. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107516>
- Sádecká, J., Jakubíková, M. & Májek P. (2018). Fluorescence spectroscopy for discrimination of botrytized wines. *Food Control*, 88, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.12.033>
- Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R. & Rodriguez-Saona, L. E. (2013). Rapid detection and quantification of milk adulteration using infrared microspectroscopy and chemometrics analysis. *Food Chemistry*, 138(1), 19–24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.024>
- Sasikumar, B., Swetha, V. P., Parvathy, V. A. & Sheeja, T. E. (2016). 22 - Advances in Adulteration and Authenticity Testing of Herbs and Spices. *Advances in Food Authenticity Testing, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp 585-624. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100220-9.00022-9>

- Sezer, B., Apaydin, H., Bilge, G. & Boyaci, I. H. (2018). Coffee arabica adulteration: Detection of wheat, corn and chickpea. *Food Chemistry*, 264, 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.037>
- Sheikha, A. F. El, Mokhtar, N. F. K., Amie, C., Lamasudin, D. U., Isa, N. M. & Mustafa, S. (2017). Authentication technologies using DNAbased approaches for meats and halal meats determination. *Food Biotechnology*, 31(4), 281-315. <https://doi.org/10.1080/08905436.2017.1369886>
- Silva, L.C. O., Oliveira, L. S. & Franca, A. S. (2011). Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy applied to the detection of roasted coffee adulteration with spent coffee grounds. *PACCON - Pure and Applied Chemistry International Conference*
- Singh, P. & Gandhi, N. (2015). Milk Preservatives and Adulterants: Processing, Regulatory and Safety Issues. *Food Reviews International*, 31(3), 236-261. <https://doi.org/10.1080/87559129.2014.994818>
- Sørensen, K. M., Khakimov, B. & Engelsen, S. B. (2016). The use of rapid spectroscopic screening methods to detect adulteration of food raw materials and ingredients. *Current Opinion in Food Science*, 10, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.08.001>
- Souto, U. T. C. P., Barbosa, M. F., Dantas, H. V., Pontes, A. S., Lyra, W. S., Diniz, P. H. G. D. *et al.* (2015). Identification of adulteration in ground roasted coffees using UV–Vis spectroscopy and SPA-LDA. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1037-1041. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.003>
- Spink, J. & Moyer, D. C. (2011). Defining the Public Health Threat of Food Fraud. *Journal of Food Science*, 76(9), R157-R163. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02417.x>
- Spink, J. (2014). Safety of Food and Beverages: Risks of Food Adulteration. *Encyclopedia of Food Safety*, Academic Press, pp 413-416. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00300-0>
- Spink, J. (2019a). Food Fraud and Adulteration: Where We Stand Today, *Encyclopedia of Food Chemistry*, Academic Press, pp 657-662. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21784-8>
- Spink, J. W. (2019b). The current state of food fraud prevention: overview and requirements to address ‘How to Start?’ and ‘How Much is Enough?’. *Current Opinion in Food Science*, 27, 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.06.001>
- Sumar, S. & Ismail, H. (1995). Adulteration of foods – past and present. *Nutrition & Food Science*, 4, 11-15.

- Temizkan, R., Can, A., Dogan, M. A., Mortas, M. & Ayvaz, H. (2020). Rapid detection of milk fat adulteration in yoghurts using near and mid-infrared spectroscopy. *International Dairy Journal*, 110, 104795. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104795>
- Thavarajah, P. & Low, N. H. (2006). Adulteration of Apple with Pear Juice: Emphasis on Major Carbohydrates, Proline, and Arbutin. *J. Agric. Food Chem.*, 54(13), 4861–4867. <https://doi.org/10.1021/jf060259m>
- Toci, A. T., Farah, A., Pezza, H. R. & Pezza, L. (2016). Coffee Adulteration: More than Two Decades of Research. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 46(2), 83-92. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.966185>
- Trbović, D., Petronijević, R. & Đorđević, V. (2017). Chromatography methods and chemometrics for determination of milk fat adulterants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 85, 012025. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012025>
- Tsimidou, M. and Boskou, D. (2003). ADULTERATION OF FOODS | History and Occurrence, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*. Academic Press, pp 42-47. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00012-2>
- Tsimidou, M. Z., Ordoudi, S. A., Nenadis, N. & Mourtzinou, I. (2016). Food Fraud, *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press, pp 35-42. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00010-6>
- Trivedi, D. K., Hollywood, K. A., Rattray, N. J. W., Ward, H., Trivedi, D. K., Greenwood, J. *et al.* (2016). Meat, the metabolites: an integrated metabolite profiling and lipidomics approach for the detection of the adulteration of beef with pork. *Analyst*, 141(7), 2155–2164. <https://doi.org/10.1039/C6AN00108D>
- Ulberth, F. (2020). Tools to combat food fraud – A gap analysis. *Food Chemistry*, 330, 127044. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127044>
- Vlachos, A., Arvanitoyannis, I. S. & Tserkezou, P. (2016). An Updated Review of Meat Authenticity Methods and Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), 1061-1096. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.691573>
- Wang, X., Lim, L. & Yucheng Fu, Y. (2020). Review of Analytical Methods to Detect Adulteration in Coffee. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 103(2), 295–305. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qs019>
- Wistaff, E. A., Beller, S., Schmid, A., Neville, J. J. & Thorben Nietner, T. (2021). Chemometric analysis of amino acid profiles for detection of fruit juice adulterations – Application to verify authenticity of blood orange juice. *Food Chemistry*, 343, 128452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128452>

Yan, J., Erasmus, S. W., Toro, M. A., Huang, H. & van Ruth, S. M. (2020). Food fraud: Assessing fraud vulnerability in the extra virgin olive oil supply chain. *Food Control*, *111*, 107081. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107081>

Yang, Y., Ferro, M. D., Cavaco, I. & Liang, Y. (2013). Detection and Identification of Extra Virgin Olive Oil Adulteration by GC-MS Combined with Chemometrics. *J. Agric. Food Chem.*, *61*(15), 3693–3702. <https://doi.org/10.1021/jf4000538>

Αγιομυργιανάκη Α. (2012). Ανάπτυξη αναλυτικών μεθόδων με βάση τη φασματοσκοπία NMR για την ανίχνευση νοθείας ραφιναρισμένου ελαιολάδου με ραφιναρισμένο φουντουκέλαιο, τον ποσοτικό προσδιορισμό cis-trans λιπαρών οξέων σε λίπη και έλαια και συστατικών της ρίγανης με φαρμακολογικές ιδιότητες (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Κρήτης. <http://hdl.handle.net/10442/hedi/34432>

Δρακοπούλου Ι. (2016). Σύγχρονες και ταχείες μέθοδοι για τον ποιοτικό έλεγχο και ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών του γάλακτός (Πτυχιακή Εργασία). Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου. <http://nestor.teipel.gr/xmlui/handle/123456789/18603>

ΕΦΕΤ (2021). Παραπλάνηση/Νοθεία. <https://www.efet.gr/index.php/el/consumers/paraplanisinotheia>

Παυλίδης, Δ. Ε. (2020). Αξιολόγηση της ποιότητας, ασφάλειας και αυθεντικότητας του κρέατος με ταχείες μεταβολομικές μεθόδους (Διδακτορική διατριβή). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. <http://hdl.handle.net/10442/hedi/49080>

Πουλλή, Κ. Ι. (2009). Ανάπτυξη νέων μεθόδων ποιοτικού ελέγχου βρώσιμων ελαίων με φθορισμομετρία σύγχρονης σάρωσης και σύγκριση με κλασσικές μεθόδους (Διδακτορική διατριβή). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. <http://hdl.handle.net/10442/hedi/17236>

Ραμαντάνης, Σ. Β. (2006). Τεχνολογία Κρέατος και Προϊόντων του. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις: Σύγχρονη Παιδεία

Τσάκνης, Γ. (2018). Τεχνολογία-Ποιότητα Λιπών και Λαδιών. Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: GFSI (2018). *Tacking Food Fraud Through Food Safety Management Systems*. <https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2019/09/Food-Fraud-GFSI-Technical-Document.pdf>

Εικόνα 2.1: Hassoun, A., Måge, I., Schmidt, W. F., Temiz, H. T., Li, L., Kim, H. *et al.* (2020). Fraud in Animal Origin Food Products: Advances in Emerging Spectroscopic Detection Methods over the Past Five Years. *Foods*, 9(8), 1069. <https://doi.org/10.3390/foods9081069>

Εικόνα 2.2: Li, Y. C., Liu, S. Y., Meng, F. B., Liu, D. Y., Zhang, Y., Wang, W. *et al.* (2020a). Comparative review and the recent progress in detection technologies of meat product adulteration. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 19(4), 2256-2296. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12579>

Εικόνα 2.3: Candoğan, K., Altuntas, E.G. & İğci, N. (2021). Authentication and Quality Assessment of Meat Products by Fourier-Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Food Eng Rev* 13, 66–91. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09251-y>

Εικόνα 2.4: Nascimento, C. F., Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R. & Rocha, F. R. P. (2017). Recent advances on determination of milk adulterants. *Food Chemistry*, 221, 1232–1244. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.034>

Εικόνα 2.5: Nedeljković, A., Rösch, P., Popp, J., Miočinović, J., Radovanović, M. & Pudja, P. (2016). Raman Spectroscopy as a Rapid Tool for Quantitative Analysis of Butter Adulterated with Margarine. *Food Analytical Methods*, 9, 1315–1320. <https://doi.org/10.1007/s12161-015-0317-1>

Εικόνα 2.6: Yang, R., Liu, R., Xu, K. & Yang, Y. (2013). Discrimination of Adulterated Milk Based on Two-Dimensional Correlation Spectroscopy (2D-COS) Combined with Kernel Orthogonal Projection to Latent Structure (K-OPLS). *Applied Spectroscopy*, 67(12), 1363-1367. <https://doi.org/10.1366/13-07119>

Εικόνα 2.7: Elaioladon-Contis Imports Inc. n.d. *The History of Greek Olive oil*. <http://www.greekoliveoils.com/history/history.php>

Εικόνα 2.8: Philippidis, A., Poulakis, E., Papadaki, A. & Velegrakis, M. (2017). Comparative Study using Raman and Visible Spectroscopy of Cretan Extra Virgin Olive Oil Adulteration with Sunflower Oil. *Analytical Letters*, 50(7), 1182-1195. <http://dx.doi.org/10.1080/00032719.2016.1208212>

Εικόνα 2.9: Ravindran, A., Nesamani, F. P. & D. N. (2018). A Study on the use of Spectroscopic Techniques to Identify Food Adulteration. *2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCSDET.2018.8821197>

Εικόνα 2.10: Oxford Learner's Dictionary. n.d. *Definition of paprika noun from the Oxford Advanced Learner's Dictionary.*

<https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/paprika>

Εικόνα 2.11: Zhou, M., Chen, X., Xu, Y., Qu, J., Jiao, L., Zhang, H. *et al.* (2013). Sensitive determination of Sudan dyes in foodstuffs by Mn–ZnS quantum dots. *Dyes and Pigments*, 99(1), 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.04.027>

Εικόνα 2.12: Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G. & Roberto Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by ^1H NMR. *Food Chemistry*, 217, 418-424. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.078>

Εικόνα 2.13: Quillé, N. n.d. *Wine Basic Composition.* <https://sommelierbusiness.com/en/articles/wine-technical-84/wine-basic-composition-139.htm>

Εικόνα 2.14: Qian, J., Wu, H., Lieber, C. & Eric Bergles, E. (2013). *Non-Destructive Red Wine Measurement with Dispersive 1064nm Raman Spectroscopy.* https://bayspec.com/wp-content/uploads/2012/12/BaySpec_AppNote_1064forRedWine.pdf

Εικόνα 2.15: Bobak, J. n.d. *How Is Coffee Made (From Seed To Cup).* <https://www.homegrounds.co/how-is-coffee-made/>

Εικόνα 2.16: Pauli, E. D., Barbieri, F., Garcia, P. S., Madeira, T. B., Acquaro Junior, V. R. Scarminio, I. S. *et al.* (2014). Detection of ground roasted coffee adulteration with roasted soybean and wheat. *Food Research International*, 61, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.032>

Εικόνα 2.17: Monakhova, Y. B., Ruge, W., Kuballa, T., Ilse, M., Winkelmann, O., Diehld, B. *et al.* (2015). Rapid approach to identify the presence of Arabica and Robusta species in coffee using ^1H NMR spectroscopy. *Food Chemistry*, 182, 178-184. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.132>