

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Διπλωματική εργασία με τίτλο:
ΚΑΠΝΙΣΤΟ ΚΡΕΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ

του φοιτητή: Γιαννολόπουλου Κωνσταντίνου

Επιβλέπων καθηγητής: Σαμαράς Ιωάννης

Μάρτιος, 2024

Στην οικογένειά μου

Περίληψη

Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να διερευνήσει τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το κάπνισμα κρέατος, δίνοντας έμφαση στη σημασία της διατήρησης της ποιότητας και της ασφάλειάς του. Τα καπνιστά κρέατα έχουν πλούσια ιστορία ως μία από τις πρώτες μεθόδους συντήρησης τροφίμων και έχουν διαδραματίσει ζωτικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή και στις οικονομικές αγορές. Οι διαφορετικές μέθοδοι καπνίσματος μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κύριες ομάδες: το άμεσο κάπνισμα και το έμμεσο κάπνισμα. Το άμεσο κάπνισμα περιλαμβάνει το παραδοσιακό ζεστό κάπνισμα και το παραδοσιακό κρύο κάπνισμα. Το έμμεσο κάπνισμα, από την άλλη πλευρά, περιλαμβάνει αρκετές καινοτόμες μεθόδους που βοηθούν στη μείωση της μόλυνσης των προϊόντων κρέατος από πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH), όπως καπνός από γεννήτρια τριβής, υγρός καπνός, ηλεκτροστατικό κάπνισμα και άλλες τεχνολογίες παραγωγής καπνού που παράγουν ατμό. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καπνίσματος, παράγονται ορισμένες ενώσεις που έχουν τόσο επιθυμητές όσο και ανεπιθύμητες επιδράσεις στο καπνιστό κρέας. Τα επιθυμητά αποτελέσματα περιλαμβάνουν τη συντήρηση των τροφίμων, η οποία παραμένει ο πρωταρχικός στόχος στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς και η ενίσχυση του αισθητηριακού προφίλ, του χρώματος, της υφής και της γεύσης του φαγητού, που έχει γίνει ο κύριος στόχος στις ανεπτυγμένες χώρες. Η μόλυνση των τροφίμων με επιβλαβείς και καρκινογόνες ουσίες, όπως PAH, NA, HAA και β-καρβολίνες, είναι η κύρια αρνητική συνέπεια του καπνίσματος. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, είναι ζωτικής σημασίας να ρυθμιστούν ορισμένες πτυχές των μεθόδων καπνίσματος και να εφαρμοστούν κατάλληλα πρωτόκολλα. Για παράδειγμα, τα σύγχρονα συστήματα έμμεσου καπνίσματος (υγρός καπνός) θα πρέπει να διατηρούν μια θερμοκρασία παραγωγής καπνού κάτω από τους 60°C, ενώ

παράλληλα θα χρησιμοποιούν σύντομους χρόνους καπνίσματος και θα χρησιμοποιούν προϊόντα με χαμηλά λιπαρά. Επιπλέον, μέθοδοι προεπεξεργασίας όπως μαρινάρισμα, προθέρμανση σε φούρνο μικροκυμάτων και περιτύλιξη αλουμινίου, καθώς και προσεκτική επιλογή ξύλων, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την αποφυγή της χρήσης βενζίνης, επεξεργασμένων ξύλων ή χρησιμοποιημένου λαδιού κατά τις παραδοσιακές διαδικασίες άμεσου καπνίσματος. Με την τήρηση αυτών των μέτρων, η μόλυνση των καπνιστών τροφίμων από τοξικές ενώσεις μπορεί να μειωθεί και να προληφθεί σημαντικά, επιτυγχάνοντας παράλληλα τα επιθυμητά αποτελέσματα της διαδικασίας του καπνίσματος.

Λέξεις κλειδιά: καπνιστό κρέας, τεχνικές καπνίσματος, ποιότητα, ασφάλεια

Abstract

The aim of this paper is to investigate the techniques used to smoke meat, emphasizing the importance of maintaining its quality and safety. Smoked meats have a rich history as one of the earliest methods of food preservation and have played a vital role in human nutrition and economic markets. The different methods of smoking can be categorized into two main groups: direct smoking and indirect smoking. Direct smoking includes traditional hot smoking and traditional cold smoking. Indirect smoking, on the other hand, includes several innovative methods that help reduce polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination of meat products, such as friction generator smoke, liquid smoke, electrostatic smoking, and other vapor-producing smoke technologies. During the smoking process, certain compounds are produced that have both desirable and undesirable effects on smoked meat. Desired outcomes include food preservation, which remains the primary goal in developing countries, as well as enhancing the sensory profile, color, texture, and flavor of food, which has become the primary goal in developed countries. Contamination of food with harmful and carcinogenic substances, such as PAH, NA, HAA and β -carbolines, is the main negative consequence of smoking. To address this issue, it is vital to regulate certain aspects of smoking methods and implement appropriate protocols. For example, modern indirect smoking (liquid smoke) systems should maintain a smoke production temperature below 60°C, while using short smoking times and using low-fat products. In addition, pretreatment methods such as marinating, microwaving, and aluminum wrapping, as well as careful wood selection, should be used to avoid the use of gasoline, treated woods, or used oil in traditional direct smoking processes. By following these measures, the contamination of smoked foods by toxic compounds

can be significantly reduced and prevented, while achieving the desired results of the smoking process.

Key words: smoked meat, smoking techniques, quality, safety

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	iii
Abstract	v
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Κατάλογος Πινάκων	x
Κατάλογος Εικόνων	xi
1 Κεφάλαιο. Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Σημαντικότητα εργασίας	6
1.3 Σκοπός εργασίας	6
1.4 Δομή εργασίας	6
2 Κεφάλαιο. Χημική σύσταση και βιολογική αξία του κρέατος	8
2.1 Περιεχόμενο νερό	8
2.2 Πρωτεΐνες	9
2.3 Υδατάνθρακες.....	10
2.4 Λίπος.....	11
2.5 Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία	11
3 Κεφάλαιο. Το καπνιστό κρέας και η χημική του σύσταση.....	13
3.1 Το καπνιστό κρέας.....	13
3.2 Χημική σύνθεση καπνιστού κρέατος	15

4 Κεφάλαιο. Τεχνικές καπνίσματος	18
4.1 Γενικά	18
4.2 Άμεσο κάπνισμα	19
4.2.1 Παραδοσιακό κρύο κάπνισμα	19
4.2.2 Παραδοσιακό ζεστό κάπνισμα	21
4.3 Έμμεσο κάπνισμα	25
4.3.1 Καπνός που παράγεται από γεννήτρια τριβής	25
4.3.2 Παραγωγή υγρού καπνού	27
4.3.3 Ηλεκτροστατικό κάπνισμα	29
4.3.4 Άλλες τεχνολογίες παραγωγής καπνού	30
5 Κεφάλαιο. Επιπτώσεις των μεθόδων κάπνισης στο κρέας	33
5.1 Σύνθεση καπνού	33
5.2 Συντήρηση	35
5.3 Αρωματικό Τροφίμων	38
5.3.1 Χρωματισμός καπνίσματος	39
5.3.2 Υφή	40
5.3.3 Γεύση	41
5.4 Τοξικολογία Καπνιστών Τροφίμων	43
5.4.1 Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	43
5.4.1.1 Τοξικότητα	43
5.4.1.2 Μηχανισμός μόλυνσης από πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες	43

5.4.1.3 Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες σε Καπνιστά Τρόφιμα ...	44
5.4.2 Άλλες Τοξικές Ενώσεις.....	45
5.4.2.1 Φορμαλδεΐδη	45
5.4.2.2 N-νιτροζαμίνες	46
5.4.2.3 Ετεροκυκλικές αρωματικές αμίνες	47
5.4.2.4 β-καρβολίνες	48
6 Κεφάλαιο. Ασφάλεια και Πρότυπα για το καπνιστό κρέας	49
7 Κεφάλαιο. Συζήτηση - Συμπεράσματα	58
Βιβλιογραφία	63
Ελληνόγλωσση.....	63
Ξενόγλωσση	63

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Σύνθεση του μυϊκού ιστού (Huff-Lonergan, 2010).....	8
Πίνακας 5.1. Σύνθεση συμπυκνώματος καπνού (Ahmad, 2003).....	34

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα	3.1.	Καπνιστό κρέας (Διαθέσιμο στο: https://www.bradleysmoker.com/blogs/articles-about-the-smoker/does-smoking-food-kill-bacteria , εξακριβώθηκε 9 Νοεμβρίου 2023).	14
Εικόνα 4.1.		Το κρέας μπορεί αρχικά να κρεμαστεί για να σχηματίσει ένα στρώμα πρωτεΐνης στην επιφάνεια, μετά το οποίο καπνίζεται για διάρκεια που κυμαίνεται από 1 έως 24 ώρες.	20
Εικόνα 4.2.		Κρύο κάπνισμα με μεταλλικούς κυλίνδρους.	21
Εικόνα 4.3.		Κρέας που κρέμεται μέσα σε χώρο καπνισμού στην Ελβετία (https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AC%CF%80%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B1_%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%BC%CF%89%CE%BD , εξακριβώθηκε 9 Νοεμβρίου 2024).	22
Εικόνα 4.4.		Ψήσιμο με καπνό	23
Εικόνα 4.5.		Κάπνισμα με κουτί καπνίσματος.	24
Εικόνα	4.6.	Γεννήτρια καπνού τριβής (Διαθέσιμο στο: https://www.mauting.com/en/products/smoke-generators/1213426-friction-smoke-generator-vkt-p.html , εξακριβώθηκε 7 Ιανουαρίου 2024).	26
Εικόνα	4.7.	Συσκευή εφαρμογής υγρού καπνού (https://marlen.com/post_products/afoheat-liquid-smoke-applicator-mini/ , εξακριβώθηκε 4 Ιανουαρίου 2024).	28
Εικόνα	4.8	Ηλεκτροστατικό κάπνισμα (https://en-n.decorpro.com/koptilnya/elektrostaticheskaya/ , εξακριβώθηκε 4 Ιανουαρίου 2024).	30

Εικόνα 4.9. Γεννήτρια καπνού ατμού (https://www.mauting.com/en/products/smoke-generators/1213427-1213427-steam-smoke-generator-vkp-p.html , εξακριβώθηκε 12 Δεκεμβρίου 2023).	31
--	----

1 Κεφάλαιο. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Σε όλη την ιστορία, το κρέας διαδραμάτισε κρίσιμο και θεμελιώδη ρόλο στη διατροφή και την επιβίωση της ανθρωπότητας. Χρησιμεύει ως πηγή βασικών θρεπτικών συστατικών που κρίνονται απαραίτητα για τη βέλτιστη ανθρώπινη ανάπτυξη και τη σωστή λειτουργία του οργανισμού. Επιπλέον, το κρέας έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του ανθρώπινου είδους, ιδιαίτερα σε σχέση με την ανάπτυξη του εγκεφάλου και την πνευματική ανάπτυξη (Pereira and Vicente, 2013). Παρά τα επιδημιολογικά στοιχεία που συνδέουν την κατανάλωση κρέατος με αυξημένο κίνδυνο διαφόρων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένων των καρδιαγγειακών παθήσεων, του μεταβολικού συνδρόμου και του καρκίνου, η κατανάλωσή του παραμένει υψίστης σημασίας (Fraqueza et al., 2020).

Αυτό οφείλεται στην ικανότητά του να διασφαλίζει την απορρόφηση ζωτικών μικροθρεπτικών συστατικών και αμινοξέων που εμπλέκονται σε πολυάριθμες ρυθμιστικές διαδικασίες στον ενεργειακό μεταβολισμό του σώματος. Ως εκ τούτου, το κρέας εξακολουθεί να είναι απαραίτητο συστατικό μιας ισορροπημένης διατροφής (Biesalski, 2005; Higgs, 2000; Pereira and Vicente, 2013). Μετά τη διαδικασία σφαγής, εκδοράς και αφαίρεσης των εσωτερικών οργάνων ενός ζώου για ανθρώπινη κατανάλωση, οι υπόλοιποι ιστοί αναφέρονται συλλογικά ως κρέας (Μπλούκας, 2007).

Σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς, ο όρος «κρέας» ισχύει ειδικά για τις αναλώσιμες μερίδες που εξάγονται από το σώμα κατοικίδιων οπληφόρων,

όπως βοοειδή, χοίροι, πρόβατα και κατσίκες, καθώς και από πουλερικά, εκτρεφόμενα θηράματα και μικρά και μεγάλα άγρια θηράματα. (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2004). Το κρέας που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση αναφέρεται στο τμήμα της σάρκας ενός ζώου που αποτελείται από μυς, λίπος και συνδετικό ιστό (Purslow, 2017). Αυτοί οι μύες κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ως σκελετικοί, καρδιακοί και λείοι, καθένας από τους οποίους διαφέρει μεταξύ τους ως προς την ιστολογία και τα νεύρα που λαμβάνουν για τους ξεχωριστούς ρόλους τους στη ζωή του ζώου (Μπλούκας, 2007). Μεταξύ αυτών των τριών τύπων, ο σκελετικός μυς είναι ο πιο σημαντικός λόγω της αφθονίας του στο σφάγιο και της οικονομικής του αξίας (Guo and Greaser, 2017). Η κατανόηση της δομής και της σύνθεσης των μυών είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της λειτουργίας τους και των αλλαγών που υφίστανται κατά την επεξεργασία, οι οποίες τελικά επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κρέατος. Αυτή η κατανόηση μπορεί να οδηγήσει σε πιο αποτελεσματικές μεθόδους επεξεργασίας, επιτρέποντας την παραγωγή προϊόντων υψηλότερης ποιότητας και αποσκοπώντας στην πρόληψη της αλλοίωσης του κρέατος, επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του (Μπλούκας, 2007).

Τα προϊόντα κρέατος αποτελούν σημαντικό συστατικό μιας υγιεινής και καλά ισορροπημένης διατροφής, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες (Pereira and Vicente, 2013) και αντιπροσωπεύουν τα πιο πολύτιμα από όλα τα κτηνοτροφικά προϊόντα (Vaz-Velho, 2003). Η παγκόσμια παραγωγή κρέατος προβλέπεται να διπλασιαστεί μέχρι το 2050 (<https://www.fao.org/agriculture/animal-production-and-health/en/>, εξακριβώθηκε 3 Σεπτεμβρίου 2023).

Τα καπνιστά προϊόντα κρέατος είναι από τα πιο σημαντικά και ευρέως παραγόμενα καπνιστά τρόφιμα και ήταν πιθανώς τα πρώτα που παρήχθησαν από τον άνθρωπο. Πιθανώς τα προϊόντα με βάση το κρέας ήταν τα πρώτα τρόφιμα που

κάπνιζαν οι άνθρωποι και δεν αποκλείεται η τροφή να κρεμάστηκε πάνω από τη φωτιά για να την προστατεύσει από τους σκύλους, με αποτέλεσμα να ανακαλυφθεί πιθανώς η συντηρητική δράση του καπνού (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Τα καπνιστά τρόφιμα είχαν σημαντικό ιστορικό και οικονομικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή και εξακολουθούν να καταναλώνονται σε μεγάλο βαθμό και να αναζητούνται στις σύγχρονες αγορές και σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες. Το κάπνισμα τροφίμων είναι μια από τις αρχαιότερες τεχνολογικές διεργασίες και μια διαδικασία που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος από αρχαιοτάτων χρόνων (Iko Afe et al., 2021). Οι πρώτες ενδείξεις για το κάπνισμα ως τεχνολογική διαδικασία χρονολογούνται πριν από 90.000 χρόνια και το παλαιότερο καπνιστήριο ανακαλύφθηκε από αρχαιολόγους σε μια αποικία της Λίθινης Εποχής που βρίσκεται στο Zwierzyniec, κοντά στην Κρακοβία, στην Πολωνία (Ledesma, Rendueles and Díaz 2017). Η διαδικασία του καπνίσματος έχει χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος συντήρησης στις διάφορες εποχές του ανθρώπινου πολιτισμού. Το κάπνισμα τροφίμων στους ρωμαϊκούς πολιτισμούς περιγράφηκε το 160 π.Χ. Οι Ρωμαίοι πιθανότατα έμαθαν μεθόδους καπνίσματος κρέατος από τους Γαλάτες και τους Κέλτες (Leroy et al., 2013).

Οι Ευρωπαίοι μετανάστες εξήγαγαν αυτή την τεχνική σε όλο τον κόσμο, σε χώρες όπως η Αμερική, η Νότια Αφρική και η Αυστραλία (Leroy et al., 2013) αν και η διαδικασία του καπνίσματος πιθανώς εφαρμόστηκε σε άλλες χώρες πριν από τον αποικισμό τους. Στην εποχή των μεγάλων ανακαλύψεων τα καπνιστά φαγητά ήταν πολύ χρήσιμα σε μακρινά θαλάσσια ταξίδια. Τα καπνιστήρια έγιναν πολύ δημοφιλή στις Ηνωμένες Πολιτείες και βρέθηκαν σχεδόν σε κάθε φάρμα και κατοικία, ειδικά σε πολιτείες όπως η Τζόρτζια, οι Καρολίνες, η Βιρτζίνια, το Τενεσί, το Μιζούρι και το Κεντάκι. Μόνο η εισαγωγή της ψύξης στη δεκαετία του 1900 μείωσε τη χρήση του

καπνίσματος ως μεθόδου συντήρησης, ειδικά για τα προϊόντα κρέατος. Από τον 19ο αιώνα, όταν οι σιδηροδρομικές μεταφορές μείωσαν τον χρόνο από την παραγωγή στην αγορά, η παραγωγή καπνιστών τροφίμων μειώθηκε. Τα καπνιστά τρόφιμα είχαν σημαντικό ρόλο στη διατροφή των ανθρώπων στις ευρωπαϊκές χώρες κατά τη διάρκεια των παγκοσμίων πολέμων, όταν η προσφορά τροφίμων ήταν πολύ χαμηλή, και αυτό θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί τα καπνιστά προϊόντα κρέατος είναι πιο δημοφιλή στην Ευρώπη από ό,τι στην Αμερική (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Τα καπνιστά προϊόντα κρέατος παράγονται και καταναλώνονται σε διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο. Η παραγωγή καπνιστών προϊόντων κρέατος σε συνδυασμό με τη χρήση μεθόδων αλατίσματος, ξήρανσης και καπνίσματος έχει μακρά παράδοση. Τα καπνιστά προϊόντα κρέατος χαρακτηρίζονται από χαμηλή δραστηριότητα νερού (a_w) και υψηλές συγκεντρώσεις αλατιού (Vilar et al., 2000). Για χιλιάδες χρόνια πριν από την κατάψυξη, αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε για τη συντήρηση τροφίμων και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη, ειδικά στις χώρες της Βόρειας Ευρώπης και σε υγρές και ψυχρές περιοχές, όπου αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας ωρίμανσης (Pittia και Antonello, 2016).

Στις μέρες μας το κάπνισμα χρησιμοποιείται στις ανεπτυγμένες χώρες κυρίως λόγω του συγκεκριμένου οργανοληπτικού προφίλ που προσδίδει στα τρόφιμα. Το κάπνισμα βελτιώνει τη γεύση, το χρώμα και τη μυρωδιά του φαγητού, προσδίδοντάς του έτσι ιδιότητες που έχουν ζήτηση στην αγορά (Woods, 2003). Τα καπνιστά τρόφιμα εξακολουθούν να έχουν τεράστιο αντίκτυπο στην οικονομία των χωρών. Στην πραγματικότητα, υπολογίζεται ότι το 30% όλων των προϊόντων κρέατος στις Ηνωμένες Πολιτείες καπνίζονται, ενώ το ποσοστό αυτό είναι 60% σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Γερμανία (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017; Pöhlmann et al., 2013).

Το κάπνισμα ήταν πάντα ένας σημαντικός τρόπος διατήρησης του κρέατος και, ως εκ τούτου, τα περισσότερα τυπικά καπνιστά προϊόντα κρέατος παρασκευάζονται με παραδοσιακές τεχνικές. Το κάπνισμα ως μέθοδος συντήρησης έχει αντικατασταθεί από σύγχρονες μεθόδους, όπως θάλαμοι ελεγχόμενου στεγνώματος, υγρό καπνό (Lingbeck et al., 2014) και άλλες μεθοδολογίες για τη συντήρηση φρέσκων τροφίμων μέσω ψύξης (όπως ψύξη, κατάψυξη, υπερψύξη) και επίσης ιονίζουσα ακτινοβολία, χημικά συντηρητικά, και βιοσυντήρηση, υψηλή υδροστατική πίεση και μέθοδοι συσκευασίας όπως συσκευασία κενού, συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, ενεργή συσκευασία, αντιμικροβιακή συσκευασία και τεχνολογία εμποδίων (Zhou, Xu and Liu, 2010). Από την άλλη πλευρά, το κάπνισμα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ως μέθοδος συντήρησης σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες στην Αφρική και την Ασία, όπου η ψυκτική αλυσίδα δεν είναι ευρέως εδραιωμένη (Vaz-Velho, 2003). Τα πιο γνωστά προϊόντα καπνιστού κρέατος μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις τύπους: λουκάνικα, ζαμπόν και «άλλα προϊόντα». Ο μεγαλύτερος αριθμός ποικιλιών καπνιστού κρέατος, λουκάνικων και ζαμπόν παράγονται από τη Γερμανία, την Ισπανία, την Πορτογαλία και την Ιταλία (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017; Pöhlmann et al., 2013).

Τα τελευταία χρόνια, το καπνιστό κρέας έχει αποκτήσει αυξανόμενη δημοτικότητα στη σύγχρονη κουζίνα. Η διαδικασία του καπνίσματος προσθέτει βάθος και πολυπλοκότητα στο γευστικό προφίλ του κρέατος, καθιστώντας το αγαπημένο στους λάτρεις του φαγητού. Επιπλέον, οι αντιμικροβιακές ιδιότητες των χημικών ενώσεων που υπάρχουν στον καπνό μπορούν να σκοτώσουν αποτελεσματικά τα βακτήρια, συμβάλλοντας στην ασφάλεια του καπνιστού κρέατος. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα καπνιστά και παστά προϊόντα κρέατος μπορεί να περιέχουν καρκινογόνες ενώσεις, όπως ενώσεις N-nitroso. Ως εκ τούτου, είναι

απαραίτητο να εξισορροπηθεί η απόλαυση του καπνιστού κρέατος με μια προσεκτική προσέγγιση στην κατανάλωση και το μέτρο (Kuzelov et al., 2013).

1.2 Σημαντικότητα εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια πηγή γνώσης και κατανόησης τεχνικών κάπνισης κρέατος, η οποία έχει τις ρίζες της από αρχαιοτάτων χρόνων και έχει εξελιχθεί σε μια σύγχρονη πρακτική. Αναδεικνύει την ιστορία, την πολιτιστική σημασία και τη συνέχεια αυτής της παραδοσιακής μεθόδου διατήρησης τροφίμων. Επιπλέον, η εργασία προσφέρει πληροφορίες για τους τρόπους επεξεργασίας του κρέατος, παρέχοντας στους ενδιαφερόμενους έναν ολοκληρωμένο οδηγό.

Επίσης, η εργασία επισημαίνει τη σημασία της διατήρησης της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων, καθώς και την ανάγκη για ενημέρωση και εκπαίδευση των καταναλωτών σχετικά με τις διάφορες πρακτικές και τεχνολογίες που σχετίζονται με την επεξεργασία του κρέατος. Μέσω αυτών των πληροφοριών, οι καταναλωτές μπορούν να λάβουν ενημερωμένες αποφάσεις σχετικά με τη διατροφή τους και να απολαμβάνουν με ασφάλεια τα καπνιστά κρέατα.

1.3 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση και κατανόηση των τεχνικών κάπνισης κρέατος, υπογραμμίζοντας τη σημασία της διατήρησης της ποιότητας και της ασφάλειας του καπνιστού κρέατος.

1.4 Δομή εργασίας

Στο **Κεφάλαιο 1** λαμβάνει χώρα μια ιστορική αναδρομή το καπνιστού κρέατος και της σημασίας του στο πέρασμα των χρόνων, παρουσιάζεται ο σκοπός και η σημαντικότητα της εργασίας, καθώς και η δομή που ακολουθήθηκε.

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται η χημική σύσταση και η διατροφική αξία του κρέατος. Κάθε συστατικό του κρέατος, όπως το περιεχόμενο νερού, οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, το λίπος, καθώς και οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία, αναλύονται λεπτομερώς.

Στο **Κεφάλαιο 3** εξετάζεται το καπνιστό κρέας ως ένα ιδιαίτερο είδος κρέατος και αναλύεται η χημική σύστασή του.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται οι τεχνικές καπνίσματος. Κάθε τεχνική περιγράφεται λεπτομερώς, με έμφαση στις διαφορές τους και τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Στο **Κεφάλαιο 5** δίνεται έμφαση στις επιπτώσεις των μεθόδων κάπνισης στο κρέας.

Στο **Κεφάλαιο 6** περιγράφεται η ασφάλεια του καπνιστού κρέατος και οι κανονισμοί και τα πρότυπα που τη διέπουν και δίνεται έμφαση στην πρόοδο της τεχνολογίας και τις τρέχουσες πρακτικές.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 7** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας και παρουσιάζονται πιθανές περαιτέρω ερευνητικές κατευθύνσεις.

2 Κεφάλαιο. Χημική σύσταση και βιολογική αξία του κρέατος

Το κρέας, στο σύνολό του, διαθέτει σημαντική ποσότητα πρωτεΐνης και έχει ποικίλα επίπεδα λίπους και χαμηλά επίπεδα υδατανθράκων. Περιέχει επίσης ιχνοστοιχεία όπως κάλιο, μαγνήσιο, ψευδάργυρο, σελήνιο και σίδηρο, καθώς και βιταμίνες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1. Η σύνθεση της χημικής σύστασης του κρέατος δεν είναι γενικά ομοιόμορφη, αλλά εξαρτάται από παράγοντες όπως το είδος, η ηλικία, η διατροφή, το φυσικό περιβάλλον και το συγκεκριμένο μέρος του σώματος από το οποίο προέρχεται ο μυϊκός ιστός. Για παράδειγμα, οι άπαχοι μύες αποτελούνται από περίπου 75% περιεκτικότητα σε νερό, 21% πρωτεΐνες, 2% λίπος, 1% υδατάνθρακες και περίπου 1% βιταμίνες και μέταλλα (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005).

Πίνακας 2.1 Σύνθεση του μυϊκού ιστού (Huff-Lonergan, 2010)

Συστατικό	% του βάρους των μυών
Νερό	75% (65 – 80%)
Πρωτεΐνη	18,5% (16 – 22%)
Λίπος	3% (1 – 13%)
Υδατάνθρακες	1% (0,5 – 1,5%)
Λοιπές αζωτούχες ενώσεις	1,7% (1 – 2%)
Ιχνοστοιχεία (μέταλλα, βιταμίνες κ.ά.)	0,85% (0,5 – 1%)

2.1 Περιεχόμενο νερό

Η περιεκτικότητα σε νερό στους άπαχους μυς υπολογίζεται περίπου στο 75% (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). Η πλειονότητα του νερού στο κρέας βρίσκεται εντός της μυϊκής δομής και των μυϊκών κυττάρων. Αυτό περιλαμβάνει νερό που

βρίσκεται μέσα στις μυϊκές ίνες, μεταξύ των μυϊκών ινών και μεταξύ των μυϊκών ινών και της κυτταρικής μεμβράνης. Επιπλέον, το νερό συγκρατείται στους χώρους μεταξύ των κυττάρων και μεταξύ των δεσμών μυών (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). Το νερό είναι ένα πολικό μόριο και έχει την ικανότητα να αλληλεπιδρά με πρωτεΐνες και άλλα φορτισμένα μόρια. Ως αποτέλεσμα, το νερό που υπάρχει στον μυϊκό ιστό μπορεί να κατηγοριοποιηθεί είτε ως δεσμευμένο είτε ως μη δεσμευμένο, με το τελευταίο να διαιρείται περαιτέρω σε ακινητοποιημένο εντός των κυτταρικών δομών και ελεύθερο (Apple and Yancey, 2013). Ένα μικρό ποσοστό νερού (4 - 5%) που βρίσκεται στους μύες συνδέεται ισχυρά με τις υδρόφιλες ομάδες των πρωτεϊνών του κρέατος, καθιστώντας το δεσμευμένο νερό. Αυτό το νερό δεν μετατοπίζεται εύκολα, ακόμη και με την εφαρμογή θερμότητας (Apple and Yancey, 2013).

Η πλειονότητα του νερού υπάρχει μέσα στις μυϊκές ίνες, συγκεκριμένα στα διαστήματα μεταξύ των παχύρρευστων και λεπτών νημάτων. Αυτό το νερό δεν δεσμεύεται από πρωτεΐνες και αναφέρεται ως ακινητοποιημένο ή παγιδευμένο νερό. Το υπόλοιπο νερό θεωρείται ελεύθερο και μπορεί να βρεθεί σε διάφορες τοποθεσίες όπως οι πυρήνες, τα οργανίδια, το σαρκόπλασμα και περιορίζεται από το σαρκέλυμα. Επιπλέον, ελεύθερο νερό υπάρχει στα κενά μεταξύ των μυϊκών ινών και των μυϊκών δεσμών (Lopez-Bote, 2017). Το ελεύθερο νερό μπορεί εύκολα να εξαλειφθεί καθώς συγκρατείται ασθενώς μέσα στον μυϊκό ιστό από τις τριχοειδείς δυνάμεις (Apple and Yancey, 2013).

2.2 Πρωτεΐνες

Μία από τις πιο πλούσιες σε πρωτεΐνες τροφές είναι ο μυϊκός ιστός, με μέση περιεκτικότητα περίπου 21% σε άπαχο μυ των κόκκινων κρεάτων (Pereira and Vicente, 2013). Η βιολογική αξία των πρωτεϊνών κρέατος είναι υψηλή, καθώς περιέχουν άφθονες ποσότητες όλων των απαραίτητων αμινοξέων σε μια καλά

ισορροπημένη αναλογία. Οι μυϊκές πρωτεΐνες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κύριες ομάδες: α) συσταλτικές πρωτεΐνες, όπως η μυοσίνη, η ακτίνη, η τροπομυοσίνη, η τροπονίνη, η νεφελίνη, η τινίνη, β) σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες, οι οποίες περιλαμβάνουν μυοσφαιρίνη, αιμοσφαιρίνη και γ) πρωτεΐνες του συνδετικού ιστού, όπως το κολλαγόνο και η ελαστίνη (Lopez-Bote, 2017).

Μεταξύ των πρωτεϊνών που βρίσκονται σε αφθονία στο κρέας, οι μυϊκές πρωτεΐνες αντιπροσωπεύουν περίπου το 60%, κυρίως η μυοσίνη και η ακτίνη, ενώ οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες αποτελούν περίπου το 30% του συνόλου (Kauffman, 2001). Οι πρωτεΐνες των μυϊκών ινών και οι σαρκοπλασματικές πρωτεΐνες είναι πλούσιες σε απαραίτητα αμινοξέα, ενώ οι πρωτεΐνες του συνδετικού ιστού έχουν χαμηλή βιολογική αξία (Bloukas, 2007). Η περιεκτικότητα του κρέατος σε μη πρωτεϊνικό άζωτο είναι περίπου 1,6% (Lopez-Bote, 2017) και αξιοσημείωτα συστατικά περιλαμβάνουν γλουταθειόνη, ασρενίνη, κρεατίνη, καρνιτίνη, μεταξύ άλλων.

2.3 Υδατάνθρακες

Η περιεκτικότητα του κρέατος σε υδατάνθρακες είναι εξαιρετικά χαμηλή και αποτελεί περίπου το 1% του συνολικού βάρους του μυός (που κυμαίνεται από 0,5% έως 1,5%). Ο κύριος υδατάνθρακας που υπάρχει στο κρέας είναι το γλυκογόνο, το οποίο υφίσταται μια διαδικασία διάσπασης σε γλυκόζη και στη συνέχεια μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ μετά τη σφαγή του ζώου. Επιπλέον, το κρέας περιέχει άλλους τύπους υδατανθράκων, όπως γλυκόζη, ενδιάμεσα γλυκογόνου, διάφορους μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες και ετεροπολυσακχαρίτες όπως γλυκοπρωτεΐνες, γλυκολιπίδια και γλυκοζαμινογλυκάνες (Huff-Lonergan, 2010).

2.4 Λίπος

Η περιεκτικότητα του κρέατος σε λίπος μπορεί να ποικίλλει σημαντικά, ανάλογα με το είδος του ζώου και το συγκεκριμένο τμήμα του σφαγίου όπου βρίσκεται ο μυς. Στους άπαχους μυς, το λίπος αποτελείται κυρίως από ουδέτερα λιπαρά οξέα, τα οποία περιλαμβάνουν τριγλυκερίδια, πολικά λιπαρά οξέα που υπάρχουν στις κυτταρικές μεμβράνες και λιπαρά οξέα που προέρχονται από τους προαναφερθέντες τύπους (Lopez-Bote, 2017). Τα μονοακόρεστα και τα κορεσμένα λιπαρά οξέα αποτελούν την πλειοψηφία της σύνθεσης λιπαρών οξέων στους άπαχους μυς. Τα πιο άφθονα λιπαρά οξέα είναι το ελαϊκό (C18:1), το παλμιτικό (C16:0), το στεατικό (C18:0) και το λινολεϊκό οξύ (C18:2) (Lopez-Bote, 2017).

2.5 Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία

Το κρέας είναι μια εξαιρετικά ευεργετική πηγή βιταμινών, ιδιαίτερα εκείνων που ανήκουν στο σύμπλεγμα Β, καθώς και φυλλικού οξέος και βιοτίνης. Είναι, ωστόσο, χαμηλή σε λιποδιαλυτές βιταμίνες, όπως αναφέρουν οι Belitz et al. το 2006. Ανάμεσα στα κόκκινα κρέατα, μια μερίδα 100g παρέχει περίπου το 25% της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης ριβοφλαβίνης (B2), νιασίνης (B3), πυριδοξίνης (B6), παντοθενικού οξέος (B5) και τα δύο τρίτα της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης της βιταμίνης B12 (κυανοκοβαλαμίνη) (Williams, 2007). Το συκώτι είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε βιταμίνη Α και φυλλικό οξύ, ενώ ο άπαχος μυϊκός ιστός περιέχει ελάχιστες ποσότητες αυτών των βιταμινών (Williams, 2007). Επιπλέον, το κρέας είναι μια αξιοσημείωτη πηγή βιταμίνης D. Συγκεκριμένα η χοληκαλσιφερόλη (D3) και η 25-υδροξυχοληκαλσιφερόλη (25-OH D3) (Μπλούκας, 2007; Williams, 2007). Το βόειο κρέας και το αρνί αναγνωρίζονται ευρέως ως εξαιρετικές πηγές ιχνοστοιχείων, ιδιαίτερα καλίου, μαγνησίου, ψευδάργυρου, φωσφόρου, σελήνιο, μαζί με υψηλή

συγκέντρωση σιδήρου. Σε μια μερίδα 100 g, το άπαχο βοδινό κρέας προσφέρει ένα εντυπωσιακό 37% της συνιστώμενης ημερήσιας πρόσληψης σεληνίου, 26% ψευδαργύρου και 20% καλίου, όπως αναφέρεται από το USDA (Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών) (Pereira and Vicente, 2013).

Επιπλέον, το κρέας είναι ένας εξαιρετικός προμηθευτής εύκολα απορροφήσιμου σιδήρου λόγω της περιεκτικότητάς του σε σίδηρο αίμης, που κυμαίνεται από 50-60% (Higgs, 2000). Ο αιμικός σίδηρος υπάρχει στην αιμοσφαιρίνη και τη μυοσφαιρίνη και χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά ποσοστά απορρόφησης, που ενισχύονται περαιτέρω από την παρουσία πρωτεΐνης (Williams, 2007). Ανάμεσα στα διάφορα κρέατα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, το βοδινό κρέας ξεχωρίζει για το ότι έχει την υψηλότερη αναλογία αιμικού σιδήρου.

3 Κεφάλαιο. Το καπνιστό κρέας και η χημική του σύσταση

3.1 Το καπνιστό κρέας

Το καπνιστό κρέας αναφέρεται σε κρέας που έχει αρωματιστεί, μαγειρευτεί ή συντηρηθεί εκθέτοντας τον σε καπνό από υλικά που καίγονται ή σιγοκαίγονται, συνήθως ξύλο. Η διαδικασία του καπνίσματος του κρέατος περιλαμβάνει τόσο τον χημικό όσο και τον μικροβιολογικό μετασχηματισμό του κρέατος. Το κάπνισμα όχι μόνο προσδίδει μια μοναδική καπνιστή γεύση στο κρέας αλλά έχει επίσης επιπτώσεις στη χημική του σύνθεση και στο μικροβιακό φορτίο του (Pittia and Antonello, 2016). Η διαδικασία του καπνίσματος προκαλεί ένα μαγειρικό αποτέλεσμα, μειώνοντας την υγρασία και μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο στο κρέας. Αυτή η αργή διαδικασία μαγειρέματος επιτρέπει την ανάπτυξη πολύπλοκων γεύσεων και υφών στο κρέας. Ωστόσο, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τη χημική και μικροβιολογική ποιότητα του καπνιστού κρέατος για να διασφαλίσουμε την ασφάλειά του και να διατηρήσουμε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του (Pittia and Antonello, 2016).

Ο αρχικός σκοπός του καπνίσματος ήταν η παράταση της συντήρησης που επιτεύχθηκε με επιφανειακή ξήρανση με αντίστοιχη μείωση του a_w και εναπόθεση ή απορρόφηση αντιμικροβιακών μορίων, αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης και καθυστέρηση της οξείδωσης των λιπιδίων που προκαλείται από φαινολικές αντιοξειδωτικές ενώσεις στον καπνό. Ωστόσο, το κάπνισμα τροποποιεί επίσης το χρώμα, την υφή, το άρωμα και τη γεύση και έτσι βελτιώνει τη συνολική αισθητηριακή αποδοχή των τροφίμων. Ο καπνός είναι ένα πολύπλοκο σύστημα φάσης συνεχούς διασποράς ατμών που περιέχει στερεά σωματίδια και σταγονίδια υγρού νανομεγέθους. Έχουν προσδιοριστεί περισσότερες από 200 ενώσεις, των οποίων η παρουσία και η συγκέντρωση εξαρτάται από τον τύπο του ξύλου και από διάφορες παραμέτρους επεξεργασίας (Pittia and Antonello, 2016).



Εικόνα 3.1. Καπνιστό κρέας (Διαθέσιμο στο:

<https://www.bradleysmoker.com/blogs/articles-about-the-smoker/does-smoking-food-kill-bacteria>, εξακριβώθηκε 9 Νοεμβρίου 2023).

Τα πιο σημαντικά από αυτά για λόγους συντήρησης είναι η γουαϊακόλη, η ευγενόλη, η 4-μεθυλ γουαϊακόλη, η βανιλίνη, η φαινόλη, η 2,6-διμεθοξυφαινόλη, η 4-αιθυλγουαϊκόλη και η ο-, ρ- και η μ-κρεσόλη. Οι φαινολικές ενώσεις που προσροφούνται από τα τρόφιμα κατά την επεξεργασία είναι κυρίως υπεύθυνες για το μοναδικό άρωμα και τη γεύση των καπνιστών προϊόντων (π.χ. γουαϊακόλη). Ο σχηματισμός χρώματος στα καπνιστά προϊόντα οφείλεται στις χημικές και φυσικές δράσεις που συμβαίνουν κατά τη διαδικασία του καπνίσματος. Μεταξύ αυτών, οι πιο σημαντικές είναι η προσκόλληση των χρωστικών ενώσεων καπνού, ο πολυμερισμός και η οξείδωση των συστατικών του καπνού (π.χ στην επιφάνεια του φαγητού) (Pittia and Antonello, 2016).

3.2 Χημική σύνθεση καπνιστού κρέατος

Η χημική σύνθεση του καπνιστού κρέατος επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των βασικών συστατικών του ίδιου του κρέατος. Το κρέας, όπως αναλυτικά προαναφέρθηκε, αποτελείται κυρίως από νερό, πρωτεΐνες, λίπος και υδατάνθρακες (Plavsic et al., 2015). Κατά τη διαδικασία του καπνίσματος, συμβαίνουν αλλαγές στη χημική σύσταση του κρέατος. Οι ενώσεις που προκαλούνται από τη θερμότητα, όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), οι ετεροκυκλικές αμίνες και οι νιτροζαμίνες, σχηματίζονται και μπορούν να βρεθούν σε καπνιστά κρέατα (Iko Afe et al., 2021). Αυτές οι ενώσεις μπορεί να έχουν πιθανούς κινδύνους και μπορεί επηρεάζουν την ποιότητα και την ασφάλεια του καπνιστού κρέατος. Ωστόσο, η διαδικασία του καπνίσματος συμβάλλει επίσης στην ανάπτυξη της γεύσης και του αρώματος στο κρέας (Duma-Kocan et al., 2020). Οι χημικές ενώσεις του καπνού του ξύλου, όπως οι φαινόλες, τα οργανικά οξέα, οι αλκοόλες, τα καρβονύλια και οι ενώσεις αζώτου, παίζουν ρόλο στην προσθήκη ξεχωριστών γεύσεων και στην παράταση της διάρκειας ζωής του καπνιστού κρέατος. Επομένως, η χημική σύνθεση του καπνιστού κρέατος είναι αποτέλεσμα τόσο των εγγενών συστατικών του κρέατος όσο και των ενώσεων που παράγονται κατά τη διαδικασία του καπνίσματος (Lekahena and Jamin, 2018).

Εκτός από τη χημική σύνθεση, η μικροβιολογική ποιότητα του καπνιστού κρέατος είναι επίσης μια σημαντική πτυχή που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η ίδια η διαδικασία του καπνίσματος μπορεί να έχει αντιμικροβιακές επιδράσεις στο κρέας. Όταν το κρέας ωριμάζει και καπνίζεται κρύο, ο καπνός προσθέτει φαινόλες και άλλες χημικές ουσίες που διαθέτουν αντιμικροβιακές ιδιότητες, οι οποίες βοηθούν στην παράταση της διάρκειας ζωής του κρέατος. Ωστόσο, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι ακολουθούνται οι κατάλληλες τεχνικές καπνίσματος και πρακτικές υγιεινής για

την πρόληψη της ανάπτυξης επιβλαβών μικροοργανισμών. Επομένως, τόσο οι χημικές όσο και οι μικροβιολογικές πτυχές πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση της συνολικής ποιότητας του καπνιστού κρέατος (Indiarto et al., 2020).

Η χημική και μικροβιολογική ποιότητα του καπνιστού κρέατος αποτελεί αντικείμενο συνεχούς έρευνας. Έχουν διεξαχθεί μελέτες για τον προσδιορισμό της παρουσίας συγκεκριμένων ενώσεων, όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), σε προϊόντα καπνιστού κρέατος. Οι PAH είναι δυνητικά καρκινογόνες χημικές ουσίες και τα επίπεδά τους στο καπνιστό κρέας πρέπει να παρακολουθούνται και να ελέγχονται για να διασφαλιστεί η ασφάλεια των τροφίμων. Τα διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με την εμφάνιση PAH σε καπνιστά τρόφιμα παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Ο πρωταρχικός παράγοντας που συμβάλλει σε αυτήν την ασυνέπεια είναι η ποικιλία στις πρακτικές καπνίσματος (Fraqueza et al., 2020).

Αυτές οι παραλλαγές περιλαμβάνουν μια σειρά παραγόντων, όπως το συγκεκριμένο ξύλο που χρησιμοποιείται, τον τύπο της συσκευής καπνίσματος (είτε σε εσωτερικό είτε σε εξωτερικό χώρο), το επίπεδο οξυγόνου που υπάρχει, καθώς και τη διάρκεια και τη θερμοκρασία της διαδικασίας καπνίσματος (Fraqueza et al., 2020). Η διαδικασία του καπνίσματος μπορεί να παράγει διάφορα χημικά συστατικά, όπως αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, φαινόλες, αμίνες, πίσσα και ρητίνη κρεσόλης. Η κατανόηση της σύνθεσης και των πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με αυτές τις ενώσεις είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας του καπνιστού κρέατος. Η συνεχιζόμενη έρευνα στοχεύει να διερευνήσει περαιτέρω τον αντίκτυπο του καπνίσματος στις χημικές και μικροβιολογικές ιδιότητες του κρέατος, οδηγώντας σε προόδους στις τεχνικές καπνίσματος και κατευθυντήριες γραμμές για

την παραγωγή προϊόντων καπνιστού κρέατος υψηλής ποιότητας (Fraqueza et al., 2020).

4 Κεφάλαιο. Τεχνικές καπνίσματος

4.1 Γενικά

Η τεχνική καπνίσματος βασίζεται στην έκθεση των τροφίμων στον καπνό που εκπέμπεται από την ατελή καύση πριονιδιού ή ρινίσματα από σκληρά ξύλα. Η παραδοσιακή και ανεξέλεγκτη μέθοδος καπνίσματος τροφίμων μέσω καύσης βιομάζας έχει βελτιωθεί και στη συνέχεια καθιερωθεί σε ορισμένες σύγχρονες ανεπτυγμένες χώρες. Η τεχνική έχει βελτιωθεί προοδευτικά ανάλογα με τη θέση του προϊόντος σε σχέση με τη φωτιά και την τροποποίηση του χρόνου και της θερμοκρασίας έκθεσης. Ωστόσο, οι σύγχρονες τεχνικές εξακολουθούν να θεωρούνται πολύ ακριβές για χρήση σε ορισμένους τομείς και αναπτυσσόμενες χώρες (Vaz-Velho et al., 2003; Woods, 2003).

Οι μέθοδοι και οι τεχνικές καπνίσματος τροφίμων έχουν ταξινομηθεί και περιγράφει σε αρκετές μελέτες ανάλογα με τη θερμοκρασία του καπνού, τη θέση παραγωγής καπνού σε σχέση με τη θέση του τροφίμου και τη συσκευή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή καπνού (Vaz-Velho et al., 2003; Woods, 2003) . Σε αυτό το κεφάλαιο, οι διάφορες μέθοδοι καπνίσματος ταξινομούνται σε δύο κύριες ομάδες: το άμεσο και το έμμεσο κάπνισμα.

Στην ταξινόμηση του άμεσου καπνίσματος, η βασική διάκριση μεταξύ κρύου και ζεστού καπνίσματος που περιγράφεται ακολούθως έγκειται στην κατάσταση του φαγητού κατά τη διαδικασία του καπνίσματος. Σε αντίθεση με το ζεστό κάπνισμα, όπου το φαγητό μαγειρεύεται παντού, το κρύο κάπνισμα διατηρεί το φαγητό ωμό. Ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος και την επιθυμητή τελική ποιότητα και σταθερότητα, το κάπνισμα πραγματοποιείται σε χαμηλές (15–25°C, κρύο κάπνισμα) και υψηλές (50–85°C, ζεστό κάπνισμα) θερμοκρασίες. Τα περισσότερα καπνιστά προϊόντα υποβάλλονται αρχικά σε ωρίμανση, συμπεριλαμβανομένου του αλατίσματος

και/ή της ξήρανσης (π.χ. καπνιστά ζαμπόν ξηρής ωρίμανσης, PGI Prosciutto di Sauris), μπέικον ξηρής ωρίμανσης και καπνιστό, καπνιστός σολομός) (Pittia and Antonello, 2016).

4.2 Άμεσο κάπνισμα

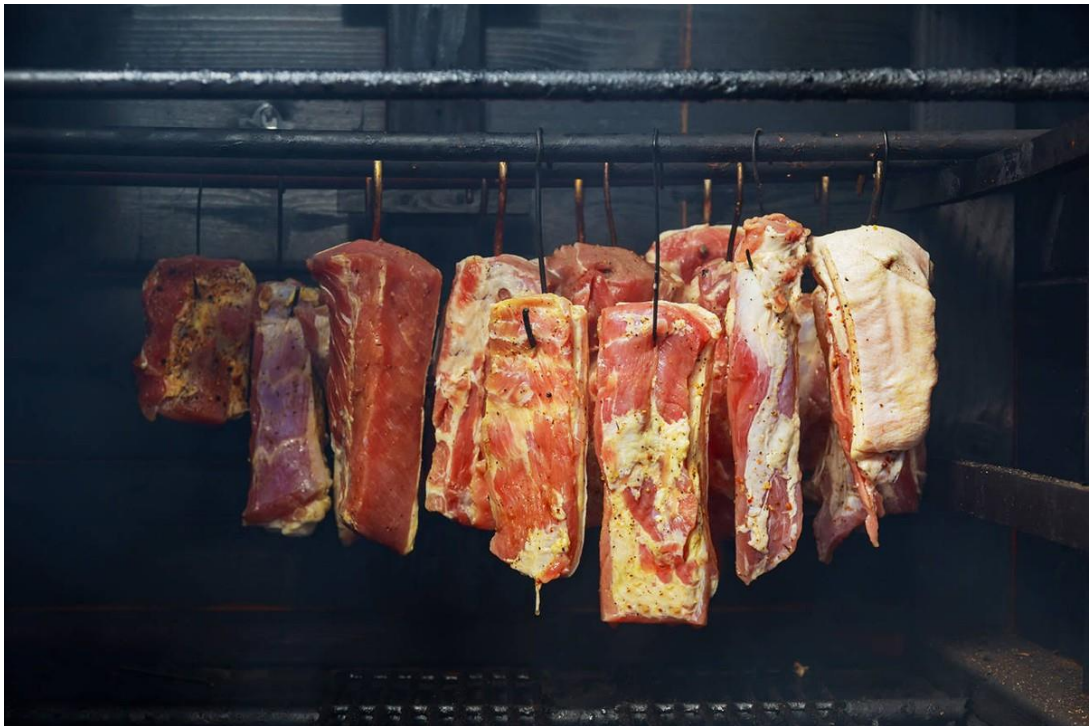
Κατά το άμεσο κάπνισμα, παράγεται καπνός στον ίδιο θάλαμο όπου γίνεται η επεξεργασία του κρέατος. Οι μέθοδοι άμεσου καπνίσματος χρησιμοποιούν κυρίως παραδοσιακές τεχνικές. Η παραδοσιακή μέθοδος καπνίσματος συνίσταται στην άμεση θερμική αποικοδόμηση του ξύλου για την παραγωγή καπνού. Αυτός ο ορισμός μπορεί να επεκταθεί, καθώς άλλα είδη καυσίμων χρησιμοποιούνταν εσφαλμένα στο παρελθόν σε όλο τον κόσμο. Στην πραγματικότητα, οι άνθρωποι συνήθιζαν να καίνε κάθε είδος απορριμμάτων στις φωτιές για να παράγουν καπνό, όπως υπολείμματα φαγητού (κοχύλια καρύδας, στάχυα, κουκούτσια φρούτων κ.λπ.) ακόμη και εφημερίδες ή έπιπλα (ξύλο επεξεργασμένο με μπογιά). Αν δεν χρησιμοποιηθεί το σωστό καύσιμο, σχηματίζονται διάφορες ανθυγιεινές ενώσεις, ιδιαίτερα οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH). Οι μέθοδοι άμεσου καπνίσματος μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη θερμοκρασία του καπνού (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

4.2.1 Παραδοσιακό κρύο κάπνισμα

Κατά το κρύο κάπνισμα καίγονται ξύλα και παράγεται καπνός. Τα προϊόντα κρέατος κρέμονται από ράφια τοποθετημένα πάνω από την εστία, που βρίσκονται σε ψητό πάτωμα από το οποίο περνάει ο καπνός. Οι θάλαμοι καπνίσματος είναι συνήθως μεγάλοι. Όταν τελειώσει η καύση, η φωτιά δεν αναφύεται ή διαταράσσεται με κανέναν τρόπο και ο καπνός κρυώνει. Σύμφωνα με διάφορους συγγραφείς, η απαιτούμενη θερμοκρασία σε ένα θάλαμο καπνίσματος για την επίτευξη συνθηκών

κρύου καπνίσματος θα πρέπει να είναι κάτω από 20 °C, μεταξύ 15 και 25 °C ή κάτω από 30 °C (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Μέσα σε αυτό το εύρος θερμοκρασίας, το φαγητό απορροφά τη γεύση του καπνού ενώ διατηρεί την υγρασία του. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το κρύο κάπνισμα δεν μαγειρεύει το φαγητό, επομένως είναι σημαντικό να προηγείται ωρίμανση των κρεάτων, πριν υποβληθούν σε αυτή τη διαδικασία. Για να επιτευχθεί η βέλτιστη απορρόφηση της γεύσης, το αντικείμενο συχνά κρεμιέται σε ξηρό περιβάλλον και καπνίζεται κρύο για αρκετές ημέρες. Τα ωμά ζαμπόν, τα μη επεξεργασμένα προϊόντα που έχουν υποστεί θερμική ζύμωση, όπως το σαλάμι και άλλα προϊόντα με γέμιση κρέατος, όπως το chorizo, παράγονται συνήθως με κρύο κάπνισμα (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).



Εικόνα 4.1. Το κρέας μπορεί αρχικά να κρεμαστεί για να σχηματίσει ένα στρώμα πρωτεΐνης στην επιφάνεια, μετά το οποίο καπνίζεται για διάρκεια που κυμαίνεται από 1 έως 24 ώρες.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα κρύα καπνιστά τρόφιμα μπορούν να ψηθούν στη σχάρα, στον ατμό ή να σοταριστούν πριν από την κατανάλωση. Μια απλή και ασφαλής μέθοδος για το κάπνισμα τροφίμων περιλαμβάνει τη χρήση μεταλλικών κυλίνδρων που έχουν οπές αέρα, επιτρέποντας στον καπνό να το διαπεράσει. Τόσο το φαγητό όσο και τον κύλινδρο τοποθετούνται μέσα σε έναν καθορισμένο θάλαμο, ο οποίος στη συνέχεια γεμίζεται με σφαιρίδια ξύλου. Μόλις τα σφαιρίδια αναφλεγούν, ο θάλαμος σφραγίζεται, με αποτέλεσμα μια απολαυστική έγχυση καπνιστή γεύση στο φαγητό (Εικόνα 4.2) (Pittia and Antonello, 2016).



Εικόνα 4.2. Κρύο κάπνισμα με μεταλλικούς κυλίνδρους

4.2.2 Παραδοσιακό ζεστό κάπνισμα

Το θερμό κάπνισμα είναι μια μαγειρική τεχνική που περιλαμβάνει την υποβολή των τροφίμων σε ελεγχόμενο καπνό και θερμότητα. Αυτό γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας φούρνο καπνιστών ή καπνιστήριο. Για να επιτευχθεί το ζεστό κάπνισμα, χρησιμοποιείται ένας καπνιστής, ο οποίος παράγει θερμότητα μέσω μιας

βάσης με κάρβουνο, ενός θερμαντικού στοιχείου μέσα στον καπνιστή ή μιας εστίας ή φούρνου. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας του ζεστού καπνίσματος, το φαγητό καπνίζεται, μαγειρεύεται ταυτόχρονα και εμποτίζεται με τη γεύση του καπνού του ξύλου. Παρόμοια με το κρύο κάπνισμα, το φαγητό μπορεί αρχικά να κρεμαστεί για να σχηματίσει ένα στρώμα πρωτεΐνης στην επιφάνεια, μετά το οποίο καπνίζεται για διάρκεια που κυμαίνεται από 1 έως 24 ώρες .



Εικόνα 4.3. Κρέας που κρέμεται μέσα σε χώρο καπνισμού στην Ελβετία

(https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AC%CF%80%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B1_%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%BC%CF%89%CE%BD, εξακριβώθηκε 9 Νοεμβρίου 2024).

Ενώ τα καπνιστά τρόφιμα συχνά επαναθερμαίνονται ή μαγειρεύονται περαιτέρω, είναι γενικά ασφαλή να καταναλωθούν χωρίς επιπλέον μαγείρεμα. Κατά το παραδοσιακό ζεστό κάπνισμα, ο θάλαμος θερμαίνεται με την καύση του ξύλου σε

μια διαδικασία παρόμοια με έναν τυπικό παλιό φούρνο ψησίματος. Μόλις τοποθετηθεί μέσα στο θάλαμο, το κρέας θερμαίνεται και στεγνώνει με χόβολα καμένου ξύλου. Στη συνέχεια εισάγεται πριονίδι στον θάλαμο και η φωτιά αναζωπυρώνεται με σκοπό την παραγωγή μεγάλης ποσότητας καπνού (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017). Θερμοκρασίες 130 °C στον καπνό και 80 °C στο κρέας απαιτούνται στο ζεστό κάπνισμα, αν και ορισμένοι συγγραφείς καθορίζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και πιο συγκεκριμένα μεταξύ 55 και 80 °C (Woods, 2003). Όταν η θερμοκρασία κατά το κάπνισμα ξεπερνά τους 185 °F (85 °C), υπάρχει κίνδυνος υπερβολικής συρρίκνωσης, σπασίματος ή σχίσματος του φαγητού. Επιπλέον, το κάπνισμα σε υψηλές θερμοκρασίες έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του φαγητού, καθώς έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση τόσο της υγρασίας όσο και του λίπους.

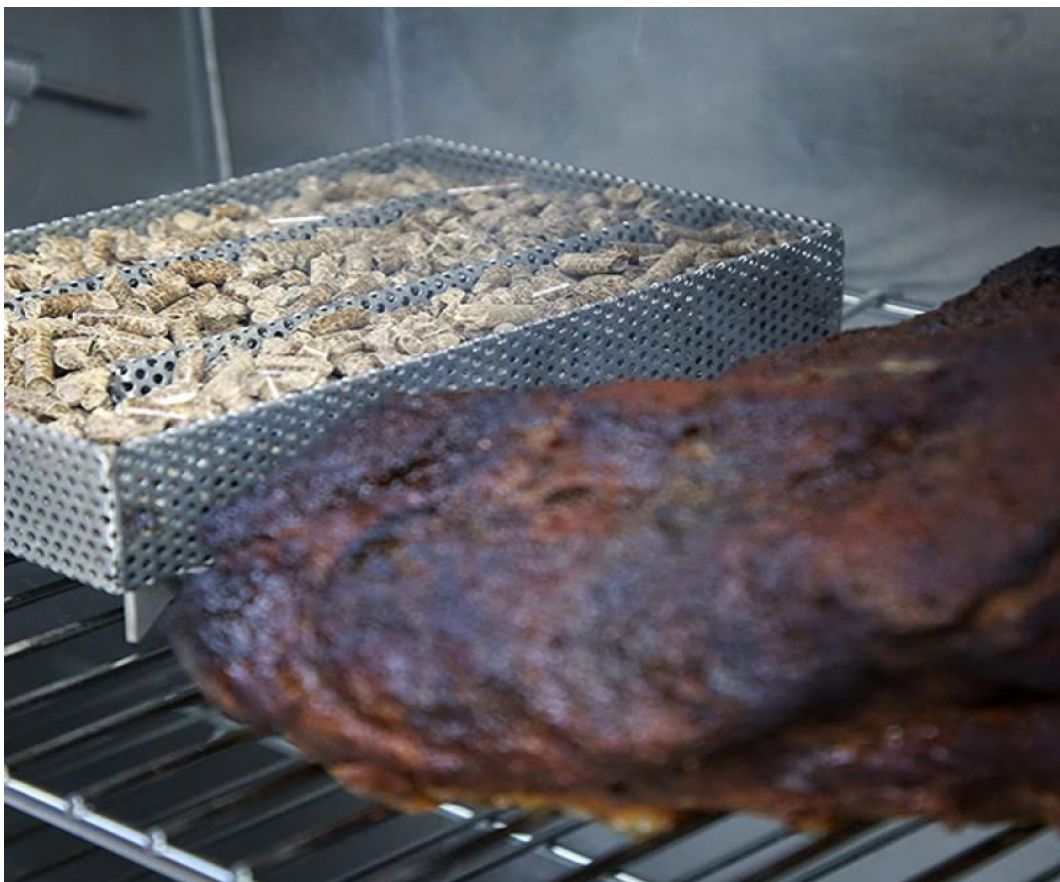


Εικόνα 4.4. Ψήσιμο με καπνό

Ο όρος "ψήσιμο καπνού" περιλαμβάνει οποιαδήποτε μέθοδο μαγειρέματος που συνδυάζει στοιχεία ψησίματος και καπνίσματος. Αυτή η τεχνική μπορεί να

χρησιμοποιηθεί σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως καπνιστή, κλειστό ξυλόφουρνο ή μπάρμπεκιου, εφόσον η συσκευή μαγειρέματος μπορεί να επιτύχει θερμοκρασίες άνω των 120 °C. Εναλλακτικά, μπορεί να επιτευχθεί σε συμβατικό φούρνο τοποθετώντας ένα δίσκο γεμάτο με ροκανίδια σκληρού ξύλου στο πάτωμα του φούρνου, επιτρέποντάς τους να σιγοβράσουν και να δημιουργήσουν ένα γευστικό «λουτρό καπνού»

Επιπλέον, μία από τις πιο ευρέως αναγνωρισμένες τεχνικές για το κάπνισμα τροφίμων περιλαμβάνει τη χρήση κουτιού καπνίσματος. Αυτό το κουτί τοποθετείται συνήθως μέσα στον κρύο θάλαμο της ψησταριάς, είτε πάνω από τις αντιφλογικές σχάρες είτε απευθείας στη σχάρα δίπλα στο φαγητό .



Εικόνα 4.5. Κάπνισμα με κουτί καπνίσματος

4.3 Έμμεσο κάπνισμα

Το έμμεσο κάπνισμα περιλαμβάνει μια σειρά από νέες μεθόδους που συμβάλλουν στη μείωση της μόλυνσης των προϊόντων κρέατος με PAH. Αυτά συνοψίζονται παρακάτω.

4.3.1 Καπνός που παράγεται από γεννήτρια τριβής

Οι πρωτόγονες φυλές παρήγαγαν καπνό κατά την ανακάλυψη της φωτιάς μέσω της αδιάκοπης τριβής του ξύλου στο ξύλο. Αυτό μπορεί κάλλιστα να έδωσε την έμπνευση για μεθόδους παραγωγής καπνού τριβής. Αυτή η τεχνική για την παραγωγή καπνού αναπτύχθηκε για πρώτη φορά ως σύγχρονη τεχνολογία από τους Rasmussen και Rasmussen (1961, όπ. αναφ. στους Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017) και προστατεύτηκε από το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ.

Από τότε έχουν παρουσιαστεί νέα μοντέλα. Σήμερα, οι θάλαμοι καπνίσματος έχουν σχεδιαστεί για να ελέγχουν όλα τα στάδια επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένης της προθέρμανσης και του κοκκινίσματος, της δημιουργίας καπνού από τριβή, της εκκένωσης καπνού και της ξήρανσης. Αυτά τα βήματα επαναλαμβάνονται σε κύκλους, ο αριθμός και η διάρκεια των οποίων εξαρτάται από τον τύπο του προϊόντος κρέατος. Οι τυπικές τιμές παραγωγής καπνού είναι διαστήματα 20 δευτερολέπτων συνεχούς τριβής ενός οδοντωτού τροχού με ξύλο που ακολουθείται από μια παύση μεταξύ 70 και 175 δευτερολέπτων. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ένα εύρος θερμοκρασίας μεταξύ 180 και 380 °C αναφέρεται από τους Varlet et al. (2007).

Σύμφωνα με τους Pöhlmann et al. (2013), τα λουκάνικα τύπου Frankfurter εκτίθενται σε κοκκίνισμα για 10 λεπτά στους 52 °C, ξήρανση για 12 λεπτά στους 56 °C και κάπνισμα τριβής για 26-40 ώρες, ακολουθούμενο από ένα τελικό στάδιο «ζεμάτισμα» στους 75 °C για 25 λεπτά. Με την παραγωγή καπνού τριβής, ο χρόνος λειτουργίας και οι απαιτήσεις σε ξύλο μειώνονται και η παραγωγή ελέγχεται και

βελτιστοποιείται. Επιπλέον, η ασφάλεια της βιομηχανίας κρέατος αυξάνεται, καθώς η παραγωγή ΡΑΗ είναι πολύ χαμηλή, η υγεία των εργαζομένων βελτιώνεται με την πρόληψη των κινδύνων πυρκαγιάς, οι απώλειες βάρους του προϊόντος μειώνονται, η γεύση του προϊόντος ενισχύεται αποφεύγοντας την απόκρυψη της γεύσης των συστατικών. Η διάρκεια ζωής και η ποιότητα του προϊόντος είναι κατάλληλες και καθίσταται δυνατή η τυποποίηση και η ομογενοποίηση του προϊόντος (Pöhlmann et al., 2013).



Εικόνα 4.6. Γεννήτρια καπνού τριβής (Διαθέσιμο στο:

<https://www.mauting.com/en/products/smoke-generators/1213426-friction-smoke-generator-vkt-p.html>, εξακριβώθηκε 7 Ιανουαρίου 2024).

4.3.2 Παραγωγή υγρού καπνού

Ο υγρός καπνός αποτελεί φυσικό υποπροϊόν της καύσης του ξύλου και δημιουργείται πραγματικά από καπνό. Τα πριονίδια από σκληρά ξύλα καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες δημιουργώντας τα βασικά καυσαέρια της φωτιάς, δηλαδή τον καπνό και τον ατμό. Η φωτιά παράγει νερό με τη μορφή ατμού και αυτός ο ατμός, που συμπυκνώνεται μέσω ενός ψυχρού σωλήνα, αιχμαλωτίζει τον καπνό. Αυτό το υγρό που προκύπτει συμπυκνώνεται και εν συνεχεία φιλτράρεται από την αιθάλη και την τέφρα. Το υγρό που προκύπτει δέχεται περαιτέρω συμπύκνωση προκειμένου να πετύχει η πιο δυνατή γεύση. Εφευρέθηκε από τον Ernest H. Wright, ο οποίος, ως έφηβος, παρατήρησε ότι ένα μαύρο υγρό έσταζε από τη σόμπα που ζέσταινε το τυπογραφείο στο οποίο δούλευε. Χρόνια αργότερα, όταν έγινε χημικός, συνειδητοποίησε ότι αυτό το φαινόμενο συνέβη διότι ο καπνός είχε έρθει σε επαφή με κρύο αέρα. Πειραματίστηκε με την καύση του ξύλου και διαπίστωσε ότι συμπυκνώνοντας τον καυτό καπνό σχηματιζόταν ένα υγρό με γεύση καπνού. Το Wright's Liquid Smoke παρουσιάστηκε το 1895 και πωλείται ακόμα και σήμερα. Το άρωμα καπνού πωλείται έτοιμο στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία γεύσεων και αρωμάτων και χρησιμοποιείται για να δώσει καπνιστή γεύση χωρίς μαγείρεμα σε καπνιστήριο (Šimko, 2017).

Έτσι, η ανάπτυξη των αρωμάτων καπνού χρονολογείται από τα τέλη του 19ου αιώνα. Αναπτύχθηκαν με στόχο να αντικαταστήσουν την παραδοσιακή διαδικασία καπνίσματος (Theobald et al., 2012). Το διάγραμμα ροής της τυπικής παραγωγής υγρού καπνού έχει περιγραφεί από τους Lingbeck et al. (2014). Στις μέρες μας, ο υγρός καπνός παράγεται από τη συμπύκνωση καπνού ξύλου που σχηματίζεται από την ελεγχόμενη, ελάχιστη πυρόλυση οξυγόνου πριονιδιού ή ροκανιδιών. Το ξύλο τοποθετείται σε μεγάλες αποδοχές όπου εφαρμόζεται έντονη θερμότητα, με

αποτέλεσμα το ξύλο να σιγοκαίει (δεν καίγεται), απελευθερώνοντας τα αέρια που φαίνονται στον συνηθισμένο καπνό. Αυτά τα αέρια ψύχονται γρήγορα σε συμπυκνωτές, υγροποιώντας έτσι τον καπνό, και στη συνέχεια ο υγρός καπνός αναγκάζεται μέσα από κάδους διύλισης και στη συνέχεια φιλτράρεται για να αφαιρεθούν οι τοξικές και καρκινογόνες ακαθαρσίες που περιέχουν PAH. Τέλος, το υγρό παλαιώνεται για ωρίμανση (Lingbeck et al., 2014).



Εικόνα 4.7. Συσκευή εφαρμογής υγρού καπνού

(https://marlen.com/post_products/afoheat-liquid-smoke-applicator-mini/, εξακριβώθηκε 4

Ιανουαρίου 2024).

Ένα γενικό σχήμα για την παρασκευή ενός υγρού καπνού χωρίς PAH περιγράφηκε από τον Ahmad (2003). Η χρήση του θεωρείται πιο υγιεινή από τη χρήση καπνού που λαμβάνεται με τον παραδοσιακό τρόπο. Ωστόσο, η πιθανότητα ευρύτερων εφαρμογών αρωμάτων καπνιστών σε σύγκριση με το συμβατικό κάπνισμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις αξιολογήσεις ασφάλειας (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R2065&from=EN>, εξακριβώθηκε στις 9 Νοεμβρίου 2023).

4.3.3 Ηλεκτροστατικό κάπνισμα

Σε αυτό το είδος καπνίσματος, το προϊόν τοποθετείται σε μια συνεχή σήραγγα ανάμεσα σε ηλεκτροφόρα καλώδια που φορτίζονται μεταξύ 20 και 60 kV. Ο καπνός που διέρχεται από αυτό το σύστημα φορτίζεται ανάλογα με τη φάση του (ο καπνός είναι σύστημα δύο φάσεων, σωματιδίων και ατμών) και τα συστατικά του καπνού μπορούν να καθιζάνουν στην αντίθετα φορτισμένη επιφάνεια του τροφίμου (Woods, 2003).

Αν και το ηλεκτροστατικό κάπνισμα χρησιμοποιείται ευρέως, η κίνηση αερίων και υγρών στους θαλάμους καπνίσματος έχει μελετηθεί ελάχιστα (Pinilla et al., 1984). Για να εξασφαλιστεί η καθίζηση των συστατικών του καπνού στην επιφάνεια του προϊόντος, το στάδιο του καπνίσματος ακολουθείται συνήθως από υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία βοηθά στην αποφυγή μόλυνσης των τροφίμων με PAH (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).



Εικόνα 4.8 Ηλεκτροστατικό κάπνισμα (<https://en-n.decorexpro.com/koptilnya/elektrostaticheskaya/>, εξακριβώθηκε 4 Ιανουαρίου 2024).

4.3.4 Άλλες τεχνολογίες παραγωγής καπνού

Άλλες γνωστές τεχνολογίες παραγωγής καπνού περιλαμβάνουν γεννήτριες ατμού. Ο καπνός ατμού παράγεται περνώντας υπερθερμασμένο ατμό μέσα από κομμένο ξύλο, προκαλώντας πυρόλυση. Ο καπνός που προκύπτει περνά μέσα από τον θάλαμο καπνίσματος, ψύχεται στους 80 °C (Toth and Potthast, 1984). Σύμφωνα με τον Muller (1982, όπ. αναφ. στους Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017), η θερμοκρασία παραγωγής καπνού ατμού κυμαίνεται μεταξύ 450 και 650 °C. Μια γεννήτρια καπνού ρευστοποίησης επιτρέπει την πυρόλυση των ρινισμάτων ξύλου που

αιωρούνται στον αέρα που έχει προηγουμένως θερμανθεί στους 300-400°C. Η πυρόλυση πραγματοποιείται μέσα σε ένα θάλαμο αντίδρασης και ο καπνός και τα στερεά σωματίδια διαχωρίζονται κατά τη διέλευση μέσω ενός ραφινάρισματος κυκλώνων (Toth and Potthast, 1984).



Εικόνα 4.9. Γεννήτρια καπνού ατμού

(<https://www.mauting.com/en/products/smoke-generators/1213427-1213427-steam-smoke-generator-vkp-p.html>, εξακριβώθηκε 12 Δεκεμβρίου 2023).

Τα συστήματα παραγωγής καπνού σιγοκαίματος, ατμού και αφής για την παραγωγή λουκάνικων τύπου Frankfurter περιγράφονται λεπτομερώς από τους Pöhlmann et al. (2013). Σε αυτές τις τεχνολογίες, οι συνθήκες καπνίσματος είναι εξαιρετικά ελεγχόμενες και βελτιστοποιημένες, συμπεριλαμβανομένων των

διαφορετικών πυκνοτήτων καπνού (ελαφρύ, μεσαίο και έντονο), θερμοκρασίες παραγωγής καπνού (που κυμαίνονται μεταξύ 300 και 520 °C), ταχύτητες αναπνευστήρα (750, 1500 και 3000 rpm) και χρόνους έκθεσης στον καπνό (από 3 έως 40 λεπτά). Ο έλεγχος των συνθηκών καπνίσματος σε αυτές τις τεχνολογίες παραγωγής καπνού επιτρέπει την πρόληψη της τελικής μόλυνσης των προϊόντων κρέατος με PAH (Pöhlmann et al., 2013).

5 Κεφάλαιο. Επιπτώσεις των μεθόδων κάπνισης στο κρέας

5.1 Σύνθεση καπνού

Οι επιπτώσεις του καπνίσματος στα τρόφιμα καθορίζονται από τη σύνθεση του καπνού. Ο καπνός που χρησιμοποιείται στην παραγωγή τροφίμων αποτελείται από ένα εναιώρημα στερεών σωματιδίων σε μια αέρια φάση αέρα, οξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του άνθρακα, υδρατμών, μεθανίου και άλλων αερίων, που συνθέτουν ένα αεροζόλ (Woods, 2003). Το μέγεθος αυτών των σωματιδίων κυμαίνεται γενικά μεταξύ 0,2 και 0,4 mm και το συνολικό εύρος είναι από 0,05 έως 1 mm. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του καπνού είναι ο τύπος του ξύλου, η θερμοκρασία καύσης του ξύλου, η ποσότητα των διαθέσιμων υδρατμών (ή η υγρασία του καπνιστηρίου), η ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει, η επίδραση του ρυθμού ροής αέρα και ο χρόνος καπνίσματος (Woods, 2003).

Η επιλογή του ξύλου που χρησιμοποιείται για το κάπνισμα παίζει καθοριστικό ρόλο στον επηρεασμό της γεύσης του καπνιστού κρέατος. Διαφορετικοί τύποι ξύλου, μπορούν να προσδώσουν ξεχωριστές γεύσεις στο κρέας. Για παράδειγμα, το ξύλο hickory είναι γνωστό για την έντονη και καπνιστή γεύση του, ενώ το applewood προσφέρει μια πιο γλυκιά και φρουτώδη γεύση (Arshad et al., 2018). Ο τύπος του ξύλου που χρησιμοποιείται πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά για να συμπληρώνει το κρέας και να επιτυγχάνει το επιθυμητό γευστικό προφίλ. Επιπλέον, η ποιότητα και η περιεκτικότητα σε υγρασία του ξύλου μπορεί επίσης να επηρεάσει την ένταση και τη συνοχή του καπνού που παράγεται, επηρεάζοντας περαιτέρω τη γεύση του καπνιστού κρέατος.

Οι συνθέσεις καπνού που λαμβάνονται από διάφορους τύπους ξύλου έχουν περιγραφεί λεπτομερώς από τους Stumpe-Vīksna et al. (2008). Μερικά από τα κύρια συστατικά των συμπυκνωμάτων καπνού φαίνονται στον Πίνακα 5.1 (Ahmad, 2003).

Πίνακας 5.1. Σύνθεση συμπυκνώματος καπνού (Ahmad, 2003)

Fraction	Percentage of the Whole Condensate
Formaldehyde	0.12
Aldehydes of higher molecular weight	0.57
Ketones	0.67
Formic acid	0.38
Acetic acid and acids of higher molecular weight	1.71
Methanol	0.96
Tar	4.81
Phenols	0.07
Residue	4.21
Water	82.42
Total	95.92
Extracts from activated charcoal	4.08

Η θερμοκρασία και η διάρκεια της διαδικασίας καπνίσματος είναι κρίσιμοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη χημική και μικροβιολογική ποιότητα του καπνιστού κρέατος. Η θερμοκρασία είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας και τα συστατικά του ξύλου, η ημικυτταρίνη, η κυτταρίνη και η λιγνίνη, αντιδρούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες (Ahmad, 2003; Woods, 2003). Στον καπνό του ξύλου έχουν εντοπιστεί έως και 1100 χημικές ενώσεις (Wilms, 2000), οι οποίες μπορεί να περιέχουν πάνω από 400 πτητικά συστατικά, που περιλαμβάνουν 48 οξέα, 22 αλκοόλες, 131 καρβονύλια, 22 εστέρες, 46 φουράνια, 16 λακτόνες και 75 φαινόλες (Woods, 2003).

Η διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας καπνίσματος είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι το κρέας φτάνει σε μια ασφαλή εσωτερική θερμοκρασία για να σκοτώσει τυχόν επιβλαβή βακτήρια. Επιπλέον, η διάρκεια του καπνίσματος μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των επιθυμητών γεύσεων και τη συνολική ποιότητα του κρέατος. Το υπερβολικό κάπνισμα μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική καπνιστή γεύση και δυνητικά να κάνει το κρέας να γίνει ξηρό και σκληρό (Pittia and Antonello, 2016).

Ο καπνός περιέχει περίπου 20 ομάδες χημικών ενώσεων. Ωστόσο, αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες ομάδες ανάλογα με τις επιθυμητές ή ανεπιθύμητες επιδράσεις τους στο τελικό προϊόν. Οι επιθυμητές ενώσεις είναι υπεύθυνες για την καλή συντήρηση και αρωματισμό των τροφίμων και οι ανεπιθύμητες ενώσεις είναι υπεύθυνες για ανησυχίες σχετικά με την τοξικότητα των καπνιστών τροφίμων (Ahmad, 2003; Woods, 2003). Αυτές οι επιπτώσεις του καπνίσματος περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.

5.2 Συντήρηση

Εκτός από τις αισθητηριακές πτυχές, το κάπνισμα μπορεί επίσης να έχει αντίκτυπο στη θρεπτική αξία και τη διάρκεια ζωής των καπνιστών προϊόντων κρέατος. Το κάπνισμα έχει βρεθεί ότι έχει αντιμικροβιακά αποτελέσματα, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της ασφάλειας και στην παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων κρέατος (Ursachi, Perța-Crișan and Munteanu, 2020). Η διαδικασία του καπνίσματος μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη ορισμένων μικροοργανισμών, μειώνοντας τον κίνδυνο αλλοίωσης και τροφιμογενών ασθενειών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διατροφική σύνθεση του καπνιστού κρέατος μπορεί να αλλοιωθεί λόγω της διαδικασίας καπνίσματος (Gómez et al., 2020). Ορισμένα θρεπτικά συστατικά, όπως βιταμίνες και αντιοξειδωτικά, μπορεί να χαθούν μερικώς κατά το κάπνισμα. Ωστόσο, το καπνιστό κρέας παραμένει μια δημοφιλής επιλογή για τη μοναδική του γεύση και την εκτεταμένη διάρκεια ζωής του (Iko Afe et al., 2021).

Οι διαδικασίες κρύου και ζεστού καπνίσματος έχουν διαφορετικούς στόχους και επιπτώσεις στην ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων. Το κάπνισμα σε συνδυασμό με τη θερμότητα (π.χ. μπέικον, καπνιστό λουκάνικο, ιταλικό wurstel) προκαλεί μαγειρικό αποτέλεσμα, μειώνει την υγρασία, μειώνει το μικροβιακό φορτίο

και, ανάλογα με τις συνθήκες της διαδικασίας, μπορεί να ευνοήσει κάποια ωρίμανση προάγοντας την ενζυματική δράση. Το κρύο κάπνισμα χρησιμοποιείται κυρίως για γεύση και για παράταση της διάρκειας ζωής λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών επιδράσεων των ενώσεων καπνού. Σε ορισμένες περιοχές, όπως η κεντρική και βόρεια Ευρώπη, το κάπνισμα ξύλου χρησιμοποιείται ευρέως, ιδιαίτερα για κρέατα και ψάρια, ενώ σε άλλες χώρες μόνο συγκεκριμένα τρόφιμα καπνίζονται ελαφρά (π.χ. καπνιστός σολομός, καπνιστό λουκάνικο). Σε αυτή την περίπτωση, το κάπνισμα μπορεί να ασκήσει μόνο βακτηριοστατική δράση που εξαρτάται από έναν συνδυασμό συγκεντρώσεων φαινολικών ενώσεων και άλλων εμποδίων, όπως το αλάτι, για συντήρηση (Tocmo et al., 2014).

Από την άλλη πλευρά, στο κρύο κάπνισμα, οι θερμοκρασίες είναι συχνά πολύ χαμηλές για να επιτευχθεί αδρανοποίηση σημαντικών τροφιμογενών παθογόνων, όπως η *Listeria monocytogenes*. Έτσι, η εμφάνιση και ανάπτυξη του *L. monocytogenes* σε έτοιμα προς κατανάλωση ψάρια αντιπροσωπεύει μια σημαντική ανησυχία για την ασφάλεια των τροφίμων, που τεκμηριώνεται από πολυάριθμα κρούσματα και ανακλήσεις προϊόντων (Tocmo et al., 2014).

Στα ελαφρώς καπνιστά κρέατα, υπάρχει μια σαφής τάση για μείωση της περιεκτικότητας σε λιπαρά και αλάτι, αφαιρώντας τα συντηρητικά από το προϊόν, διατηρώντας παράλληλα την ίδια διάρκεια ζωής στο ψυγείο, η οποία μπορεί να υποστεί θερμική κατάχρηση. Για τον έλεγχο της εμφάνισης *L. monocytogenes* σε αυτά τα προϊόντα, πρέπει επίσης να εφαρμοστούν ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα μέτρα (Pittia and Antonello, 2016):

- ✓ Μείωση της διάρκειας ζωής
- ✓ Χρήση ενδείξεων χρόνου και θερμοκρασίας για την αποφυγή θερμικής κατάχρησης

- ✓ Αντιμικροβιακή συσκευασία
- ✓ Βιοσυντήρηση τροφίμων από φυσικές ενώσεις που υπάρχουν στα τρόφιμα

Η συντήρηση ήταν ο κύριος στόχος του καπνίσματος τροφίμων για το μεγαλύτερο μέρος της ιστορίας του, πριν από την καθιέρωση της ψυκτικής αλυσίδας, και εξακολουθεί να είναι ο κύριος στόχος σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες (Vaz-Velho et al., 2003). Όπως προαναφέρθηκε, το κύριο συστατικό του καπνού είναι το νερό, αλλά ο λόγος για την ικανότητα διατήρησης της διαδικασίας καπνίσματος δεν είναι η υψηλή περιεκτικότητα του καπνού σε νερό. Τα κύρια χαρακτηριστικά της διαδικασίας του καπνίσματος που οδηγούν στη συντήρηση των τροφίμων είναι η ξήρανση του και η παρουσία ορισμένων επιθυμητών συστατικών στον καπνό. Κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, η υδάτινη δραστηριότητα του τροφίμου μειώνεται, και επιπλέον, συστατικά όπως η θυμόλη, φορμαλδευγήμυρμηκικό, οξικό και βενζοϊκό οξύ, ορθοκρεσόλη, μετακρεσόλη και παρακρεσόλη, η μεθυλογουαϊκόλη, η κρεσόλη και η ξινελόνη έχουν επιθυμητά βακτηριοκτόνα, αντιμικροβιακά, βιοκτόνα, μυκητοκτόνα και συντηρητικά αποτελέσματα. Τόσο η μειωμένη δραστηριότητα του νερού όσο και οι προαναφερθείσες ουσίες περιορίζουν την ανάπτυξη ορισμένων τύπων μικροοργανισμών (Vaz-Velho et al., 2003).

Η αντιμικροβιακή δράση των διαφόρων συστατικών του υγρού καπνού έχει αναθεωρηθεί (Lingbeck et al., 2014). Ορισμένες φαινολικές ενώσεις, ιδιαίτερα η ισοευγενόλη, εκτός από τα οξέα, έχουν αντιμικροβιακή δράση στη *Listeria monocytogenes* (Suñen, 1998). Δεν έχουν όλες οι φαινόλες την ίδια ιδιότητα, επειδή η συγκέντρωση φαινόλης δεν είναι ενδεικτική της αντιμικροβιακής δράσης έναντι του *L. monocytogenes* (Suñen, 1998). Από την άλλη πλευρά, τα οργανικά οξέα και τα καρβονύλια έχουν βρεθεί ότι έχουν περισσότερες αντιλυστικές και βακτηριοστατικές ιδιότητες από τις φαινόλες (Montazeri et al., 2013). Ο υγρός καπνός έχει αποδειχθεί

ότι είναι βακτηριοκτόνος κατά των *Salmonella typhimurium* και *E. coli*. Ο υγρός καπνός έχει επίσης βρεθεί ότι μειώνει το *S. aureus* και τις σταφυλοκοκκικές εντεροτοξίνες στα τρόφιμα (Taormina and Bartholomew, 2005).

5.3 Αρωματικό Τροφίμων

Ο κύριος σκοπός του καπνίσματος είναι να αλλοιώσει τις αισθητηριακές ιδιότητες των τροφίμων, ιδιαίτερα τη γεύση και το χρώμα. Το κάπνισμα παράγει ένα γυαλιστερό κίτρινο χρώμα, το οποίο σκουραίνει καθώς αυξάνεται ο χρόνος καπνίσματος. Προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι το χρώμα παράγεται από την αλληλεπίδραση των αμινομάδων στις πρωτεΐνες των τροφίμων με τα καρβονύλια στον καπνό με παρόμοιο τρόπο με την αντίδραση Maillard. Η υφή της επιφάνειας των τροφίμων που καπνίζονται με κρύο καπνό αλλάζει με το σχηματισμό ενός σταθερού πολτού, που παράγεται από την πήξη των πρωτεϊνών από τα όξινα συστατικά του καπνού, αλλά το εσωτερικό του φαγητού παραμένει αμετάβλητο. Στα τρόφιμα με ζεστό καπνό, η υφή γίνεται αυτή των μαγειρεμένων φαγητών λόγω της θερμικής πήξης των πρωτεϊνών (Šimko, 2017).

Το αλάτισμα προκαλεί υγρά εκκρίματα από τη σάρκα του κρέατος και του ψαριού, προκαλώντας απώλειες υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών, βιταμινών και μετάλλων. Ορισμένες πρωτεΐνες επίσης μετουσιώνονται από το αλάτι. Ορισμένες χημικές ουσίες στον καπνό στην επιφάνεια των τροφίμων (π.χ. γαλλικός βουτυλεστέρας και BHA) έχουν αντιοξειδωτική δράση. Αυτά τα αντιοξειδωτικά συστατικά του καπνού μειώνουν τις οξειδωτικές αλλαγές στα λίπη, τις πρωτεΐνες και τις βιταμίνες. Ωστόσο, το ζεστό κάπνισμα προκαλεί επίσης απώλειες θρεπτικών συστατικών λόγω της θερμότητας και της αλληλεπίδρασης των συστατικών του καπνού με τις πρωτεΐνες. Η απώλεια υγρασίας αυξάνει επίσης τη συγκέντρωση πρωτεΐνης και λίπους στο φαγητό και αυξημένη συγκέντρωση αλατιού και άλλων σκληρυντικών παραγόντων (Šimko,

2017). Στις μέρες μας η αρωματική γεύση των τροφίμων είναι ο κύριος στόχος του καπνίσματος στις ανεπτυγμένες χώρες. Μια ελεγχόμενη διαδικασία καπνίσματος έχει επιθυμητή επίδραση στο χρώμα, την υφή, τη μυρωδιά και τη γεύση των τροφίμων.

5.3.1 Χρωματισμός καπνίσματος

Μια άλλη αξιοσημείωτη επίδραση του καπνίσματος στο κρέας είναι οι αλλαγές χρώματος που συμβαίνουν κατά τη διαδικασία του καπνίσματος. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των χρωματιστών συστατικών καπνού και του κρέατος οδηγεί στην ανάπτυξη ενός χαρακτηριστικού χρώματος στην επιφάνεια του καπνιστού κρέατος. Το χρώμα μπορεί να κυμαίνεται από ανοιχτό χρυσαφένιο καφέ έως βαθύ κοκκινοκαφέ, ανάλογα με τη συγκεκριμένη μέθοδο καπνίσματος και τη διάρκεια. Ο μοναδικός χρωματισμός του καπνιστού κρέατος προσθέτει αξία στη συνολική αισθητηριακή εμπειρία της κατανάλωσης καπνιστού κρέατος (Khalid et al., 2023).

Ο χρωματισμός καπνίσματος εφαρμόζεται για τη βελτίωση του χρώματος του φαγητού. Αρκετές μελέτες επικεντρώνονται στις αλλαγές στις παραμέτρους χρώματος, ελαφρότητα (L^*), ερυθρότητα (a^*), κιτρινίλα (b^*), δείκτη καφέ χρώματος (BI), γωνία απόχρωσης, χρωματισμό και συνολική αλλαγή χρώματος (DE) διαφόρων τροφίμων κατά το κάπνισμα, ακόμη και διερευνώντας την επίδραση της μεθόδου παραγωγής καπνού (Pöhlmann et al., 2013). Αυτές οι μελέτες περιλαμβάνουν προϊόντα καπνιστού κρέατος, όπως το chorizo (Gimeno et al., 2000) και λουκάνικα τύπου Frankfurter (Pöhlmann et al., 2013). Το κοινό χαρακτηριστικό κάθε καπνιστού τροφίμου είναι η μείωση της ελαφρότητας L^* . Οι κύριες αλλαγές στο χρώμα κάθε είδους τροφής παράγονται στην εξωτερική επιφάνεια. Έχει βρεθεί ότι ο μεγαλύτερος αριθμός σωματιδίων αιθάλης εναποτίθεται στην εξωτερική επιφάνεια του καπνιστού τροφίμου. Αυτό εξηγεί τη μείωση της ελαφρότητας κατά το κάπνισμα φαγητού (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2015).

5.3.2 Υφή

Μία από τις επιπτώσεις του καπνίσματος στο κρέας είναι η επίδρασή του στην υφή και την τρυφερότητα του καπνιστού κρέατος. Το κάπνισμα μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη μιας επιθυμητής υφής και τρυφερότητας στα προϊόντα κρέατος. Η διαδικασία του καπνίσματος βοηθά στη διάσπαση των συνδετικών ιστών στο κρέας, με αποτέλεσμα ένα πιο τρυφερό και ζουμερό τελικό προϊόν. Επιπλέον, η έκθεση στον καπνό μπορεί να βελτιώσει το γευστικό προφίλ του κρέατος, καθιστώντας το πιο ευχάριστο στην κατανάλωση. Ο συνδυασμός του καπνιστού αρώματος και της τρυφερής υφής καθιστά το καπνιστό κρέας δημοφιλής επιλογή μεταξύ των καταναλωτών (Ursachi, Perța-Crișan and Munteanu, 2020).

Από την άλλη, η απαλότητα ή η σκληρότητα μπορεί να θεωρηθεί καλό ή κακό χαρακτηριστικό, ανάλογα με τον τύπο του καπνιστού φαγητού. Για παράδειγμα, η απαλότητα ή η τρυφερότητα μπορεί να είναι ένα θετικό χαρακτηριστικό σε ορισμένους τύπους chorizo (όπως το chorizo asturiano), ενώ σε άλλους (όπως το chorizo de Pamplona) μπορεί να θεωρηθεί ως ελάττωμα (Gimeno, Astiasarán and Bello, 1999).

Η τελική υφή του φαγητού μπορεί να καθοριστεί ελέγχοντας τον χρόνο καπνίσματος και άλλες παραμέτρους της διαδικασίας παρασκευής. Οι κύριοι καθοριστικοί παράγοντες της υφής του καπνιστού τροφίμου είναι η έκταση και ο ρυθμός απώλειας νερού, η περιεκτικότητα σε λίπος του προϊόντος και η κατανομή του, η έκταση της μετουσίωσης της πρωτεΐνης του δομικού και του συνδετικού ιστού και η έκταση της αυτόλυσης, ιδιαίτερα της πρωτεόλυσης (Woods, 2003).

Η θερμοκρασία καπνίσματος παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην υφή του τελικού προϊόντος. Η σκληρότητα του φαγητού γενικά αυξάνεται με το χρόνο καπνίσματος και τη θερμοκρασία. Τα ευρωπαϊκά προϊόντα ψυχρού καπνίσματος

έχουν γενικά μια απαλή και τρυφερή υφή, ενώ τα ισοδύναμα προϊόντα θερμού καπνίσματος έχουν μια σκληρή ξηρή επιφάνεια με πιο μαλακό εσωτερικό (Woods, 2003).

5.3.3 Γεύση

Η γεύση είναι μια αισθητηριακή εντύπωση που γίνεται αντιληπτή μέσω τουλάχιστον τριών διαφορετικών αισθήσεων: αντίληψη αρώματος στο οσφρητικό επιθήλιο, αντίληψη γεύσης κυρίως στη γλώσσα και χημεία των «ερεθιστικών» στις περιοχές της μύτης, των ματιών και του στόματος. Τα συστατικά του καπνού και η θερμοκρασία, ο χρόνος και η τεχνική καπνίσματος έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη γεύση του φαγητού. Μεταξύ όλων των ομάδων ενώσεων που παράγονται κατά την καύση του ξύλου, ορισμένες αρωματικές ενώσεις περιλαμβάνουν βουτυλική αλκοόλη και αμυλική αλκοόλη (άρωμα λαδιού), φαινυλικές αλκοόλες, όπως οι βενζυλικές αλκοόλες και η φαιναιθυλική αλκοόλη (μυρωδιά τριαντάφυλλου) και βενζαλδεΐδη (άρωμα πικραμύγδαλου) (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες σχετικά με τις πτητικές ενώσεις στα αρώματα καπνού, τον αισθητηριακό χαρακτηρισμό τους και τους περιγραφείς τους (Kostyra and Barylko-Pikielna, 2006; Pino, 2014). Ωστόσο, ενώ οι επιμέρους πτητικές αρωματικές ενώσεις μπορούν να διαχωριστούν, να αναγνωριστούν και να ποσοτικοποιηθούν μέσω της ενόργανης ανάλυσης, η αισθητηριακή ανάλυση και ο χαρακτηρισμός τους είναι πιο προβληματική. Το άρωμα, η γεύση ή η μυρωδιά ενός αρώματος καπνού δεν μπορεί να σχετίζεται μόνο με μία ένωση (Kostyra and Barylko-Pikielna, 2006). Ωστόσο, ορισμένες ενώσεις φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη επίδραση και έχουν επιλεγεί ως αισθητήριες περιγραφές και τυπικές αναφορές των αρωμάτων καπνού (Pino, 2014).

Παραδείγματα είναι μαλτόλη για γλυκό, ισοβουτυρικό οξύ για πικάντικο, οξικό οξύ για όξινο, θυμόλη για ξύλο, γουαϊακόλη για φαρμακευτικό και ευγενόλη για μπαχαρικά (Pino, 2014). Τα καρβονύλια συμβάλλουν σημαντικά στο άρωμα που θεραπεύει τον καπνό, αλλά οι φαινόλες έχουν επιβεβαιωθεί ως ο κύριος (αλλά όχι αποκλειστικός) συντελεστής αυτής της συγκεκριμένης γεύσης. Η φαινόλη, η π-κρεσόλη και η ο-κρεσόλη (φαινολικές ενώσεις) και το κυκλοτένιο και το 3-μεθυλκυκλοπεντένιο (καρβονύλια) φαίνεται να παίζουν τον πιο σημαντικό ρόλο στο άρωμα που θεραπεύει τον καπνό. Το Syringol και τα παράγωγά του δεν συνεισφέρουν στην οσμή που προσδιορίζεται ως τυπική για τα φρεσκοκαπνισμένα προϊόντα (Kostyra and Barylko-Pikielna, 2006).

Η γεύση και η μυρωδιά των καπνιστών τροφίμων επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, τον χρόνο και την τεχνική καπνίσματος (Pöhlmann et al., 2012). Η γεύση και η μυρωδιά του καπνού είναι κοινά χαρακτηριστικά όλων των καπνιστών τροφίμων. Ωστόσο, έχουν περιγραφεί συγκεκριμένα οργανοληπτικά προφίλ διαφόρων τύπων καπνιστών τροφίμων. Μεταξύ των προϊόντων καπνιστού κρέατος, ενδιαφέρουσα εργασία έχει γίνει για την αισθητηριακή αξιολόγηση των λουκάνικων τύπου Φρανκφούρτης, από τους Pöhlmann et al. (2012). Η οσμή, η γεύση και η πλήρης αισθητηριακή αξιολόγηση των λουκάνικων τύπου Frankfurter που καπνίζονται με τη βοήθεια μεθόδων καπνίσματος με σιγαστήρα, ατμού, τριβής και αφής αυξάνονται με την πυκνότητα καπνίσματος (από ελαφρύ σε έντονο και μέτριο) και το χρόνο (από λιγότερο από 30 λεπτά σε περισσότερο από 30 λεπτά). Η ταχύτητα του ανεμιστήρα ή η υγρασία των ροκανιδιών οξιάς δεν επηρεάζουν σημαντικά τη γεύση των λουκάνικων. Θερμοκρασίες κάτω από 500 °C και υψηλότερες από 750 °C παράγουν υπερβολική και ανεπαρκή γεύση καπνού στα λουκάνικα, αντίστοιχα (Pöhlmann et al., 2012).

5.4 Τοξικολογία Καπνιστών Τροφίμων

Το κάπνισμα βελτιώνει το χρώμα, την υφή, τη γεύση και την τελική αξία των τροφίμων και επιπλέον, οι τιμές μπορούν να μειωθούν και η διάρκεια ζωής μπορεί να παραταθεί. Ωστόσο, μπορεί να παραχθούν ανεπιθύμητες ουσίες κατά το κάπνισμα, καταστρέφοντας την τελική σύνθεση του τροφίμου (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2015).

5.4.1 Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες

5.4.1.1 Τοξικότητα

Οι Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH) είναι οι πιο γνωστές τοξικές ουσίες στα καπνιστά τρόφιμα. Η έρευνα για την PAH έχει επικεντρωθεί στην καρκινογόνο δράση τους. Τα πρώτα στοιχεία καρκινογόνου δράσης της PAH ανακαλύφθηκαν το 1775 από τον Percivall Pott του νοσοκομείου St. Bartholomew στο Λονδίνο. Παρατήρησε ότι οι σαρωτές που καθάριζαν τις καμινάδες αφαιρώντας αιθάλη ανέπτυξαν καρκίνο. Από εκείνη τη στιγμή έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες και οι καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες και βιοσυσσωρευτικές ικανότητες της PAH έχουν αναφερθεί από τον FAO, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο, την Ευρωπαϊκή Επιστημονική Επιτροπή Τροφίμων (SCF), την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) και την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) και το Υπουργείο Υγείας και Ανθρωπίνων Υπηρεσιών (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

5.4.1.2 Μηχανισμός μόλυνσης από πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες

Τα καπνιστά τρόφιμα μπορούν να μολυνθούν με PAH με τρεις τρόπους: Α) «προμόλυνση» των πρώτων υλών από την ατμοσφαιρική ρύπανση, Β) διεργασίες τεχνολογίας τροφίμων εκτός από το κάπνισμα, όπως συσκευασία, στέγνωμα, ψήσιμο

στη σχάρα, μπάρμπεκιου και Γ) η κύρια διαδικασία του καπνίσματος. Κατά το κάπνισμα, λαμβάνει χώρα μετατροπή της βιομάζας και στους 750 °C περίπου παράγονται αερολύματα πίσσας που περιέχουν PAH. Στη συνέχεια, οι PAH μεταφέρονται μέσω του θαλάμου καπνίσματος και φτάνουν και μολύνουν τα τρόφιμα. Επιπλέον, μέρος της περιεκτικότητας του φαγητού σε λιπαρά πέφτει στη φωτιά, αυξάνοντας έτσι την περιεκτικότητα του καπνού σε PAH. Επιπλέον, κάποιο ήδη μολυσμένο λίπος πέφτει σε άλλα τρόφιμα, αυξάνοντας έτσι την τελική του περιεκτικότητα σε PAH. Η μεγαλύτερη ποσότητα σωματιδίων αιθάλης και PAH εναποτίθεται στις εξωτερικές επιφάνειες των τροφίμων, όπως η φλούδα του τυριού ή το περίβλημα των προϊόντων κρέατος και στη συνέχεια οι PAH μεταναστεύουν στο φαγητό. Η φυσική μορφολογία του περιβλήματος και τα φυσικά χαρακτηριστικά διευκολύνουν τη μόλυνση και τη διείσδυση με PAH στα καπνιστά προϊόντα κρέατος (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

5.4.1.3 Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες σε Καπνιστά Τρόφιμα

Οι άνθρωποι εκτίθενται σε PAH μέσω περιβαλλοντικής μόλυνσης, αλλά η κύρια πηγή PAH είναι η διατροφή (Ibáñez et al., 2005; McGrath et al., 2007). Η μόλυνση των καπνιστών τροφών με PAH έχει μελετηθεί εδώ και πολύ καιρό. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται παραδοσιακά στα προϊόντα καπνιστού κρέατος, επειδή τα υψηλότερα επίπεδα PAH έχουν ανιχνευθεί σε αυτά τα τρόφιμα και επειδή είναι οι κύριοι συνεισφέροντες στη διαιτητική πρόσληψη PAH σε ορισμένες ανεπτυγμένες χώρες. Ωστόσο, έχει σημειωθεί πρόοδος και χαμηλές τιμές κάτω από 1 mg/kg έχουν αναφερθεί σε προϊόντα καπνιστού κρέατος από ανεπτυγμένες χώρες (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

5.4.2 Άλλες Τοξικές Ενώσεις

Κατά τη διαδικασία του καπνίσματος των τροφίμων παράγονται άλλες τοξικές ενώσεις, όπως φορμαλδεΰδη, N-νιτροζαμίνες, ετεροκυκλικές αρωματικές αμίνες και β-καρβολίνες. Αυτές οι ενώσεις έχουν τοξικές επιδράσεις στα καπνιστά τρόφιμα και θα μπορούσαν επίσης να μολύνουν το ατμοσφαιρικό περιβάλλον των εργοστασίων τροφίμων (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

5.4.2.1 Φορμαλδεΰδη

Η φορμαλδεΰδη (CH_2O) είναι μια σημαντική ένωση για την παγκόσμια οικονομία, που χρησιμοποιείται ευρέως στις κατασκευές, την επεξεργασία ξύλου, τα έπιπλα, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και τα χαλιά και τη χημική βιομηχανία (Tang et al., 2009). Η φορμαλδεΰδη υπάρχει φυσικά στο περιβάλλον, σε ορισμένα τρόφιμα και στο ανθρώπινο σώμα. Ωστόσο, ορισμένες βιομηχανικές διεργασίες και μέθοδοι επεξεργασίας τροφίμων, όπως το κάπνισμα, αυξάνουν την περιεκτικότητα σε φορμαλδεΰδη σε επίπεδα ρύπων. Η φορμαλδεΰδη μπορεί να βρεθεί σε πολλά μη καπνιστά τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των φρούτων, των λαχανικών, του γάλακτος, των ποτών και των αυγών λόγω της περιβαλλοντικής μόλυνσης των πρώτων υλών, αλλά η συγκέντρωσή της θα μπορούσε να αυξηθεί κατά τη διάρκεια των διαδικασιών μαγειρέματος και λόγω της έκθεσης στον καπνό από καύση ξύλου (Herrmann, Granby and Duedahl-Olesen, 2015). Η φορμαλδεΰδη έχει βακτηριοστατική και βακτηριοκτόνο δράση στα καπνιστά τρόφιμα [192], γεγονός που συμβάλλει στην παράταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος (Goulas and Kontominas, 2005).

Ωστόσο, είναι καρκινογόνος για τον άνθρωπο (Zhu et al., 2012). Η φορμαλδεΰδη προστίθεται ακατάλληλα σε ορισμένα τρόφιμα λόγω της συντηρητικής της δράσης (Tang et al., 2009). Ορισμένες έρευνες έχουν επικεντρωθεί στη μόλυνση

με φορμαλδεΐδη των καπνιστών τροφίμων. Υψηλή συγκέντρωση φορμαλδεΐδης, έως 125 mg/kg υγρού βάρους, έχει βρεθεί σε προϊόντα καπνιστού κρέατος (Zhu et al., 2012).

5.4.2.2 N-νιτροζαμίνες

Οι N-νιτροζαμίνες (NA) είναι μια ομάδα ενώσεων πολλές από τις οποίες έχουν ταξινομηθεί ως γονιδιοτοξικές και πιθανές καρκινογόνες ουσίες για τον άνθρωπο. Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν τη μόλυνση των τροφίμων από NA. Ο πιο γνωστός παράγοντας είναι η προσθήκη νιτρωδών (E249-E250) ή νιτρικών (E251-E252) κατά τις διαδικασίες αλατίσματος και καπνίσματος ((Herrmann, Granby and Duedahl-Olesen, 2015). Υπάρχει μια θετική, αν και όχι απαραίτητα γραμμική, συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας νιτρωδών που προστίθεται και της ποσότητας NA που σχηματίζεται (Drabik-Markiewicz et al., 2011). Σύμφωνα με τη γνώμη της EFSA που εκφράστηκε στις 26 Νοεμβρίου 2003, τα μέγιστα επίπεδα νιτρωδών και νιτρικών αλάτων που μπορούν να προστεθούν στα τρόφιμα μειώθηκαν με την οδηγία 2006/52/EK, για να διατηρηθούν τα επίπεδα NA όσο το δυνατόν χαμηλότερα (<http://eur-lex.europa>, εξακριβώθηκε 12 Δεκεμβρίου 2023).

Άλλοι παράγοντες έχουν ακόμη πιο σημαντικό ρόλο στην περιεκτικότητα σε NA των τελικών προϊόντων, όπως ορισμένες πρόδρομες ουσίες που προστίθενται μέσω καπνού ξύλου, μπαχαρικών ή άλλων συστατικών και η θερμότητα που εφαρμόζεται κατά τις διαδικασίες ξήρανσης και καπνίσματος (Herrmann, Duedahl-Olesen and Granby, 2015; Herrmann, Granby and Duedahl-Olesen, 2015). Ορισμένα NA, όπως το N-νιτροσοθειαζολιδινο-4-καρβοξυλικό οξύ και το N-νιτροξο2-μεθυλθειαζολιδινο 4-καρβοξυλικό οξύ, μπορούν να βρεθούν στον καπνό και η παραγωγή τους αυξάνεται κατά τη διάρκεια των διαδικασιών θερμού καπνίσματος μεταξύ 60 και 80 °C (Herrmann, Granby and Duedahl-Olesen, 2015), αλλά μειώνεται

όταν η θερμοκρασία αυξάνεται στους 250 °C για περίπου 10 λεπτά (Herrmann, Duedahl-Olesen and Granby, 2015). Αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στον προσδιορισμό του ΝΑ σε καπνιστά τρόφιμα, όπως προϊόντα καπνιστού κρέατος. Έχει βρεθεί υψηλή συγκέντρωση διαφόρων ΝΑ σε καπνιστά τρόφιμα, 10 mg/kg πυρρολιδίνης στο καπνιστό κρέας, 9 mg/kg πιπεριδίνης στο καπνιστό κρέας με μπαχαρικά και 2100 mg/kg προλίνης σε καπνιστό χοιρινό (Lijinsky, 1999).

5.4.2.3 Ετεροκυκλικές αρωματικές αμίνες

Οι ετεροκυκλικές αρωματικές αμίνες (HAA) είναι μια σημαντική ομάδα μεταλλαξιγόνων τροφίμων στην ανάλυση Ames Salmonella και έχουν ταυτοποιηθεί ως πιθανές διατροφικές καρκινογόνες ουσίες σε τρωκτικά και πρωτεύοντα. Οι HAA σχηματίζονται κατά τη διάρκεια των διεργασιών θέρμανσης, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών καπνίσματος τροφίμων, και ο σχηματισμός τους εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία της διαδικασίας, αλλά άλλους παράγοντες, όπως ο χρόνος και η μέθοδος μαγειρέματος, συμπεριλαμβανομένου του καπνίσματος (Szterk, and Waszkiewicz-Robak, 2014). Μερικές μελέτες επικεντρώνονται στην περιεκτικότητα σε HAA των καπνιστών τροφίμων, όπως το καπνιστό χοιρινό (Knize et al., 1998). Οι παραδοσιακές τεχνικές καπνίσματος συμβάλλουν στην τελική περιεκτικότητα σε HAA του τροφίμου, ενώ η χρήση φίλτρων ή υγρών αρωμάτων καπνού μειώνει την ποσότητα HAA στο τελικό προϊόν κατά σχεδόν 100% (Naccari et al., 2009).

Ο υγρός καπνός φαίνεται να είναι μια ασφαλής τεχνική για την πρόληψη της μόλυνσης από HAA των καπνιστών τροφίμων. Μάλιστα, η σύνθεση του αρώματος καπνού ρυθμίζεται από τον κανονισμό του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και της ΕΚ αριθ. 2065/2003 και δεν γίνεται αναφορά στο HAA (Naccari et al., 2009).

5.4.2.4 β-καρβολίνες

Οι β-καρβολίνες είναι μια ομάδα ενώσεων που οδηγούν σε τοξικότητα στα τρόφιμα. Το γονιδιοτοξικό δυναμικό και οι μεταλλαξιογόνες ιδιότητές τους έχουν αναθεωρηθεί και ορισμένες β-καρβολίνες αλληλεπιδρούν με ορισμένα μακρομόρια και ενζυμικά συστήματα και μπορεί να τροποποιήσουν και να αυξήσουν τις γονοτοξικές και τοξικές συνέπειες άλλων τοξικών ενώσεων που αναφέρονται εδώ, όπως η PAH ή η NA. Η διαδικασία του καπνίσματος μπορεί να αυξήσει τη συγκέντρωση αυτών των ενώσεων στα τρόφιμα (De Meester, 1995).

Στην πραγματικότητα, τα καπνιστά προϊόντα φαίνεται να είναι μία από τις ομάδες τροφίμων με τις υψηλότερες ποσότητες ορισμένων β-καρβολινών, όπως η τετραϋδρο-β-καρβολίνη (Papavergou and Herraiz, 2003). Ορισμένες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην παρουσία ορισμένων β-καρβολινών στα καπνιστά τρόφιμα, η πιο κοινή από τις οποίες είναι το 1,2,3,4-τετραϋδρο-β-καρβολινο-3-καρβοξυλικό οξύ. Όπως το PAH και το HAA, τα υψηλότερα επίπεδα αυτής της μόλυνσης βρέθηκαν στο εξωτερικό μέρος των προϊόντων, το οποίο έρχεται σε άμεση επαφή με τον καπνό κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καπνίσματος (Papavergou and Herraiz, 2003).

6 Κεφάλαιο. Ασφάλεια και Πρότυπα για το καπνιστό κρέας

Η μικροβιακή ασφάλεια, σταθερότητα και η συνολική ποιότητα των παραδοσιακών τροφίμων βασίζεται όχι μόνο στη μείωση της διαθεσιμότητας νερού, αλλά έχει επιτευχθεί και με την εφαρμογή συνδυασμένων συντηρητικών παραγόντων (εμποδίων), καθένας από τους οποίους συμβάλλει σε διαφορετικά επίπεδα. Σε γενικές γραμμές, η ασφάλεια των τροφίμων μπορεί να οριστεί ως ένας συνδυασμός διαδικασιών που στοχεύουν στην πρόληψη των τροφίμων από το να προκαλέσουν βλάβη στον καταναλωτή. Αυτός ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί με την προστασία των πρώτων υλών από τη μόλυνση, την πρόληψη της ανάπτυξης μόλυνσης κατά την κατασκευή και την απομάκρυνση των ρύπων. Η ασφάλεια των τροφίμων μερικές φορές συγχέεται με ζητήματα που δεν έχουν καμία σχέση με την υγεία των καταναλωτών, την ποιότητα των τροφίμων και τη διάρκεια ζωής. Οι σύγχρονοι κανονισμοί για τα τρόφιμα συμβάλλουν στην ασφάλεια των τροφίμων συνδυάζοντας τις επίσημες διαδικασίες ελέγχου και τον έλεγχο από τον κατασκευαστή (Šimko, 2011).

Η μικροβιολογική ασφάλεια του καπνιστού κρέατος είναι μια κρίσιμη πτυχή που πρέπει να ληφθεί υπόψη για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του προϊόντος. Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι βακτηριακής μόλυνσης στο καπνιστό κρέας, το οποίο μπορεί να θέσει κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών. Παθογόνοι μικροοργανισμοί όπως η *Salmonella* spp. και *Campylobacter* spp. είναι μεταξύ των μεγαλύτερων κινδύνων που σχετίζονται με ασθένειες που μεταδίδονται από το κρέας και τα πουλερικά (Iko Afe et al., 2021). Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν μέτρα για τη διασφάλιση της μικροβιολογικής ασφάλειας των προϊόντων καπνιστού κρέατος.

Διάφοροι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη μικροβίων στο καπνιστό κρέας, όπως η θερμοκρασία, η περιεκτικότητα σε υγρασία, τα επίπεδα pH και η παρουσία οξυγόνου. Το κάπνισμα σε συνδυασμό με τη θερμότητα μπορεί να προκαλέσει ένα μαγειρικό αποτέλεσμα, μειώνοντας το μικροβιακό φορτίο και την περιεκτικότητα σε υγρασία στο κρέας. Ωστόσο, εάν δεν ελέγχονται σωστά, αυτοί οι παράγοντες μπορούν επίσης να δημιουργήσουν συνθήκες ευνοϊκές για την ανάπτυξη μικροβίων. Για παράδειγμα, τα υψηλότερα επίπεδα υγρασίας στα καπνιστά τρόφιμα μπορούν να συμβάλουν στην αυξημένη ανάπτυξη βακτηρίων. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να διατηρείται ο σωστός έλεγχος της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καπνίσματος και να διασφαλίζεται ότι το καπνιστό κρέας αποθηκεύεται σε κατάλληλες θερμοκρασίες για την πρόληψη του πολλαπλασιασμού των βακτηρίων (Indiarto et al., 2013). Η παρακολούθηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του κρέατος, όπως τα επίπεδα pH, μπορεί επίσης να βοηθήσει στην πρόληψη της μικροβιακής ανάπτυξης (Łepecka et al., 2023).

Οι ανησυχίες για τη χημική ασφάλεια του καπνίσματος συνδέονται με τη μόλυνση του προϊόντος με τοξικές ενώσεις. Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), όπως προαναφέρθηκε, είναι μια σύνθετη ομάδα ενώσεων που υπάρχουν στο περιβάλλον που έχουν παραχθεί από ατελή καύση πολλών υλικών και το κάπνισμα θεωρείται σημαντική πηγή αυτών των ενώσεων στα τρόφιμα (Onopiuk et al., 2021). Το συστατικό PAH βενζο(α)πυρένιο και 10 άλλες ενώσεις αυτής της ομάδας είναι μεταλλαξιογόνες και καρκινογόνες. Υψηλά επίπεδα PAH εντοπίζονται στην επιφάνεια προϊόντων που καπνίζονται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά οι Iliadis et al. (2004, όπ. αναφ. στον Šimko, 2017) βρήκαν υψηλά επίπεδα βενζο(α)πυρενίου, φθορανθενίου και περυλενίου τόσο σε τρόφιμα με κρύο όσο και σε ζεστό καπνό. Ως εκ τούτου, η

πρόσληψη PAH από τα τρόφιμα θεωρείται δευτερεύουσας σημασίας για τη δημόσια υγεία, αλλά ορισμένα καπνιστά τρόφιμα μπορεί να έχουν αρκετά υψηλά επίπεδα PAH λόγω της διαδικασίας καπνίσματος και ως εκ τούτου αποτελούν ανησυχία για την υγεία.

Στην ΕΕ τα ανώτατα όρια για τα καπνιστά τρόφιμα είναι 5 g πτητικών ενώσεων N-nitroso ανά kg τροφής και 1 g βενζο(a)πυρενίου ανά kg τροφής, με εξαίρεση τα καπνιστά ψάρια των 5 g βενζο(a)πυρενίου ανά κιλό. Το μέγιστο όριο για το βενζο(a)πυρένιο σε υγρά συμπυκνώματα καπνού είναι 10 g kg⁻¹, για παραγωγή λιγότερο από 0,03 g kg⁻¹ στο τρόφιμο όπως καταναλώνεται και για το βενζο(a)ανθρακένιο, το μέγιστο είναι 20 g kg⁻¹, δίνοντας λιγότερο από 0,06 g kg⁻¹ στο φαγητό (Šimko, 2017).

Λόγω των επιβλαβών επιπτώσεων των PAH έχουν τεθεί διάφοροι περιορισμοί στις ποσότητες αυτών των ενώσεων σε προϊόντα καπνιστού κρέατος στο παρελθόν από ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες. Οι PAH παρακολουθούνται συνεχώς στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες, καθώς και σε άλλες χώρες. Μεταξύ των 15 PAH που αναγνωρίζονται ως δυνητικά γονιδιοτοξικοί (βλαβεροί για το DNA) και καρκινογόνοι (καρκινογόνοι) για τον άνθρωπο, οι πιο σημαντικοί είναι το 3,4-βενζοπυρένιο και το διβενζο[a]ανθρακένιο. Η παρουσία και οι συγκεντρώσεις των PAH στα καπνιστά προϊόντα εξαρτώνται από μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση των συνθηκών επεξεργασίας και των ιδιοτήτων του προϊόντος, με τη θερμοκρασία να είναι η πιο σημαντική. Για να περιοριστεί ο σχηματισμός PAH, η θερμοκρασία πρέπει να είναι κάτω από 400°C και οι ενέργειες που ευνοούν τη συμπύκνωση τοξικών ενώσεων, πριν φτάσει ο καπνός στο προϊόν, συνιστάται (Pittia and Antonello, 2016).

Για την απλούστευση των προβλημάτων που σχετίζονται με τη μεταβλητότητα της σύνθεσης των PAH, η παρουσία BaP είχε γίνει αποδεκτή ως ο

τυπικός δείκτης της συνολικής παρουσίας PAH στα καπνιστά τρόφιμα, παρά το γεγονός ότι το BaP αποτελεί μόνο το 1 έως 20% των συνολικών καρκινογόνων PAH. Η πιο πρόσφατη κατάσταση στην ΕΕ έχει δει μια ενιαία προσέγγιση μέσω της έγκρισης του Κανονισμού ΕΚ 1881/2006, ο οποίος περιορίζει την περιεκτικότητα σε BaP σε επίπεδο 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ σε καπνιστά κρέατα, καπνιστά προϊόντα κρέατος, μυϊκό κρέας καπνιστού ψαριού και καπνιστά προϊόντα αλιείας (Κανονισμός της Επιτροπής 1881/2006/ΕΚ). Εκτός από αυτό, η ΕΚ έχει επίσης υιοθετήσει είτε την Οδηγία 2005/10/ΕΚ, η οποία καθορίζει τις επίσημες δειγματοληπτικές και αναλυτικές μεθόδους για τον έλεγχο των επιπέδων BaP στα τρόφιμα (οδηγία 2005/10/ΕΚ της Επιτροπής), είτε τη Σύσταση της Επιτροπής 2005/ 108/ΕΚ σχετικά με περαιτέρω διερεύνηση των επιπέδων PAH σε ορισμένα τρόφιμα. Οι PAH που διερευνήθηκαν περιελάμβαναν βενζο[α]ανθρακένιο (BaA), βενζο[β]φθορανθένιο (BbF), βενζο[j]φθορανθένιο (BjF), βενζο[k]φθορανθένιο (BkF), βενζο[g,h,i]περυλένιο (BghiP), χρυσένιο (Chr), BaP, κυκλοπεντα[c,d]πυρένιο (CcpP), διβενζο[a,h]ανθρακένιο (DahA), διβενζο[a,e] πυρένιο (DaeP), διβενζο[a,h]πυρένιο (DahP), διβενζο[a,i]πυρένιο (DaiP), διβενζο[a,l]πυρένιο (DalP), ινδενο[1,2,3-cd]πυρένιο (IcdP) και 5-μεθυλοχρυσόλιο (Σύσταση της Επιτροπής 2005/108/ ΕΚ). Επιπλέον, η Μικτή Επιτροπή Εμπειρογνομόνων για τις προσμείξεις και τα πρόσθετα τροφίμων του FAO και της ΠΟΥ (JECFA) όρισε μια άλλη ένωση, το βενζο[c]φθορένιο (BcF), η οποία θα πρέπει να παρακολουθείται όσον αφορά τις καρκινογόνες επιδράσεις του στους ζωντανούς οργανισμούς (Šimko, 2011).

Όσον αφορά τα υγρά αρώματα καπνού (LSF), τα οποία μερικές φορές χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή διαδικασία καπνίσματος, η ΕΚ ενέκρινε τον Κανονισμό 2065/2003 της Επιτροπής σχετικά με την παραγωγή αρωμάτων καπνού που χρησιμοποιούνται ως αρώματα τροφίμων (Κανονισμός της

Επιτροπής 2065/2003/EK). Αυτός ο κανονισμός περιόρισε τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις BaP στα $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ και BaA στα $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ σε αυτά τα προϊόντα. Τέλος, η οδηγία 88/388/ΕΟΚ έχει θέσει ένα όριο $0,03 \mu\text{g kg}^{-1}$ στα μέγιστα υπολειμματικά επίπεδα BaP σε τρόφιμα με γεύση LSF (Οδηγία 88/388/ΕΚ της Επιτροπής). Για σκοπούς διεθνούς εμπορίου, η JEFCA έχει υιοθετήσει μια προδιαγραφή που ανέχεται τις γεύσεις υγρού καπνού σε επίπεδα συγκέντρωσης $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ για το BaP και $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ για το BaA, αντίστοιχα (Šimko, 2011).

Στην Ευρώπη, ο κανονισμός της Επιτροπής (Κανονισμός ΕΕ αριθ. 835/2011) ανανεώθηκε πρόσφατα για το βενζο[a]πυρένιο και καθιέρωσε όρια για έναν νέο δείκτη, τον λεγόμενο PAH₄, που αντιστοιχεί στο σύνολο του βενζο[a]πυρενίου, βενζο[a]ανθρακένιο, χρυσένιο και βενζο[b]φθορανθένιο σε κρέας και προϊόντα ψαριών, σπόρους κακάο, λίπη και έλαια. Οι ανησυχίες για την υγεία σχετικά με τους PAH που υπάρχουν στα τρόφιμα και η μειωμένη σημασία του καπνίσματος για τη συντήρηση, έχουν επίσης μειώσει την ένταση της διαδικασίας.

Τα καπνιστά τρόφιμα μπορεί να περιέχουν ενώσεις N-νιτροζο, όπως η N-νιτροσοδιμεθυλαμίνη. Αυτές οι νιτροζαμίνες είναι από τις πιο καρκινογόνες ουσίες που έχουν μελετηθεί. Σχηματίζονται από αντιδράσεις μεταξύ των οξειδίων του αζώτου στον καπνό και των αμινών ή αμιδίων στα τρόφιμα, ειδικά σε εκείνα που έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις αμινών, όπως το ψάρι και το κρέας. Αυτές οι ενώσεις αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του γαστρεντερικού σε πληθυσμούς όπου υπάρχει υψηλή πρόσληψη φαγητών που καπνίζουν έντονα (ή/και αλατισμένα). Οι φαινολικές ενώσεις είναι σημαντικές για τη γεύση των καπνιστών τροφίμων, αλλά όπου χρησιμοποιούνται νιτρώδη (ορισμένες από τις φαινόλες μπορεί επίσης να καταλύουν το σχηματισμό νιτροζαμινών στα τρόφιμα κατά το κάπνισμα. Οι

ενώσεις της πίσσας στον καπνό δεν χαρακτηρίζονται καλά και οι επιπτώσεις τους στην υγεία είναι επομένως δύσκολο να αξιολογηθούν (Šimko, 2017).

Για τη διασφάλιση της μικροβιολογικής ασφάλειας του καπνιστού κρέατος, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορα μέτρα. Οι σωστές πρακτικές υγιεινής, συμπεριλαμβανομένου του λεπτομερούς καθαρισμού και απολύμανσης του εξοπλισμού και των επιφανειών, είναι απαραίτητες για την πρόληψη της μόλυνσης (Iko Afe et al., 2021). Επιπλέον, η τακτική παρακολούθηση και ο έλεγχος των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία του καπνίσματος μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό πιθανών πηγών μικροβιακής μόλυνσης (Plavsic et al., 2015). Είναι επίσης σημαντικό να χρησιμοποιούνται αξιόπιστα θερμόμετρα για να διασφαλιστεί ότι το καπνιστό κρέας φτάνει και διατηρεί την κατάλληλη εσωτερική θερμοκρασία για να σκοτώσει τυχόν επιβλαβή βακτήρια (Pittia and Antonello, 2016).

Η εφαρμογή ενός συστήματος ανάλυσης κινδύνου και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) μπορεί να ενισχύσει περαιτέρω τη μικροβιολογική ασφάλεια των προϊόντων καπνιστού κρέατος εντοπίζοντας και ελέγχοντας πιθανούς κινδύνους. Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων, μπορεί να διασφαλιστεί η μικροβιολογική ασφάλεια του καπνιστού κρέατος, παρέχοντας στους καταναλωτές ένα ασφαλές και υψηλής ποιότητας προϊόν (Barcenilla et al., 2022).

Η νομοθεσία και ορισμένες σύγχρονες τεχνικές καπνίσματος, όπως ο υγρός καπνός ή οι έμμεσες μέθοδοι καπνίσματος, συμβάλλουν στη μείωση της περιεκτικότητας σε PAH στα καπνιστά τρόφιμα σε αυτές τις χώρες. Από παγκόσμια άποψη, έχει αναφερθεί ότι οι κύριοι συνεισφέροντες στην πρόσληψη PAH είναι τα δημητριακά και τα προϊόντα δημητριακών (λόγω της υψηλής κατανάλωσης σε δίαιτες) και τα φυτικά λίπη και έλαια (λόγω των υψηλότερων συγκεντρώσεων PAH σε αυτή την ομάδα τροφίμων). Ωστόσο, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις

αναπτυσσόμενες χώρες, λόγω των υψηλών ποσοτήτων PAH που έχουν αναφερθεί σε καπνιστά τρόφιμα (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Η μόλυνση με PAH στα καπνιστά τρόφιμα μπορεί να αποφευχθεί διατηρώντας τα ευεργετικά αποτελέσματα του καπνίσματος. Ο «Κώδικας Πρακτικής για τη Μείωση της Μόλυνσης Τροφίμων με Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (PAH) από το κάπνισμα και τις διαδικασίες άμεσης ξήρανσης» (CAC/RCP 68/2009) υποδεικνύει τις μεταβλητές που πρέπει να ελέγχονται για να ελαχιστοποιηθεί η μόλυνση από PAH της καπνιστής τροφής. Οι μεταβλητές έχουν μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές σε διάφορα καπνιστά τρόφιμα.

Μεταξύ όλων των μεταβλητών που προτείνονται από το CAC/RCP 68/2009, τρεις φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην πρόληψη της μόλυνσης από PAH: η θερμοκρασία παραγωγής καπνού, ο τύπος του περιβλήματος και η μέθοδος καπνίσματος (άμεση ή έμμεση). Η θερμοκρασία είναι η πιο σημαντική μεταβλητή που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Θα πρέπει να εφαρμόζεται θερμοκρασία παραγωγής καπνού κάτω από 600°C για να αποτραπεί ο σχηματισμός PAH (Pöhlmann et al., 2013). Η χρήση συνθετικών αντί φυσικών περιβλημάτων αποτρέπει τη διείσδυση του PAH μέσα στο καπνιστό φαγητό (García-Falcon and Simal-Gándara, 2005).

Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή καπνιστού κρέατος, οδηγώντας σε βελτιώσεις τόσο στην ποιότητα όσο και στην ασφάλεια αυτών των προϊόντων. Ένας τομέας καινοτομίας είναι ο εξοπλισμός και οι διαδικασίες καπνίσματος. Οι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει πιο αποτελεσματικά και εξελιγμένα καπνιστήρια που επιτρέπουν καλύτερο έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της παραγωγής καπνού. Αυτές οι εξελίξεις διασφαλίζουν ότι το κρέας καπνίζεται ομοιόμορφα, με αποτέλεσμα μια σταθερή γεύση και υφή. Επιπλέον, τα σύγχρονα καπνιστήρια είναι εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα εξαερισμού για

την πρόληψη της συσσώρευσης επιβλαβών υποπροϊόντων καπνού, όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH). Αυτό βοηθά στη μείωση των πιθανών κινδύνων για την υγεία που σχετίζονται με την κατανάλωση καπνιστού κρέατος (Fraqueza et al., 2020).

Ένας άλλος τομέας προόδου στην παραγωγή καπνιστού κρέατος είναι η χρήση εναλλακτικών μεθόδων και συστατικών καπνίσματος. Οι παραδοσιακές μέθοδοι καπνίσματος συχνά περιλαμβάνουν τη χρήση ροκανιδιών ή πριονιδιού, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στον σχηματισμό PAH (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2016). Ωστόσο, ερευνητές και κατασκευαστές έχουν εξερευνήσει εναλλακτικές τεχνικές καπνίσματος, όπως υγρό καπνό ή αρώματα καπνού, για να επιτύχουν την επιθυμητή γεύση καπνού χωρίς τους πιθανούς κινδύνους για την υγεία (Pittia and Antonello, 2016). Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις μπορούν να παρασκευαστούν από μια ποικιλία πηγών, συμπεριλαμβανομένων φρούτων, βοτάνων και μπαχαρικών, παρέχοντας ένα ευρύ φάσμα επιλογών γεύσης για προϊόντα καπνιστού κρέατος. Επιπλέον, η χρήση φυσικών συστατικών μπορεί να προσελκύσει καταναλωτές που αναζητούν πιο καθαρές και πιο βιώσιμες επιλογές τροφίμων.

Για τη διασφάλιση της χημικής και μικροβιολογικής ποιότητας του καπνιστού κρέατος, η εφαρμογή τεχνολογιών ασφάλειας τροφίμων είναι ζωτικής σημασίας. Τα μέτρα ασφάλειας των τροφίμων, όπως ο σωστός χειρισμός, η αποθήκευση και η επεξεργασία, είναι απαραίτητα για την πρόληψη της μόλυνσης και της ανάπτυξης επιβλαβών βακτηρίων (Bhuyan et al., 2018). Επιπλέον, η χρήση προσθέτων, όπως αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών, μπορεί να βοηθήσει στην παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων καπνιστού κρέατος και στη διατήρηση της ποιότητάς τους (Indiarto et al., 2020). Επιπλέον, οι εξελίξεις στις τεχνολογίες συσκευασίας, όπως η σφράγιση υπό κενό και η συσκευασία σε τροποποιημένη

ατμόσφαιρα, μπορούν να δημιουργήσουν ένα φράγμα ενάντια στο οξυγόνο και την υγρασία, μειώνοντας τον κίνδυνο αλλοίωσης και διατηρώντας τα αισθητήρια χαρακτηριστικά του καπνιστού κρέατος (Gómez et al., 2020). Αυτές οι τεχνολογίες διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη διασφάλιση ότι τα προϊόντα καπνιστού κρέατος πληρούν τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας και ποιότητας.

7 Κεφάλαιο. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση και κατανόηση των τεχνικών κάπνισης κρέατος, υπογραμμίζοντας τη σημασία της διατήρησης της ποιότητας και της ασφάλειας του καπνιστού κρέατος. Η ιστορία και η πολιτιστική σημασία του καπνιστού κρέατος εντοπίζονται στην αρχαιότητα. Το κάπνισμα χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως μέθοδος συντήρησης κρέατος πριν από την εμφάνιση των σύγχρονων τεχνικών ψύξης. Επέτρεψε στους ανθρώπους να αποθηκεύουν κρέας για μεγαλύτερες περιόδους, καθιστώντας το πολύτιμο πόρο σε περιόδους έλλειψης. Η μοναδική καπνιστή γεύση και το άρωμα του καπνιστού κρέατος έχουν γίνει μέρος της πολιτιστικής ταυτότητας διαφόρων περιοχών σε όλο τον κόσμο.

Με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που έλαβε χώρα, προκύπτει ότι τα καπνιστά τρόφιμα είναι ένα από τα αρχαιότερα διατηρημένα τρόφιμα και διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή και στις οικονομικές αγορές. Οι διάφορες μέθοδοι καπνίσματος ταξινομούνται σε δύο κύριες ομάδες: α) το άμεσο και β) το έμμεσο κάπνισμα. Το άμεσο κάπνισμα περιλαμβάνει το παραδοσιακό ζεστό κάπνισμα και το παραδοσιακό κρύο κάπνισμα. Το έμμεσο κάπνισμα περιλαμβάνει μια σειρά από νέες μεθόδους που συμβάλλουν στη μείωση της μόλυνσης των προϊόντων κρέατος με PAH, όπως ο καπνός που παράγεται από γεννήτρια τριβής, ο υγρός καπνός το ηλεκτροστατικό κάπνισμα και άλλες τεχνολογίες παραγωγής καπνού που γεννήτριες ατμού, ρευστοποίησης, αφής και καπνού. Κατά το κάπνισμα παράγονται ορισμένες ενώσεις που προκαλούν επιθυμητές και ανεπιθύμητες επιδράσεις στο καπνιστό φαγητό.

Τα επιθυμητά αποτελέσματα είναι η συντήρηση των τροφίμων, που εξακολουθεί να είναι ο κύριος στόχος στις αναπτυσσόμενες χώρες, και η βελτίωση του οργανοληπτικού προφίλ, του χρώματος, της υφής και της γεύσης των τροφίμων,

που είναι σήμερα ο κύριος στόχος στις ανεπτυγμένες χώρες. Η θερμοκρασία και η διάρκεια της διαδικασίας καπνίσματος είναι κρίσιμοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη χημική και μικροβιολογική ποιότητα του καπνιστού κρέατος (Ahmad, 2003; Woods, 2003). Η διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας καπνίσματος είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι το κρέας φτάνει σε μια ασφαλή εσωτερική θερμοκρασία για να σκοτώσει τυχόν επιβλαβή βακτήρια (Pittia and Antonello, 2016). Η διαδικασία του καπνίσματος μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη ορισμένων μικροοργανισμών, μειώνοντας τον κίνδυνο αλλοίωσης και τροφιμογενών ασθενειών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διατροφική σύνθεση του καπνιστού κρέατος μπορεί να αλλοιωθεί λόγω της διαδικασίας καπνίσματος (Gómez et al., 2020). Ορισμένα θρεπτικά συστατικά, όπως βιταμίνες και αντιοξειδωτικά, μπορεί να χαθούν μερικώς κατά το κάπνισμα.

Διαφορετικές τεχνικές καπνίσματος, όπως το ζεστό κάπνισμα, το κρύο κάπνισμα και η εφαρμογή υγρού καπνού, μπορούν να οδηγήσουν σε ποικίλες γεύσεις, υφές και μικροβιακή ασφάλεια του κρέατος (Bhuyan et al., 2018). Για παράδειγμα, το παραδοσιακό ζεστό κάπνισμα έχει βρεθεί ότι έχει ελαφρώς υψηλότερα πλεονεκτήματα όσον αφορά την οξείδωση των λιπιδίων και τη μικροβιολογική ασφάλεια σε σύγκριση με τα λουκάνικα που έχουν υποστεί επεξεργασία με υγρό καπνό (Bhuyan et al., 2018). Από την άλλη πλευρά, το κρύο κάπνισμα χρησιμοποιείται συχνά για προϊόντα που απαιτούν πιο λεπτή γεύση και μεγαλύτερη διάρκεια καπνίσματος (Yin et al., 2021).

Η κύρια ανεπιθύμητη ενέργεια του καπνίσματος είναι η μόλυνση των τροφίμων από τοξικές και καρκινογόνες ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις παράγονται με τις παραδοσιακές διαδικασίες καπνίσματος και συσσωρεύονται κυρίως στην επιφάνεια του φαγητού, με τους Πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH) να

αποτελούν τις πιο γνωστές τοξικές ουσίες στα καπνιστά τρόφιμα (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Μια μελέτη των Sampaio et al. (2021) διαπίστωσε ότι πάνω από το 70% της έκθεσης σε PAH σε μη καπνιστές σχετίζεται με την κατανάλωση τροφής, υπογραμμίζοντας τη σημασία της αντιμετώπισης του σχηματισμού PAH στο καπνιστό κρέας. Επιπλέον, άλλες ενώσεις που προκαλούνται από τη θερμότητα, όπως οι ετεροκυκλικές αμίνες και οι νιτροζαμίνες, έχουν επίσης βρεθεί σε καπνιστό κρέας, τονίζοντας περαιτέρω την ανάγκη κατανόησης και μετριασμού του σχηματισμού αυτών των επιβλαβών ενώσεων (Onopiuk et al., 2021).

Επίσης, μελέτες σε ζώα έχουν δείξει ότι οι PAH μπορούν να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο δέρμα, τα σωματικά υγρά και το ανοσοποιητικό σύστημα του σώματος, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα (Mallah et al., 2021). Επιπλέον, υπάρχουν στοιχεία που υποδηλώνουν ότι η κατανάλωση κρέατος μαγειρεμένου σε υψηλές θερμοκρασίες και που περιέχει PAH μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο ορισμένων τύπων καρκίνου (Sinha et al., 1998). Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να ελαχιστοποιηθεί ο σχηματισμός PAH στο καπνιστό κρέας για να μειωθούν οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία που συνδέονται με την κατανάλωσή τους. Λόγω των επιβλαβών επιπτώσεων των PAH στους ζωντανούς οργανισμούς, έχουν τεθεί διάφοροι περιορισμοί στις ποσότητες αυτών των ενώσεων σε προϊόντα καπνιστού κρέατος στο παρελθόν από ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες.

Επίσης, μπορούν να εφαρμοστούν στρατηγικές για τη μείωση του σχηματισμού PAH στο καπνιστό κρέας. Οι ερευνητές έχουν ερευνήσει διάφορες μεθόδους. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν θερμοκρασία παραγωγής καπνού κάτω από 600 °C σε σύγχρονα συστήματα έμμεσου καπνίσματος (π.χ. τριβή ή υγρό καπνό) και χρήση συνθετικών αντί για φυσικές θήκες, σύντομους χρόνους

καπνίσματος, χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά προϊόντων, μεθόδους προεπεξεργασίας (π.χ. μαρινάρισμα, φούρνος μικροκυμάτων προθέρμανση και περιτύλιξη αλουμινίου) ή επιλεγμένα ξύλα (αποφεύγοντας τη χρήση βενζίνης, επεξεργασμένων ξύλων ή χρησιμοποιημένου λαδιού) κατά τις παραδοσιακές διαδικασίες απευθείας καπνίσματος. Αυτό θα μειώσει και θα αποτρέψει τη μόλυνση των καπνιστών τροφίμων από τοξικές ενώσεις, διατηρώντας παράλληλα τα επιθυμητά αποτελέσματα της διαδικασίας καπνίσματος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις αναπτυσσόμενες χώρες, στις οποίες το άμεσο κάπνισμα εξακολουθεί να εφαρμόζεται με τον παραδοσιακό τρόπο ως η κύρια μέθοδος συντήρησης των τροφίμων (Afe et al., 2020; Fraqueza et al., 2020; Hokkanen et al., 2018).

Επιπλέον, τα συστήματα έμμεσου καπνίσματος (π.χ. τριβή ή υγρός καπνός) μπορούν να μειώσουν σημαντικά την περιεκτικότητα των τροφίμων σε PAH (Pöhlmann et al., 2013). Αυτές οι στρατηγικές στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση της άμεσης επαφής του κρέατος με την πηγή θερμότητας, η οποία έχει αναγνωριστεί ως σημαντικός παράγοντας στο σχηματισμό PAH (Sumer and Oz, 2023). Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων, είναι δυνατός ο μετριασμός του σχηματισμού επιβλαβών ενώσεων και η βελτίωση της χημικής και μικροβιολογικής ποιότητας του καπνιστού κρέατος. Ο υγρός καπνός λαμβάνεται από συμπυκνωμένο και καθαρισμένο καπνό (Pittia and Antonello, 2016). Η κλασμάτωση μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί για τη μείωση της συγκέντρωσης των ανεπιθύμητων τοξικών υποπροϊόντων του καπνού και για τον εμπλουτισμό της παρουσίας ενώσεων με ενδιαφέρουσες οσφρητικές ιδιότητες (Pittia and Antonello, 2016).

Επιπροσθέτως, ο έλεγχος άλλων μεταβλητών όπως η περιεκτικότητα σε λίπος, ορισμένοι τύποι προεπεξεργασίας όπως το μαρινάρισμα, η προθέρμανση σε φούρνο μικροκυμάτων και η περιτύλιξη αλουμινίου μπορούν να βοηθήσει στη μείωση

της τελικής περιεκτικότητας σε PAH στα ψητά και καπνιστά τρόφιμα (Ledesma, Rendueles and Díaz, 2017).

Έτσι, η μελλοντική προοπτική είναι η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών καπνίσματος και η ελεγχόμενη χρήση των παραδοσιακών διαδικασιών άμεσου καπνίσματος. Ως εκ τούτου, στο μέλλον, ορισμένες μεταβλητές του καπνίσματος θα πρέπει να ρυθμιστούν και να εφαρμοστούν οι κατάλληλες διαδικασίες.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Belitz, H.-D., Grosch, W. and Schieberle P., 2006. Χημεία Τροφίμων, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2004. Κανονισμός No 853/2004.

Μπλούκας, Ι.Γ., 2007. Τεχνολογία κρέατος, Αθήνα. Εκδόσεις Σταμούλη Α. Ε

Ξενόγλωσση

Afé, O.H.I., Douny, C., Kpoclou, Y.E., Igout, A., Mahillon, J., Anihouvi, V., Hounhouigan, D.J. and Scippo, M.L., 2020. Insight about methods used for polycyclic aromatic hydrocarbons reduction in smoked or grilled fishery and meat products for future re-engineering: A systematic review. Food and chemical toxicology, 141:111372.

Ahmad, J. I., 2003. Smoked Foods / Applications of Smoking. *In*: B. Caballero, L.C. Trugo, P.M. Finglas (Eds.), Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition—second Edition, Academic Press (Elsevier Ltd.): 5309-5316.

Apple, J.K., and Yancey J.W., 2013. Water-holding capacity of meat. *In*: The science of meat quality. Chris R.K. (ed). UK: John Wiley & Sons, Inc., 119-145.

Arshad, M.S., Sohaib, M., Ahmad, R.S., Nadeem, M.T., Imran, A., Arshad, M.U., Kwon, J.H., and Amjad, Z., 2018. Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids. Lipids in health and disease, 17:1-13.

Barcenilla, C., Álvarez-Ordóñez, A., López, M., Alvseike, O. and Prieto, M., 2022. Microbiological safety and shelf-life of low-salt meat products—A Review. Foods, 11: 2331.

- Bhuyan, D., Das, A., Laskar, S.K., Bora, D.P., Tamuli, S. and Hazarika, M., 2018. Effect of different smoking methods on the quality of pork sausages. *Veterinary world*, 11:1712.
- Biesalski, H.K., 2005. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70: 509-524.
- Cassens, R.G., 2008. Meat preservation: preventing losses and assuring safety. John Wiley & Sons.
- Commission regulation (EU) (2020). 2020/1255 of 7 September 2020. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1255&rid=5>
- De Meester, C., 1995. Genotoxic potential of β -carbolines: a review. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology*, 339(3): 139-153.
- Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Kowalska, T., Paelinck, H. and Vander Heyden, Y., 2011. Influence of putrescine, cadaverine, spermidine or spermine on the formation of N-nitrosamine in heated cured pork meat. *Food chemistry*, 126(4): 539-545.
- Duma-Kocan, P., Rudy, M., Gil, M., and Stanisławczyk, R., 2020. The influence of temperature differences in smoking chamber and furnace and smoking time on the quality of medium-ground sausages. *Molecules*, 25:5515.
- Fraqueza, M.J., Laranjo, M., Alves, S., Fernandes, M.H., Agulheiro-Santos, A.C., Fernandes, M.J., Potes, M.E., and Elias, M., 2020. Dry-cured meat products according to the smoking regime: Process optimization to control polycyclic aromatic hydrocarbons. *Foods*, 9:91.
- García-Falcon, M.S. and Simal-Gándara*, J., 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke from different woods and their transfer during traditional smoking

- into chorizo sausages with collagen and tripe casings. *Food Additives and Contaminants*, 22(1): 1-8.
- Gimeno, O., Ansorena, D., Astiasarán, I. and Bello, J., 2000. Characterization of chorizo de Pamplona: instrumental measurements of colour and texture. *Food Chemistry*, 69(2): 195-200.
- Gimeno, O., Astiasarán, I. and Bello, J., 1999. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on texture and color of dry fermented sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3): 873-877.
- Gómez, I., Janardhanan, R., Ibañez, F.C., and Beriain, M.J., 2020. The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects. *Foods*, 9:1416.
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G., 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food chemistry*, 93(3): 511-520.
- Guo, W., and Greaser, M. 2017. Muscle structure, proteins, and meat quality. In: *New Aspects of Meat Quality*. Purslow P.P. (ed). Woodhead Publishing, Elsevier, 13- 31.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., Christensen, T., Olesen, P.T. and Granby, K., 2015. Dietary exposure to volatile and non-volatile N-nitrosamines from processed meat products in Denmark. *Food and Chemical Toxicology*, 80, pp.137-143.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L. and Granby, K., 2015. Occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and the role of heat treatment. *Food Control*, 48: 163-169.

- Herrmann, S.S., Granby, K. and Duedahl-Olesen, L., 2015. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, pp.516-526.
- Higgs, J.D., 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science & Technology*, 11:85-95
- Hokkanen, M., Luhtasela, U., Kostamo, P., Ritvanen, T., Peltonen, K., and Jestoi, M., 2018. Critical effects of smoking parameters on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked fish and meat products in Finland. *Journal of Chemistry*, 2018.
- Huff-Lonergan, E., 2010. Chemistry and biochemistry of meat. In: *Handbook of meat processing*. Toldrá F. (ed). USA: Wiley-Blackwell, 3-24.
- Huff-Lonergan, E., and Lonergan, S.M., 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71: 194-204.
- Ibáñez, R., Agudo, A., Berenguer, A., Jakszyn, P., Tormo, M.J., Sánchez, M.J., Quirós, J.R., Pera, G., Navarro, C., Martinez, C. and Larrañaga, N., 2005. Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons in a Spanish population. *Journal of food protection*, 68(10): 2190-2195.
- Indiarto, R., Nurhadi, B., Tensiska, T., Subroto, E., and Istiqamah, Y.J., 2020. Effect of liquid smoke on microbiological and physico-chemical properties of beef meatballs during storage. *Food Res*, 4:522-531.
- Iko, Afe, O.H., Kpoclou, Y.E., Douny, C., Anihouvi, V.B., Igout, A., Mahillon, J., Hounhouigan, D.J., and Scippo, M.L., 2021. Chemical hazards in smoked meat and fish. *Food Science & Nutrition*, 9:6903-6922.

- Kauffman, R.G. (2001). Meat composition. In: Meat science and applications. Hui Y.H., Nip W.-K., Rogers R.W., et al. (eds). New York: CRC Press, 17-36.
- Khalid, W., Maggiolino, A., Kour, J., Arshad, M.S., Aslam, N., Afzal, M.F., Meghwar, P., Zafar, K.U.W., De Palo, P., and Korma, S.A., 2023. Dynamic alterations in protein, sensory, chemical, and oxidative properties occurring in meat during thermal and non-thermal processing techniques: A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 9: 1057457.
- Knize, M.G., Sinha, R., Brown, E.D., Salmon, C.P., Levander, O.A., Felton, J.S. and Rothman, N., 1998. Heterocyclic amine content in restaurant-cooked hamburgers, steaks, ribs, and chicken. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), pp.4648-4651.
- Kostyra, E. and Baryłko-Pikielna, N., 2006. Volatiles composition and flavour profile identity of smoke flavourings. *Food Quality and Preference*, 17(1-2): 85-95.
- Kuzelov, A., Dimitrovski, Z., Naseva, D., Taskov, N., and Andronikov, D., 2013. Microbiological status of smoked meat products. *International scientific online journal "Science & Technologies"*, 3:16-18.
- Ledesma, E., Rendueles, M. and Díaz, M., 2017. Smoked food. In *Current developments in biotechnology and bioengineering* (pp. 201-243). Elsevier.
- Ledesma, E., Rendueles, M., and Díaz, M.J.F.C., 2016. Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and prevention. *Food Control*, 60:64-87.
- Ledesma, E., Rendueles, M. and Díaz, M., 2015. Characterization of natural and synthetic casings and mechanism of BaP penetration in smoked meat products. *Food Control*, 51: 195-205.

- Leistner, L., 1992. Food preservation by combined methods. *Food research international*, 25:151-158.
- Lekahena, V.N.J., and Jamin, R., 2018. The Quality of Smoked Skipjack during Storage Time at Room Temperature. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 175, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Łepecka, A., Szymański, P., Okoń, A., Siekierko, U., Zielińska, D., Trzaskowska, M., Neffe-Skocińska, K., Sionek, B., Kajak-Siemaszko, K., Karbowski, M., and Kołożyn-Krajewska, D., 2023. The Influence of the Apple Vinegar Marination Process on the Technological, Microbiological and Sensory Quality of Organic Smoked Pork Hams. *Foods*, 12:1565.
- Leroy, F., Geyzen, A., Janssens, M., De Vuyst, L. and Scholliers, P., 2013. Meat fermentation at the crossroads of innovation and tradition: A historical outlook. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2): 130-137.
- Lijinsky, W., 1999. N-Nitroso compounds in the diet. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443(1-2): 129-138.
- Lingbeck, J.M., Cordero, P., O'Bryan, C.A., Johnson, M.G., Ricke, S.C. and Crandall, P.G., 2014. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. *Meat Science*, 97(2): 197-206.
- López-Bote C. (2017). Chapter 4 - Chemical and biochemical constitution of muscle. *In: Lawrie's Meat Science* (Eighth Edition). Toldrá F. (ed). Woodhead Publishing, 99-158.
- Mallah, M.A., Mallah, M.A., Liu, Y., Xi, H., Wang, W., Feng, F., and Zhang, Q., 2021. Relationship between polycyclic aromatic hydrocarbons and cardiovascular diseases: a systematic review. *Frontiers in public health*, 9:763-706.

- McGrath, T.E., Wooten, J.B., Chan, W.G. and Hajaligol, M.R., 2007. Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons from tobacco: the link between low temperature residual solid (char) and PAH formation. *Food and Chemical Toxicology*, 45(6): 1039-1050.
- Montazeri, N., Himelbloom, B.H., Oliveira, A.C., Leigh, M.B. and Crapo, C.A., 2013. Refined liquid smoke: A potential antilisterial additive to cold-smoked sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Journal of food protection*, 76(5): 812-819.
- Naccari, C., Galceran, M.T., Moyano, E., Cristani, M., Siracusa, L. and Trombetta, D., 2009. Presence of heterocyclic aromatic amines (HAs) in smoked “Provola” cheese from Calabria (Italy). *Food and Chemical Toxicology*, 47(2): 321-327.
- Onopiuk, A., Kołodziejczak, K., Szpicer, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Wierzbicka, A., and Półtorak, A., 2021. Analysis of factors that influence the PAH profile and amount in meat products subjected to thermal processing. *Trends in Food Science & Technology*, 115:366-379.
- Papavergou, E. and Herraiz, T., 2003. Identification and occurrence of 1, 2, 3, 4-tetrahydro- β -carboline-3-carboxylic acid: the main β -carboline alkaloid in smoked foods. *Food research international*, 36(8): 843-848.
- Pereira, P.M.d.C.C., and Vicente, A.F.d.R.B., 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93:586-592
- Pinilla, E.A., Diaz, J.M. and Coca, J., 1984. Mass transfer and axial dispersion in a spray tower for gas-liquid contacting. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 62(5): 617-622.
- Pino, J.A., 2014. Characterisation of volatile compounds in a smoke flavouring from rice husk. *Food chemistry*, 153: 81-86.

- Pittia, P. and Antonello, P., 2016. Safety by control of water activity: drying, smoking, and salt or sugar addition. In *Regulating safety of traditional and ethnic foods* (pp. 7-28). Academic Press.
- Plavsic, D., Okanovic, D., Gubic, J., and Njezic, Z., 2015. Microbiological and chemical evaluation of dried smoked meat product. *Procedia Food Science*, 5: 239-242.
- Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwägele, F., Speer, K. and Jira, W., 2013. Influence of different smoke generation methods on the contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in Frankfurter-type sausages. *Food Control*, 34(2): 347-355.
- Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwägele, F., Speer, K. and Jira, W., 2012. Contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in Frankfurter-type sausages depending on smoking conditions using glow smoke. *Meat science*, 90(1): 176-184.
- Purslow, P.P., 2017. The structure and growth of muscle. In: *Lawrie's Meat Science* (Eighth Edition). Toldrá F. (ed). Woodhead Publishing, Elsevier, 49-97.
- Sampaio, G.R., Guizellini, G.M., da Silva, S.A., de Almeida, A.P., Pinaffi-Langley, A.C.C., Rogero, M.M., de Camargo, A.C. and Torres, E.A., 2021. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: Biological effects, legislation, occurrence, analytical methods, and strategies to reduce their formation. *International Journal of Molecular Sciences*, 22:6010.
- Šimko, P., 2017. Reduction of Contaminant Content in Processed Meats. In *Advanced Technologies for Meat Processing*, CRC Press: 319-354
- Šimko, P., 2011. Heat and processing generated contaminants in processed meats. In *Processed meats* (pp. 478-507). Woodhead Publishing.

- Sinha, R., Rothman, N., Salmon, C.P., Knize, M.G., Brown, E.D., Swanson, C.A., Rhodes, D., Rossi, S., Felton, J.S., and Levander, O.A., 1998. Heterocyclic amine content in beef cooked by different methods to varying degrees of doneness and gravy made from meat drippings. *Food and Chemical Toxicology*, 36:279-287.
- Stumpe-Vīksna, I., Bartkevičs, V., Kukāre, A. and Morozovs, A., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chemistry*, 110(3): 794-797.
- Sumer, G., and Oz, F., 2023. The Effect of Direct and Indirect Barbecue Cooking on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation and Beef Quality. *Foods*, 12:1374.
- Suñen, 1998. Minimum inhibitory concentration of smoke wood extracts against spoilage and pathogenic micro-organisms associated with foods. *Letters in Applied Microbiology*, 27(1): 45-48.
- Szterk, A. and Waszkiewicz-Robak, B., 2014. Influence of selected quality factors of beef on the profile and the quantity of heterocyclic aromatic amines during processing at high temperature. *Meat Science*, 96(3): 1177-1184.
- Tang, X., Bai, Y., Duong, A., Smith, M.T., Li, L. and Zhang, L., 2009. Formaldehyde in China: production, consumption, exposure levels, and health effects. *Environment international*, 35(8): 1210-1224.
- Taormina, P.J. and Bartholomew, G.W., 2005. Validation of bacon processing conditions to verify control of *Clostridium perfringens* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of food protection*, 68(9): 1831-1839.
- Theobald, A., Arcella, D., Carere, A., Croera, C., Engel, K.H., Gott, D., Gürtler, R., Meier, D., Pratt, I., Rietjens, I.M.C.M. and Simon, R., 2012. Safety assessment

- of smoke flavouring primary products by the European Food Safety Authority. *Trends in food science & technology*, 27(2): 97-108.
- Tocmo, R., Krizman, K., Khoo, W.J., Phua, L.K., Kim, M. and Yuk, H.G., 2014. *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed smoked fish products: occurrence, routes of contamination, and potential intervention measures. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13:172-189.
- Toth, L., and Potthast, K., 1984. Chemical aspects of the smoking of meat and meat products. In *Advances in food research* (Vol. 29, pp. 87-158). Academic Press.
- Ursachi, C.Ş., Perța-Crișan, S., and Munteanu, F.D., 2020. Strategies to improve meat products' quality. *Foods*, 9:1883.
- Varlet, V., Serot, T., Knockaert, C., Cornet, J., Cardinal, M., Monteau, F., Le Bizec, B. and Prost, C., 2007. Organoleptic characterization and PAH content of salmon (*Salmo salar*) fillets smoked according to four industrial smoking techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(5): 847-854.
- Vaz-Velho M., 2003. Smoked foods: Production in *Encyclopedia of food sciences and nutrition*, Academic Press: 5302-5309.
- Vilar, I., Garcia Fontan, M.C., Prieto, B., Tornadijo, M.E., and Carballo, J., 2000. A survey on the microbiological changes during the manufacture of dry-cured lacón, a Spanish traditional meat product. *Journal of Applied Microbiology*, 89: 1018-1026.
- Williams, P., 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64: S113-S119.
- Wilms, M., 2000. The developing of modern smokehouses-Ecological and economical aspects. *Fleischwirtschaft International*, (4): 8-13.

- Woods L. 2003. Smoked foods: Principles in Encyclopedia of food sciences and nutrition, Academic Press.
- Yin, X., Chen, Q., Liu, Q., Wang, Y., and Kong, B., 2021. Influences of smoking in traditional and industrial conditions on flavour profile of harbin red sausages by comprehensive two-dimensional gas chromatography mass spectrometry. *Foods*, 10:1180.
- Zhou, G.H., Xu, X.L. and Liu, Y., 2010. Preservation technologies for fresh meat—A review. *Meat science*, 86(1): 119-128.
- Zhu, Y., Peng, Z., Wang, M., Wang, R. and Rui, L., 2012. Optimization of extraction procedure for formaldehyde assay in smoked meat products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 28(1): 1-7.