



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Θέμα : Διατροφική έκθεση στο ακρυλαμίδιο μέσω κατανάλωσης θερμικώς
επεξεργασμένων τροφίμων**

Όνομα φοιτητή: Δετοράκη Στεφανία, Χάσικου Ευφροσύνη

ΑΜ: 16163, 17113

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μαραγκού Νίκη

ΑΘΗΝΑ, Σεπτέμβριος 2024



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA SCHOOL OF FOOD SCIENCE
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY**

BACHELOR THESIS

**Dietary exposure to acrylamide through consumption of thermally processed
foods**

Student name: Detoraki Stefania, Xasikou Eufrosyni

Registration Number: 16163, 17113

Supervisor name and surname: Maragou Niki

ATHENS, September 2024

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΔΗΛΩΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο:
**Διατροφική έκθεση στο ακρυλαμίδιο μέσω κατανάλωσης θερμικώς
επεξεργασμένων τροφίμων**

και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή (1^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3^ο Μέλους Επιτροπής)	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογράφουσες Δετοράκη Στεφανία του Γεωργίου με αριθμό μητρώου 16163, και Χάσικου Ευφροσύνη του Μιχαήλ με αριθμό μητρώου 17113 φοιτήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστήμης Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι: << Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μας>>.

Η Δηλούσα
Δετοράκη Στεφανία

(Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή)



Η Δηλούσα
Χάσικου Ευφροσύνη

(Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή)



Περίληψη

Το ακρυλαμίδιο είναι μια χημική ουσία που σχηματίζεται κατά την θερμική επεξεργασία, ορισμένων τροφίμων, σε θερμοκρασίες άνω των 120°C, και σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας. Σχηματίζεται κυρίως σε τρόφιμα πλούσια σε άμυλο, όπως είναι οι πατάτες, τα ψωμιά και τα δημητριακά, συνήθως κατά το ψήσιμο, το τηγάνισμα αλλά και το ψήσιμο στο φούρνο. Η έκθεση στο ακρυλαμίδιο μέσω της διατροφής έχει προκαλέσει αρκετές ανησυχίες λόγω της πιθανής καρκινογόνου δράσης του. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ερευνών για τον καρκίνο (IARC), το ακρυλαμίδιο ταξινομείται ως πιθανή καρκινογόνα ουσία, της ομάδας 2A, για τον άνθρωπο με βάση πειράματα σε ζώα. Τα επίπεδα έκθεσης σε ακρυλαμίδιο διαφέρουν ανάλογα με τις διατροφικές συνήθειες, την προετοιμασία των τροφίμων αλλά και την αποθήκευσή τους. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων του 2015 η διατροφική έκθεση κυμαίνεται μεταξύ του 0,5 και 1,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για τα βρέφη, τα νήπια και τα παιδιά τα οποία είναι και η πιο εκτεθειμένη κατηγορία. Ακόμα, στους έφηβους, στους ενήλικες και στους ηλικιωμένους κυμαίνεται μεταξύ 0,4 και 0,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα. Τα τρόφιμα με την κύρια συνεισφορά στη διατροφική έκθεση είναι τα προϊόντα με βάση την πατάτα και τα δημητριακά, συμπεριλαμβανομένου του ψωμιού, τα προϊόντα σιτηρών, του καφέ καθώς και τα υποκατάστατά του. Διαπιστώνεται πως χρειάζεται η συνεχής παρακολούθηση του ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα αλλά και η έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις της διατροφικής έκθεσης στην ανθρώπινη υγεία όπως είναι η νευροτοξικότητα, η γονοτοξικότητα, η καρκινογένεση αλλά και η αναπαραγωγική τοξικότητα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την παρουσία ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αναφέρονται διάφορα μέτρα που καλούνται να εφαρμόσουν οι παραγωγοί τροφίμων προκειμένου να συμμορφωθούν με τους ισχύοντες κανονισμούς που αφορούν τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στα προϊόντα τους. Επίσης παρέχονται δεδομένα διατροφικής έκθεσης και γίνεται μεγαλύτερη ανάλυση σχετικά με τη διατροφική έκθεση που σχετίζεται με τις παιδικές τροφές και τα προϊόντα δημητριακών.

Λέξεις κλειδιά: ακρυλαμίδιο, διατροφική έκθεση, βρεφικές τροφές, δημητριακά, τοξικότητα, δημόσια υγεία.

ABSTRACT

Acrylamide is a chemical substance formed during the heat treatment of certain foods at temperatures above 120°C and in low humidity conditions. It is mainly formed in starch-rich foods such as potatoes, breads and cereals, usually during baking, frying and oven baking. Dietary exposure to acrylamide has raised several concerns due to its possible carcinogenic effects. According to the International Agency for Research on Cancer (IARC) acrylamide is classified as a possible carcinogen, group 2A, for humans based on animal experiments. Exposure levels to acrylamide vary depending on dietary habits, food preparation and storage. According to the most recent 2015 European Food Safety Authority data, dietary exposure ranges between 0,5 and 1,9 µg/kg bw/day for infants, toddlers and children's as they are the most exposed category. Still, in adolescents, adults and the elderly it ranges between 0,4 and 0,9 µg/kg bw/day. The foods with the main contribution to dietary exposure are potato and cereal-based products, including bread, cereal products, coffee as well as its substitutes. To reduce acrylamide intake, various strategies are proposed, such as avoiding excessive cooking or frying of food and preferring cooking methods with lower temperatures and higher humidity, such as boiling or steaming. It is concluded that there is a need for continuous monitoring of acrylamide in food and research on the effects of dietary exposure on human health such as neurotoxicity, genotoxicity, carcinogenicity and reproductive toxicity. This thesis examines the legislative framework regarding the presence of acrylamide in food within the European Union. It highlights the various measures that food producers are required to implement in order to comply with current regulations concerning acrylamide levels in their products. It also provides dietary exposure data especially related to baby food and cereal products.

Keywords: *acrylamide, dietary exposure, baby food, cereal products, toxicity, public health.*

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	5
ABSTRACT	6
Κατάλογος πινάκων.....	8
Κατάλογος Σχημάτων.....	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό υπόβαθρο	10
2.1 Διατροφική έκθεση σε ρυπαντές τροφίμων.....	10
2.2 Σχηματισμός ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.....	11
2.2.1 Χημικές αντιδράσεις σχηματισμού	11
2.2.2. Κατηγορίες τροφίμων που περιέχεται το ακρυλαμίδιο - Θερμικώς επεξεργασμένα τρόφιμα.....	13
2.2.3. Παράμετροι που επηρεάζουν την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα.	16
2.2.3.1. Θερμοκρασία.....	16
2.2.3.2. Χρόνος και είδος μαγειρέματος.....	17
2.3. Τοξικότητα ακρυλαμιδίου.	17
2.4. Νομοθεσία σχετικά με το ακρυλαμίδιο	19
2.4.1. Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2158 της επιτροπής για το ακρυλαμίδιο.....	19
2.4.2. Σύσταση (ΕΕ) 2019/1888 της επιτροπής για το ακρυλαμίδιο	27
2.5. Διατροφική έκθεση στο ακρυλαμίδιο.....	29
2.5. Ακρυλαμίδιο σε παιδικές τροφές.....	30
2.6.Ακρυλαμίδιο σε προϊόντα δημητριακών	35
Κεφάλαιο 3. Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφικές αναφορές	40

Κατάλογος πινάκων

- Πίνακας 1: Περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο σε διάφορα προϊόντα διατροφής (μg/kg).(Michalak,2020), σελ.14-16
- Πίνακας 2: Επίπεδα αναφοράς ακρυλαμιδίου. ,σελ.22
- Πίνακας 3: Επίπεδα ακρυλαμιδίου στις παιδικές τροφές που καταναλώνονται από βρέφη και νήπια σύμφωνα με την τελευταία δεκαετία. (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022), σελ.31-32
- Πίνακας 4: Τα επίπεδα έκθεσης ακρυλαμιδίου σε βρέφη και νήπια μέσω των βρεφικών τροφών την τελευταία δεκαετία (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022), σελ.33
- Πίνακας 5: Συγκέντρωση ακρυλαμιδίου σε διάφορα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά και οι αντίστοιχες ευρωπαϊκές τιμές αναφοράς. ,σελ.36

Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 1: Χημική αντίδραση σχηματισμού του ακρυλαμιδίου (Chemicals, 2009), σελ.13

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Το ακρυλαμίδιο, γνωστό και ως 2-προπεναμίδιο, είναι μια κρυσταλλική χημική ουσία που είναι μη πτητική και διαλυτή στο νερό. Το ακρυλαμίδιο έχει αναγνωριστεί ως πιθανό καρκινογόνο της ομάδας 2Α από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο (Erdreich and Friedman, 2004). Η επιστημονική Σουηδική Εθνική Υπηρεσία Τροφίμων (SNFA) άρχισε να ανησυχεί για το ακρυλαμίδιο ξεκινώντας από το 2002, όταν ανακαλύφθηκε η παρουσία του σε θερμικά επεξεργασμένα τρόφιμα.

Το ακρυλαμίδιο είναι ένας θερμικός ρύπος, καθώς βρίσκεται σε διάφορα τρόφιμα πλούσια σε υδατάνθρακες που έχουν υποστεί επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες. Το ακρυλαμίδιο αποτελεί σοβαρή απειλή για την υγεία των βρεφών και των παιδιών, καθώς τα τρόφιμα πλούσια σε αυτό αποτελούν σημαντικό μέρος της διατροφής τους. Τα βρέφη και τα παιδιά παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα έκθεσης σε ακρυλαμίδιο λόγω του μικρότερου βάρους του σώματος τους και της μεγαλύτερης κατανάλωσης τροφών ανά κιλό σωματικού βάρους (EFSA 2015).

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή βιβλιογραφικής ανασκόπησης σχετικά με την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και την διατροφική έκθεση. Η έρευνα αυτή εξετάζει διάφορες πηγές διατροφικής έκθεσης στο ακρυλαμίδιο ενώ εστιάζει κυρίως στις παιδικές τροφές και τα προϊόντα δημητριακών. Επιπλέον γίνεται προσπάθεια να αποσαφηνιστούν οι διαδικασίες που εμπλέκονται στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και περιγράφονται οι υπάρχουσες στρατηγικές για τον μετριασμό της παρουσίας του, ώστε να μειωθούν τα επίπεδα της διατροφικής έκθεσης σε αυτό.

Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Διατροφική έκθεση σε ρυπαντές τροφίμων

Ο πρωταρχικός και αδιαμφισβήτητος στόχος της παγκόσμιας προσπάθειας για την ασφάλεια των τροφίμων είναι η διασφάλιση της ευημερίας των καταναλωτών. Ως εκ τούτου, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατεύθυνε τις προσπάθειές της προς την έκδοση της Πράσινης Βίβλου για τα τρόφιμα στις 30 Απριλίου 1997, ενώ στις 28 Ιανουαρίου 2002, πραγματοποιήθηκε η σύσταση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και θεσπίστηκε ο Κανονισμός 178/2002 για τον καθορισμό των γενικών αρχών και απαιτήσεων της νομοθεσίας για τα τρόφιμα, για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων και τον καθορισμό διαδικασιών σε θέματα ασφαλείας των τροφίμων.

Για να εξασφαλιστεί η παραγωγή τροφίμων που πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας, είναι απαραίτητο να θεσπιστεί ένα ολοκληρωμένο νομοθετικό πλαίσιο που να περιλαμβάνει ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής τροφίμων. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας επειδή οι διαφορετικές επεξεργασίες που εφαρμόζονται στα τρόφιμα κατά την πρωτογενή παραγωγή και επεξεργασία μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό ή την επιμονή υπολειμμάτων από διάφορους χειρισμούς, δυνητικά υπονομεύοντας την ποιότητα και την υγιεινή των τροφίμων. Αυτές οι ενώσεις ταξινομούνται ως ανεπιθύμητες, με πολλές από αυτές να είναι επιβλαβείς ή δηλητηριώδεις. Αυτές οι ανεπιθύμητες ουσίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ευρέως σε βιολογικές ή χημικές ενώσεις και φυσικές ενώσεις. (Σφλώμος, 2010). Ανάμεσα στους κύριους ρυπαντές των τροφίμων περιλαμβάνονται τα βαρέα μέταλλα, όπως το κάδμιο, ο υδράργυρος και ο μόλυβδος, καθώς μπορούν να βρεθούν σε τρόφιμα λόγω της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Μια άλλη σημαντική κατηγορία ρυπαντών τροφίμων είναι τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων, τα οποία μπορεί να βρεθούν στα τρόφιμα και να είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο. Επιπλέον είναι οι βιοχημικοί ρύποι όπως είναι οι διοξίνες και τα διφαινύλια (PCBs), τα οποία είναι παραδείγματα βιομηχανικών ρυπαντών και μπορούν να συσσωρευτούν στα τρόφιμα. Τέλος, είναι τα μικροπλαστικά, τα οποία προέρχονται από την διάσπαση πλαστικών και υπάρχουν σε τρόφιμα και κυρίως στα θαλασσινά και στα ψάρια (Baht and Moy, 1997). Το ακρυλαμίδιο κατατάσσεται στη μεγάλη κατηγορία των ρυπαντών τροφίμων και στα επόμενα κεφάλαια διερευνώνται οι πηγές της προέλευσης του στα τρόφιμα.

2.2 Σχηματισμός ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

Το ακρυλαμίδιο είναι μια χημική ουσία, άχρωμη, διαλυτή στο νερό και έχει μοριακό βάρος 71,08 kDa. Το ακρυλαμίδιο βρίσκεται συνήθως στα τρόφιμα, κυρίως στα μαγειρεμένα τρόφιμα, αλλά εμφανίζεται και στον καπνό του τσιγάρου. Ακόμα εμφανίζεται σε προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, με θερμική επεξεργασία, όπως οι πατάτες, τα δημητριακά και τα προϊόντα αρτοποιίας. Όπως αναφέρθηκε, το ακρυλαμίδιο αναπτύσσεται σε υψηλές θερμοκρασίες (120 °C), και εμφανίζεται σε αμυλούχα προϊόντα, κατά το τηγάνισμα και το ψήσιμο. Γι' αυτό τον λόγο στα τρόφιμα που μαγειρεύονται στο ατμό ή με την μέθοδο του βρασμού δεν υπάρχουν υψηλά επίπεδα ακρυλαμιδίου, και οι τρόποι αυτοί συμβάλλουν και στην μείωσή του. Το ακρυλαμίδιο δεν προϋπάρχει στα τρόφιμα, αλλά σχηματίζεται κατά το μαγείρεμα στις υψηλές θερμοκρασίες. Η κύρια οδός για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, είναι η μέθοδος Maillard. Καθώς, είναι μια μη ενζυμική αντίδραση και κατά το μαγείρεμα εμφανίζεται αυτό το καφέ χρώμα (Krishnakumar and Visvanathan, 2014).

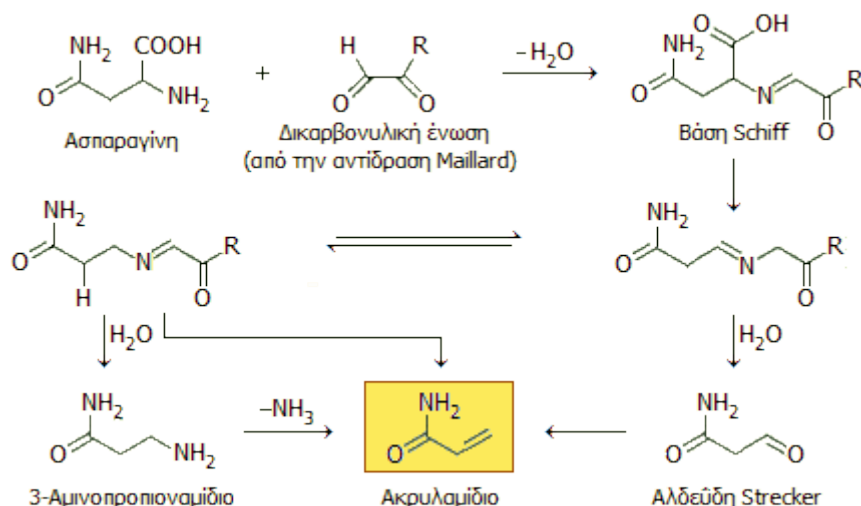
Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την μείωση του ακρυλαμιδίου, και έχουν σχηματιστεί αρκετές στρατηγικές σε διάφορα στάδια κατά την παραγωγή των τροφίμων. Η ποικιλία του τρόφιμου, το έτος της συγκομιδής, η λίπανση αλλά και οι συνθήκες αποθήκευσης έχουν αποδείξει ότι επηρεάζουν το σχηματισμό του ακρυλαμιδίου (Krishnakumar and Visvanathan, 2014).

2.2.1 Χημικές αντιδράσεις σχηματισμού

Όταν θερμαίνεται ένα τρόφιμο, δημιουργείται ακρυλαμίδιο καθώς μια αμινομάδα από ένα αμινοξύ (ασπαραγίνης) συμπυκνώνεται με μια ομάδα καρβονυλίου από ένα σάκχαρο (γλυκόζη ή φρουκτόζη). Η βάση Schiff, ένα ενδιάμεσο προϊόν αυτής της αντίδρασης, μπορεί είτε να σχηματιστεί απευθείας σε ακρυλαμίδιο ως τελικό προϊόν είτε ως συνέπεια μερικών σταδίων που περιλαμβάνουν άλλες αντιδράσεις που παράγουν ακρυλαμίδιο. Εναλλακτικά, η αποικοδόμηση Strecker, η οποία εμφανίζεται σε τρόφιμα που εκτίθενται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό ακρυλαμιδίου. Τα ελεύθερα αμινοξέα και τα σάκχαρα χρησιμεύουν ως πρόδρομοι για την αντίδραση Maillard. Έχει αποδειχθεί ότι οι χημικές ουσίες

υδροξυκαρβονυλίου, ιδιαίτερα η φρουκτόζη και η γλυκόζη, είναι ουσιαστικά πιο αποτελεσματικές από τις ενώσεις καρβονυλίου στη μετατροπή της ασπαραγίνης σε ακρυλαμίδιο. Δεδομένου ότι μειώνει τη συνολική ενέργεια ενεργοποίησης της διαδικασίας Maillard, η ομάδα α-υδροξυλίου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διάσπαση της ασπαραγίνης. Το ακρυλαμίδιο δε δημιουργείται χρησιμοποιώντας άτομα άνθρακα από αναγωγικά μόρια σακχάρου. Αντίθετα, η ασπαραγίνη μετατρέπεται σε ακρυλαμίδιο με τη βοήθειά τους (Michalak et. al.,2020). Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η χημική αντίδραση σχηματισμού του ακρυλαμίδιου (Chemical, 2009).

Η αντίδραση Maillard, γνωστή ως αντίδραση αμαύρωσης, επιδρά κατά κύριο λόγο στην προετοιμασία και την εμφάνιση των τροφίμων, καθώς ξεκινά όταν τα τρόφιμα θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Είναι γνωστή και ως αντίδραση καφέ χρώματος και περιλαμβάνει μια σειρά χημικών διεργασιών. Όπως και η караμελοποίηση οδηγεί σε αμαύρωση στο κάθε τρόφιμο καθώς αυτό προσδίδει γεύση και άρωμα. Η αντίδραση Maillard, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας σειράς πολύπλοκων ενώσεων που δίνουν στα τρόφιμα την γεύση και το άρωμα τους. Συγκεκριμένα, μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια, το αρχικό, το ενδιάμεσο και το τελικό στάδιο. Η αντίδραση Maillard ξεκινά όταν η καρβονυλική ομάδα ενός αναγωγικού σακχάρου αντιδρά με την αμινομάδα ενός αμινοξέος ($>C=O + H_2N-R >C=N-R + H_2O$). Αυτή η αντίδραση δημιουργεί μια ποικιλία μορίων, μερικά από τα οποία παραμένουν ατελώς χαρακτηρισμένα. Αυτά τα μόρια είναι υπεύθυνα για τη μετάδοση της χαρακτηριστικής γεύσης και αρώματος στα τρόφιμα που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία. Το αποτέλεσμα της αντίδρασης Maillard είναι συχνά γνωστό ως «μη ενζυμική αμαύρωση» (Chemical,2009).



Σχήμα 1. Χημική αντίδραση σχηματισμού του ακρυλαμίδιου (Chemicals, 2009)

2.2.2. Κατηγορίες τροφίμων που περιέχεται το ακρυλαμίδιο - Θερμικώς επεξεργασμένα τρόφιμα

Τα τρόφιμα που παρουσιάζουν την πιο σημαντική περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο είναι αυτά που υποβάλλονται σε διαδικασίες ψήσιματος, τηγανίσματος και ψήσιματος στο φούρνο. Οι βασικοί παράγοντες για τον σχηματισμό του ακρυλαμίδιου όπως έχει αναφερθεί είναι η ασπαραγίνη και τα αναγωγικά σάκχαρα, το περιεχόμενο των οποίων στα τρόφιμα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, τις μεθόδους καλλιέργειας, της συγκομιδής και της αποθήκευσής του. Γι' αυτό τον λόγο η περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο ανάλογα το τρόφιμο είναι διαφορετική. Η συμβολή άλλων πηγών τροφίμων στη συνολική κατανάλωση ακρυλαμίδιου είναι μικρότερη από 10%. Μέχρι στιγμής, δεν έχουν υπάρξει περιπτώσεις ανίχνευσης ακρυλαμίδιου σε γεύματα που έχουν υποστεί διαδικασίες βρασμού ή μαγειρέματος στον ατμό, καθώς μελέτες έδειξαν ότι ο σχηματισμός ακρυλαμίδιου στα τρόφιμα περιορίζεται με το νερό. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες, η ποσότητα του ακρυλαμίδιου στα τρόφιμα ποικίλλει σημαντικά, κατά μέσο όρο κάτω από 100 μg/kg και, σε σπάνιες περιπτώσεις, ακόμη λιγότερο από 10 μg/kg σε προϊόντα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και έως 100 - 4000 μg/kg σε τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη. Τα τρόφιμα που υποβάλλονται σε θερμική επεξεργασία, όπως το τηγάνισμα και το ψήσιμο πατάτας, το ψήσιμο καφέ και κακάο, η παρασκευή ψωμιού και ζύμης και η θέρμανση δημητριακών, έχουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτού του συστατικού (Michalak et. al.,2020).

Πίνακας 1: Περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο σε διάφορα προϊόντα διατροφής (μg/kg)(Michalak et. al.,2020).

Προϊόν Διατροφής	μg/kg
Βρεφικές τροφές	
Με βάση τα δημητριακά (έτοιμα προς κατανάλωση)	13
Με βάση τα δημητριακά	345
Καραμέλες	54
Μπισκότα	87
Βρεφικές τροφές σε βάζο	32–47
Έτοιμο προς κατανάλωση γεύμα με βάση τα δημητριακά	13
Χυλός	29
Παρασκευάσματα για βρέφη	14
Πουρές φρούτων	22
Χυμός	12
Ψωμί	
Τραγανό ψωμί	443
Σιτάρι μαλακό ψωμί	38
Άλλο μαλακό ψωμί	57
Προϊόντα δημητριακών	
Προϊόντα με βάση το σιτάρι και τη σίκαλη	170
Προϊόντα πίτουρου και δημητριακά ολικής αλέσεως	211
Κρακεράκια	231
Μπισκότα και γκοφρέτες	201
Μελόπιτα	407
Ζυμαρικά	13

Προϊόν Διατροφής	µg/kg
Μπύρα	14
Κακάο	
Κακάο (100% κακάο σε σκόνη)	347
Κακάο (σκόνη ποτών που περιέχουν κακάο: σάκχαρα και 20% σκόνη κακάο)	248
Καφές και υποκατάστατα καφέ (στεγνό)	
Καβουρδισμένος καφές (ξηρός)	249
Στιγμιαίος καφές (ξηρός)	710
Αντικαταστήστε τον καφέ (ξηρό), με βάση τα δημητριακά	510
Αντικαταστήστε τον καφέ (ξηρό), με βάση το κιχώριο	2942
Προϊόντα πατάτας	
τηγανιτές πατάτες	326– 328
Πατατάκια πατάτας	689– 693
Σπιτικά τηγανητά προϊόντα πατάτας	234– 241
Σπιτικά προϊόντα πατάτας στο φούρνο	317
Άλλα προϊόντα	
Καβουρδισμένοι ξηροί καρποί και σπόροι	93
Μαύρες ελιές σε άλμη	454
Δαμάσκηνα και χουρμάδες	89
Πάπρικα σε σκόνη	379
Ψάρια και θαλασσινά	25
Γάλα και γαλακτοκομικά προϊόντα	6
Πίτσα	33

Προϊόν Διατροφής	μg/kg
Πράσινο τσάι ψητό	306
Ζάχαρα και μέλι	24
Λαχανικά	17
Πατατάκια λαχανικών	1846
Φρούτα αποξηραμένα και επεξεργασμένα	131
Αποξηραμένα τρόφιμα	121

Όπως προαναφέρθηκε, τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και ασπαραγίνη, αλλά με έλλειψη πρωτεΐνης και υγρασίας, όπως οι τηγανιτές πατάτες, τα πατατάκια, το ψωμί, τα μπισκότα και ο καφές, είναι οι κύριες πηγές ακρυλαμιδίου (Michalak et. al.,2020).

2.2.3. Παράμετροι που επηρεάζουν την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα
Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα είναι η σύσταση του τροφίμου και οι συνθήκες επεξεργασίας του τροφίμου, δηλαδή η θερμοκρασία μαγειρέματος, οι χρόνοι μαγειρέματος, η σχετική υγρασία αλλά και ο τρόπος ψήσιματος ενός τροφίμου (Perera et. al.,2021).

2.2.3.1. Θερμοκρασία

Το ακρυλαμίδιο σχηματίζεται κυρίως σε υψηλές θερμοκρασίες άνω των 120 °C. Σε θερμοκρασίες γύρω στους 160 °C – 180 °C, οι ποσότητες του ακρυλαμιδίου αυξάνονται και έχει αναφερθεί ειδικά για τις τηγανητές πατάτες πως καθοριστικό ρόλο έχει το σχήμα τους και ειδικότερα ο λόγος επιφάνειας / όγκου αλλά και ο τρόπος ψήσιματος (Taubert et. al., 2004). Ωστόσο, σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αλλά και με την ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά το ψήσιμο (ξεκινώντας από μια υψηλή θερμοκρασία και τελειώνοντας το ψήσιμο μειώνοντας την θερμοκρασία), παρατηρείται σημαντική μείωση του ακρυλαμιδίου. Συνεπώς οι μέθοδοι, όπως ο βρασμός ή το μαγείρεμα στον ατμό, συμβάλλουν στην μείωση του ακρυλαμιδίου (Perera et. al.,2021).

2.2.3.2. Χρόνος και είδος μαγειρέματος

Όπως αναφέρθηκε με χαμηλότερη θερμοκρασία υπάρχει μείωση σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, κατά την μείωση της θερμοκρασίας στο ψήσιμο και με λιγότερο χρόνο μαγειρέματος ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου είναι ελάχιστος. Βέβαια σε μεγαλύτερη διάρκεια μαγειρέματος σε υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου (Stojanovska and Tomovska,2015).

Ακόμα έχει προταθεί εναλλακτικός τρόπος μαγειρέματος ειδικά για τα πατατάκια που συμβάλλει στην μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή πραγματοποιείται αρχικά λεύκανση δηλαδή θέρμανση των άψητων κομματιών πατάτας σε νερό στους 85 °C για 3,5 λεπτά. Στην συνέχεια οι πατάτες εμποτίζονται σε νερό στους 25 °C σε διάλυμα NaCl συγκέντρωσης 0,1 M για 5 λεπτά. Τέλος οι πατάτες, στραγγίζονται και τηγανίζονται στους 180 °C. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν πως ο εμποτισμός πατάτας κομμένης σε φέτες που έχει υποστεί τη διαδικασία της λεύκανσης, σε διάλυμα NaCl συγκέντρωσης 0,1 M για 5 λεπτά έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν και καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, και επομένως μπορεί να προταθεί ως μέτρο περιορισμού της εμφάνισης του ακρυλαμιδίου (Dorin Bakhtiary,2015) .

2.3. Τοξικότητα ακρυλαμιδίου.

Το ακρυλαμίδιο όπως ήδη αναφέρθηκε υπάρχει σε πολλά τρόφιμα, και έχει χαρακτηριστεί από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον καρκίνο (IARC) ως καρκινογόνος ουσία, της ομάδας 2A για τον άνθρωπο (Virg-Baker et. al., 2014). Το 2002, η Εθνική Υπηρεσία της Σουηδίας ενημέρωσε τον κόσμο για τους κινδύνους που φέρει το ακρυλαμίδιο στην υγεία και το πως αυξάνονται κατά το τηγάνισμα και το ψήσιμο στο φούρνο (Pelicioli Riboldi et. al.,2014).

Το 2015 η επιστημονική ομάδα για τις μολυσματικές προσμειξεις στην τροφική αλυσίδα (ομάδα CONTAM) της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων δημοσίευσε γνωμοδότηση σχετικά με το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα. Βάσει μελετών σε ζώα, επιβεβαιώνονται παλαιότερες αξιολογήσεις, σύμφωνα με τις οποίες το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα ενδέχεται να αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου σε καταναλωτές όλων των ηλικιακών ομάδων. Δεδομένου ότι το ακρυλαμίδιο υπάρχει σε ευρύ φάσμα καθημερινών ειδών διατροφής, η εν λόγω ανησυχία αφορά όλους τους καταναλωτές, όμως τα παιδιά είναι η πλέον εκτεθειμένη ομάδα κινδύνου με γνώμονα το σωματικό βάρος. Οι δυνητικά επικίνδυνες επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου στο νευρικό

σύστημα, στην προγεννητική και στη μεταγεννητική ανάπτυξη και στο αναπαραγωγικό σύστημα των ανδρών δεν θεωρήθηκε ότι συνιστούν ανησυχία βάσει των υφιστάμενων επιπέδων διατροφικής έκθεσης. Τα υφιστάμενα επίπεδα διατροφικής έκθεσης στο ακρυλαμίδιο για όλες τις ηλικιακές ομάδες προκαλούν ανησυχία αναφορικά με τα καρκινογόνα αποτελέσματά του (EFSA 2015).

Επιπλέον, έχουν διεξαχθεί διάφορες επιδημιολογικές μελέτες οι οποίες εξετάζουν μια πιθανή συσχέτιση μεταξύ της διατροφικής έκθεσης στο ακρυλαμίδιο και του καρκίνου του μαστού, των νεφρών, του ορθού, του παχέος εντέρου καθώς και της ουροδόχου κύστης (Mucci and Wilson,2008). Ανασκόπηση αυτών των μελετών αναφέρει πως οι μελέτες αυτές δεν βρήκαν καμία συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης συγκεκριμένων τροφίμων που περιέχουν ακρυλαμίδιο και των προαναφερόμενων ειδών καρκίνου. Επιπλέον δε βρέθηκε κάποια συσχέτιση μεταξύ της εκτιμώμενης διατροφικής πρόσληψης ακρυλαμιδίου και του κινδύνου καρκίνου (Mucci and Wilson,2008).

Εκτός από τη διατροφική έκθεση, οι άνθρωποι μπορεί να εκτεθούν στο ακρυλαμίδιο και με άλλους τρόπους, όπως είναι η εισπνοή και η δερματική επαφή. Οι τρόποι αυτοί αφορούν κυρίως έκθεση στο εργασιακό χώρο, καθώς το ακρυλαμίδιο είναι μια ουσία που παρασκευάζεται και βιομηχανικά για διάφορες χρήσεις και εφαρμογές. Σύμφωνα με μια πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης το ακρυλαμίδιο αναφέρεται ως νευροτοξικό με την τοξικότητα αυτή να εξαρτάται από την δοσολογία αλλά και από την διάρκεια έκθεσης σε ακρυλαμίδιο, η οποία μπορεί να είναι είτε από ατύχημα ή από χρόνια εργασιακή έκθεση. Σύμφωνα με μελέτες σε ποντίκια, το επίπεδο ακρυλαμιδίου στο οποίο δεν παρατηρείται κάποια επίδραση όσον αφορά τη νευροτοξικότητα (no observable effect level, NOEL) είναι 0.2 – 10 mg/kg bw/day

Σύμφωνα με την ίδια μελέτη ανασκόπησης το ακρυλαμίδιο αναφέρεται επίσης πως προκαλεί ανωμαλία στα γονίδια και προκαλεί γονοτοξικότητα (Perera et. al.,2021). Το 1994, το IARC είχε ταξινομήσει το ακρυλαμίδιο ως μια πιθανώς καρκινογόνα ουσία για τους ανθρώπους βασιζόμενη σε θετικά αποτελέσματα βιοπροσδιορισμών σε πειραματόζωα (τρωκτικά). Ακόμη εργαστηριακά πειράματα σε πειραματόζωα έδειξαν πως το ακρυλαμίδιο μπορεί να προκαλέσει καρκινογένεση, προκαλώντας όγκους στους πνεύμονες, στο δέρμα, στον εγκέφαλο, τον μαστικό και θυροειδή αδένα και την μήτρα. Επιπλέον η αναπαραγωγική και αναπτυξιακή τοξικότητα έχει διερευνηθεί σε πειραματόζωα και το επίπεδο ακρυλαμιδίου στο οποίο δεν παρατηρείται κάποια

δυσμενής επίδραση (no observable effect level, NOAEL) είναι 2 – 5 mg/kg bw/day σε ποντίκια. Τέλος κάποιοι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την πιθανή ηπατοτοξικότητα του ακρυλαμιδίου και προτείνουν πως οφείλεται στο οξειδωτικό στρες (Perera et. al.,2021). Σύμφωνα με εργαστηριακά πειράματα έκθεση σε υψηλή δόση των 25 mg/kg bw/day για 21 ημέρες προκάλεσε σημαντική μείωση των επιπέδων της γλουταθειόνης (GSH) στο ήπαρ. Η γλουταθειόνη είναι ένα τριπεπτίδιο το οποίο δρα ως συνένζυμο και ως ισχυρό βιοχημικό αντιοξειδωτικό μέσο.

2.4. Νομοθεσία σχετικά με το ακρυλαμίδιο

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία που σχετίζεται με την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2017/2158 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 20ής Νοεμβρίου 2017 για τη θέσπιση μέτρων άμβλυνσης του κινδύνου και επιπέδων αναφοράς για τον περιορισμό της παρουσίας ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

και

- ΣΥΣΤΑΣΗ (ΕΕ) 2019/1888 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 7ης Νοεμβρίου 2019 σχετικά με την παρακολούθηση της παρουσίας ακρυλαμιδίου σε ορισμένα τρόφιμα

2.4.1. Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2158 της επιτροπής για το ακρυλαμίδιο

Σύμφωνα με το ισχύον ευρωπαϊκό κανονιστικό πλαίσιο, Κανονισμός ΕΕ 2158/2017, για τη θέσπιση μέτρων άμβλυνσης του κινδύνου και επιπέδων αναφοράς για τον περιορισμό της παρουσίας ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων οφείλουν να:

- Αναγνωρίζουν το ακρυλαμίδιο ως κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων και να έχουν πλήρη κατανόηση του σχηματισμού του στα τρόφιμα.
- Εφαρμόζουν τα απαραίτητα μέτρα για τον περιορισμό της εμφάνισης ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα που παράγουν, εφαρμόζοντας κατάλληλες στρατηγικές στα πρωτόκολλα διαχείρισης της ασφάλειας των τροφίμων.

- Να πραγματοποιούν αντιπροσωπευτική δειγματοληψία και ανάλυση για την παρακολούθηση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στα προϊόντα τους ως στοιχείο της αξιολόγησης των στρατηγικών και των ενεργειών μετριασμού.
- Να διατηρούν αρχείο των εφαρμοσμένων μέτρων άμβλυνσης του κινδύνου, (cibum,2023)

Τα τρόφιμα στα οποία αναφέρεται η νομοθεσία είναι τα ακόλουθα:

- Τηγανητές πατάτες, άλλα κομμένα (τηγανητά) προϊόντα και πατατάκια κομμένα σε φέτες από φρέσκες πατάτες.
- πατατάκια πατάτας, σνακ, κράκερ και άλλα προϊόντα πατάτας από ζύμη πατάτας
- ψωμί
- δημητριακά πρωινού (εκτός από χυλό)
- εκλεκτά είδη αρτοποιίας: μπισκότα, μπισκότα, παξιμάδια, μπάρες δημητριακών, κουλουράκια, κορνέ, γκοφρέτες, κρούστες και μελόψωμο, καθώς και κράκερ, τραγανό ψωμί και υποκατάστατα ψωμιού
- καφές
- καβουρδισμένος καφές
- στιγμιαίος (διαλυτός) καφές
- υποκατάστατα καφέ
- βρεφικές τροφές και επεξεργασμένες τροφές με βάση τα δημητριακά που προορίζονται για βρέφη και μικρά παιδιά όπως ορίζονται στον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 609/2013 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

Η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2158/2017 έχει ορίσει επίπεδα αναφοράς, τα οποία χρησιμεύουν ως γενικοί δείκτες επιδόσεων που χρησιμοποιούνται για την επαλήθευση της αποτελεσματικότητας των μέτρων άμβλυνσης του κινδύνου για τις συγκεκριμένες κατηγορίες τροφίμων που περιλαμβάνονται στην προαναφερθείσα νομοθεσία. Τα επίπεδα αυτά βασίζονται στην εμπειρία και σε στοιχεία για την παρουσία του ακρυλαμιδίου σε ευρείες κατηγορίες τροφίμων. Στη νομοθεσία αναφέρεται πως οι τιμές αυτές θα πρέπει να θεσπιστούν στο χαμηλότερο επίπεδο που είναι εύλογα εφικτό με την εφαρμογή όλων των σχετικών μέτρων άμβλυνσης του κινδύνου. Χρησιμοποιείται και ο όρος "Τόσο χαμηλά όσο εύλογα επιτεύξιμα" (ALARA/As Low As Reasonably Achievable).

Εκτός από τα μέτρα που περιγράφονται στον κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158, υπάρχει συνεχής διαβούλευση για τον καθορισμό ανώτατων επιπέδων ακρυλαμιδίου σε ορισμένα τρόφιμα, με ιδιαίτερη έμφαση στα επεξεργασμένα γεύματα με βάση τα δημητριακά που προορίζονται για κατανάλωση από βρέφη και μικρά παιδιά.

Τα επίπεδα αναφοράς για την παρουσία ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα που περιλαμβάνονται στον Κανονισμό ΕΕ 2158/2017 παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 2: Επίπεδα αναφοράς ακρολαμιδίου.

Τρόφιμα	Επίπεδο αναφοράς [μg/kg]
Τηγανιτές πατάτες (έτοιμες για κατανάλωση)	500
Πατατάκια από φρέσκιες πατάτες και από ζύμη πατάτας Κράκερς με βάση την πατάτα Άλλα προϊόντα πατάτας από ζύμη πατάτας	750
Μαλακό ψωμί α) Ψωμί με βάση τον σίτο β) Μαλακό ψωμί εκτός από ψωμί με βάση τον σίτο	50 100
Δημητριακά προγεύματος (εξαιρουμένου του χυλού βρώμης) — προϊόντα πίτουρου και δημητριακά ολικής άλεσης, διογκωμένοι σπόροι — προϊόντα με βάση τον σίτο και τη σίκαλη (*) — προϊόντα με βάση τον αραβόσιτο, τη βρώμη, την όλυρα, το κριθάρι και το ρύζι (**)	300 300 150
Μπισκότα και γκοφρέτες Κράκερς με την εξαίρεση των κράκερς με βάση την πατάτα Ψωμί τύπου φρυγανιάς Ψωμί πιπερόριζας Προϊόντα παρόμοια με τα άλλα προϊόντα της κατηγορίας	350 400 350 800 300
Καβουρδισμένος καφές	400
Στιγμιαίος (διαλυτός) καφές	850
Υποκατάστατα καφέ α) υποκατάστατα καφέ αποκλειστικά παρασκευασμένα από δημητριακά β) υποκατάστατα καφέ από μείγμα δημητριακών και κιχωρίου γ) υποκατάστατα καφέ αποκλειστικά παρασκευασμένα από κιχώριο	500 (*) 4 000
Παιδικές τροφές, επεξεργασμένα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά για βρέφη και παιδιά μικρής ηλικίας, εκτός από τα μπισκότα και τις φρυγανιές (**)	40
Μπισκότα και φρυγανιές για βρέφη και παιδιά μικρής ηλικίας (**)	150

(*) Δημητριακά μη ολικής αλέσεως και/ή όχι με βάση το πίτουρο. Το δημητριακό που υπάρχει στη μεγαλύτερη ποσότητα καθορίζει την κατηγορία.
(**) Στο επίπεδο αναφοράς που εφαρμόζεται για τα υποκατάστατα καφέ από μείγμα δημητριακών και κιχωρίου, λαμβάνεται υπόψη η σχετική αναλογία των εν λόγω συστατικών στο τελικό προϊόν.
(**) Όπως ορίζεται στον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 609/2013 που αναφέρεται ανωτέρω.

Παρακάτω παρουσιάζονται γεγονότα σταθμοί σχετικά με το ακρυλαμίδιο:

- 2002: Η Επιστημονική Επιτροπή Τροφίμων (SCF) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής δημοσιεύει επιστημονική γνώμη σχετικά με ευρήματα για την παρουσία ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα. Η ΕΕΤ/SCF καταλήγει στο συμπέρασμα ότι δεν υπήρχαν επαρκείς διαθέσιμες πληροφορίες, εκείνη τη στιγμή, για τον προσδιορισμό του πραγματικού κινδύνου από την έκθεση στο ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα.
- 2005: Η EFSA δηλώνει ότι μπορεί να υπάρχει μια πιθανή ανησυχία για την υγεία σχετικά με το ακρυλαμίδιο, το οποίο είναι γνωστό καρκινογόνο και γονιδοτοξικό για τα πειραματόζωα.
- 2009: Η Επιτροπή των κρατών μελών του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Χημικών Προϊόντων (ECHA) προσδιορίζει το ακρυλαμίδιο ως μία από τις 15 νέες χημικές ουσίες για τον κατάλογο υποψηφίων ουσιών που προκαλούν πολύ μεγάλη ανησυχία (SVHC) (ECHA 2009). Το ακρυλαμίδιο συμπεριλήφθηκε στον κατάλογο αυτό (ECHA 2010).
- 2010: Ο Κοινός Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας/ Επιτροπή Εμπειρογνομώνων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για τα Πρόσθετα Τροφίμων (JEFCA) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το ακρυλαμίδιο αποτελεί ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία και προτείνει πρόσθετες μακροπρόθεσμες μελέτες και ταυτόχρονα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συστήνει στα κράτη μέλη να συνεχίσουν την ετήσια παρακολούθηση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.
- 2015: η EFSA δημοσιεύει την πρώτη της πλήρη αξιολόγηση κινδύνου για το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα, για την οποία οι ειδικοί συμπεραίνουν ότι δυνητικά αυξάνει τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου για τους καταναλωτές όλων των ηλικιακών ομάδων.
- 2017: η ΕΕ θεσπίζει μέτρα άμβλυνσης του κινδύνου και επίπεδα αναφοράς για τον περιορισμό της παρουσίας ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα με την ψήφιση του Κανονισμού ΕΕ 2158/2017.
- 2019: η ΕΕ εκδίδει σύσταση σχετικά με την παρακολούθηση της παρουσίας ακρυλαμιδίου σε ορισμένα τρόφιμα (Σύσταση ΕΕ 1888/2019)

επικαιροποιώνοντας ταυτόχρονα τον μη εξαντλητικό κατάλογο τροφίμων που πρέπει να παρακολουθούνται για την παρουσία ακρυλαμιδίου.

- 2023: Νέο νομοθετικό πλαίσιο

Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2158 της Επιτροπής αφορά την θέσπιση μέτρων μείωσης της παρουσίας ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα. Ο κανονισμός στοχεύει στην μείωση παρουσίας ακρυλαμιδίου σε τρόφιμα όπως τις πατάτες, τα δημητριακά, τον καφέ και τις παιδικές τροφές. Ο Κανονισμός της ΕΕ 2017/2158 περιλαμβάνει εκτός από τα επίπεδα αναφοράς για το ακρυλαμίδιο σε ορισμένα τρόφιμα και ποτά, και οδηγίες σχετικά με τη συντήρησή τους, τις μεθόδους μαγειρέματος, τον έλεγχο της θερμοκρασίας και τις πρακτικές αποθήκευσης.

Τα επίπεδα αναφοράς που περιλαμβάνονται στον Κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158 βασίστηκαν στην γνωμοδότηση της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA 2015). Ειδικότερα το 2015, η Επιστημονική Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων στην Τροφική Αλυσίδα (CONTAM) ενέκρινε επίσημα μια άποψη σχετικά με την παρουσία ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα. Η Αρχή επιβεβαιώνει προηγούμενες εκτιμήσεις ότι το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα έχει τη δυνατότητα να αυξήσει τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου για τους καταναλωτές σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, με βάση ευρήματα από έρευνα σε ζώα. Δεδομένου ότι το ακρυλαμίδιο βρίσκεται σε μια ποικιλία ειδών διατροφής που καταναλώνονται συνήθως, αυτό το ζήτημα αφορά όλα τα άτομα, αλλά κυρίως τα παιδιά, λόγω του σωματικού τους βάρους. Οι πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου στο νευρολογικό σύστημα, καθώς και οι επιδράσεις του στην προγεννητική και μεταγεννητική ανάπτυξη και στην ανδρική γονιμότητα, δεν έχουν θεωρηθεί ανησυχητικές όταν εξετάζονται τα υπάρχοντα επίπεδα διατροφικής έκθεσης. Τα σημερινά επίπεδα έκθεσης των τροφίμων στο ακρυλαμίδιο μεταξύ διαφορετικών ηλικιακών ομάδων εγείρουν ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές καρκινογόνες επιπτώσεις τους (Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2158).

Λαμβάνοντας υπόψη τα ευρήματα της Αρχής σχετικά με τις καρκινογόνες ιδιότητες του ακρυλαμιδίου και την έλλειψη συνεπών και υποχρεωτικών μέτρων που εφαρμόζονται από τις εγκαταστάσεις τροφίμων για τη μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου, είναι αναγκαία να δοθεί προτεραιότητα στην ασφάλεια των τροφίμων και να ελαχιστοποιηθεί η εμφάνιση ακρυλαμιδίου σε πρώτες ύλες που περιέχουν

πρόδρομες ουσίες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων για τον μετριασμό της παρουσίας του. Η μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη στρατηγικών μετριασμού, συμπεριλαμβανομένης της υιοθέτησης κατάλληλων πρακτικών υγιεινής και της χρήσης διαδικασιών που βασίζονται στην ανάλυση κινδύνου και στις αρχές του κρίσιμου σημείου ελέγχου (HACCP) (Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2158).

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 852/2004, οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων υποχρεούνται να τηρούν τις απαραίτητες διαδικασίες για την επίτευξη των στόχων που περιγράφονται στον κανονισμό. Αναμένεται επίσης να χρησιμοποιούν δειγματοληπτικές και αναλυτικές μεθόδους όπως κρίνονται κατάλληλες προκειμένου να παρακολουθούν και να διατηρούν τις δικές τους επιδόσεις. Από αυτή την άποψη, ο καθορισμός συγκεκριμένων στόχων, όπως τα επίπεδα αναφοράς, μπορεί να παρέχει καθοδήγηση για την επιβολή των κανονισμών υγιεινής, διευκολύνοντας επομένως τη μείωση της ευαισθησίας των ατόμων σε ορισμένους κινδύνους. Η χρήση στρατηγικών μετριασμού έχει τη δυνατότητα να μειώσει τη συγκέντρωση ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα. Για να αξιολογηθεί η τήρηση των επιπέδων αναφοράς, είναι απαραίτητο να επαληθευτεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων άμβλυνσης μέσω δειγματοληψίας και ανάλυσης ((ΕΚ) αριθ. 852/2004).

Ως εκ τούτου, κρίνεται σκόπιμο να εφαρμοστούν στρατηγικές μετριασμού που οριοθετούν τα στάδια επεξεργασίας τροφίμων που είναι επιρρεπή στην παραγωγή ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και στοχεύουν στη μείωση των συγκεντρώσεων ακρυλαμιδίου σε αυτά τα τρόφιμα. Οι στρατηγικές μετριασμού που περιγράφονται στον παρόντα κανονισμό βασίζονται στη σύγχρονη επιστημονική και τεχνολογική κατανόηση και έχουν δείξει την ικανότητά τους να μειώνουν τα επίπεδα ακρυλαμιδίου χωρίς να διακυβεύεται η ποιότητα και η μικροβιολογική ασφάλεια του προϊόντος. Τα προαναφερθέντα μέτρα μετριασμού εφαρμόστηκαν μετά από διεξοδικές διαβουλεύσεις με οργανισμούς που εκπροσωπούν υπεύθυνους επιχειρήσεων τροφίμων, καταναλωτές και εμπειρογνώμονες από τις αρμόδιες αρχές των κρατών μελών. Κατά την εφαρμογή μέτρων μετριασμού που περιλαμβάνουν τη χρήση προσθέτων τροφίμων και άλλων χημικών ουσιών, είναι απαραίτητο να τηρούνται οι εγκεκριμένες οδηγίες για τη χρήση τους (Κανονισμός (ΕΕ) της επιτροπής, 2019).

Τα επίπεδα αναφοράς χρησιμεύουν ως δείκτες απόδοσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων μετριασμού. Αυτά τα επίπεδα προέρχονται από προηγούμενες εμπειρίες και στοιχεία

σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων. Ο καθορισμός αυτών των επιπέδων θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί στο μέγιστο βαθμό με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων μετριασμού. Για τον καθορισμό των επιπέδων αναφοράς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα πιο πρόσφατα δεδομένα περιστατικών που λαμβάνονται από τη βάση δεδομένων της αρμόδιας αρχής. Υποτίθεται ότι, σε μια ευρεία κατηγορία τροφίμων, η εφαρμογή καλών πρακτικών μπορεί τυπικά να μειώσει τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στο 10% έως 15% των παραγωγών υψηλότερου επιπέδου. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι καθορισμένες κατηγορίες τροφίμων μπορεί να είναι αρκετά εκτενείς και σε αυτές τις κατηγορίες, ορισμένα τρόφιμα μπορεί να έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά παραγωγής, γεωγραφικά, εποχιακά ή σχετικά με προϊόντα που καθιστούν δύσκολη την εκπλήρωση των επιπέδων αναφοράς, ακόμη και με την εφαρμογή όλα τα πιθανά μέτρα μετριασμού. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι σημαντικό για τον υπεύθυνο της εταιρείας τροφίμων να αποδείξει την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων μετριασμού (Κανονισμός (ΕΕ) της επιτροπής, 2019).

Οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του παρόντος κανονισμού και ασχολούνται με την παραγωγή τροφίμων, ενώ παράλληλα πραγματοποιούν δραστηριότητες λιανικής ή/και προμηθεύουν απευθείας τοπικά σημεία λιανικής πώλησης, συχνά χαρακτηρίζονται ως επιχειρήσεις μικρής κλίμακας. Κατά συνέπεια, τα μέτρα μετριασμού προσαρμόζονται ώστε να ταιριάζουν στα ειδικά χαρακτηριστικά της δραστηριότητας. Ωστόσο, είναι σημαντικό για τους υπεύθυνους επιχειρήσεων τροφίμων που είναι συνδεδεμένοι ή δικαιούχοι από μια μεγαλύτερη διασυνδεδεμένη επιχείρηση και λαμβάνουν προμήθειες από μια κεντρική πηγή να εφαρμόσουν συμπληρωματικά μέτρα μετριασμού που είναι κατάλληλα για επιχειρήσεις μεγαλύτερης κλίμακας. Αυτά τα μέτρα είναι αποτελεσματικά για τη μείωση της εμφάνισης ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και μπορούν να εφαρμοστούν εφικτά από τέτοιες επιχειρήσεις (Κανονισμός (ΕΕ) της επιτροπής, 2019).

Η επαλήθευση της αποτελεσματικότητας των στρατηγικών μετριασμού που στοχεύουν στη μείωση της περιεκτικότητας σε ακρυλαμίδιο απαιτεί την εφαρμογή διαδικασιών δειγματοληψίας και ανάλυσης. Κρίνεται να παρέχονται οι απαραίτητες προδιαγραφές για τις διαδικασίες δειγματοληψίας και ανάλυσης που πρέπει να διενεργούν οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων. Προκειμένου να διασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των αναλυτικών ευρημάτων για την παραγωγή, είναι σημαντικό να καθοριστούν οι αναλυτικές απαιτήσεις και η συχνότητα της δειγματοληψίας. Οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων που εμπίπτουν στο πεδίο

εφαρμογής του παρόντος κανονισμού και ασχολούνται με την παραγωγή τροφίμων, καθώς και όσοι προμηθεύουν αποκλειστικά τοπικά καταστήματα λιανικής ή ασχολούνται με δραστηριότητες λιανικού εμπορίου, εξαιρούνται από την υποχρέωση δειγματοληψίας και ανάλυσης της παραγωγής τους για την παρουσία ακρυλαμίδιο. Αυτή η εξαίρεση δικαιολογείται διότι η επιβολή μιας τέτοιας απαίτησης θα επιβάρυνε τις επιχειρήσεις (Κανονισμός (ΕΕ) της επιτροπής, 2019).

Επιπλέον, όπως ορίζεται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 882/2004 νομοθεσία για τις ζωοτροφές και τα τρόφιμα. Τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι η δειγματοληψία και η ανάλυση που διενεργούνται στο πλαίσιο των επίσημων ελέγχων συμμορφώνονται με τις μεθόδους δειγματοληψίας και τα αναλυτικά κριτήρια που περιγράφονται σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 882/2004.

Εκτός από τις προφυλάξεις που περιγράφονται στον κανονισμό, είναι σκόπιμο να εξεταστεί το ενδεχόμενο της θέσπισης ανώτατων ορίων για το ακρυλαμίδιο σε ορισμένα τρόφιμα, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΟΚ) αριθ. 315/93, μετά την εφαρμογή του παρόντος κανονισμού.

Η εισαγωγή μέτρων μετριασμού από τους φορείς της βιομηχανίας τροφίμων ενδέχεται να χρειαστεί τροποποιήσεις στις υπάρχουσες διαδικασίες παραγωγής τους. Συνεπώς, είναι σκόπιμο να συμπεριληφθεί μια μεταβατική περίοδος πριν από την επιβολή των μέτρων που περιγράφονται στον παρόντα κανονισμό. Τα μέτρα που περιγράφονται στον κανονισμό ευθυγραμμίζονται με την άποψη που εξέφρασε η Μόνιμη Επιτροπή Φυτών, Ζώων, Τροφίμων και Ζωοτροφών. Ο στόχος είναι να επιτευχθούν όσο το δυνατόν χαμηλά επίπεδα ακρυλαμιδίου, με στόχο να παραμείνουν κάτω από τα επίπεδα αναφοράς (Κανονισμός (ΕΕ) της επιτροπής, 2019).

2.4.2. Σύσταση (ΕΕ) 2019/1888 της επιτροπής για το ακρυλαμίδιο

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε στη Σύσταση 2019/1888 σχετικά με την παρακολούθηση της παρουσίας ακρυλαμιδίου σε ορισμένα τρόφιμα, προκειμένου να παρασχεθεί καθοδήγηση στις αρμόδιες αρχές και τους υπευθύνους επιχειρήσεων τροφίμων σχετικά με τα τρόφιμα που πρέπει να παρακολουθούν, καταρτίζεται μη εξαντλητικός κατάλογος τροφίμων/κατηγοριών τροφίμων.

Για την συγκεκριμένη σύσταση λήφθηκε υπόψη ότι υπάρχει έλλειψη διαθέσιμων δεδομένων σχετικά με την παρουσία ακρυλαμιδίου σε ορισμένα τρόφιμα που αναφέρονται στον κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158, και σχετικά με τα αποτελέσματά

των επίσημων ελέγχων, καθώς επίσης ότι υπάρχει έλλειψη επαρκών στοιχείων σχετικά με την εμφάνιση ακρυλαμιδίου σε τρόφιμα που δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Κανονισμού (ΕΕ) 2017/2158, αν και αυτά τα τρόφιμα ενδέχεται να περιέχουν σημαντικές ποσότητες ακρυλαμιδίου ή/και να συμβάλλουν στην έκθεση σε ακρυλαμίδιο μέσω της τροφής. Προκειμένου επομένως, να διατηρηθεί μια ισχυρή προστασία της ανθρώπινης υγείας, οι αρμόδιες αρχές και οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων οφείλουν να παρακολουθούν την παρουσία ακρυλαμιδίου στα σχετικά προϊόντα τροφίμων έτσι ώστε να λάβουν πιθανά μέτρα διαχείρισης κινδύνου, τα οποία θα πρέπει να συμπληρώνουν τα μέτρα που προβλέπονται ήδη στον κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158. Αυτή η παρακολούθηση θεσπίζεται στον κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158 και στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 882/2004. Θα πρέπει σε αυτή την παρακολούθηση να καταστεί δυνατή η εφαρμογή μέτρων διαχείρισης πιθανών κινδύνων, τα οποία θα πρέπει να συμπληρώνουν τα μέτρα που ορίζονται στον κανονισμό (ΕΕ) 2017/2158 (Σύσταση (ΕΕ) 2019/1888).

Τα προϊόντα που περιλαμβάνονται στον μη εξαντλητικό κατάλογο τροφίμων για την παρακολούθηση της παρουσίας ακρυλαμιδίου της Σύστασης 2019/1888 της επιτροπής είναι:

- **Προϊόντα πατάτας:** Πατάτες ροστί — Κροκέτες, πατάτες duchesse, πατάτες poisettes κ.ά. — Πατάτες (και λαχανικά) στη γάστρα — Γεύμα με κρέας και πατάτες — Γεύμα με πατάτες και τυρί.
- **Προϊόντα αρτοποιίας:** Στρογγυλά ψωμάκια (ψωμάκια για χάμπουργκερ, ψωμάκια ολικής άλεσης, ψωμάκια γάλακτος κ.ά.) — Αραβικές πίτες, τορτίγιες — Κρουασάν — Ντόνατ — Ειδικά ψωμιά (π.χ. ψωμί rumpnickel, τσιαμπάτα με ελιές, ψωμί με κρεμμύδι κ.ά.) — Πάνκεϊκ — Τραγανά μπισκότα από λεπτή στρώση ζύμης, τηγανισμένα σε φριτέζα — Churros.
- **Προϊόντα σιτηρών:** Κράκερ ρυζιού — Κράκερ καλαμποκιού — Σνακ δημητριακών (όπως αραβόσιτος με εξώθηση και/ή προϊόντα σιταριού) — Μούσλι καβουρδισμένο με μέλι.
- **Άλλα προϊόντα:** Τσιπς/τηγανητά sticks λαχανικών — Καβουρδισμένοι καρποί — Καβουρδισμένοι ελαιόσποροι — Αποξηραμένα φρούτα — Καβουρδισμένοι κόκκοι κακάο και παράγωγα προϊόντα κακάο — Ελιές σε

άλμη — Υποκατάστατα του καφέ που δεν βασίζονται στο κιχώριο ή τα δημητριακά — Fudge, καραμέλα, νούγκατ κ.ά.

Είναι σημαντικό για τους επαγγελματίες επιχειρήσεων των τροφίμων να διασφαλίζουν ότι η ανάλυση του ακρυλαμιδίου πραγματοποιείται με αυστηρή τήρηση των προτύπων και των κριτηρίων που καθορίζονται στο παράρτημα ΙΙΙ του κανονισμού (ΕΕ) 2017/2158. Οι συστάσεις που περιγράφονται στην Οδηγία 2010/307/ΕΕ και στην Οδηγία 2013/647/ΕΕ έχουν ανακληθεί (Σύσταση (ΕΕ) 2019/1888).

2.5. Διατροφική έκθεση στο ακρυλαμίδιο

Η ατομική διατροφική πρόσληψη εξαρτάται από τις διατροφικές συνήθειες του καταναλωτή, το σωματικό του βάρος και τη συγκέντρωση της ουσίας στο τρόφιμο.

Το 2002, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) και ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) πραγματοποίησαν μια προκαταρκτική αξιολόγηση νέων και υφιστάμενων δεδομένων σχετικά με την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και τις επιπτώσεις του στην υγεία. Η έρευνα αυτή κατέληξε πως η μέση διατροφική έκθεση ήταν 0,8 µg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για τον μέσο καταναλωτή (WHO 2002).

Το 2011 η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) δημοσίευσε τα αποτελέσματα τριετούς έρευνας (2007 – 2009) σχετικά με τα επίπεδα ακρυλαμιδίου σε διάφορα τρόφιμα και την εκτίμηση της διατροφικής έκθεσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μέση τιμή έκθεσης στην Ευρώπη κυμαινόταν μεταξύ 0,31 – 1,1 µg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για τους ενήλικες (>18 ετών), μεταξύ 0,43 – 1,4 µg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για τους εφήβους (11-17 ετών), μεταξύ 0,70 – 2,05 µg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για παιδιά (3-10 ετών) και μεταξύ 1,2 – 2,4 µg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για νήπια (1-3 ετών). Επιπλέον διαπιστώθηκε πως τα τρόφιμα που συνεισέφεραν κυρίως στην διατροφική έκθεση των ενηλίκων ήταν οι τηγανίτες πατάτες, ο καφές και τα μαλακά ψωμιά «soft bread», ενώ για τους εφήβους και τα παιδιά ήταν οι πατάτες τηγανιτές, το μαλακό ψωμί, τα τσιπς ή τα μπισκότα (EFSA, 2011).

Το 2011, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) και ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) δημοσίευσαν μια μονογραφία

σχετικά με την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και τη διατροφική έκθεση των καταναλωτών (παιδιών και ενηλίκων) σε 8 χώρες (Βραζιλία, Κίνα, Γαλλία, Ιρλανδία, Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Ισπανία και Ηνωμένο Βασίλειο). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η μέση τιμή της έκθεσης κυμαινόταν μεταξύ 0,2 έως 1 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για τον γενικό πληθυσμό. Σχετικά με την διατροφική έκθεση των παιδιών στο ακρυλαμίδιο αναφέρεται πως με βάση τα περιορισμένα διαθέσιμα στοιχεία, η διατροφική τους έκθεση ήταν περίπου διπλάσια από αυτή των ενηλίκων καταναλωτών όταν εκφράζεται με βάση το σωματικό βάρος. Διαπιστώθηκε πως τα κύρια τρόφιμα που συμβάλλουν στη συνολική μέση διατροφική έκθεση για τις περισσότερες χώρες ήταν τα πατατάκια, οι πατάτες τηγανιτές, το ψωμί και τα ψωμάκια/τοστ, τα γλυκά και τα γλυκά μπισκότα (WHO & FAO 2011).

Το 2015, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), η μέση τιμή έκθεσης για το ακρυλαμίδιο ήταν μεταξύ 0,4 και 1,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα σε όλες τις ηλικίες με κύρια συνεισφορά στην έκθεση να έχει η κατηγορία τροφίμων «τηγανητά προϊόντα με βάση την πατάτα». Η συγκεκριμένη έρευνα επιβεβαίωσε πως τα βρέφη, τα νήπια και τα παιδιά είναι η πιο εκτεθειμένη κατηγορία καταναλωτών με την μέση τιμή έκθεσης να κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 1,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα ανάλογα με την ακριβή ηλικιακή ομάδα. Ακόμα, στους εφήβους, ενήλικες και στους ηλικιωμένους η μέση τιμή της έκθεσης ήταν μεταξύ 0,4 και 0,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα (EFSA 2015).

2.5. Ακρυλαμίδιο σε παιδικές τροφές

Η σωστή διατροφή για τα βρέφη κι τα παιδιά περιέχει μακρο και μικρο θρεπτικά συστατικά χωρίς τοξικές ενώσεις και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την υγιή τους ανάπτυξη. Το ακρυλαμίδιο αποτελεί έναν από τους χημικούς διατροφικούς κινδύνους για την υγεία των βρεφών και των νηπίων, τα οποία θεωρούνται πιο ευάλωτα σε αυτή τη διατροφική έκθεση συγκριτικά με τους ενήλικες λόγω (i) του χαμηλού σωματικού τους βάρους, (ii) της υψηλότερης ημερήσιας πρόσληψης τροφής ανά κιλό σωματικού βάρους (iii) και λόγω των διατροφικών συνηθειών τους που περιλαμβάνουν τροφές με ακρυλαμίδιο (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz, 2022).

Πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης είχε ως στόχο την αξιολόγηση δεδομένων της τελευταίας δεκαετίας σχετικά με τα επίπεδα ακρυλαμιδίου σε παιδικές τροφές και την έκθεση των βρεφών (0-1 έτους) και νηπίων (1-3 έτους) μέσω της κατανάλωσης κοινών

βρεφικών τροφών (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz, 2022). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα δεδομένα της ανασκόπησης αυτής. Διαπιστώνεται πως τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στις παιδικές τροφές από διαφορετικές ερευνητικές μελέτες, εμφάνισαν μεγάλη διακύμανση λόγω των διαφορετικών τύπων τροφίμων και σκευασμάτων, διαφορετικών μεθόδων παραγωγής και επεξεργασίας και τέλος εξαιτίας της εφαρμογής διαφορετικών τεχνικών ανάλυσης για την ανίχνευση και την ποσοτικοποίησή του (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz, 2022).

Πίνακας 3: Επίπεδα ακρυλαμιδίου στις παιδικές τροφές που καταναλώνονται από βρέφη και νήπια σύμφωνα με την τελευταία δεκαετία (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022).

ΕΤΟΣ	ΧΩΡΑ	ΠΡΟΪΟΝ ΤΡΟΦΙΜΟΥ	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ (µg/kg)
2007-2011	Πολωνία	Μπισκότα για βρέφη	219
2012	Τουρκία	Μπισκότα για βρέφη Κράκερς Μπισκότα	153 604 495
	Ευρωπαϊκές χώρες	Βρεφικά μπισκότα - παξιμάδια Κράκερς - Μπισκότα Γκοφρέτες	111 231 201
2015	Κολομβία	Μπισκότα Γκοφρέτες	1104 1449
	Κύπρος	Τραγανό ψωμί Κράκερς και Μπισκότα	286 353
2021	Ιράν	Γκοφρέτες Μπισκότα Κράκερς Κέικ Μπισκότα	234 211 191 177 156
2021	Ιταλία	Μπισκότα Μπισκότα αλεσμένα Πουρές δαμάσκηνου Αλμυρά και Γλυκά σνακ Βρεφικό γεύμα δημητριακών	61 39 <LOQ* <LOQ <LOD*
2021	Ισπανία	Βρεφικά δημητριακά	70,5

2011-2015	Ηνωμένες Πολιτείες	Βρεφικές τροφές (λαχανικά και φρούτα σε βαζάκια, μείγματα σε βαζάκια και βρεφικά σνακ-μπισκότα οδοντοφυΐας, σφολιάτες, κράκερς και παξιμάδια)	165,1
-----------	--------------------	---	-------

*LOQ = Το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) είναι η χαμηλότερη συγκέντρωση μιας ουσίας που μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με την αναφερόμενη μέθοδο.

*LOD = Το όριο ανίχνευσης (LOD) είναι η χαμηλότερη συγκέντρωση μιας ουσίας που μπορεί να ανιχνευθεί με την αναφερόμενη μέθοδο.

Από τα δεδομένα του Πίνακα 2 φαίνεται πως κανένα από τα δείγματα δεν βρέθηκε με επίπεδα ακρυλαμιδίου πάνω από τα επίπεδα αναφοράς του Κανονισμού (ΕΕ) της 2017/2158.

Στην ανασκόπηση περιλαμβάνεται μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ισπανία το 2021 όπου μετρήθηκε το ακρυλαμίδιο σε βρεφικές τροφές δημητριακών. Τα βρεφικά δημητριακά ταξινομούνται στις επεξεργασμένες τροφές με βάση τα δημητριακά, και οι βρεφικές κρέμες δημητριακών αποτελούν βασικό συμπλήρωμα στην ηλικία των 4-6 μηνών. Σύμφωνα με τη μελέτη οι συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου κυμαίνονταν μεταξύ κάτω από το όριο ποσοτικοποίησης (< LOQ) έως τα 92,4 μg/kg, ενώ η μέση τιμή αναφέρεται πως ήταν 70,5 μg/kg. Σημειώνεται πως τα δείγματα βρεφικών δημητριακών που περιείχαν μέλι είχαν παραπάνω ακρυλαμίδιο, γεγονός που δείχνει πως η παρουσία συγκεκριμένων συστατικών κατά την επεξεργασία και την παραγωγή αυτών των τροφών επηρεάζουν τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022).

Η EFSA ανέφερε ότι τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στην βρεφική τροφή κυμαίνονται μεταξύ 3 - 26 μg/kg με μέση τιμή 14 μg/kg. Τα τρόφιμα αυτά προορίζονται για τους πρώτους μήνες της ζωής των βρεφών και θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από τοξικές ενώσεις. Η συγκέντρωση ακρυλαμιδίου στις παιδικές τροφές θα μπορούσε να επηρεαστεί από τα επίπεδα της ελεύθερης ασπαριγίνης και των αναγωγικών σακχάρων,

καθώς και από τις θερμοκρασίες και τους χρόνους μαγειρέματος (EFSA 2015, Cennet Pelin Boyaci-Gunduz 2022).

Στην ίδια μελέτη ανασκόπησης παρουσιάζονται δεδομένα διατροφικής έκθεσης των βρεφών και νηπίων σε ακρυλαμίδιο τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz 2022). Η ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου υπολογίστηκε με βάση την συγκέντρωση ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και τα επίπεδα κατανάλωσης. Για την εκτίμηση των επιπέδων έκθεσης για τις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες συνδυάζονται η ημερήσια διατροφική πρόσληψη του ακρυλαμιδίου με την παράμετρο του σωματικού βάρους (bw).

Πίνακας 4: Τα επίπεδα έκθεσης ακρυλαμιδίου σε βρέφη και νήπια μέσω των βρεφικών τροφών την τελευταία δεκαετία (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022).

ΕΤΟΣ	ΧΩΡΑ	ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ	ΕΚΘΕΣΗ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ Y (μg/kg bw/day)
2020	Κορέα	Βρέφη και Νήπια (\leq 2ετών)	0,15
2019	Ηνωμένες Πολιτείες	Βρέφη και Νήπια (< 2ετών)	1,42
2018	Ιαπωνία	Νήπια και παιδιά (1-6ετών)	0,41
2017	Εσθονία	Βρέφη (4-5 μηνών) Βρέφη (6-11 μηνών)	0,12 - 0,20 0,58 - 0,80
2016	Ηνωμένο Βασίλειο	Βρέφη(0-6μηνών)	0,046-0,79

Σύμφωνα με την γνωμοδότηση της EFSA, οι κύριοι παράγοντες για την συνολική έκθεση των βρεφών στο ακρυλαμίδιο ήταν (i) οι παιδικές τροφές, εκτός από τα επεξεργασμένα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά, συμμετέχοντας έως και 60% στη συνολική έκθεση, (ii) άλλα προϊόντα με βάση τις πατάτες (συμμετοχή έως και 48%), και (iii) επεξεργασμένες βρεφικές τροφές με βάση τα δημητριακά (συμμετοχή έως 30%) ενώ η κατηγορία στην οποία περιλαμβάνονται τα μπισκότα και τα κράκερ συμμετέχουν στην συνολική έκθεση κατά 20% (EFSA 2015).

Στην γνωμοδότηση της EFSA για τα νήπια η κατηγορία παιδικών τροφών συνεισέφερε λιγότερο στη διατροφική έκθεση συγκριτικά με άλλες κατηγορίες, συμπεριλαμβανομένων του ψωμιού, αλλά και άλλων προϊόντων με βάση την πατάτα και τα δημητριακά. Σε άλλη έρευνα έχει αναφερθεί πως η συμμετοχή των κράκερ

(25%), μπισκότων (19%) και βρεφικών μπισκότων (11%) στη συνολική διατροφική έκθεση των βρεφών και νηπίων στο ακρυλαμίδιο είναι σημαντική (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz 2022).

Θα πρέπει να αναφερθεί πως η εκτίμηση της διατροφικής έκθεσης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα διαφοροποιείται ανάμεσα σε βρέφη και νήπια. Πιο συγκεκριμένα τα νήπια, έχουν διαφορετικά προϊόντα διατροφής, λόγω της διαφορετικής διατροφής που έχουν σε σχέση με τα βρέφη. Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι η συγκέντρωση ακρυλαμιδίου σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων είναι διαφορετική λόγω των μεθόδων παρασκευής και κατανάλωσης που διαφέρουν ανάμεσα στις χώρες. Επιπλέον έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι για τον υπολογισμό της διαιτητικής πρόσληψης, όπως καταγραφές κατά την διάρκεια της έκθεσης σε ακρυλαμίδιο και χρήση ερωτηματολογίων σχετικά με την συχνότητα της τροφής (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022).

Με βάση τα παραπάνω διαπιστώνεται πως το ακρυλαμίδιο βρίσκεται σε μέτρια έως και υψηλά επίπεδα στα καθημερινά τρόφιμα, και πως τα βρέφη και τα νήπια είναι από τις πιο ευάλωτες ομάδες. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή θέσπισε μέτρα και έθεσε κάποια επίπεδα αναφοράς για την μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, σύμφωνα με τον Κανονισμό 2017/2158. Ακόμα, ο Food Drink Europe (FDE) ανέπτυξε μια εργαλειοθήκη ως οδηγό για την πρόσληψη της μείωσης του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου. Τα μέτρα πρέπει να εφαρμόζονται ανάλογα την κατηγορία του κάθε τρόφιμου σύμφωνα με την παραγωγή του, τον σχεδιασμό του προϊόντος, της συνταγής, του σταδίου επεξεργασίας αλλά και της τελικής επεξεργασίας. Θα πρέπει για την μείωση του ακρυλαμιδίου στις βρεφικές τροφές να συμπεριλαμβάνουν και τις πρώτες ύλες με την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο, καθώς και την προετοιμασία της ασπαριγίνης αλλά και τα αναγωγικά σάκχαρα για την τελική συνταγή. Ο έλεγχος των συστατικών, σε συνδυασμό με την θερμοκρασία αλλά και τον χρόνο μαγειρέματος. Είναι πολύ σημαντικό να γίνει η αποφυγή του κινδύνου της χημικής και της μικροβιολογικής ασφάλειας, των οργανοληπτικών στοιχείων (όπως η γεύση, η υφή και το χρώμα) αλλά και η διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022).

Εν κατακλείδι, όπως αναφέρθηκε τα βρέφη και τα νήπια είναι η πιο εκτεθειμένη ομάδα για το ακρυλαμίδιο. Το χαμηλότερο βάρος σε σύγκριση με τους ενήλικες, η υψηλή

κατανάλωση ορισμένων παιδικών τροφών αλλά και ο μεταβολισμός τους, τα καθιστά πιο ευάλωτα. Βέβαια κατά την θερμική διεργασία θα μπορούσαν να βρεθούν και άλλοι παράγοντες, να επιμολύνουν τα τρόφιμα. Είναι αρκετά σημαντικό να συλλέγονται δεδομένα ανάλογα με την κατανάλωση των τροφίμων που περιέχουν ακρυλαμίδιο και την κατανάλωσή τους ανάλογα τις ηλικίες. Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών εξέδωσε ένα νέο σχέδιο για την αποφυγή αλλά και την μείωση του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα που αφορούν τα βρέφη και τα παιδιά (Cennet Pelin Boyaci-Gunduz,2022).

2.6.Ακρυλαμίδιο σε προϊόντα δημητριακών

Τα προϊόντα δημητριακών είναι από τα βασικά τρόφιμα που συμβάλλουν στην διατροφική έκθεση στο ακρυλαμίδιο καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί το ακρυλαμίδιο εμφανίζεται σε τρόφιμα, πλούσια σε υδατάνθρακες αλλά και χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, που έχουν επεξεργαστεί σε μεγάλες θερμοκρασίες (120⁰C). Ο σχηματισμός του σε θερμικά επεξεργασμένα τρόφιμα, εμφανίζεται με την αντίδραση Maillard μεταξύ της ασπαριγίνης και των αναγωγικών σακχάρων όπως η γλυκόζη και η φρουκτόζη. Η αντίδραση αυτή εμφανίζεται κατά το μαγείρεμα με καφέ χρώμα, καθώς αφορά την γεύση, το χρώμα, την υφή αλλά και το άρωμα του κάθε τροφίμου (Mesias et. al.,2022).

Πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης είχε ως στόχο την παρουσίαση δεδομένων που αφορούν τη συγκέντρωση ακρυλαμιδίου σε προϊόντα δημητριακών και την εκτίμηση κινδύνου/οφέλους (cost/benefit) διάφορων παραμέτρων που αφορούν την Παρασκευή και την ανάπτυξη προϊόντων δημητριακών (Mesias et. al.,2022). Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου σε μg/kg σε διάφορα προϊόντα δημητριακών τα οποία έχουν αντληθεί από έρευνα της EFSA, μαζί με τις τιμές αναφοράς που περιλαμβάνονται στην Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Η περιεκτικότητα των τροφίμων με βάση τα δημητριακά σε ακρυλαμίδιο εξαρτάται από τα επίπεδα των πρόδρομων ενώσεων, όπως είναι η ασπαραγίνη, η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η μαλτόζη, από τη μήτρα του τροφίμου καθώς και από το είδος και την έκταση της θερμικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται. Ωστόσο έχει αναφερθεί πως η συγκέντρωση της ασπαραγίνης, παρά των αναγόντων σακχάρων, είναι ο κύριος παράγοντας για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου στα προϊόντα δημητριακών (Mesias et. al.,2022).

Πίνακας 5: Συγκέντρωση ακρυλαμιδίου σε διάφορα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά και οι αντίστοιχες ευρωπαϊκές τιμές αναφοράς

Κατηγορία τροφίμου	Μέση συγκέντρωση ακρυλαμιδίου (µg/kg)	Τιμή αναφοράς Καν ΕΕ 2017/2158 (µg/kg)
Μαλακό ψωμί με βάση τον σίτο	38	50
Μαλακό ψωμί εκτός από ψωμί με βάση τον σίτο	57	100
Δημητριακά προγεύματος (εξαιρουμένου του χυλού βρώμης)		
προϊόντα πίτουρου και δημητριακά ολικής άλεσης, διογκωμένοι σπόροι	211	300
προϊόντα με βάση τον σίτο και τη σίκαλη	170	300
προϊόντα με βάση τον αραβόσιτο, τη βρώμη, την όλυρα, το κριθάρι και το ρύζι	102	150
Μπισκότα και γκοφρέτες	265	350
Κράκερς με την εξαίρεση των κράκερς με βάση την πατάτα	231	400
Ψωμί τύπου φρυγανιάς	171	350
Ψωμί πιπερόριζας	407	800
Μπισκότα και φρυγανιές για βρέφη και παιδιά μικρής ηλικίας	111	150
Παιδικές τροφές, επεξεργασμένα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά για βρέφη και παιδιά μικρής ηλικίας, εκτός από τα μπισκότα και τις φρυγανιές	89	40

Η μήτρα κάθε τροφίμου επηρεάζει την κατανομή του νερού σε αυτό και κατά συνέπεια το βαθμό που θα λάβουν χώρα οι αντιδράσεις. Η συγκέντρωση των διάφορων συστατικών /πρόδρομων ενώσεων του ακρυλαμιδίου, αλλά και οι παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η ένταση της θερμότητας που εφαρμόζεται και η ενεργότητα του νερού σύμφωνα με την εφαρμοζόμενη συνταγή επηρεάζουν την τελική συγκέντρωση του

ακρυλαμιδίου στο προϊόν. Βέβαια, η διαμόρφωση κάποιων συνταγών με βάση τα δημητριακά, σύμφωνα με νέα συστατικά, παίζουν σημαντικό ρόλο για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Για παράδειγμα, τα δημητριακά ολικής άλεσης, αυξάνουν την περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο, καθώς το αλεύρι ολικής παρουσιάζει περισσότερη ασπαραγίνη κατά την δημιουργία του αρτοσκευάσματος. Ωστόσο υπάρχουν ενώσεις όπως οι διαιτητικές ίνες, τα μέταλλα, οι βιταμίνες, αλλά και τα δημητριακά ολικής που προσφέρουν ευεργετικές ιδιότητες στον ανθρώπινο οργανισμό (Mesias et. al.,2022).

Η μείωση της περιεκτικότητας σε ασπαραγίνη είναι η βασική στρατηγική για τον περιορισμό του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα δημητριακά, ωστόσο αυτή δεν είναι πάντα εφικτή λόγω των διαφορετικών ποικιλιών σε δημητριακά, τις συνθήκες συγκομιδής και του κλίματος. Υπάρχουν λιπάσματα όπως τα αζωτούχα, τα οποία μπορούν να αυξήσουν την ελεύθερη ασπαραγίνη στους σπόρους, ενώ η λίπανση με θειούχα σκευάσματα δείχνει να την μειώνει (Mesias et. al.,2022).

Στα προϊόντα αρτοποιίας, εκτός τα κύρια το αλεύρι και το νερό, περιλαμβάνονται αλάτι, σάκχαρα και μείγματα βουτύρου. Η αντικατάσταση του σιροπιού ιμπερτοσακχάρου, το οποίο είναι ένα μείγμα γλυκόζης και φρουκτόζης, με σακχαρόζη που είναι ένας δισακχαρίτης γλυκόζης και φρουκτόζης, είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την μείωση του ακρυλαμιδίου, ωστόσο επισημαίνεται πως η έντονη θερμική επεξεργασία προκαλεί υδρόλυση της σακχαρόζης. Ακόμα, η προσθήκη 1-2% NaCl σε ένα μείγμα αρτοποιίας μειώνει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, ωστόσο η περαιτέρω αύξηση του αλατιού προκαλεί το αντίθετο αποτέλεσμα, λόγω της αναστολής της ανάπτυξης της ζύμης η οποία με τη σειρά της μειώνει τον μεταβολισμό της ασπαραγίνης. Σχετικά με τις λιπαρές ύλες, έρευνες έχουν δείξει ότι τα ακόρεστα φυτικά έλαια, τα οποία είναι πλούσια σε φαινολικές ουσίες, μειώνουν τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, ωστόσο την ίδια στιγμή η χρήση τους μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μη επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στο τελικό προϊόν και να μειώσει επίσης το χρόνο ζωής του (Mesias et. al.,2022).

Τα προϊόντα ολικής αλέσεως, όπως το πίτουρο, παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα ασπαραγίνης, άρα η παρουσία τους στη συνταγή αυξάνει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Παρατηρήθηκε ότι η έντονη άλεση προκαλεί βλάβη στο άμυλο και αύξηση σχηματισμού ακρυλαμιδίου. Αναφέρεται πως το άμυλο που έχει υποστεί βλάβη

και η θερμοκρασία, είναι οι βασικοί παράγοντες του σχηματισμού ακρυλαμιδίου σε ψωμί με αλεύρι σίτου.

Υπάρχουν κάποιοι διογκωτικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Οι ζυμομύκητες, όπως ο *Saccharomyces cerevisiae* μεταβολίζουν την ασπαραγίνη, συμβάλλοντας στην μείωση του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν. Αντιθέτως το διττανθρακικό αμμώνιο ενεργοποιεί τα ανάγοντα σάκχαρα ή το σχηματισμό δικαρβονυλικών ενώσεων οι οποίες . Η αντικατάσταση του ανθρακικού αμμωνίου με όξινο ανθρακικό νάτριο μειώνει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, αυξάνοντας το pH του συστήματος. Επιπλέον, τα οργανικά οξέα τρυγικό, κιτρικό και ασκορβικό οξύ) μειώνουν το σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, ωστόσο πρέπει να δίνεται προσοχή στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με τα οποία καταλήγει το τελικό προϊόν. Το ασβέστιο μειώνει το ακρυλαμίδιο κατά 30% στο ψωμί και στα κράκερ πιθανόν λόγω της αυξημένης σταθερότητας των αλληλεπιδράσεων ασπαραγίνης με την μήτρα του τροφίμου σε υψηλή θερμοκρασία (Mesias et. al.,2022).

Η χρήση από αλεύρια οσπρίων (σόγιας, ρεβίθι, μπιζέλι ή φασόλια) έχει δείξει καλά αποτελέσματα σχετικά με τον έλεγχο σχηματισμού ακρυλαμιδίου. Ωστόσο τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων δεν είναι πάντα αποδεκτά από τους καταναλωτές. Άλλοι σπόροι, όπως η chia, ο αμάρανθος, ο φαγόπυρος αλλά και η κινόα, έχουν χρησιμοποιηθεί σε σκευάσματα αρτοποιίας για την ενίσχυση της θρεπτικής τους αξίας ή για την παραγωγή προϊόντων χωρίς γλουτένη. Παρ' όλα αυτά η επίδραση τους στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου δεν είναι ακόμη γνωστή (Mesias et. al.,2022).

Οι συνθήκες χρόνου και θερμοκρασίας κατά το ψήσιμο, αποτελούν βασικό παράγοντα για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Ο μέγιστος σχηματισμός εμφανίζεται σε υψηλές θερμοκρασίες σε μικρό χρονικό διάστημα. Ο τύπος φούρνου και οι διαφορετικές εφαρμογές ψησίματος επηρεάζουν το τελικό προϊόν. Το ψήσιμο σε κενό ή σε ατμό είναι κατάλληλο για την παραγωγή του ακρυλαμιδίου (Mesias et. al.,2022).

Οι ζύμες (η μαγιά δηλαδή) μειώνουν την περιεκτικότητα σε ασπαραγίνη, προκαλώντας την μείωση του ακρυλαμιδίου. Για παράδειγμα το ψωμί, το οποίο έχει υποστεί ζύμωση με μαγιά προζύμης εμφανίζει λιγότερα επίπεδα ακρυλαμιδίου, σε σχέση με το ψωμί το οποίο έχει επεξεργαστεί μόνο με μαγιά (Mesias et. al.,2022).

Το 2007, η EFSA, άρχισε να παρακολουθεί την περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο ανάλογα τα τρόφιμα, και τις κατηγορίες τροφίμων με δημητριακά. Γενικά, μειωμένα επίπεδα ακρυλαμιδίου παρατηρήθηκαν σε βρεφικά μπισκότα το 2007-2010. Ανά 3 χρόνια, εμφανίζονται αναφορές για την παρακολούθηση της μείωσης του ακρυλαμιδίου με χαμηλή περιεκτικότητα (Mesias et. al.,2022).

Τέλος, σύμφωνα με τον Κανονισμό 2017/2158, τα επίπεδα ακρυλαμιδίου δεν υπερβαίνουν τα 100μg/kg για το μαλακό ψωμί, τα 300 μg/kg σε δημητριακά πρωινού, 400 μg/kg για μπισκότα και κράκερ, 150 μg/kg σε επεξεργασμένες βρεφικές τροφές με εξαίρεση το μελόψωμο 800 μg/kg (Mesias et. al.,2022).

Κεφάλαιο 3. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων του 2015 η διατροφική έκθεση κυμαίνεται μεταξύ του 0,5 και 1,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα για τα βρέφη, τα νήπια και τα παιδιά τα οποία είναι η πιο εκτεθειμένη κατηγορία. Ακόμα, στους έφηβους, στους ενήλικες και στους ηλικιωμένους κυμαίνεται μεταξύ του 0,4 και 0,9 μg/kg σωματικού βάρους/ημέρα.

Ειδικά για τις παιδικές τροφές η συγκέντρωση του ακρυλαμιδίου έχει βρεθεί να κυμαίνεται μεταξύ κάτω του ορίου ανίχνευσης της εφαρμοζόμενης μεθόδου σε βρεφικό γεύμα δημητριακών στην Ιταλία έως και 1449 μg/kg σε γκοφρέτες στην Κολομβία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι συγκεντρώσεις που έχουν βρεθεί σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων είναι διαφορετική λόγω των μεθόδων παρασκευής και κατανάλωσης που διαφέρουν ανάμεσα στις χώρες. Σύμφωνα με την EFSA τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στην βρεφική τροφή κυμαίνονται μεταξύ 3 - 26 μg/kg με μέση τιμή 14 μg/kg. Σχετικά με τη διατροφική έκθεση σύμφωνα με την γνωμοδότηση της EFSA, οι παιδικές τροφές, εκτός από τα επεξεργασμένα τρόφιμα με βάση τα δημητριακά, συμμετέχουν έως και 60% στη συνολική έκθεση των βρεφών στο ακρυλαμίδιο.

Σχετικά με τα προϊόντα δημητριακών οι συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου που έχουν βρεθεί κυμαίνονται από 38 μg/kg σε μαλακό ψωμί με βάση τον σίτο έως και 407 μg/kg σε ψωμί πιπερόριζας.

Η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα διεξάγει έρευνες πάνω στην τοξικότητα του ακρυλαμιδίου για τον άνθρωπο, ωστόσο χρειάζονται παραπάνω δεδομένα προκειμένου να καταλήξουν σε ασφαλή συμπεράσματα. Επιπλέον οι ευρωπαϊκές νομοθετικές αρχές έχουν θεσπίσει όρια αναφοράς και μέτρα άμβλυνσης των επιπέδων του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα για την προστασία των καταναλωτών. Παραμένει ωστόσο μεγάλη αναγκαιότητα η παραγωγή αξιόπιστων επιδημιολογικών διατροφικών δεδομένων, τοξικολογικών δεδομένων και των συγκεντρώσεων του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, προκειμένου να μπορεί να πραγματοποιηθεί αξιόπιστη εκτίμηση της διατροφικής έκθεσης και στη συνέχεια να ενημερωθούν τα όρια αναφοράς και πιθανόν να θεσπιστούν ανώτατα όρια ακρυλαμιδίου σε συγκεκριμένα τρόφιμα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Κανονισμός (ΕΕ) 2017/2158 της Επιτροπής, της 20ής Νοεμβρίου 2017, για τη θέσπιση μέτρων άμβλυνσης του κινδύνου και επιπέδων αναφοράς για τον περιορισμό της παρουσίας ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/2158/oj>
- Cíbum, 2023. <https://cibum.gr/nea/asfaleia-trofimon/i-nea-nomothesia-gia-to-akrylamidio-sta-trofima-ti-simainei-gia-tis-epicheiriseis/>
- Σύσταση (ΕΕ) 2019/1888 της Επιτροπής της 7ης Νοεμβρίου 2019 σχετικά με την παρακολούθηση της παρουσίας ακρυλαμιδίου σε ορισμένα τρόφιμα <http://data.europa.eu/eli/reco/2019/1888/oj>
- Σφλώμος Κ. (2010). Χημεία τροφίμων με στοιχεία διατροφής, Τόμος II: Στοιχεία διατροφής, ΕΥΔΟΞΟΣ, 296., 2010
- Baht, R. V., & Moy, G. G. (1997). Monitoring and assessment of dietary exposure to chemical contaminants. *World health statistics quarterly 1997*; 50 (1/2): 132-149.
- Bakhtary, D. (2015). The effects of mono and divalent cations on acrylamide formation in potato chips.

- Boyaci-Gunduz, C. P. (2022). Acrylamide exposure of infants and toddlers through baby foods and current progress on regulations. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100849. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100849>
- Erdreich, L. S., & Friedman, M. A. (2004). Epidemiologic evidence for assessing the carcinogenicity of acrylamide. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 39(2), 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2003.12.004>
- European Food Safety Authority. (2011). Results on acrylamide levels in food from monitoring years 2007–2009 and exposure assessment. *Efsa Journal*, 9(4), 2133. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2133>.
- European Food Safety Authority (2015). Scientific Opinion on acrylamide in food, *EFSA Journal* 2015;13(6):4104
- Gökmen, V., & Şenyuva, H. Z. (2007). Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food chemistry*, 103(1), 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.011>
- Krishnakumar, T., & Visvanathan, R. (2014). Acrylamide in food products: a review.
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2022). An updated view of acrylamide in cereal products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100847>
- Michalak, J., Czarnowska-Kujawska, M., Klepacka, J., & Gujska, E. (2020). Effect of microwave heating on the acrylamide formation in foods. *Molecules*, 25(18), 4140. <https://doi.org/10.3390/molecules25184140>
- Mucci, L. A., & Wilson, K. M. (2008). Acrylamide intake through diet and human cancer risk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(15), 6013-6019. <https://doi.org/10.1021/jf703747b>

- Perera, D. N., Hewavitharana, G. G., & Navaratne, S. B. (2021). Comprehensive study on the acrylamide content of high thermally processed foods. *Biomed research international*, 2021(1), 6258508. <https://doi.org/10.1155/2021/6258508>
- Riboldi, B. P., Vinhas, Á. M., & Moreira, J. D. (2014). Risks of dietary acrylamide exposure: A systematic review. *Food chemistry*, 157, 310-322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.046>
- Stojanovska, S., & Tomovska, J. (2015). Factors influence to formation of acrylamide in food. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 13(4), 10-15.
- Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., & Schömig, E. (2004). Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(9), 2735-2739. <https://doi.org/10.1021/jf035417d>
- Timmermann, C. A. G., Mølck, S. S., Kadawathagedara, M., Bjerregaard, A. A., Törnqvist, M., Brantsæter, A. L., & Pedersen, M. (2021). A review of dietary intake of acrylamide in humans. *Toxics*, 9(7), 155. <https://doi.org/10.3390/toxics9070155>
- Virk-Baker, M. K., Nagy, T. R., Barnes, S., & Groopman, J. (2014). Dietary Acrylamide and Human Cancer: A Systematic Review of literature. *Nutrition and Cancer*, 66(5), 774–790. <https://doi.org/10.1080/01635581.2014.916323>
- World Health Organization. Food Safety Programme. (2002). *Health Implications of Acrylamide in Food: Report of a Joint FAO/WHO Consultation, WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 25-27 June 2002*. World Health Organization.

- World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011). Safety evaluation of certain contaminants in food ACRYLAMIDE (addendum), (pages 1 – 151), WHO FOOD ADDITIVES SERIES: 63, FAO JECFA MONOGRAPHS 8
- Zhang, Y., Zhang, G., & Zhang, Y. (2005). Occurrence and analytical methods of acrylamide in heat-treated foods: Review and recent developments. *Journal of Chromatography A*, 1075(1-2), 1-21.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.03.123>