



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

Γιαννακοπούλου Σοφία - Παναγιώτα

A.M. 21207

Επικαιροποίηση Δεδομένων

για τα Επίπεδα Ακρυλαμιδίου στα Τρόφιμα

Επιβλέπων καθηγητής: Μπόσκου Γεώργιος

Αθήνα, Ιούνιος 2016

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Πολυχρονόπουλος Ευάγγελος,

Αναπληρωτής Καθηγητής Διαιτολογίας -Διατροφής και Προληπτικής Ιατρικής

Καλογερόπουλος Νικόλαος,

Αναπληρωτής Καθηγητής Χημείας Τροφίμων και Περιβάλλοντος

Μπόσκου Γεώργιος,

Επίκουρος Καθηγητής Οργάνωσης και Διαχείρισης Μονάδων Διατροφής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Μπόσκου Γεώργιο, Επίκουρο Καθηγητή Οργάνωσης και Διαχείρισης Μονάδων Διατροφής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και την καταλυτική του βοήθεια στην ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον κ. Πολυχρονόπουλο Ευάγγελο, Αναπληρωτή Καθηγητή Διαιτολογίας -Διατροφής και Προληπτικής Ιατρικής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών, καθώς και τον κ. Καλογερόπουλο Νικόλαο, Αναπληρωτή Καθηγητή Χημείας Τροφίμων και Περιβάλλοντος του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών, για την αξιολόγηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ο συγγραφέας και ο επιβλέπων της πτυχιακής διατριβής αυτής επιτρέπουν τη μελέτη και αντιγραφή του περιεχομένου της μόνο σε προσωπικό επίπεδο. Κάθε άλλη χρήση περιορίζεται από το δικαίωμα της πνευματικής ιδιοκτησίας και την υποχρέωση να γίνεται αναφορά της πηγής όταν παραθέτονται αποσπάσματα της διατριβής.

Αυθεντικά αντίγραφα φέρουν την υπογραφή του συγγραφέα και του επιβλέποντος.

Ο συγγραφέας

Γιαννακοπούλου Σοφία-Παναγιώτα

Ο επιβλέπων

Δρ. Μπόσκου Γεώργιος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία είναι μια μετά-ανάλυση που αφορά την περιεκτικότητα των διάφορων τροφίμων σε ακρυλαμίδιο. Πρόκειται για μια χημική ένωση που εντοπίζεται στα θερμικώς επεξεργασμένα τρόφιμα, και η οποία έχει κατηγοριοποιηθεί ως πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο. Στο πλαίσιο της εργασίας μελετήθηκαν 2.139 τρόφιμα, που προέρχονται από 131 μελέτες. Η συλλογή των δεδομένων διεξήχθη μέχρι τον Δεκέμβριο του 2015 από τις εξής βάσεις δεδομένων: Google Scholar, PubMed, Scopus, αλλά και από εκθέσεις οργανισμών όπως EFSA, WHO, FAO. Τα περισσότερα δεδομένα σχετικά με το ακρυλαμίδιο των τροφίμων, προκύπτουν από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Κίνα, Τουρκία και Ε.Ε. Αναφορικά με την μέθοδο ανάλυσης των δειγμάτων η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος ήταν η υγρή χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (LC-MS/MS). Τα τρόφιμα που συλλέχθηκαν από τις μελέτες χωρίστηκαν στην γενική και ειδική κατηγορία τροφίμων αλλά και σύμφωνα με τον τρόπο μαγειρέματος. Στην γενική κατηγορία τροφίμων, τα περισσότερα τρόφιμα που μελετήθηκαν ανήκαν στην κατηγορία των δημητριακών και των γλυκών. Στην ειδική κατηγορία τροφίμων, στην οποία επιχειρήθηκε μια πιο εκτενής κατηγοριοποίηση, προέκυψε ότι τα περισσότερα υπό μελέτη τρόφιμα ανήκαν στην κατηγορία των αρτοσκευασμάτων και της πατάτας. Αναφορικά με τον τρόπο μαγειρέματος, τα περισσότερα τρόφιμα ήταν ψητά και τηγανητά. Η κατηγορία τροφίμων με την μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο ήταν τα σνακ πατάτας, ενώ η μαγειρική μέθοδος που οδηγούσε σε μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα ήταν το τηγάνισμα. Τέλος μια εκτίμηση της έκθεσης στο κίνδυνο έγινε μέσω διερεύνησης πιθανών σεναρίων καρκινογένεσης.

Λέξεις – κλειδιά: ακρυλαμίδιο, γλυκιδαμίδιο, καρκινογόνο, θερμικώς επεξεργασμένα τρόφιμα, αμυλούχα τρόφιμα, ασπαραγίνη, τηγάνισμα, ψήσιμο

ABSTRACT

The present meta-analysis deals with the acrylamide content in foods. Acrylamide which is a chemical compound found in thermally processed foods is classified as a possible human carcinogen. In this study, 2.139 foodstuffs were collected from 131 studies. Data collection was conducted until December 2015 from the following databases: Google Scholar, PubMed, Scopus, as well as from technical reports by EFSA, WHO, FAO. Most data on acrylamide in food, derived from studies conducted in China, Turkey and EU. Regarding the method used for the analysis of the samples, the most commonly used method was liquid chromatography – mass spectrometry (LC-MS/MS). The food data collected from the studies were derived in general and specific food category, as well as in one category according to the cooking method. In the general category, most foods studied belonged to the category of cereals and confectionery. In the specific category, in which was attempted a more extensive classification, most foods studied belonged to the category of bakery and potato. Regarding the way of cooking, most foods studied were grilled and fried. The food category with the highest mean acrylamide content was potato snacks, and the cooking method leading to greater mean acrylamide content was frying. Eventually, an assessment of the risk exposure was made through investigation of potential carcinogenicity scenarios.

Key words: acrylamide, glycidamide, carcinogenic, thermally processed foods, starchy foods, asparagine, frying, baking

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ	11
1.1 Το ακρυλαμίδιο	11
1.2 Περιεκτικότητες ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα	18
1.3 Μέθοδοι ανάλυσης ακρυλαμιδίου	19
1.4 Επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου των τροφίμων στην υγεία των καταναλωτών	21
1.5 Επιδημιολογικά δεδομένα	26
1.6 Συνστάσεις κατανάλωσης	29
1.7 Προληπτικά Μέτρα	31
1.8 Ανάλυση οφέλους/κινδύνου από την μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.....	41
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	45
2.1 Πηγές αναζήτησης βιβλιογραφικών δεδομένων	45
2.2 Αρχαιοθέτηση και ταξινόμηση δημοσιεύσεων.....	48
2.3 Εξαγωγή δεδομένων	48
2.4 Ομογενοποίηση και ομαδοποίηση δεδομένων	49
2.5 Ανάλυση δεδομένων	49
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ	51
3.1 Περιγραφική στατιστική.....	51
3.2 Κανόνες συσχέτισης.....	82
3.3 Συχνότητα εμφάνισης περιπτώσεων /λέξεων στα αποτελέσματα	83
3.4 Εκτίμηση της έκθεσης στον κίνδυνο.....	87
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	104

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1: Πολυμερισμός ακρυλαμιδίου	13
Σχήμα 2: Ενδεικτικοί τύποι τμήματος του μορίου των διάφορων πολυμερών του ακρυλαμιδίου	13
Σχήμα 3: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου κατά την αντίδραση Maillard	16
Σχήμα 4: Μοντέλο για την μελέτη επίδρασης σακχάρου και αμινοξέος στο σχηματισμό ακρυλαμιδίου	16
Σχήμα 5: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου μέσω της αντίδρασης Maillard	17
Σχήμα 6: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου μέσω ακρολεΐνης από λιπίδια	17
Σχήμα 7: Εναλλακτικές οδοί σχηματισμού ακρυλαμιδίου	18
Σχήμα 8: Επισκόπηση των μεταβολικών οδών του ακρυλαμιδίου σε ζώα και σε ανθρώπους.	23
Σχήμα 9: Σύμπλοκοποίηση γλυκιδαμιδίου με DNA	25
Σχήμα 10: Αριθμός ερευνών που εκδόθηκαν στην βάση δεδομένων Scopus τα έτη 1971-2015 για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα.	45
Σχήμα 11: Αποτελέσματα βιβλιογραφικής αναζήτησης στις βάσεις δεδομένων.....	47
Σχήμα 12: Συχνότητα εμφάνισης της μέσης τιμής της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα	52
Σχήμα 13: Συχνότητα εμφάνισης της διαμέσου της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα.....	53
Σχήμα 14: Συχνότητα εμφάνισης της τυπικής απόκλισης της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα	54
Σχήμα 15: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, από την γενική κατηγορία τροφίμων	55
Σχήμα 16: Διάγραμμα PARETO για την γενική κατηγορία τροφίμων	56
Σχήμα 17: Ραβδόγραμμα μέσης περιεκτικότητας ακρυλαμιδίου στην γενική κατηγορία τροφίμων	57
Σχήμα 18: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, από την ειδική κατηγορία τροφίμων.....	58
Σχήμα 19: Διάγραμμα PARETO για την ειδική κατηγορία τροφίμων.....	59
Σχήμα 20: Ραβδόγραμμα μέσης περιεκτικότητας ακρυλαμιδίου στην ειδική κατηγορία τροφίμων.....	60
Σχήμα 21: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, από την κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος	61
Σχήμα 22: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος	62
Σχήμα 23: Ραβδόγραμμα μέσης περιεκτικότητας ακρυλαμιδίου στην κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος	63
Σχήμα 24: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, με βάση τον αριθμό των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση	64
Σχήμα 25: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, με βάση την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη.	65
Σχήμα 26: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων με βάση την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη.	66
Σχήμα 27: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, με βάση την μέθοδο ανάλυσης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα	67
Σχήμα 28: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων με βάση την μέθοδο ανάλυσης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.	68
Σχήμα 29: Διάγραμμα PARETO για τις πηγές προέλευσης των δεδομένων	79
Σχήμα 30: Διάγραμμα Box-Whiskers για τον διάμεσο και τον αριθμητικό μέσο	81

ΠΙΝΑΚΕΣ

<i>Πίνακας 1: Φυσικοχημικές ιδιότητες ακρυλαμιδίου</i>	<i>12</i>
<i>Πίνακας 2: Οι 14 παράγοντες περιορισμού του ακρυλαμιδίου</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 3: Περιγραφική στατιστική για το ακρυλαμίδιο.....</i>	<i>51</i>
<i>Πίνακας 4: Πηγή προέλευσης δεδομένων</i>	<i>69</i>
<i>Πίνακας 5: Στατιστική σημαντικότητα ορισμένων μεταβλητών βάσει της συσχέτισης Pearson Chi-Square</i>	<i>80</i>
<i>Πίνακας 6: Κανόνες συσχέτισης σε σχέση με το ακρυλαμίδιο</i>	<i>82</i>
<i>Πίνακας 7: Συχνότητα εμφάνισης περιπτώσεων στα αποτελέσματα.....</i>	<i>83</i>
<i>Πίνακας 8: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στα αποτελέσματα.....</i>	<i>84</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 1: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου ,FAO/WHO, 2002.....</i>	<i>104</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 2: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2007</i>	<i>104</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 3: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2008</i>	<i>105</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 4: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2009</i>	<i>106</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 5: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2010</i>	<i>107</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 6: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2015</i>	<i>108</i>
<i>Παράρτημα πίνακας 7: Συστάσεις και δείκτες κατανάλωσης ακρυλαμιδίου.....</i>	<i>110</i>

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια απόκτησης διπλώματος από το Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας – Διατροφής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Αγωγής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συγκέντρωση των διαθέσιμων βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικά με την περιεκτικότητα του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, προκειμένου να κατηγοριοποιηθούν διάφορες ομάδες τροφίμων βάσει της περιεκτικότητάς τους σε ακρυλαμίδιο, καθώς και να αξιολογηθεί ο κίνδυνος για την υγεία του ανθρώπου από την κατανάλωση ακρυλαμιδίου μέσω των τροφίμων.

Η εργασία διαρθρώνεται σε τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται αναφορά στις ιδιότητες του ακρυλαμιδίου καθώς και στις διάφορες τεχνικές ανάλυσής του. Έπειτα αναφέρονται οι επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου στην υγεία των καταναλωτών όπως προέκυψαν από διάφορες πειραματικές και επιδημιολογικές μελέτες σε διάφορες χώρες. Τέλος παρατίθενται οι συστάσεις κατανάλωσης από διάφορους οργανισμούς και τα προληπτικά μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για τον περιορισμό του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα. Στο δεύτερο μέρος αναλύεται η μεθοδολογία της συλλογής των δεδομένων και της στατιστικής ανάλυσης της παρούσας εργασίας.

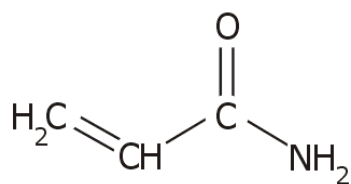
Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης. Ειδικότερα αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής και ορισμένοι στατιστικοί δείκτες, ενώ εξάγονται και οι βασικότεροι κανόνες συσχέτισης μεταξύ των κατηγοριών. Τέλος από τα παραπάνω συμπεράσματα, εκτιμάται ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία από την έκθεση στο ακρυλαμίδιο, μέσω της κατανάλωσης διάφορων τροφίμων. Ακολουθούν τα συμπεράσματα, στα οποία γίνεται επισκόπηση των κυριότερων σημείων που προέκυψαν από την παρούσα εργασία. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση των βιβλιογραφικών πηγών και του παραρτήματος.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

1.1 Το ακρυλαμίδιο

1.1.1 Χημικά χαρακτηριστικά

Το ακρυλαμίδιο (ακρυλικό αμίδιο) είναι η χημική ένωση με τον μοριακό τύπο C_3H_5NO και με χημικό τύπο :



Η ονομασία της ένωσης κατά IUPAC είναι προπ-2-εν-ύλιο. Πρόκειται για μια λευκή και άοσμη κρυσταλλική ουσία, που είναι διαλυτή στο νερό, την αιθανόλη, τον αιθέρα και το χλωροφόρμιο. Το ακρυλαμίδιο αποικοδομείται παρουσία οξέων, βάσεων, οξειδωτικών παραγόντων, σιδήρου και αλάτων σιδήρου. Η μη-θερμική αποικοδόμησή του, οδηγεί στον σχηματισμό αμμωνίας, ενώ η θερμική παράγει μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και οξείδια του αζώτου (Wikipedia(a)).

Όταν εκτεθεί σε υπεριώδη ακτινοβολία ή σε πηγή θερμότητας πολυμερίζεται με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας, οδηγώντας δυνητικά σε έντονη αντίδραση πολυμερισμού. Εναλλακτικά, ο πολυμερισμός του ακρυλαμιδίου μπορεί να γίνει και με χημικά μέσα, όπως μέσω της επίδρασης οξειδωτικών ουσιών. Για την αποφυγή του πολυμερισμού, προτείνεται η φύλαξή του σε ξηρό, σκοτεινό και ψυχρό μέρος (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009).

Κατά τον χειρισμό του ακρυλαμιδίου απαιτείται προσοχή, καθώς πρόκειται για μια τοξική ουσία που μπορεί να προκαλέσει έντονο ερεθισμό όταν απορροφηθεί από το δέρμα. Από πειράματα που διενεργήθηκαν σε ποντίκια, προέκυψε ότι πρόκειται για μια καρκινογόνο και γονοτοξική ουσία. Για την αποφυγή ανεπιθύμητων ενεργειών, απαιτείται κατά τον χειρισμό της ουσίας, τήρηση των συνήθων πρακτικών ασφαλείας, δηλαδή να αποφεύγεται η εισπνοή σκόνης και η επαφή με το δέρμα (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009).

Συνοπτικά οι φυσικοχημικές του ιδιότητες παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009) :

Πίνακας 1: Φυσικοχημικές ιδιότητες ακρυλαμιδίου

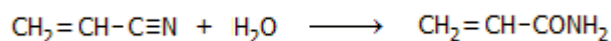
Εμφάνιση	Άοσμα λευκά κρυσταλλικά φυλλίδια (ανακρυστάλλωση από βενζόλιο)
Μοριακός Τύπος	C ₃ H ₅ NO
Σχετική μοριακή μάζα	71,08
Σημείο Τήξης	84,5 °C
Σημείο Βρασμού	175 °C (υπό αποσύνθεση), 87 °C (2mm Hg), 103 °C (5mm Hg), 125 °C (
Πυκνότητα	1,13 g/cm ³
Διαλυτότητα	(σε g/100 mL διαλύτη στους 30°C): νερό 215,5, μεθανόλη 155, αιθανόλη 86,2, ακετόνη 63,1, οξικό αιθυλεστέρα 12,6, χλωροφόρμιο 2,66, βενζόλιο 0,346, επτάνιο 0,0068
Σημείο Ανάφλεξης	138°C
Συντελεστής Κατανομής	(οκτανόλη/νερό): logP _{OW} = -1,65
LD ₅₀	170 mg/Kg (σε ποντίκια)

1.1.2 Μηχανισμοί σχηματισμού

Το ακρυλαμίδιο είναι μια ένωση που μπορεί να παρασκευαστεί τόσο βιομηχανικά, όσο και φυσικά σε μια ποικιλία τροφίμων όταν υποστούν θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες.

Βιομηχανική Παρασκευή

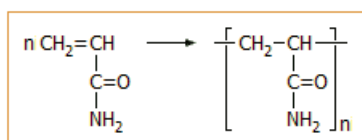
Το ακρυλαμίδιο παρασκευάστηκε για πρώτη φορά στην Γερμανία το 1893 και η βιομηχανική του παρασκευή ξεκίνησε το 1954. Για την βιομηχανική παρασκευή του ακρυλαμιδίου πρώτη ύλη είναι το ακρυλονιτρίλιο (CH₂=CH-CN), το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή πολυακρυλικών μέσων. Με πλήρη υδρόλυση το ακρυλονιτρίλιο παρέχει ακρυλικό οξύ (CH₂=CH-COOH). Εάν υπάρξει ελεγχόμενη υδρόλυση του ακρυλονιτριλίου παράγεται ακρυλαμίδιο όπως παρουσιάζεται και στην παρακάτω αντίδραση:



Βασική προϋπόθεση για να γίνει η παραπάνω αντίδραση, είναι η παρουσία κραμάτων χαλκού. Εκτός από τον πολυμερισμό του ακρυλαμιδίου, λόγω των σχετικά υψηλών απαιτούμενων θερμοκρασιών (80-140°C), σχηματίζονται σημαντικές ποσότητες ακρυλικού οξέος. Ωστόσο, προκειμένου να συνεχιστεί η αντίδραση είναι σημαντική η αναγέννηση του καταλύτη.

Η υδρόλυση του ακρυλονιτριλίου, μπορεί να γίνει και ενζυματικά. Χρησιμοποιείται το ένζυμο νιτριλουδρατάση (nitrile hydratase) που καταλύει την υδρόλυση των νιτριλίων προς τα αντίστοιχα αμίδια ($\text{RCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RCONH}_2$). Το ένζυμο αυτό είναι παρόν σε βακτήρια του γένους *Rhodococcus*. Τα βακτήρια ακινητοποιούνται σε πήγμα πολυακρυλαμιδίου και η υδρόλυση πραγματοποιείται στους 10°C και σε pH 8,0-8,5. Πρόσθετο πλεονέκτημα της ενζυμικής μεθόδου είναι το ότι το προϊόν περιέχει μόλις ίχνη του ανεπιθύμητου ακρυλικού οξέος (τυπικά 0,02%).

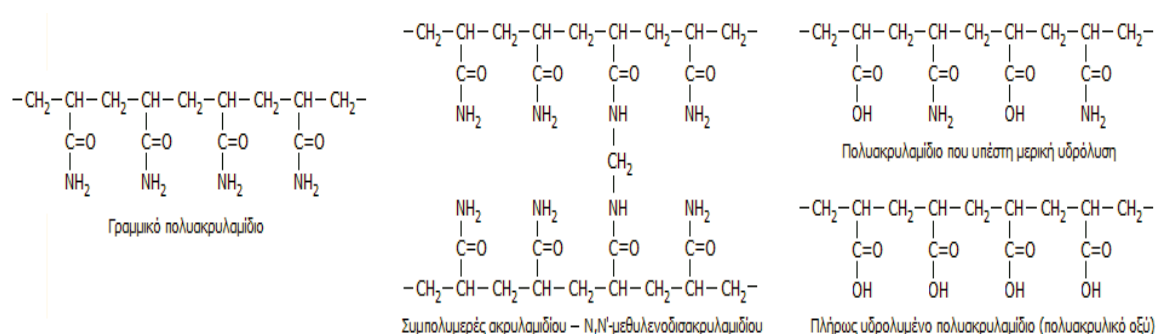
Η χρησιμότητα του ακρυλαμιδίου είναι πολλαπλή και εξαιτίας αυτού αποτελεί ένα σημαντικό βιομηχανικό προϊόν. Με την μορφή του μονομερούς, το ακρυλαμίδιο έχει περιορισμένες εφαρμογές, και χρησιμοποιείται κυρίως ως πρώτη ύλη για οργανικές συνθέσεις. Η βασικότερη ιδιότητά του, που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο είναι η ικανότητα πολυμερισμού του (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009).



(Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009)

Σχήμα 1: Πολυμερισμός ακρυλαμιδίου

Στο παρακάτω σχήμα δίνονται ορισμένοι τύποι τμήματος του μορίου των διάφορων πολυμερών, που μπορούν να προκύψουν από το ακρυλαμίδιο.



(Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009)

Σχήμα 2: Ενδεικτικοί τύποι τμήματος του μορίου των διάφορων πολυμερών του ακρυλαμιδίου

Ο πολυμερισμός του ακρυλαμιδίου είναι μια διαδικασία που ξεκινάει από την στιγμή της διάλυσης του ακρυλαμιδίου στο νερό. Επίσης το ακρυλαμίδιο μπορεί να πολυμεριστεί και με

χημικά μέσα όπως για παράδειγμα με την επίδραση υπεροξειδίων και άλλων οξειδωτικών ουσιών. Προϊόν του πολυμερισμού του ακρυλαμιδίου, είναι το πολυακρυλαμίδιο (PAM). Η πιο ευρεία χρήση του PAM, σχετίζεται με την ικανότητα του να λειτουργεί ως κροκιδωτικό μέσο, κυρίως για την εξυγίανση του πόσιμου νερού. Άλλες σημαντικές χρήσεις του είναι ως μέσο για την ελεγχόμενη ροή πετρελαίου κατά την διάρκεια εξορύξεων αλλά και ως συνδέτης και βοηθητική ουσία κατακράτησης κατά την παρασκευή χαρτοπολτού και γενικότερα στην βιομηχανία χάρτου. Ακόμη το ακρυλαμίδιο χρησιμοποιείται και σαν σταθεροποιητικό εδάφους ενώ το PAM είναι παρόν σε καλλυντικά (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009).

Ο πολυμερισμός του ακρυλαμιδίου αξιοποιείται και στην κατασκευαστική διαδικασία για των σχηματισμό αρμών κατά την κατασκευή και επισκευή τούνελ και υπονόμων. Το PAM χρησιμοποιείται επίσης από εργαστήρια βιοτεχνολογίας για την κατασκευή gel ηλεκτροφόρησης (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009). Το ακρυλαμίδιο αποτελεί ένα από τα συστατικά του καπνού του τσιγάρου, γεγονός που υποδεικνύει ότι μπορεί να σχηματιστεί και μέσω θέρμανσης βιολογικού υλικού. Το ποσό του ακρυλαμιδίου που εντοπίζεται στον καπνό του τσιγάρου, αποτελεί μια σημαντική πηγή πρόσληψης ακρυλαμιδίου μέσω εισπνοής (EPA, 2010).

Παρόλο που το ακρυλαμίδιο αποτελεί μια τοξική ουσία, τα πολυμερή του ακρυλαμιδίου δεν θεωρούνται τοξικά. Ωστόσο, επειδή μπορεί να περιέχουν ποσότητες του μονομερούς, συνίσταται προσοχή κατά τον χειρισμό τους (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009). Για τον γενικό πληθυσμό η μη σχετική με τα τρόφιμα έκθεση στο ακρυλαμίδιο, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ύπαρξη καταλοίπων του μονομερούς στο πολυακρυλαμίδιο. Οι βασικές οδοί έκθεσης στον εργασιακό χώρο είναι η δερματική απορρόφηση των μονομερών ακρυλαμιδίου από διαλύματα και μέσω εισπνοής ξηρού μονομερούς ή αεροδιαλύματος, κατά την παρασκευή του PAM. Ωστόσο η έκθεση στο ακρυλαμίδιο που δεν είναι σχετική με τα τρόφιμα, θεωρείται χαμηλή.

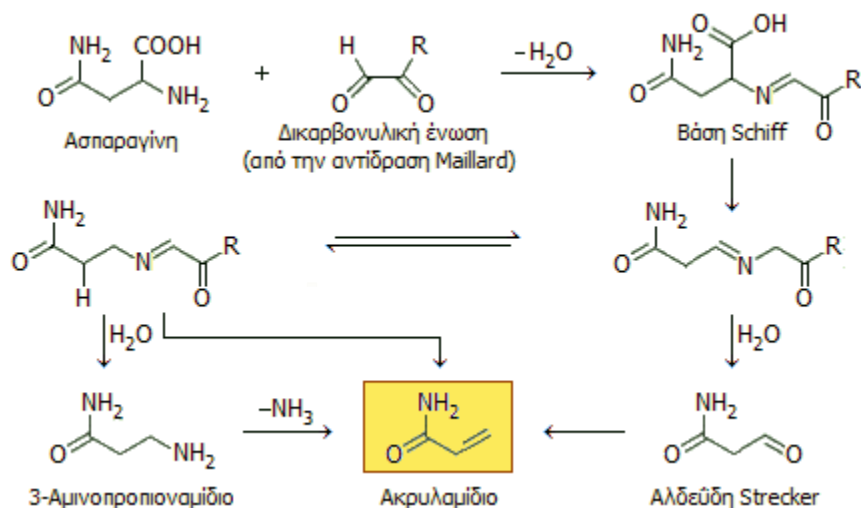
Τρόφιμα

Μέχρι το 2002 ήταν γνωστή μόνο η βιομηχανική παρασκευή του ακρυλαμιδίου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, και δεν είναι αναγνωριστεί η συνεισφορά των τροφίμων στην έκθεση των ατόμων στο ακρυλαμίδιο. Τα δεδομένα αυτά άλλαξαν, όταν μια ερευνητική ομάδα από το Πανεπιστήμιο της Στοκχόλμης μαζί με το Swedish National Food Administration (SNFA), τον Απρίλιο του 2002, εξέδωσαν νέα ευρήματα ότι το ακρυλαμίδιο, μια τοξική και πιθανώς καρκινογόνος ουσία, σχηματίζεται κατά την παρασκευή των τροφίμων όταν αυτά θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες (FAO/WHO, 2002).

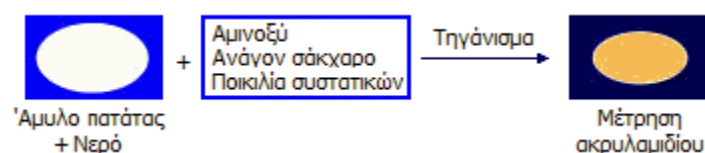
Αφορμή για την διερεύνηση της έκθεσης του ανθρώπου στο ακρυλαμίδιο, αποτέλεσε ένα κατασκευαστικό λάθος. Λόγω μιας μεγάλης διαρροής νερού κατά την κατασκευή μιας σιδηροδρομικής σήραγγας στην Σουηδία, απαιτούνταν η χρήση ενός υλικού για την αρμολόγηση των τοιχωμάτων της. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την αρμολόγηση περιείχε μονομερή ακρυλαμιδίου και Ν-μεθυλακρυλαμιδίου, και χρησιμοποιήθηκε σε ποσότητα 1400 τόνων τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997. Τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους, παρατηρήθηκαν πολλά νεκρά ψάρια καθώς και περιστατικά παράλυσης βοοειδών στην περιοχή κοντά στο εργοτάξιο. Αιτία για την κατάσταση αυτή ήταν η διαρροή ακρυλαμιδίου στα υπόγεια ύδατα της περιοχής. Ακόμη παρατηρήθηκε ότι πολλοί από τους εργαζομένους που είχαν εκτεθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις, ανέπτυξαν συμπτώματα περιφερικής νευροπάθειας, παρόμοιας με αυτή που προκαλείται από την δηλητηρίαση με ακρυλαμίδιο (Eriksson, 2005).

Αντίστοιχη νευροτοξικότητα, παρατηρήθηκε και σε βοοειδή που τρέφονταν με θερμικά επεξεργασμένες ζωοτροφές. Η διαπίστωση αυτή αποτέλεσε την αιτία για την διερεύνηση της παρουσίας του ακρυλαμιδίου και στα τρόφιμα. Ο Tareke *et al.* (2000) ήταν ο πρώτος που υπέθεσε ότι το ακρυλαμίδιο είναι ένας τροφογενής κίνδυνος, σε άρθρο του που τιτλοφορείται «Acrylamide: a cooking carcinogen?». Η υπόθεση αυτή επιβεβαιώθηκε, δύο χρόνια αργότερα από την ίδια επιστημονική ομάδα (Boskou & Andrikopoulos, 2010).

Σήμερα, το ακρυλαμίδιο έχει ανιχνευτεί σε ένα μεγάλο εύρος τροφίμων που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες. Η βασικότερη χημική αντίδραση που ευθύνεται για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου σε υψηλές θερμοκρασίες (προϋποθέτει την επεξεργασία του τροφίμου σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 120°C), είναι η αντίδραση Maillard ή αντίδραση αμαύρωσης. Κατά την θέρμανση, το ελεύθερο αμινοξύ ασπαραγίνη αποκαρβοξυλιώνεται και απαμιδώνεται για να σχηματίσει ακρυλαμίδιο, μέσω οδών που εμπλέκουν την αρχική αντίδραση με ανάγοντα σάκχαρα και με διάφορες καρβονυλικές ενώσεις. Η αντίδραση αμαύρωσης είναι επίσης υπεύθυνη για την γεύση και το χρώμα, τυπικών τηγανιτών προϊόντων. Σε αντίθεση με τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, οι αντιδράσεις αυτές περιλαμβάνουν και άλλα αμινοξέα εκτός από την ασπαραγίνη. Μια σειρά αντιδράσεων (τμήμα της όλης αντίδρασης Maillard) που οδηγεί στο ακρυλαμίδιο, δίνεται παρακάτω. Σύμφωνα με το σχήμα αυτό, το αμινοξύ που οδηγεί στην παραγωγή ακρυλαμιδίου είναι η ασπαραγίνη (Βαλαβανίδης & Ευσταθίου, 2009).

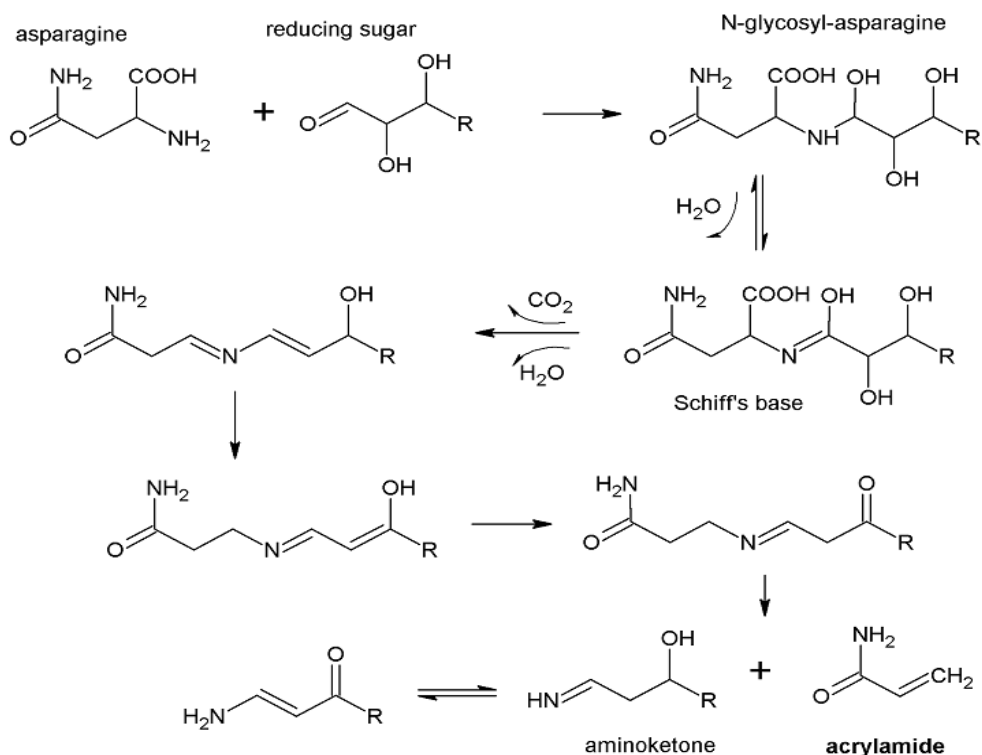


Σχήμα 3: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου κατά την αντίδραση Maillard



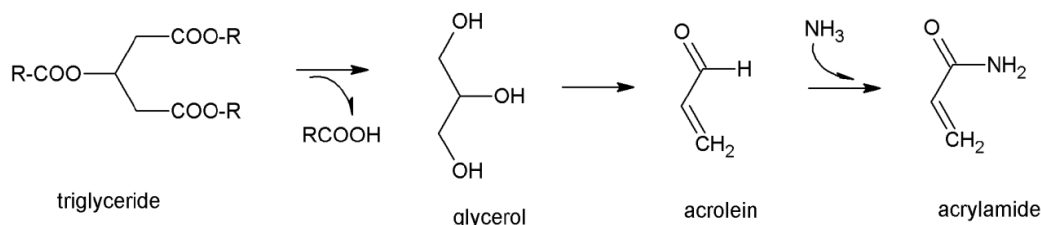
Σχήμα 4: Μοντέλο για την μελέτη επίδρασης σακχάρου και αμινοξέος στο σχηματισμό ακρυλαμιδίου

Εκτός από την αντίδραση Maillard όπου το ακρυλαμίδιο σχηματίζεται απευθείας από αμινοξέα και ελεύθερα σάκχαρα, υπάρχουν και άλλοι τρόποι σχηματισμού του. Ένας από αυτούς τους εναλλακτικούς τρόπους σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, πιο σπάνιος από την αντίδραση αμαύρωσης, είναι μέσω της ακρολεΐνης. Η ακρολεΐνη (1-προπενάλη) είναι μια απλή αλδεύδη, που έχει πολλαπλές χρήσεις, και για αυτόν τον λόγο είναι παρούσα σε πολλά προϊόντα του εμπορίου. Ακρολεΐνη έχει βρεθεί και στα τρόφιμα. Έχει προταθεί ότι ο σχηματισμός της προκύπτει από την αφυδάτωση της γλυκερόλης, όταν ζωικά και φυτικά λίπη υφίστανται θερμική επεξεργασία (Eriksson, 2005) και γενικότερα από την αποικοδόμηση λιπιδίων, υδατανθράκων και ελεύθερων αμινοξέων (Boskou & Andrikopoulou, 2010). Όπως και στην περίπτωση της αντίδρασης Maillard, η πηγή αζώτου για τον σχηματισμό του μορίου του ακρυλαμιδίου φαίνεται να είναι η αμμωνία που απελευθερώνεται κατά τις διαδικασίες απαμίνωσης (Boskou & Andrikopoulou, 2010).



(Boskou & Andrikopoulos, 2010)

Σχήμα 5: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου μέσω της αντίδρασης Maillard



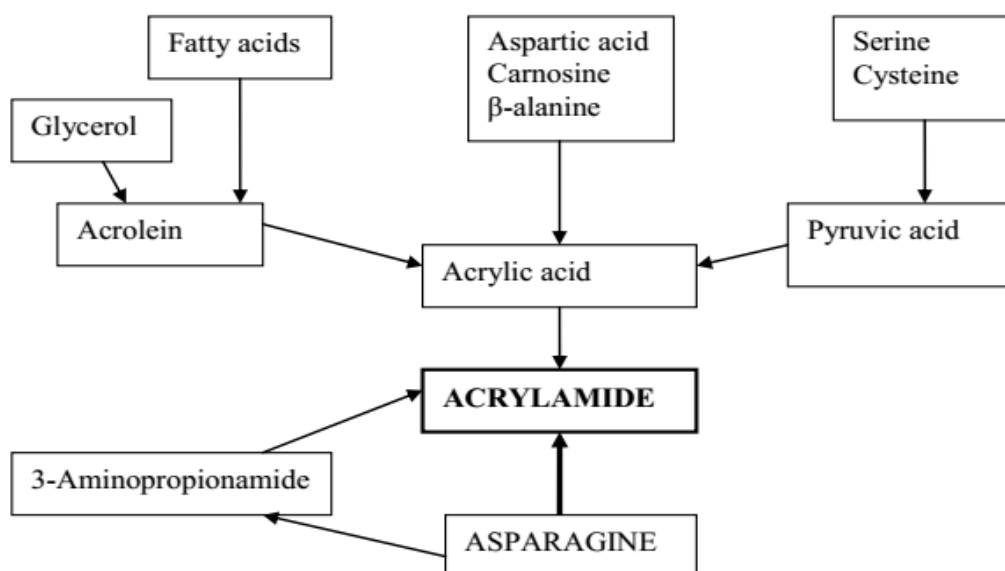
(Boskou & Andrikopoulos, 2010)

Σχήμα 6: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου μέσω ακρολεΐνης από λιπίδια

Εκτός από τους παραπάνω τρόπους, έχουν ταυτοποιηθεί και άλλες μέθοδοι σχηματισμού του ακρυλαμιδίου. Ένας από αυτούς τους τρόπους περιγράφει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου μέσω της αφυδάτωσης/απαμίνωσης συγκεκριμένων κοινών οργανικών οξέων όπως του μαλικού, λακτικού και κιτρικού οξέος (Boskou & Andrikopoulos, 2010). Εναλλακτικά, το ακρυλαμίδιο μπορεί να σχηματιστεί από την πυρόλυση της πρωτεΐνης του σίτου, γλουτένης αλλά και μέσω

της ενζυμικής αποκαρβοξυλίωσης της ασπαραγίνης στις ωμές ντομάτες. Παρόλο που αυτές οι οδοί πιστεύεται ότι είναι ελάσσονος σημασίας, ο βαθμός στον οποίο συνεισφέρουν κατά τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα, δεν έχει ερευνηθεί ακόμη.

Ορισμένοι από τους εναλλακτικούς τρόπους σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα (Krishnakuma & Visvanathan, 2014).



Σχήμα 7: Εναλλακτικές οδοί σχηματισμού ακρυλαμιδίου

1.2 Περιεκτικότητες ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

Από το 2002 όπου ανακαλύφθηκε η ύπαρξη του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, πολλές προσπάθειες έγιναν από διάφορους οργανισμούς προκειμένου να υπολογιστεί η περιεκτικότητα του ακρυλαμιδίου σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων.

Η πρώτη αναφορά για τις συγκεντρώσεις του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, προέρχεται από τους FAO/WHO το 2002, και αφορούν δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις εξής χώρες: Νορβηγία, Σουηδία, Ελβετία, Ηνωμένο Βασίλειο και Η.Π.Α (FAO/WHO, 2002)¹. Δεδομένα για τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα προέκυψαν και από την επιστημονική έκθεση της EFSA, για τα έτη παρακολούθησης 2007-2010 και τα οποία εκδόθηκαν στο EFSA Journal το 2012 (EFSA, 2012)². Πιο πρόσφατα δεδομένα για τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στις διάφορες κατηγορίες τροφίμων

¹ Βλ. παράρτημα Πίνακας 1

² Βλ. παράρτημα Πίνακας 2-5

προκύπτουν από την επιστημονική έκθεση της EFSA για τους ρυπαντές της τροφικής αλυσίδας, το 2015 (EFSA, 2015)³.

1.3 Μέθοδοι ανάλυσης ακρυλαμιδίου

Από την στιγμή της ανακάλυψης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, πολλές μελέτες έγιναν προκειμένου να αναπτυχθούν οι κατάλληλες μέθοδοι αλλά και να βελτιωθούν οι ήδη υπάρχουσες, ώστε να ποσοτικοποιηθούν τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα (Ayvaz, 2014).

Το ακρυλαμίδιο είναι μια ένωση με υψηλή ικανότητα αντίδρασης και διαλυτή στο νερό, ενώ δεν έχει σημαντικές χρωμοφόρες ή φθορίζουσες ιδιότητες (Eriksson, 2005), γεγονός που το καθιστά δύσκολο στον εντοπισμό του. Δεν υπάρχει μια επίσημη μέθοδος για τον καθορισμό του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, ωστόσο υπάρχουν πολλές μέθοδοι όπως η υγρή και η αέρια χρωματογραφία, η μέθοδος ELISA, η τριχοειδής ηλεκτροφόρηση καθώς και υπέρυθρα συστήματα (Ayvaz, 2014). Ανάμεσα στις εναλλακτικές μεθόδους, η αέρια και η υγρή χρωματογραφία σε συνδυασμό με την φασματομετρία μάζας, αποτελούν τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την ανάλυση του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.

1.3.1 Φασματομετρία μάζας (MS)

Η φασματομετρία μαζών είναι μια από τις σημαντικές μεθόδους προσδιορισμού δομής και μοριακού βάρους των οργανικών ενώσεων. Η τεχνική πραγματοποιείται μέσω του φασματογράφου μαζών που είναι ένα όργανο που με την βοήθεια του ηλεκτρονικού βομβαρδισμού τεμαχίζει την ουσία που μελετάται παράγοντας ιόντα. Τα ιόντα επιταχύνονται παρουσία ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου και καταλήγουν στον ανιχνευτή, σύμφωνα με το μοριακό τους βάρος. Από το μοριακό βάρος μπορεί να προσδιοριστεί ο στοιχειώδης μοριακός τύπος και επομένως ο εμπειρικός τύπος της χημικής ένωσης (Βαλαβανίδης, 2006).

1.3.2 Υγρή χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (LC-MS/MS)

Η υγρή χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (LC-MS) είναι μια αναλυτική χημική τεχνική που συνδυάζει τις φυσικές δυνατότητες διαχωρισμού της υγρής χρωματογραφίας (HPLC) με αυτής της φασματομετρίας μάζας. Η LC-MS είναι μια ισχυρή τεχνική που έχει πολύ μεγάλη

³ Βλ. παράρτημα Πίνακας 6

ευαισθησία, γεγονός που την καθιστά χρήσιμη σε πολλές εφαρμογές. Η εφαρμογή της είναι προσανατολισμένη στον διαχωρισμό, την γενική ανίχνευση και την πιθανή ταυτοποίηση χημικών ουσιών συγκεκριμένης μάζας, σε ένα σύνθετο μείγμα (Wikipedia(c)).

Η υγρή χρωματογραφία επιτρέπει την άμεση ανάλυση του ακρυλαμιδίου χωρίς την ανάγκη παραγωγοποίησης. Συνήθως ως διάλυμα εκχύλισης χρησιμοποιείται το νερό. Μετά την εκχύλιση, η υδατική φάση φυγοκεντρείται και διηθείται. Όπως και στην αέρια χρωματογραφία, προστίθεται εσωτερικό πρότυπο στο εκχύλισμα του τροφίμου για τον έλεγχο της ανάκτησης και των απωλειών που μπορεί να συμβούν κατά την προετοιμασία του δείγματος. Σε αυτήν την μέθοδο, το υδατικό διάλυμα αναλύεται με χρήση δευτεριωμένου ακρυλαμιδίου ως εσωτερικού προτύπου. Το ακρυλαμίδιο στην συνέχεια ταυτοποιείται από τον χρόνο κατακράτησης καθώς και από τις σχετικές εντάσεις των ιόντων. Τα όρια ανίχνευσης αυτής της μεθόδου κυμαίνονται τυπικά από 20-50 $\mu\text{g/Kg}$ (EPA, 2010).

1.3.3 Αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (GC-MS/MS)

Η αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (GC-MS) είναι μια αναλυτική μέθοδος, που συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της αέριας χρωματογραφίας και της φασματομετρίας μάζας, προκειμένου να αναγνωρίσει διάφορες ουσίες μέσα σε ένα μείγμα. Εφαρμογές της GC-MS περιλαμβάνουν την ανίχνευση ναρκωτικών ουσιών, περιβαλλοντικές αναλύσεις καθώς και την ταυτοποίηση άγνωστων δειγμάτων. Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί στην ασφάλεια των αεροδρομίων για την ανίχνευση ουσιών στις αποσκευές ή στους επιβάτες (Wikipedia(b)).

Ένα από τα προβλήματα που παρουσιάζεται στην φασματομετρία μαζών είναι η καθαρότητα του μείγματος. Ακόμα και ελάχιστες ποσότητες προσμίξεων μπορούν να επηρεάσουν την ερμηνεία του φάσματος. Εάν όμως το δείγμα περάσει πρώτα από στήλη διαχωρισμού αέριου χρωματογράφου, τότε θα παραληφθεί σε τελείως καθαρή κατάσταση (Βαλαβανίδης, 2006).

Αέρια χρωματογραφία χωρίς παραγωγοποίηση του ακρυλαμιδίου

Εξαιτίας της τάσης του ακρυλαμιδίου να πολυμερίζεται, προτείνεται η απευθείας εισαγωγή εν ψυχρώ επί της στήλης. Για τον διαχωρισμό του ακρυλαμιδίου, χρησιμοποιούνται συνήθως πολικές στήλες ενώ οι συνηθέστερα εμφανιζόμενοι ανιχνευτές στην ανάλυση του ακρυλαμιδίου είναι ο ανιχνευτής φλόγας ιονισμού (FID), ο ανιχνευτής συλλογής ηλεκτρονίων (ECD) και ο ανιχνευτής φασμάτων μάζας (MSD) (Βαλαβανίδης, 2006).

Η εκχύλιση του ακρυλαμιδίου από τα διάφορα τρόφιμα γίνεται κυρίως με χρήση νερού ή μειγμάτων νερού με οργανικούς διαλύτες όπως η 1-προπανόλη και η 2-βουτανόνη (Biedermann, Biedermann-Brem, Noti, & Grob, 2002). Η χρήση άνυδρης 1-προπανόλης ή καθαρής μεθανόλης, δεν οδηγούν σε ικανοποιητική παραλαβή ακρυλαμιδίου (Tateo & Bononi, 2003). Για την διύλιση απαιτούνται 10-20 λεπτά σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (Biedermann *et al.*, 2002). Παρόλο που η εκχύλιση σε θερμοκρασίες 60-80°C, οδηγούν σε βελτίωση της εκχύλισης, η χρήση θερμοκρασίας δωματίου οδηγεί σε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η περιεκτικότητα σε λίπος του δείγματος μπορεί να επηρεάσει την ανάλυση, για αυτό προτείνεται τα δείγματα υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος να υφίστανται την διαδικασία της απολίπανσης. Η απολίπανση μπορεί να πραγματοποιηθεί για παράδειγμα μέσω εκχύλισης σε μείγμα n-εξάνιο σε συσκευή Soxhlet ή μέσω εκχύλισης του ακρυλαμιδίου με μεθανόλη (Tateo & Bononi, 2003).

Αέρια χρωματογραφία με παραγωγοποίηση του ακρυλαμιδίου

Ωστόσο στις περισσότερες περιπτώσεις η ανάλυση του ακρυλαμιδίου με αέρια χρωματογραφία συνοδεύεται από την παραγωγοποίηση του με βρώμιο. Για τον προσδιορισμό του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα χρησιμοποιούνται κυρίως τα διβρωμιούχα παράγωγα του ακρυλαμιδίου. Τα πλεονεκτήματα της παραγωγοποίησης είναι τα εξής:

1. Τα διβρωμιούχα παράγωγα του ακρυλαμιδίου υστερούνται πολικότητας, γεγονός που βελτιώνει την εκλεκτικότητα της ανάλυσης.
2. Δεν πολυμερίζονται.

Ένα υδατικό διάλυμα του τροφίμου παραγωγοποιείται με βρώμιο, προς τελικό σχηματισμό 2,3-διβρωμοπροπιοναμιδίου, ενός παραγώγου του ακρυλαμιδίου που χαρακτηρίζεται από βελτιωμένες ιδιότητες κατά την αέρια χρωματογράφηση. Το παράγωγο στην συνέχεια αναλύεται στον αέριο χρωματογράφο, με χρήση μεθυλ-ακρυλαμιδίου ως εσωτερικού προτύπου. Τα όρια ανίχνευσης αυτής της μεθόδου κυμαίνονται τυπικά από 5-10 μg/Kg (EPA, 2010).

1.4 Επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου των τροφίμων στην υγεία των καταναλωτών

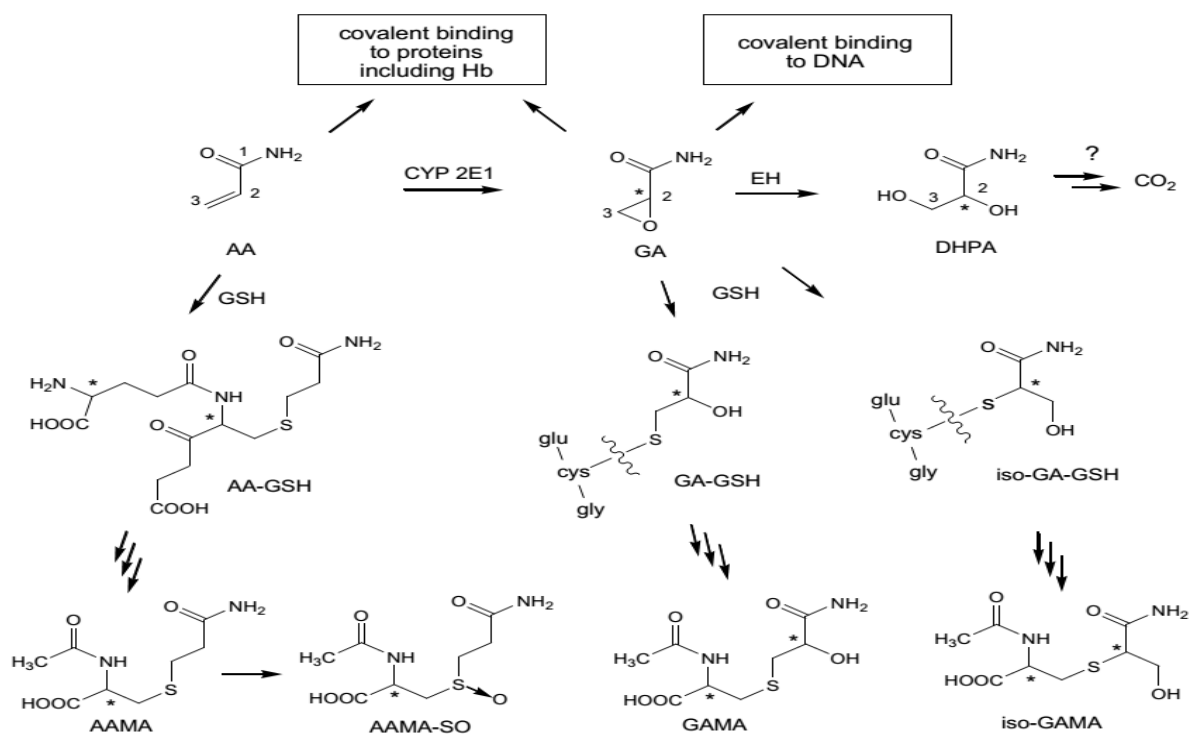
Το ακρυλαμίδιο είναι ένα υδατοδιαλυτό μονομερές του βινυλίου, το οποίο σχηματίζεται σε πολλά τρόφιμα κατά την διάρκεια του μαγειρέματος. Η παρουσία του ακρυλαμιδίου στην ανθρώπινη διατροφή αλλά και η έκθεση του ανθρώπου σε αυτό από διάφορες πηγές, προκάλεσε

ανησυχία για τους πιθανούς κινδύνους στην υγεία του ανθρώπου (Tardiff, Gargas, Kirman, Carson, & Sweeney, 2010).

1.4.1 Απορρόφηση, κατανομή, μεταβολισμός και απέκκριση

Το ακρυλαμίδιο απορροφάται από όλες τις οδούς έκθεσης. Ωστόσο η απορρόφηση θεωρείται ταχεία και πλήρης κυρίως μέσω της στοματικής οδού. Μελέτες που έγιναν σε ζώα έχουν δείξει ότι το ακρυλαμίδιο και το γλυκιδαμίδιο, κατανέμονται ευρέως σε όλους τους ιστούς του σώματος, ακόμα και στο μητρικό γάλα. Ο βασικότερος μεταβολίτης του ακρυλαμιδίου, το γλυκιδαμίδιο, είναι ένα εποξειδίο το οποίο φαίνεται να είναι υπεύθυνο για τις καρκινογόνες και γονοτοξικές ιδιότητες του ακρυλαμιδίου στα ζώα. Ωστόσο, αναφορικά με την νευροτοξικότητα, σημαντικότερο ρόλο φαίνεται να διαδραματίζει το ακρυλαμίδιο (FAO/WHO, 2002). Στους ανθρώπους, παρατηρείται μια σημαντική μεταβλητότητα στον βαθμό της μετατροπής του ακρυλαμιδίου σε γλυκιδαμίδιο. Αυτή η διαφοροποίηση φαίνεται να σχετίζεται με τον ενδογενή μηχανισμό μετατροπής του ακρυλαμιδίου σε γλυκιδαμίδιο, ο οποίος περιλαμβάνει το κυτόχρωμα P450 2E1 (CYP2E1), η ποσότητα του οποίου στον ανθρώπινο οργανισμό φαίνεται ότι παρουσιάζει σημαντική διακύμανση μεταξύ των ατόμων (FAO/WHO, 2011).

Σχετικά με τα μεταβολικά μονοπάτια του ακρυλαμιδίου, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, τόσο το ακρυλαμίδιο όσο και το γλυκιδαμίδιο μπορούν να αντιδράσουν με πρωτεΐνες, προς τον σχηματισμό ομοιοπολικών προϊόντων προσθήκης. Οι *in vivo* ενώσεις με την αιμοσφαιρίνη αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό βιοδείκτη για την έκθεση στο ακρυλαμίδιο. Το ακρυλαμίδιο έχει ηλεκτροφιλικές ιδιότητες και είναι ικανό να δράσει σε νουκλεοφιλικούς στόχους. Οι ομοιοπολικές ενώσεις προσθήκης του ακρυλαμιδίου με το DNA έχουν παραχθεί με χημικές αντιδράσεις, αλλά ποτέ δεν έχουν ανιχνευθεί *in vivo* ή *in vitro* σε ζωικούς ή ανθρώπινους ιστούς (EFSA, 2015).



(EFSA, 2015)

Σχήμα 8: Επισκόπηση των μεταβολικών οδών του ακρυλαμιδίου σε ζώα και σε ανθρώπους.

Οι αστερίσκοι υποδηλώνουν χειρόμορφα άτομα C. AA: ακρυλαμίδιο, AAMA: N-ακέτυλο-S (2-καρβαμοαίθυλ)-L-κυστεΐνη, AAMA-S: σουλφοξείδιο της AAMA, DHPA: 2,3-δινδροξυπριοπιοναμίδιο, EH: εποξειδική υδρολάση, GA: γλυκιδαμίδιο, GAMA: N-ακέτυλο-S (2-καρβαμοϋλ-2-υδροξυαιθυλ)-L-κυστεΐνη, GSH: γλουταθειόνη, HB: αιμοσφαιρίνη.

1.4.2 Νευροτοξικότητα

Η νευροτοξικότητα είναι η βασικότερη μη καρκινογόνος και μη γονοτοξική επίδραση του ακρυλαμιδίου στον άνθρωπο και τα ζώα (FAO/WHO, 2002), αν και τελικά θεωρήθηκε ότι αυτές οι επιδράσεις δεν αναμένονται να εμφανιστούν από τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου που εντοπίζονται στα τρόφιμα (EFSA, 2015). Η αταξία και η αδυναμία των σκελετικών μυών είναι τα βασικότερα συμπτώματα της νευροπάθειας κεντρικού συστήματος επαγόμενης από το ακρυλαμίδιο. Διαθέσιμες πληροφορίες για τον άνθρωπο περιλαμβάνουν αναφορές περιστατικών αλλά και αποτελέσματα από μελέτες, στα οποία αναφέρονται συμπτώματα νευροπάθειας σχετιζόμενης με την επαγγελματική έκθεση μέσω τόσο της εισπνοής όσο και της δερματικής επαφής (ATSDR, 2012). Η ποικιλία των συμπτωμάτων από την έκθεση στο ακρυλαμίδιο υποδεικνύουν την πιθανή εμπλοκή του περιφερικού και του κεντρικού νευρικού συστήματος

αλλά και του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Ωστόσο δεν υπάρχουν δεδομένα προκειμένου να ταυτοποιήσουν την συσχέτιση μεταξύ του διατροφικώς προσλαμβανόμενου ακρυλαμιδίου και των νευρολογικών επιδράσεων (EFSA, 2015).

1.4.3 Γονοτοξικότητα και καρκινογένεση

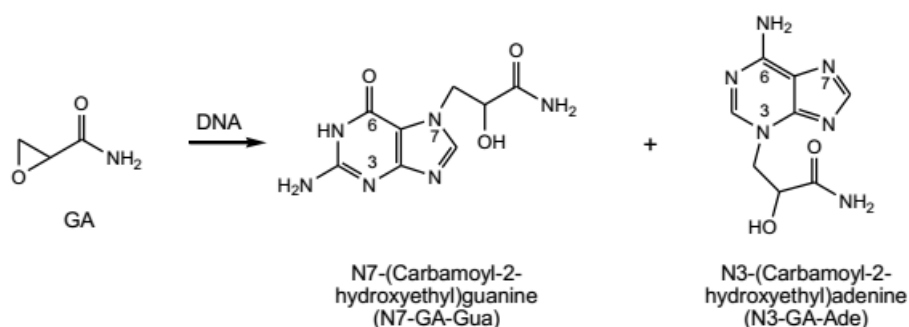
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το ακρυλαμίδιο μεταβολίζεται εκτενώς, κυρίως μέσω της σύνδεσής του με την γλουταθειόνη αλλά και της εποξειδωσής του σε γλυκιδαμίδιο. Ο σχηματισμός του γλυκιδαμιδίου, θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την οδό που σχετίζεται με την επαγόμενη από το ακρυλαμίδιο γονοτοξικότητα και καρκινογένεση (EFSA, 2015).

Η γονοτοξικότητα του ακρυλαμιδίου όσο και του ενεργού μεταβολίτη του, του γλυκιδαμιδίου, έχει μελετηθεί εκτενώς. Μελέτες *in vitro* υποδεικνύουν ότι το ακρυλαμίδιο είναι ένα ασθενές μεταλλαξιογόνο αλλά ένα αποτελεσματικό κλαστογόνο, ενώ το γλυκιδαμίδιο είναι ένα ισχυρό τόσο μεταλλαξιογόνο όσο και κλαστογόνο. Μπορεί να επάγει μεταλλάξεις μέσω της συμπλοκοποίησής του με το DNA. *In vivo*, το ακρυλαμίδιο είναι ξεκάθαρα γονοτοξικό για τα σωματικά και τα γεννητικά κύτταρα. Η ικανότητα επαγωγής μετάλλαξης του ακρυλαμιδίου προκύπτει κυρίως εξαιτίας του μεταβολισμού του σε γλυκιδαμίδιο. Εναλλακτικά, εμπλέκονται οδοί που περιλαμβάνουν τον σχηματισμό ενεργών μορφών οξυγόνου και την οξειδωτική καταστροφή του DNA (EFSA, 2015).

Αναφορικά με την ικανότητα καρκινογένεσης του ακρυλαμιδίου, θεωρείται ότι είναι αποτέλεσμα των γονοτοξικών ιδιοτήτων του, καθώς αναμένεται ότι το ακρυλαμίδιο μπορεί να προκαλέσει μεταλλάξεις σε γονίδια που σχετίζονται με την διαδικασία της καρκινογένεσης. Για τον άνθρωπο το ακρυλαμίδιο θεωρείται ένας πιθανός καρκινογόνος παράγοντας, συμπέρασμα στο οποίο έχουν καταλήξει πολλοί διεθνείς οργανισμοί.

Η αρχική κατηγοριοποίηση του ακρυλαμιδίου έγινε από τον Διεθνή Οργανισμό Ερευνών για τον Καρκίνο (IARC), όπου το 1994 το κατέταξε στην ομάδα 2A, ως πιθανό παράγοντα καρκινογένεσης στον άνθρωπο. Το 2011, το Εθνικό Πρόγραμμα Τοξικολογίας των Η.Π.Α. διαπίστωσε ότι εύλογα το ακρυλαμίδιο αναμένεται να είναι καρκινογόνο για τον άνθρωπο ενώ η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US-EPA) χαρακτηρίζει το ακρυλαμίδιο ως ένα πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο. Την ίδια χρονιά, η Αμερικανική Διάσκεψη των Κυβερνητικών Βιομηχανικών Υγιεινολόγων (ACGIH), κατέταξε το ακρυλαμίδιο ως καρκινογόνο επιπέδου A3, δηλαδή επιβεβαιωμένου καρκινογόνου για τα ζώα με άγνωστο ενδιαφέρον για τον άνθρωπο (EFSA, 2015).

Τόσο το ακρυλαμίδιο όσο και το γλυκιδαμίδιο έχουν την ιδιότητα να αντιδρούν με πρωτεΐνες σχηματίζοντας ομοιοπολικούς δεσμούς, όπως για παράδειγμα με την αιμοσφαιρίνη, το σύμπλοκο με την οποία αποτελεί έναν σημαντικό βιολογικό δείκτη της έκθεσης στο ακρυλαμίδιο. Όπως αναφέρθηκε ομοιοπολικές ενώσεις προσθήκης του ακρυλαμιδίου με το DNA, έχουν δημιουργηθεί με χημικές αντιδράσεις, ωστόσο δεν έχουν ανιχνευθεί σε ζώους ή ανθρώπινους ιστούς. Αντίθετα, ομοιοπολικές ενώσεις προσθήκης του γλυκιδαμιδίου με το DNA έχουν βρεθεί σε πειραματικά ζώα. Τα σύμπλοκα που προκύπτουν από την ένωση του γλυκιδαμιδίου με το DNA, παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα (EFSA, 2015).



(EFSA, 2015)

Σχήμα 9: Σύμπλοκοποίηση γλυκιδαμιδίου με DNA

Η ικανότητα καρκινογένεσης του ακρυλαμιδίου έχει αποδειχθεί μόνο σε πειραματόζωα και όχι στον άνθρωπο. Η έκθεση στο ακρυλαμίδιο φαίνεται να αυξάνει την επίπτωση όγκων θυρεοειδούς, μυελού των επινεφριδίων και των όρχεων σε αρσενικούς αρουραίους και των όγκων στο θυρεοειδή, στον μυελό των επινεφριδίων και στον μαστικό αδένα σε θηλυκούς αρουραίους (EFSA, 2008).

1.4.4 Αναπαραγωγική και αναπτυξιακή τοξικότητα

Πολλές μελέτες που διεξήχθησαν σε τρωκτικά αναδεικνύουν τις επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου σε πολλές παραμέτρους του αναπαραγωγικού συστήματος των αρρένων. Ιδιαίτερα παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των σπερματοζωαρίων αλλά και γενικότερες επιπτώσεις στο σπέρμα και στην μορφολογία των όρχεων (EFSA, 2015). Απώλειες πριν και μετά την εμφύτευση αλλά και μειωμένος αριθμός ζωντανών εμβρύων, παρατηρήθηκαν σε αρουραίους και

ποντίκια που έλαβαν επανειλημμένως από του στόματος δόσεις ακρυλαμιδίου 3-60 mg/Kg/ημέρα (ATSDR, 2012).

Αναφορικά με την αναπτυξιακή τοξικότητα, αυτή εκτιμήθηκε στους απογόνους θηλυκών αρουραίων ή ποντικών, στα οποία χορηγήθηκε ακρυλαμίδιο μέσω της τροφής ή καθετήρα, κατά την διάρκεια της κύησης ή και της γαλουχίας (EFSA, 2015). Στις περισσότερες μελέτες σε ζώα δεν βρέθηκαν ενδείξεις για εμφανείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των απογόνων, των οποίων οι μητέρες είχαν λάβει μη τοξικές δόσεις ακρυλαμιδίου κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των νεογνών. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι σχετικά χαμηλές από του στόματος δόσεις (4-25 mg/Kg/ημέρα) κατά την διάρκεια της προ και μεταγεννητικής περιόδου, μπορούν να οδηγήσουν σε συμπτώματα καθυστερημένης ανάπτυξης, καταστολής της ικανότητας μάθησης, μειωμένων επιπέδων στον εγκέφαλο ορισμένων χημικών ουσιών αλλά και μειωμένης νευρογένεσης (ATSDR, 2012). Δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με το αναπτυξιακό αποτέλεσμα της έκθεσης του ανθρώπου στο ακρυλαμίδιο (CERHR, 2004).

Ωστόσο, ανησυχία μπορεί να προκαλέσει η ανακάλυψη ποσοτήτων ακρυλαμιδίου στα ούρα, στο μητρικό γάλα αλλά και στο πλακουντιακό έκχυμα. Αναφέρθηκαν συγκεντρώσεις 1 ng/mL για τα ούρα, 2 ng/mL για το πλακουντιακό έκχυμα και 5 ng/mL για το ανθρώπινο γάλα (Sorgel *et al.*, 2002). Επομένως στους ανθρώπους, η έκθεση των νεογνών στο ακρυλαμίδιο ξεκινάει ήδη από την ενδομήτρια ζωή, καθώς φαίνεται ότι το ακρυλαμίδιο διαπερνά τον πλακουντιακό φραγμό, τόσο *in vitro* (Sorgel *et al.*, 2002) όσο και *in vivo* (Schettgen *et al.*, 2004). Η μεταφορά του ακρυλαμιδίου από τα τρόφιμα στο μητρικό γάλα, αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τους Sörgel *et al.* (2002). Η μελέτη έγινε σε δύο μητέρες που κατανάλωναν πατατάκια που περιείχαν περίπου 1mg ακρυλαμιδίου (κατά προσέγγιση δοσολογία 15μg/Kg σωματικού βάρους). Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου σε χαμηλά επίπεδα εντοπίστηκαν στο μητρικό γάλα, ακόμα και 8 ώρες μετά το γεύμα (EFSA, 2015). Σχετικά με το αγελαδινό γάλα, 1,5g ακρυλαμιδίου/ημερησίως χορηγήθηκαν μέσω της τροφής σε αγελάδα, για 10 ημέρες, οδηγώντας σε μια μέση συγκέντρωση 175 μg/Kg ακρυλαμιδίου στο γάλα (Pabst *et al.*, 2005).

1.5 Επιδημιολογικά δεδομένα

Από την στιγμή της ανακάλυψης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα και συνεπώς την καθημερινή του κατανάλωση, ένας αριθμός επιδημιολογικών μελετών διεξήχθη προκειμένου να εκτιμηθεί η πιθανή συσχέτισή του με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Πολλές από αυτές τις μελέτες εκτίμησαν την πιθανή συσχέτιση της διαιτητικής πρόσληψης του ακρυλαμιδίου με διάφορες μορφές καρκίνου, όπως των αναπαραγωγικών οργάνων, της γαστρεντερικής οδού, των νεφρών, του πνεύμονα και του εγκεφάλου. Το ακρυλαμίδιο έχει αναγνωριστεί ως καρκινογόνο σε αρσενικά και θηλυκά ποντίκια, ενώ έχει ταξινομηθεί σύμφωνα με το IARC στο επίπεδο 2Α, δηλαδή ότι αποτελεί πιθανό καρκινογόνο στους ανθρώπους. Ωστόσο παρόλο που το ακρυλαμίδιο έχει συνδεθεί με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου στα τρωκτικά, τα δεδομένα για τον άνθρωπο είναι αμφίβολα. Τα πιο πρόσφατα δεδομένα για την πιθανή συσχέτιση του ακρυλαμιδίου και του καρκίνου προέρχονται από ανασκόπηση που εκδόθηκε από το Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας των ΗΠΑ το 2014.

1.5.1 Δεδομένα από μελέτες κοορτής

Μελέτη σε Σουηδούς άνδρες: Η προοπτική αυτή μελέτη ξεκίνησε το 1997, διήρκησε περίπου 9 χρόνια και περιελάμβανε 48.580 συμμετέχοντες. Από την μελέτη αυτή παρατηρήθηκαν περίπου 2.000 περιπτώσεις καρκίνου του προστάτη. Σύμφωνα με τα δεδομένα της ίδιας μελέτης, διερευνήθηκε αργότερα η συσχέτιση μεταξύ ακρυλαμιδίου και καρκίνου του παχέος εντέρου, χωρίς να προκύψουν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα (Virk-Baker, Nagy, Barnes, & Groopman, 2014).

Μελέτη σε Σουηδές γυναίκες: Από δύο μελέτες κοορτής που αναφέρονταν στον καρκίνο του μαστού, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της διατροφικής έκθεσης στο ακρυλαμίδιο και εμφάνισης όγκων. Τα δεδομένα της ίδιας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν και για την εύρεση σχέσης με τον καρκίνο των ωοθηκών και του ενδομητρίου, χωρίς ωστόσο και στις δύο περιπτώσεις να προκύψει κάποιο στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα (Virk-Baker *et al.*, 2014).

Nurses' Health Study I & II: Από την μελέτη αυτή που διεξήχθη το 1976 και από την ανάλυση της διατροφικής πρόσληψης ακρυλαμιδίου και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου μαστών, ωοθηκών και ενδομητρίου, παρατηρήθηκε μη στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τον καρκίνο των ωοθηκών και του μαστού, αλλά προέκυψε ότι είναι αυξημένος ο κίνδυνος για καρκίνο του ενδομητρίου (Virk-Baker *et al.*, 2014).

ATBC Study: Στην μελέτη αυτή συμμετείχαν άνδρες καπνιστές ηλικίας 50-69 ετών. Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ της διαιτητικής πρόσληψης του ακρυλαμιδίου και των εξής τύπων καρκίνου: προστάτη, ουροθηλιακού καρκινώματος, παγκρέατος, στομάχου, νεφρικών κυττάρων και λεμφώματος (Virk-Baker *et al.*, 2014).

Health Professionals Follow-Up Study: Η μελέτη αυτή ξεκίνησε το 1986 και αφορούσε 51.529 αμερικανούς επαγγελματίες υγείας ηλικίας 40-75 ετών. Από την μελέτη αυτή δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της διαιτητικής πρόσληψης ακρυλαμιδίου και του καρκίνου του προστάτη (Virk-Baker *et al.*, 2014).

Netherlands Cohort Study: Η μελέτη διεξήχθη το 1986 και αφορούσε 120.852 άνδρες και γυναίκες ηλικίας 55-69 ετών. Από την μελέτη αυτή δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα μεταξύ διατροφικής πρόσληψης ακρυλαμιδίου και των εξής τύπων καρκίνου: στήθους σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, παχέος εντέρου και ορθού, στομάχου, παγκρέατος και οισοφάγου. Ωστόσο βρέθηκε αυξημένος κίνδυνος για καρκίνο του ενδομητρίου (Virk-Baker *et al.*, 2014).

Τα δεδομένα που προέκυψαν από αυτή την μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν μετέπειτα για την διευκρίνιση των σχέσεων μεταξύ της έκθεσης στο ακρυλαμίδιο και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου εγκεφάλου, κεφαλής-λαιμού και θυρεοειδούς. Από τα αποτελέσματα δεν βρέθηκε κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση. Ακόμη διερευνήθηκε και η σχέση του ακρυλαμιδίου με λεμφικές κακοήθειες. Μεταξύ των γυναικών, δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στη διατροφική έκθεση στο ακρυλαμίδιο και των λεμφικών κακοηθειών. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός, ότι το διατροφικό ακρυλαμίδιο ως συνεχή μεταβλητή, οδήγησε στην παρατήρηση μειωμένου κινδύνου για χρόνια λεμφοκυτταρική λευχαιμία, τόσο στους άνδρες όσο και στις γυναίκες (Virk-Baker *et al.*, 2014).

UK Women's Cohort: Πρόκειται για μια μεγάλη προοπτική μελέτη στην οποία συμμετείχαν 35.372 γυναίκες. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του διατροφικού ακρυλαμιδίου και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του μαστού (Virk-Baker *et al.*, 2014).

1.5.2 Δεδομένα από πληθυσμιακές μελέτες

Από 3 πληθυσμιακές μελέτες που ανασκοπήθηκαν από την βιβλιογραφία, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της διατροφικής έκθεσης στο ακρυλαμίδιο και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου νεφρών και παγκρέατος. Ωστόσο παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική σχέση με τον καρκίνο του οισοφάγου (Virk-Baker *et al.*, 2014)

Από όλες τις παραπάνω μελέτες που αναφέρθηκαν, δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την σχέση μεταξύ διατροφικής έκθεσης στο ακρυλαμίδιο και της εμφάνισης καρκίνου, παρά την πληθώρα των μελετών που έχουν διεξαχθεί. Περισσότερες μελέτες θα

πρέπει να γίνουν στον τομέα αυτόν, προκειμένου να διευκρινιστεί η πιθανή ύπαρξη καρκινογόνου δράσης του ακρυλαμιδίου.

1.6 Συστάσεις κατανάλωσης

Υπό το φως των νέων ευρημάτων για υψηλές συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου που σχηματίζονται κατά την διάρκεια του τηγανίσματος και του ψησίματος διάφορων τροφίμων, πολλοί διεθνείς οργανισμοί και επιστημονικές ομάδες πραγματοποίησαν μελέτες, προκειμένου να εκτιμήσουν τον κίνδυνο που προέκυπτε από την παρουσία του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.

Το 2002, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) σε συνεργασία με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), πραγματοποίησε διαβούλευση προκειμένου να συγκεντρώσει τις απόψεις μιας διεθνούς ομάδας εμπειρογνομόνων για τις επιπτώσεις στην υγεία του διατροφικώς προσλαμβανόμενου ακρυλαμιδίου. Σύμφωνα με τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα την εποχή εκείνη, τα τρόφιμα θεωρήθηκαν ότι συμβάλλουν σημαντικά στην συνολική έκθεση των ανθρώπων στο ακρυλαμίδιο, με την εκτιμώμενη μέση πρόσληψη για τον γενικό πληθυσμό να κυμαίνεται από 0,3 έως 0,8 $\mu\text{g} / \text{Kg}$ σωματικού βάρους ημερησίως. Αναμένονταν ότι τα παιδιά θα είχαν πρόσληψη δύο με τρεις φορές υψηλότερη από εκείνη των ενηλίκων, όταν η πρόσληψη εκφράζονταν με βάση το σωματικό βάρος (EFSA, 2015).

Το 2005, η μεικτή επιτροπή εμπειρογνομόνων των FAO/WHO για τα πρόσθετα τροφίμων (JECFA) στην 64^η συνεδρίασή της, διενήργησε αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων σχετικά με το ακρυλαμίδιο. Η διαιτητική πρόσληψη εκτιμήθηκε σε 1 και 4 $\mu\text{g} / \text{Kg}$ σωματικού βάρους ημερησίως για τον γενικό πληθυσμό και για τους καταναλωτές με υψηλή πρόσληψη αντίστοιχα. Το επίπεδο στο οποίο δεν παρατηρούνται επιπτώσεις (NOAEL) για την επαγωγή μορφολογικών αλλαγών στα νεύρα, από μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε αρουραίους ήταν 0,2 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως, ενώ το NOAEL για αναπαραγωγικές και αναπτυξιακές επιδράσεις αλλά και για άλλες μη νεοπλασματικές επιπτώσεις ήταν υψηλότερο 2 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως. Τα περιθώρια έκθεσης (MOE) για τον γενικό πληθυσμό και για τους καταναλωτές με υψηλή πρόσληψη εκτιμήθηκε από τον λόγο των NOAEL και το ⁴BMDL₁₀₅ (EFSA, 2015).

Επομένως, θεωρώντας ότι το NOAEL για μορφολογικές αλλαγές των νεύρων είναι 0,2 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως, τα MOE ($\text{MOE} = \text{NOAEL} / \text{estimated}$

⁴ BMDL: Χαμηλότερο του 95% του ορίου εμπιστοσύνης της δόσης αναφοράς

average daily intake) καθορίζονται σε 200 και 50, για τον γενικό πληθυσμό και για τους καταναλωτές με υψηλή κατανάλωση αντίστοιχα. Παρομοίως, το NOAEL για τις αναπαραγωγικές, αναπτυξιακές και άλλες μη νεοπλαστικές επιπτώσεις των 2 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως, οδήγησε σε MOE των 2000 και 500, αντιστοίχως. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε η επιτροπή ήταν ότι σύμφωνα με τις εκτιμώμενες μέσες προσλήψεις, η εκδήλωση των καταληκτικών σημείων δεν ήταν πιθανή, αλλά μορφολογικές αλλαγές στα νεύρα δεν μπορούν να αποκλειστούν για κάποια άτομα με υψηλή κατανάλωση. Λαμβάνοντας υπόψη το χαμηλότερο BMDL₁₀ των 0,3 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως για την επαγωγή μαστικών όγκων σε αρουραίους, τα MOE που εκτιμήθηκαν ήταν 300 και 75, αντίστοιχα. Η επιτροπή θεώρησε ότι τα MOE ήταν ιδιαίτερα χαμηλά, ειδικά για μια ουσία που είναι γενετοξική και καρκινογόνος, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ανησυχία για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (EFSA, 2015).

Την ίδια χρονιά, το 2005, το Εθνικό Τοξικολογικό Πρόγραμμα (NTP) μαζί με το Κέντρο για την Εκτίμηση του Κινδύνου για την Ανθρώπινη Αναπαραγωγικότητα, εξέδωσαν μια έκθεση για την αναπαραγωγική και την αναπτυξιακή τοξικότητα του ακρυλαμιδίου στον άνθρωπο. Η έκθεση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν αρκετά ανθρώπινα δεδομένα διαθέσιμα για την αναπαραγωγική και αναπτυξιακή τοξικότητα του ακρυλαμιδίου και ότι τα διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα δεν επαρκούν προκειμένου να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το ακρυλαμίδιο είναι τοξικό για την αναπαραγωγή αρουραίων και ποντικών. Ομοίως δεν μπορούσε να συμπεραθεί ότι το ακρυλαμίδιο επάγει μεταβιβαζόμενες γενετικές τροποποιήσεις. Το χαμηλότερο επίπεδο στο οποίο παρατηρούνται επιπτώσεις (LOAEL) θεωρήθηκε ότι κυμαίνεται από 4 έως 45 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως. Η επιτροπή θεώρησε ότι κατανάλωση 5-14 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως, δεν έχουν επίδραση στην αναπαραγωγική λειτουργικότητα των θήλεων ποντικών και αρουραίων. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη και την χαμηλή έκθεση των ανθρώπων στο ακρυλαμίδιο από όλες τις γνωστές πηγές, η επιτροπή εξέφρασε την άποψη ότι το ακρυλαμίδιο αποτελεί ελάσσονος σημασίας κίνδυνο για επιδράσεις στην αναπαραγωγή και την ανάπτυξη, για την έκθεση που αφορά τον γενικό πληθυσμό (EFSA, 2015).

Το 2010, η JECFA στην 72^η συνάντησή της επαναθεώρησε τα αποτελέσματα της προηγούμενης συνάντησης, λαμβάνοντας υπόψη και τα πρόσφατα δεδομένα και τις νέες επιδημιολογικές μελέτες στο πεδίο του ακρυλαμιδίου. Παρόλο που το εύρος των τιμών που παρατηρήθηκε ήταν παρόμοιο με εκείνο του 2005, πλέον είναι χαμηλότερο το BMDL₁₀ που αφορά όγκους του αδένος Harderian σε αρουραίους (0,18-0,56 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως). Παρόλο που ο εν λόγω αδένος δεν υπάρχει στον άνθρωπο, οι ερευνητές θεώρησαν κατάλληλο να

χρησιμοποιήσουν την τιμή 0,18 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως για τα άρρενα ποντίκια. Για τους αρουραίους, το χαμηλότερο BMDL₁₀, παρατηρήθηκε για μαστικούς όγκους σε θήλα (0,31 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως). Τα MOE εκτιμήθηκαν σε 310 και 78 για μαστικούς όγκους και σε 180 και 45 για όγκους του αδένος Harderian, σε μέσες και υψηλές προσλήψεις αντίστοιχα (EFSA, 2015).

Τα πιο πρόσφατα δεδομένα προκύπτουν από την έκθεση της EFSA από την ειδική ομάδα CONTAM για το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα, το 2015. Όπως αναφέρεται στην έκθεση, τα δεδομένα από μελέτες σε ανθρώπους δεν είναι επαρκή για δοσο-εξαρτώμενη αξιολόγηση. Για τον λόγο αυτό, αξιοποιήθηκαν πειραματικά δεδομένα από μελέτες σε ζώα προκειμένου να καθοριστούν τα σημεία αναφοράς. Η ομάδα CONTAM, πραγματοποίησε αναλύσεις για την εύρεση των δόσεων αναφοράς σχετικά με την νευροξικότητα και την εμφάνιση όγκων, που επάγονται από το ακρυλαμίδιο σε πειραματόζωα. Επέλεξε την τιμή των 0,43 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως ως σημείο αναφοράς για μη νεοπλασματικές επιδράσεις, το οποίο παράλληλα αποτελεί και το BMDL₁₀ για την εκφύλιση των περιφερειακών νεύρων σε αρουραίους. Τα MOE υπολογίστηκαν σε 226-1075 για την μέση έκθεση και σε 126-717 για την υψηλή έκθεση (EFSA, 2015).

Για νεοπλασματικές επιδράσεις, η ομάδα CONTAM επέλεξε ως σημείο αναφοράς το 0,17 mg / Kg σωματικού βάρους ημερησίως, που προέρχονται από το χαμηλότερο BMDL₁₀ για όγκους αδένος Harderian. Τα MOE υπολογίστηκαν σε 89-425 για την μέση έκθεση και σε 50-283 για την υψηλή έκθεση. Το όργανο αυτό, αν και απόν στον άνθρωπο, είναι ένας ευαίσθητος ιστός για την ανίχνευση ενώσεων που είναι γονοτοξικές και καρκινογόνες. Για αυτόν τον λόγο το θεωρεί ως ένα συντηρητικό σημείο για την αξιολόγηση του κινδύνου για νεοπλασματικές επιδράσεις από την έκθεση στο ακρυλαμίδιο των ανθρώπων (EFSA, 2015).

Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα ως προς τους δείκτες και τις συστάσεις για το ακρυλαμίδιο, όπως προτάθηκαν από τους διάφορες επιστημονικές επιτροπές, φαίνονται στον πίνακα 7 του παραρτήματος (EFSA, 2015).

1.7 Προληπτικά Μέτρα

Το 2002, ανακαλύφθηκε ότι πολλά τρόφιμα που υφίσταται θερμική επεξεργασία, περιέχουν σημαντικά επίπεδα ακρυλαμιδίου, μιας χημικής ένωσης όπου σύμφωνα με τα τοξικολογικά δεδομένα είναι, άμεσα ή έμμεσα, καρκινογόνο για τον άνθρωπο. Πλέον είναι γνωστό ότι το ακρυλαμίδιο είναι το προϊόν μιας κοινής αντίδρασης, που είναι παρούσα σε πολλές διαδικασίες

μαγειρέματος. Σχεδόν αμέσως μετά την ανακάλυψη του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, πολλές μελέτες επικεντρώθηκαν στην ταυτοποίηση των πιθανών μεθόδων για να μειωθεί η έκθεση των καταναλωτών. Οι προσπάθειες αυτές βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη, καθώς στην πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν υπάρχει μια «απλή» λύση, εξαιτίας της πολυπλοκότητας των παραγόντων που εμπλέκονται. Είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι η πλήρης εξάλειψη του ακρυλαμιδίου από τα τρόφιμα είναι αδύνατη και επομένως ο βασικός στόχος είναι ο περιορισμός της ποσότητας που σχηματίζεται σε ένα δεδομένο τρόφιμο. Οι μέχρι στιγμής γνώσεις υποδεικνύουν ότι για ορισμένες κατηγορίες τροφίμων, ο στόχος αυτός είναι επιτεύξιμος (FoodDrinkEurope, 2013).

Οι κατηγορίες τροφίμων στις οποίες μπορεί να γίνει περιορισμός του ακρυλαμιδίου είναι τα προϊόντα πατάτας, τα δημητριακά και τα προϊόντα τους, ο καφές και οι βρεφικές τροφές. Συνολικά υπάρχουν 14 παράμετροι που συνοψίζουν τα εργαλεία περιορισμού του ακρυλαμιδίου, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (FoodDrinkEurope, 2013).

Πίνακας 2: Οι 14 παράγοντες περιορισμού του ακρυλαμιδίου

Αγρονομία	Ανάγοντα σάκχαρα
	Ασπαραγίνη
Συνταγή (βασική συνταγή, συστατικά, μορφή προϊόντος)	Αυξητικές/ διογκωτικές ύλες
	Άλλα συστατικά (πχ γλυκίνη και δισθενή κατιόντα)
	Ph
	Επανεπεξεργασία
	Αραίωση/ μέγεθος τεμαχίων
	Ζύμωση
	Θερμική ισχύς και υγρασία
Επεξεργασία	Ασπαραγινάση
	Προ-επεξεργασία
	Τελικό χρώμα προϊόντος
	Υφή/Γεύση
	Οδηγίες προς τους καταναλωτές
Τελική παρασκευή	

Προκειμένου να αναλυθούν οι μέθοδοι περιορισμού του ακρυλαμιδίου, κρίνεται σκόπιμο για την βελτιστοποίηση της ανάλυσης να γίνει κατηγοριοποίηση σύμφωνα με την ομάδα τροφίμου.

Μείωση του ακρυλαμιδίου στις πατάτες

1. Έλεγχος των επιπέδων αναγόντων σακχάρων

Τα ανάγοντα σάκχαρα είναι από τα βασικά αντιδρώντα για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα των βολβών συσχετίζεται άμεσα με την συγκέντρωση του

ακρυλαμιδίου στο προϊόν, ειδικά όταν ο λόγος φρουκτόζης/ασπαραγίνης είναι <2. Ο έλεγχος των επιπέδων των αναγόντων σακχάρων είναι μια από τις κυρίαρχες μεθόδους που χρησιμοποιεί η βιομηχανία προκειμένου να μειώσει τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στα προϊόντα πατάτας (FoodDrinkEurope, 2013). Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί αυτό είναι:

- Επιλογή ποικιλιών πατάτας που να έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ανάγοντα σάκχαρα.
- Καλλιέργεια της πατάτας σε όσο το δυνατόν καλύτερες συνθήκες και τήρηση των καλών πρακτικών αγρονομίας. Η περιεκτικότητα του λιπάσματος σε άζωτο φαίνεται να οδηγεί στην μειωμένη συγκέντρωση σακχάρων στους βολβούς της πατάτας. Μείωση των επιπέδων αζώτου του λιπάσματος μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των αναγόντων σακχάρων 60-100%.
- Κατά την συγκομιδή οι βολβοί θα πρέπει να είναι ώριμοι. Ανώριμοι βολβοί συχνά έχουν υψηλότερα επίπεδα αναγόντων σακχάρων.
- Έλεγχος των συνθηκών αποθήκευσης. Η αποθήκευση σε θερμοκρασίες >6°C αποτελούν καλή πρακτική συντήρησης για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η αποθήκευση σε θερμοκρασίες μικρότερες από 6°C, αυξάνει τον σχηματισμό των αναγόντων σακχάρων, επομένως και του ακρυλαμιδίου (Boskou & Andrikopoulos, 2010).
- Αποθήκευση της πατάτας μόνο για το χρονικό διάστημα που προτείνεται για την συγκεκριμένη ποικιλία.

(FoodDrinkEurope, 2013)

Επιπλέον έχει διερευνηθεί η προσθήκη αλάτων ασβεστίου, όπου έχει αποδειχθεί ότι η προσθήκη τους σε χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να μειώσει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου κατά 30-40%, μέσω μείωσης της συγκέντρωσης των αναγόντων σακχάρων. Η χρήση κιτρικού ή ασκορβικού οξέος, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί επιτυχώς να μειώσει τα επίπεδα ακρυλαμιδίου, όμως επηρεάζοντας ταυτόχρονα αρνητικά τις οργανοληπτικές ιδιότητες του προϊόντος (FoodDrinkEurope, 2013).

Ακόμη μια τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου είναι το ξεμάτισμα. Το ξεμάτισμα ολόκληρης της πατάτας έχει αποδειχθεί ότι «αφαιρεί» τα ανάγοντα σάκχαρα και επομένως μειώνει τα επίπεδα ακρυλαμιδίου, χωρίς ωστόσο να επηρεάζει αρνητικά την γεύση, την υφή και το λιπιδικό περιεχόμενο του προϊόντος. Όμως, το ξεμάτισμα πατάτας που είναι κομμένης σε φέτες οδηγεί σε μη επιθυμητά αποτελέσματα όπως απώλεια γεύσης, υφής και αυξημένη κατακράτηση λίπους, λόγω της διάρρηξης των κυττάρων στην

επιφάνεια της φέτας. Επομένως δεν ενδείκνυται ως τρόπος περιορισμού του ακρυλαμιδίου (FoodDrinkEurope, 2013).

Περιορισμός των αναγόντων σακχάρων στις πατάτες μπορεί να επιτευχθεί με μείωση του pH. Η εμφύσηση σε κιτρικό οξύ (0,5-1,0%) για λιγότερο από 20 λεπτά, έχει παρατηρηθεί ότι μειώνει τον σχηματισμό ακρυλαμιδίου. Εναλλακτικά, εξίσου αποτελεσματικό είναι και το διάλυμα γλυκίνης (3%).

2. Έλεγχος των επιπέδων ασπαραγίνης

Εκτός από τα ανάγοντα σάκχαρα, πρόσφατες έρευνες υποδεικνύουν ότι οι γεωργικές πρακτικές έχουν επίδραση και στον λόγο των αμινοξέων στις πατάτες. Η έλλειψη θείου από τα λιπάσματα μπορεί να μεταβάλλει την αναλογία της ελεύθερης ασπαραγίνης προς το σύνολο των ελεύθερων αμινοξέων, επηρεάζοντας δυνητικά την δυνατότητα σχηματισμού ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν. Η ασπαραγίνη είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό αμινοξύ για την ανάπτυξη του φυτού, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί και ένα αντιδρών για τον σχηματισμό ακρυλαμιδίου. Στις πατάτες, η ασπαραγίνη είναι το πιο άφθονο ελεύθερο αμινοξύ, τυπικά το 0,2-4% του ξηρού βάρους και το 20-60% των συνολικών ελεύθερων αμινοξέων. Μέχρι στιγμής δεν έχει καθοριστεί ο έλεγχος των επιπέδων ασπαραγίνης στις πατάτες (FoodDrinkEurope, 2013). Τομείς που μπορούν να διερευνηθούν περιλαμβάνουν :

- Καλλιέργεια ποικιλιών πατάτας με μειωμένη περιεκτικότητα σε ασπαραγίνη. Τέτοιου είδους ποικιλίες πατάτας έχουν δημιουργηθεί εργαστηριακά μέσω αποσιώπησης του ενζύμου συνθετάση της ασπαραγίνης. Τα θερμικά επεξεργασμένα προϊόντα που προκύπτουν από αυτές τις πατάτες, παρουσιάζουν μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου κατά 50-75%.
- Επίδραση των συνθηκών αποθήκευσης στα επίπεδα της ελεύθερης ασπαραγίνης.
- Επίδραση των γεωργικών πρακτικών στον λόγο ασπαραγίνης/αμινοξέων.

(FoodDrinkEurope, 2013)

Ένας τρόπος που έχει ερευνηθεί για την μείωση των επιπέδων ασπαραγίνης στις πατάτες είναι η προσθήκη του ενζύμου ασπαραγινάση. Η ασπαραγινάση μειώνει σε σημαντικό επίπεδο τα επίπεδα ακρυλαμιδίου. Ωστόσο η μέθοδος αυτή φαίνεται να λειτουργεί κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ένζυμο δεν μπορεί να εισχωρήσει

επαρκώς μέσα από τα κυτταρικά τοιχώματα προκειμένου να αντιδράσει με την ασπαραγίνη. Ακόμη μια από τις τεχνικές περιορισμού της ασπαραγίνης περιλαμβάνει την προσθήκη αμινοξέων. Η προσθήκη σχετικά χαμηλών συγκεντρώσεων αμινοξέων κατά την παρασκευή των προϊόντων πατάτας, μπορεί να έχει ανασταλτική επίδραση στο τελικό σχηματισμό ακρυλαμιδίου. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι ορισμένα αμινοξέα μπορούν να ανταγωνιστούν την ασπαραγίνη ώστε να μειωθεί ο λόγος ασπαραγίνης/αμινοξέων, που θα οδηγήσει και στη μείωση του ακρυλαμιδίου. Ωστόσο, προσθήκη αμινοξέων σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλών και μη αποδεκτών επιπέδων προϊόντων αμαύρωσης και τελικά πικρής γεύσης στο προϊόν (FoodDrinkEurope, 2013).

3. Θερμοκρασία, τεχνικές και χρόνος μαγειρέματος

Κατά την θερμική επεξεργασία, οι δύο κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος μαγειρέματος. Ένας απλός τρόπος για να μειωθεί η περιεκτικότητα του ακρυλαμιδίου στα προϊόντα πατάτας είναι να αποφευχθεί το «μαύρισμα» κατά το ψήσιμο ή το τηγάνισμα και να επιτευχθεί ένα χρυσό-κίτρινο χρώμα (European_Commission, 2003).

Η θερμοκρασία μαγειρέματος είναι μια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος στον έλεγχο του σχηματισμού ακρυλαμιδίου, ειδικά στην περιοχή αλληλεπίδρασης ελαίου-τροφίμου. Αρκετοί ερευνητές κατέληξαν ότι ο παράγοντας αυτός είναι πιο σημαντικός για προϊόντα με χαμηλό λόγο τροφίμου/ελαίου. Η μείωση της θερμοκρασίας τηγανίσματος μειώνει σημαντικά την περιεκτικότητα των τηγανητού προϊόντος, διότι το ακρυλαμίδιο σχηματίζεται κατά τις συνήθεις θερμοκρασίες τηγανίσματος (160-180°C). Ειδικά το τηγάνισμα σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 175°C έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει σημαντικά τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν (Boskou & Andrikopoulos, 2010).

Η αρχική θερμοκρασία τηγανίσματος δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 175°C και ακόμα καλύτερα τους 170°C. Ακόμα μεγαλύτερη μείωση του ακρυλαμιδίου επιτυγχάνεται μέσω μεγαλύτερης μείωσης της θερμοκρασίας τηγανίσματος, περίπου στους 150°C κατά το τέλος του τηγανίσματος. Για βιομηχανική παραγωγή όπου χρησιμοποιείται υψηλής θερμοκρασίας flash frying⁵, προτείνεται η μετέπειτα ταχεία ψύξη (FoodDrinkEurope, 2013), όσο για το pan-frying⁶

⁵ flash frying: τηγάνισμα σε υψηλή θερμοκρασία για πολύ μικρό χρονικό διάστημα

⁶ pan-frying: τηγάνισμα σε ρηχό τηγάνι

θα πρέπει να χρησιμοποιούνται βραστές πατάτες αντί για ωμές και η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 175°C και τους 160°C για πολυακόρεστα έλαια, ενώ το ίδιο λάδι δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για πάνω από 3-4 συνεχόμενα τηγανίσματα (Boskou & Andrikopoulos, 2010). Για το ψήσιμο στον φούρνο, οι θερμοκρασίες δεν θα πρέπει να είναι πολύ υψηλές, δηλαδή όχι μεγαλύτερες από 200°C για κανονικό ψήσιμο και όχι πάνω από 190°C για ψήσιμο με αέρα. Αναφορικά με το ψήσιμο σε μικροκύματα, το μερικό ψήσιμο της πατάτας στον φούρνο μικροκυμάτων πριν το τελικό ψήσιμο στον φούρνο μπορεί να αυξήσει δυνητικά την συγκέντρωση ακρυλαμιδίου (European_Commission, 2003).

Η περιεκτικότητα σε υγρασία έχει ισχυρή επίδραση τόσο στην ενεργοποίηση της ενζυμικής αμαύρωσης όσο και στον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Χαμηλά επίπεδα υγρασίας οδηγούν σε επικράτηση των συνθηκών σχηματισμού ακρυλαμιδίου. Το γεγονός αυτό εξηγεί τον λόγο που η τελική φάση του τηγανίσματος είναι σημαντική και θα πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά με μείωση της θερμοκρασίας μαγειρέματος, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ανάπτυξη των χρωμάτων και των αρωμάτων της αντίδρασης Maillard, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου (FoodDrinkEurope, 2013).

4. Μέγεθος φετών πατάτας

Περιορισμός του σχηματισμού ακρυλαμιδίου παρατηρείται σε πατάτες που είναι κομμένες σε παχιές φέτες. Αυτό συμβαίνει γιατί το τρόφιμο τηγανίζεται μόνο στην επιφάνεια όπου δημιουργείται η κρούστα (frying crust), ενώ στο εσωτερικό βράζει (Boskou & Andrikopoulos, 2010).

5. Πανάρισμα

Το πανάρισμα με αλεύρι, φρυγανιά ή μείγμα που περιλαμβάνει συνήθως αυγά ή αλεύρι, μπίρα ή σόδα, μπορεί να προστατεύσει τα τρόφιμα από την υπερβολική θέρμανση κατά την διάρκεια του τηγανίσματος. Το επιφανειακό στρώμα από υδατάνθρακες θα τηγανιστεί, ενώ το εσωτερικό θα βράζει. Αυτή η μέθοδος αποτελεί την βάση για τις κροκέτες, οι οποίες είναι τραγανές εξωτερικά και μαλακές εσωτερικά (Boskou & Andrikopoulos, 2010).

6. Επιλογή ελαίου τηγανίσματος

Το έλαιο τηγανίσματος ή η χρήση ελαίων σιλικόνης για την αποφυγή αφρισμού, φαίνεται να επηρεάζουν ελάχιστα τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Στενά συνδεδεμένη με την αύξηση του ακρυλαμιδίου είναι η επαναλαμβανόμενη χρήση του ίδιου λαδιού. Η χρήση πυριτικού μαγνησίου, που χρησιμοποιείται συνήθως για την προσρόφηση πολικών ενώσεων, θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική και στην περίπτωση του ακρυλαμιδίου (Boskou & Andrikopoulos, 2010).

Μείωση του ακρυλαμιδίου στα προϊόντα δημητριακών-αρτοσκευάσματα

1. Έλεγχος των επιπέδων αναγόντων σακχάρων

Η σύνθεση των σακχάρων στους σπόρους δημητριακών παλιότερα θεωρούνταν μείζονος σημασίας για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου στα προϊόντα δημητριακών. Πρόσφατες μελέτες ωστόσο καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ασπαραγίνη και όχι τα σάκχαρα είναι ο καθοριστικός παράγοντας για τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου (FoodDrinkEurope, 2013).

2. Έλεγχος των επιπέδων ασπαραγίνης

Η ασπαραγίνη, και ειδικά τα επίπεδα της ελεύθερης ασπαραγίνης, είναι το κρισιμότερο συστατικό που οδηγεί στον σχηματισμό ακρυλαμιδίου σε προϊόντα δημητριακών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούν να ελεγχθούν τα επίπεδα ασπαραγίνης στους κόκκους δημητριακών (FoodDrinkEurope, 2013).

- Εξαιρετικής σημασίας είναι η περιεκτικότητα σε θείο του εδάφους καλλιέργειας καθώς φαίνεται να επηρεάζει την συγκέντρωση ελεύθερης ασπαραγίνης. Μειωμένη περιεκτικότητα θείου οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα ασπαραγίνης στην σοδειά και επομένως σε μεγαλύτερη πιθανότητα σχηματισμού ακρυλαμιδίου.
- Επιλογή ποικιλιών σιταριού με μειωμένη περιεκτικότητα σε ασπαραγίνη. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ισχύει στην περίπτωση του ολικής αλέσεως. Ο μοναδικός τρόπος για την μείωση της ασπαραγίνης στα προϊόντα ολικής αλέσεως είναι η χρήση λιγότερου πίτουρου/φύτρου και περισσότερου ενδοσπερμίου, καθώς η μεγαλύτερη ποσότητα ασπαραγίνης είναι συγκεντρωμένη στο πίτουρο/φύτρο.

(FoodDrinkEurope, 2013)

Όπως και στις πατάτες, η χρήση της ασπαραγινάσης είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την μείωση των επιπέδων ασπαραγίνης και επομένως ακρυλαμιδίου σε μπισκότα, δημητριακά κ.α. Η ασπαραγινάση έχει υψηλή δυναμικότητα μείωσης του ακρυλαμιδίου, ειδικά σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, ουδέτερου pH και υψηλών θερμοκρασιών (FoodDrinkEurope, 2013).

3. Χρήση διογκωτικών μέσων

Ο περιορισμός ή η αντικατάσταση της διττανθρακικής αμμωνίας (NH_4HCO_3) στις συνταγές των αρτοποιασκευασμάτων με άλλους διογκωτικούς παράγοντες έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να μειώσει τον σχηματισμό ακρυλαμιδίου σε ορισμένα προϊόντα. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αντικαταστάτης είναι το διττανθρακικό νάτριο (NaHCO_3). Ωστόσο, προκειμένου να επιτευχθεί η κατάλληλη έκλυση αερίων κατά την διάρκεια του ψησίματος, είναι απαραίτητος ο συνδυασμός των δύο ειδών άλατος (FoodDrinkEurope, 2013).

4. Προσθήκη επιπλέον συστατικών

Αναφορικά με το ψωμί, η προσθήκη κατιόντων ασβεστίου φαίνεται να περιορίζει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Η ενίσχυση του αλευριού με 0,3% ασβεστίου, που αποτελεί νομική απαίτηση στο Ηνωμένο Βασίλειο, οδηγεί σε περιορισμό του ακρυλαμιδίου κατά 30%, ενώ η επιπρόσθετη ενίσχυση οδηγεί σε ακόμη μεγαλύτερο περιορισμό. Η ίδια επίδραση μπορεί να επιτευχθεί και με την προσθήκη μαγνησίου. Μια ακόμη ένωση που μπορεί προστιθέμενη σε αρτοποιήματα να αναστείλει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου είναι η γλυκίνη. Η προσθήκη γλυκίνης (1% στην συνταγή), μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ακρυλαμιδίου κατά 2,5 φορές. Ψεκάζοντας γλυκίνη στην επιφάνεια του ψωμιού, μειώνει οριακά το ακρυλαμίδιο κατά 16% (FoodDrinkEurope, 2013).

5. Συνθήκες και χρόνος ψησίματος

Για τα περισσότερα αρτοποιήματα, ο πιο άμεσος τρόπος για να μειωθούν τα επίπεδα ακρυλαμιδίου είναι ο περιορισμός του χρόνου ψησίματος, προκειμένου να αποφευχθεί η επιπρόσθετη αμαύρωση του τροφίμου. Η μείωση της θερμοκρασίας ψησίματος μπορεί παρομοίως να βοηθήσει στο να επιτευχθεί η μείωση. Για παράδειγμα, το πιο ελαφρύ ψήσιμο στα κουλουράκια έχει οδηγήσει σε σημαντικό περιορισμό του σχηματισμού ακρυλαμιδίου. Ωστόσο,

για ορισμένα αρτοσκευάσματα, το επιπρόσθετο ψήσιμο μπορεί να έχει την ίδια επίδραση και να οδηγήσει επίσης σε χαμηλότερα επίπεδα ακρυλαμιδίου. Αυτό πιστεύεται ότι οφείλεται στην ισορροπία μεταξύ σχηματισμού και καταστροφής του ακρυλαμιδίου σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι κατασκευαστές πρέπει να διερευνήσουν πως τα προϊόντα τους επηρεάζονται από τον χρόνο και την θερμοκρασία ψήσιματος. Σε ξηρά και τραγανά προϊόντα απαιτείται ισορροπία προκειμένου να αποφευχθεί η υποβάθμιση της ποιότητας των τροφίμων. Ιδίως τα επίπεδα υγρασίας θα πρέπει να ελέγχονται ούτως ώστε να διατηρηθεί η επιθυμητή υφή του τροφίμου και να περιοριστεί η πιθανότητα μικροβιολογικής αλλοίωσης (European_Commission, 2003).

Μείωση του ακρυλαμιδίου στον καφέ

Το ακρυλαμίδιο μπορεί να σχηματιστεί στον καφέ κατά την διαδικασία του καβουρδίσματος. Το καβούρδισμα είναι ένα ουσιαστικής σημασίας βήμα κατά την επεξεργασία του καφέ και τα επίπεδα ακρυλαμιδίου στα διάφορα προϊόντα του δεν φαίνεται να διαφέρουν σημαντικά. Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολο να προσδιοριστεί το πώς μπορεί να βελτιστοποιηθεί το καβούρδισμα και η επεξεργασία του καφέ, προκειμένου να μειωθούν τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου. Ο καφές μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην διαιτητική πρόσληψη ακρυλαμιδίου, ειδικά σε ορισμένες ομάδες καταναλωτών με υψηλή κατανάλωση, αν και πρόκειται για αποτέλεσμα κατανάλωσης μεγάλων ποσοτήτων καφέ (European_Commission, 2003).

Κατά την έναρξη του καβουρδίσματος, ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου ξεκινάει πολύ γρήγορα. Όταν επιτευχθεί το μέγιστο της ποσότητας του ακρυλαμιδίου, κατά την διάρκεια του πρώτο μισού του χρόνου καβουρδίσματος, η συνέχισή του οδηγεί στην μείωση των επιπέδων του ακρυλαμιδίου. Τελικά τα επίπεδα ακρυλαμιδίου του προϊόντος βρίσκονται μόνο 20-30% του μέγιστου επιπέδου. Η τελική συγκέντρωση του ακρυλαμιδίου εξαρτάται τόσο από τον βαθμό όσο και από τον συνολικό χρόνο καβουρδίσματος. Σε γενικές γραμμές, η σκουρότητα του τελικού προϊόντος αλλά και η επέκταση του χρόνου καβουρδίσματος χρησιμοποιώντας χαμηλές θερμοκρασίες, οδηγεί σε μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου. Ωστόσο και οι δύο παράμετροι θα πρέπει να καθοριστούν σε στενό εύρος. Επομένως στον καφέ, σε αντίθεση με τις περισσότερες κατηγορίες τροφίμων, η συγκέντρωση του ακρυλαμιδίου μειώνεται με την αύξηση της θερμικής ισχύος και το πιο σκούρο καβούρδισμα (FoodDrinkEurope, 2013).

Σε υψηλές θερμοκρασίες όπως είναι αυτές που εφαρμόζονται κατά την διάρκεια του καβουρδίσματος του καφέ, οι αντιδράσεις που οδηγούν τελικά στην εξάντληση του

ακρυλαμιδίου κυριαρχούν, κυρίως προς το τέλος του κύκλου καβουρδίσματος. Αυτές οι αντιδράσεις δεν είναι πλήρως κατανοητές, αλλά οι μελέτες που υποστηρίζουν το μοντέλο ότι αυξάνεται και ακολούθως μειώνεται η περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο, θεωρούν ότι η εξήγηση βρίσκεται στον δυναμικό πολυμερισμό ή στην αντίδραση του ακρυλαμιδίου με άλλα συστατικά του τροφίμου (FoodDrinkEurope, 2013).

Σε αντίθεση με τις προηγούμενες κατηγορίες τροφίμων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η συγκέντρωση του ακρυλαμιδίου στον καφέ δεν επηρεάζεται από τα ανάγοντα σάκχαρα. Αυτό ισχύει και στην περίπτωση της ασπαραγίνης. Η περιεκτικότητα της ελεύθερης ασπαραγίνης στους κόκκους του καφέ είναι μικρή και επομένως δεν μπορεί να επηρεάσει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Η προσθήκη αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεν είναι αποτελεσματική για τον περιορισμό του ακρυλαμιδίου στον καφέ. Ωστόσο, μια μέθοδος που επιτυγχάνει περιορισμό του ακρυλαμιδίου στον καφέ είναι η προσθήκη του ενζύμου ασπαραγινάση. Εργαστηριακά αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι υπάρχει δυνατότητα μείωσης της περιεκτικότητας του ακρυλαμιδίου από 5 έως 45% λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο του καφέ καθώς και τις συνθήκες της ενζυμικής επεξεργασίας του πράσινου καφέ (FoodDrinkEurope, 2013).

Μείωση του ακρυλαμιδίου στις βρεφικές και παιδικές τροφές

Ο έλεγχος της ποσότητας του ακρυλαμιδίου που εντοπίζεται στις βρεφικές τροφές είναι ιδιαίτερα σημαντικός, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα βρέφη και τα παιδιά εκτίθενται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου σε σχέση με το σωματικό τους βάρος και επομένως είναι πιο επιρρεπή στις επιπτώσεις του.

Μια μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό του ακρυλαμιδίου στις βρεφικές και παιδικές τροφές είναι η τροποποίηση των συστατικών τους. Η προσθήκη ανάγοντων σακχάρων στα μείγματα, όπως φρούτων, μελιού, φρουκτόζης κ.α., μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν. Ιδιαίτερα αποτελεσματικός τρόπος περιορισμού του ακρυλαμιδίου είναι η προσθήκη του ενζύμου ασπαραγινάση. Τα περισσότερα συστατικά των προϊόντων αυτών περιέχουν μεγάλη αναλογία σε άλευρα δημητριακών και λαμβάνοντας υπόψη ότι οι συνταγές χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε νερό στο στάδιο της υγρής υδρόλυσης του μείγματος, μπορεί να επιτραπεί η χρήση ασπαραγίνης. Εφόσον ο χρόνος επώασης, η θερμοκρασία και οι συνθήκες ανάμειξης είναι ελεγχόμενες η προσθήκη ασπαραγινάσης μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ασπαραγίνης έως και 80%, και κατ' επέκταση σε αναστολή σχηματισμού του ακρυλαμιδίου. Τέλος, μπορεί να εφαρμοστεί μείωση

του χρόνου και της θερμοκρασίας επεξεργασίας. Ωστόσο αυτός ο τρόπος θα πρέπει να εφαρμόζεται προσεκτικά, προκειμένου να διασφαλίζεται ότι το προϊόν είναι αποστειρωμένο (FoodDrinkEurope, 2013).

1.8 Ανάλυση οφέλους/κινδύνου από την μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

Αναφορικά με το ακρυλαμίδιο, αλλά και τους άλλους ρυπαντές που είναι το αποτέλεσμα των φυσικά απαντώμενων χημικών αντιδράσεων κατά την θέρμανση των τροφίμων, και για τα οποία οι αρμόδιες αρχές δεν έχουν θεσπίσει συγκεκριμένα επίπεδα τα οποία θεωρούνται ως «ασφαλή», ισχύει η ALARA. Το ακρωνύμιο ALARA προκύπτει από το «As Low As Reasonably Achievable», δηλαδή ως το κατώτερο εφικτό όριο. Εξαιτίας της ισχύος της ALARA, οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων τροφίμων θα πρέπει να καταβάλουν κάθε εύλογη προσπάθεια προκειμένου να μειώσουν την περιεκτικότητα του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν, και ως εκ τούτου να μειώσουν την έκθεση των καταναλωτών σε αυτό. Αυτό σημαίνει, για παράδειγμα ότι οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων τροφίμων θα πρέπει να τροποποιήσουν τμήματα της διαδικασίας παραγωγής ή ακόμη και ολόκληρη την διαδικασία, εφόσον κάτι τέτοιο είναι τεχνολογικά εφικτό (FoodDrinkEurope, 2013).

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, νέα και καλύτερα εργαλεία για την μείωση του ακρυλαμιδίου μπορούν να γίνουν διαθέσιμα. Ως μέρος μια συνεχούς διαδικασίας, οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων θα πρέπει να εξετάζουν τις μεθόδους για τον περιορισμό του ακρυλαμιδίου, όπως αυτές περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα, και να αξιολογήσουν κατά πόσο αυτές μπορούν να εφαρμοστούν στα δικά τους προϊόντα και διαδικασίες (FoodDrinkEurope, 2013). Οι εκτιμήσεις αυτές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη:

- Την επίδραση από την χρήση ενός γνωστού μέσου μείωσης του ακρυλαμιδίου στα επίπεδα του ακρυλαμιδίου που θα εντοπιστούν στο τελικό προϊόν.
- Τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η χρήση αυτών των μέσων περιορισμού του ακρυλαμιδίου στον σχηματισμό άλλων επιμολυντών όπως πχ φουρανίου, ή και στην μείωση του ελέγχου άλλων ειδών κινδύνου πχ μικροβιολογικών.
- Την δυνατότητα εφαρμογής των μεθόδων ελέγχου πχ εμπορική διαθεσιμότητα των εργαλείων περιορισμού, τους πιθανούς κινδύνους επαγγελματικής υγείας, τα χρονοδιαγράμματα και τα κόστη που προκύπτουν από την αναβάθμιση ή την αντικατάσταση του εξοπλισμού της μονάδας.

-
- Τις επιπτώσεις από την χρήση ενός γνωστού μέσου περιορισμού του ακρυλαμιδίου στις οργανοληπτικές ιδιότητες και τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, αλλά και στην ασφάλεια κατανάλωσης του προϊόντος.
 - Τα γνωστά διατροφικά οφέλη από την χρήση ορισμένων συστατικών σε σχέση με την προτίμηση κάποιων άλλων.

(FoodDrinkEurope, 2013)

Ο περιορισμός του ακρυλαμιδίου μέσω αλλαγών στην σύνθεση του προϊόντος ή και στην διαδικασία επεξεργασίας, μπορεί τελικά να έχει επιπτώσεις στην διατροφική ποιότητα. Η υποβάθμιση αυτή μπορεί να σχετίζεται με:

- Μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών.
- Αλλαγές στις οργανοληπτικές ιδιότητες του προϊόντος πχ γεύση, άρωμα, υφή.
- Ασφάλεια του τροφίμου πχ ανεπαρκής μείωση του μικροβιακού φορτίου, αποσύνθεση φυσικών τοξινών ή ακούσιος σχηματισμός άλλων ανεπιθύμητων ουσιών.
- Απώλειες ευεργετικών ενώσεων που δημιουργούνται κατά το μαγείρεμα και οι οποίες είναι αποδεδειγμένο ότι είναι ευεργετικές για την υγεία των καταναλωτών όπως αντιοξειδωτικά.

(FoodDrinkEurope, 2013)

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αρνητικών επιπτώσεων από την εφαρμογή των μεθόδων περιορισμού του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν είναι:

- Το τηγάνισμα της πατάτας σε χαμηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να μειώσει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου αλλά θα απαιτηθεί αύξηση του χρόνου μαγειρέματος και κατά συνέπεια αύξηση της πρόσληψης λίπους.
- Το υπερβολικό ζεμάτισμα της πατάτας έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια βιταμινών και μετάλλων.
- Η χρήση αλάτων ασβεστίου μειώνει την περιεκτικότητα του ακρυλαμιδίου στα προϊόντα πατάτας αλλά η υπερβολική χρήση τους δημιουργεί ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά στο προϊόν.

-
- Η χρήση μεγάλων ποσοτήτων οξέων δημιουργεί σε ορισμένα προϊόντα πατάτας έντονες οσμές.
 - Ο εκτεταμένη επεξεργασία λεπτών φετών πατάτας με ασπαραγινάση οδηγεί στην αποσύνθεση των φετών.
 - Η χρήση ραφινρισμένου αλευριού μπορεί να μειώσει τον σχηματισμό του ακρυλαμιδίου στα αρτοσκευάσματα, αλλά θεωρείται διατροφικά υποδεέστερο σε σύγκριση με το αντίστοιχο αλεύρι ολικής άλεσης.
 - Η αντικατάσταση του διττανθρακικού αμμωνίου με ανθρακικό νάτριο, βοηθά στον έλεγχο του σχηματισμού ακρυλαμιδίου, αλλά αν εφαρμόζεται συστηματικά, τελικά θα οδηγήσει σε αύξηση των επιπέδων νατρίου στο τελικό προϊόν. Μια πρόσφατη ανάλυση κινδύνου-οφέλους που έχει διεξαχθεί αφορά την σύγκριση του κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου εξαιτίας της αυξημένης κατανάλωσης νατρίου με τον κίνδυνο από την έκθεση στο ακρυλαμίδιο. Η αναστολή σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα μπισκότα και στο ψωμί πιπερόριζας, συνοδεύτηκε από μια μικρή αύξηση της πρόσληψης νατρίου. Εξαιτίας αυτής της αλλαγής, περίπου 1,3% του πληθυσμού οδηγήθηκε σε κατανάλωση νατρίου πάνω από 40mg/ Kg σωματικού βάρους ημερησίως.

(FoodDrinkEurope, 2013)

Από τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι για κάθε προτεινόμενη παρέμβαση, θα πρέπει να διεξάγεται μια μελέτη οφέλους/κινδύνου, προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία ενός δυνητικά μεγαλύτερου κινδύνου, από αυτόν που αποτελεί η πρόσληψη ακρυλαμιδίου. Κρίνεται αναγκαίο οι εταιρείες τροφίμων να αξιολογούν την καταλληλότητα των προτεινόμενων μέτρων περιορισμού, υπό το πρίσμα της σύνθεσης των προϊόντων τους, του εξοπλισμού τους αλλά και των προσδοκιών των καταναλωτών τους. Επομένως τα μέτρα για τον περιορισμό των επιπέδων ακρυλαμιδίου δεν θα πρέπει να αξιολογούνται μεμονωμένα. Προφυλάξεις θα πρέπει να λαμβάνονται ώστε να μην διακυβευθεί η χημική και μικροβιολογική ασφάλεια των τροφίμων. Ακόμα αναλλοίωτη θα πρέπει να παραμείνει τόσο η θρεπτικότητα όσο και οι οργανοληπτικές ιδιότητες των προϊόντων. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι στρατηγικές θα πρέπει να αξιολογούνται σε σχέση με τα οφέλη και τις τυχόν αρνητικές επιπτώσεις (FoodDrinkEurope, 2013). Για παράδειγμα:

- Όταν εξετάζονται τα προληπτικά μέτρα για το ακρυλαμίδιο, θα πρέπει να γίνουν έλεγχοι προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν θα προκληθεί αύξηση άλλων επιβλαβών ουσιών. Αυτές οι ουσίες περιλαμβάνουν πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες,

χλωροπροπανόλες, φουράνιο, ετεροκυκλικές αρωματικές αμίνες, καρβαμιδικό αιθυλεστέρα, πυρολύματα αμινοξέων κ.α.

- Τα προληπτικά μέτρα για το ακρυλαμίδιο δεν θα πρέπει να επηρεάζουν την μικροβιολογική σταθερότητα και την ασφάλεια του τελικού προϊόντος. Ειδικότερα, μεγάλη σημασία θα πρέπει να δοθεί στην περιεκτικότητα σε υγρασία του τελικού προϊόντος, καθώς επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του προϊόντος, τον χρόνο διατηρησιμότητας και την μικροβιολογική αλλοίωση. Στην περίπτωση των παιδικών τροφών θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι η θερμική επεξεργασία είναι επαρκής για την μείωση σε αποδεκτό επίπεδο του μικροβιακού φορτίου.
- Ορισμένες από τις προληπτικές ενέργειες δύνανται να επηρεάσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες του προϊόντος. Ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου είναι στενά συνδεδεμένος με την διαδικασία στην οποία οφείλεται το χρώμα και το άρωμα των μαγειρεμένων φαγητών. Οι προτεινόμενες αλλαγές στις συνθήκες και τον χρόνο μαγειρέματος θα πρέπει να εκτιμηθούν, ούτως ώστε το τελικό προϊόν να είναι αποδεκτό από τον καταναλωτή.

(FoodDrinkEurope, 2013)

2.1 Πηγές αναζήτησης βιβλιογραφικών δεδομένων

2.1.1 Scopus

Το Scopus είναι μια βιβλιογραφική βάση δεδομένων, που περιλαμβάνει περιλήψεις και παραπομπές για ακαδημαϊκά άρθρα περιοδικών. Καλύπτει περίπου 22.000 τίτλους από 5.000 εκδότες, από τους οποίους οι 20.000 είναι ομότιμα αξιολογημένα περιοδικά σε διάφορους τομείς επιστημών.

Τα αποτελέσματα σχετικά με το ακρυλαμίδιο που προκύπτουν από την αναζήτηση στο Scopus είναι πάρα πολλά. Συγκεκριμένα μέχρι και το έτος 2015, ο όρος ακρυλαμίδιο (acrylamide) οδηγεί σε 30.650 αποτελέσματα ενώ ο όρος ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα (acrylamide in food) οδηγεί σε 1.697 αποτελέσματα.



Σχήμα 10: Αριθμός ερευνών που εκδόθηκαν στην βάση δεδομένων Scopus τα έτη 1971-2015 για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα.

Οι συγγραφείς με τις περισσότερες αναφορές για το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα (acrylamide in food) είναι οι:

1. Gokmen, V. (48 δημοσιευμένα άρθρα)
2. Tornqvist, M. (26 δημοσιευμένα άρθρα)
3. Doerge, D.R. (23 δημοσιευμένα άρθρα)
4. Mottram, D.S. (22 δημοσιευμένα άρθρα)
5. Morales, F.J. (21 δημοσιευμένα άρθρα)
6. Halford, N.G. (19 δημοσιευμένα άρθρα)
7. Stadler, R.H. (19 δημοσιευμένα άρθρα)
8. Angerer, J. (18 δημοσιευμένα άρθρα)
9. Anklam, E. (18 δημοσιευμένα άρθρα)
10. Granby, K. (18 δημοσιευμένα άρθρα)

2.1.2 Google Scholar

Ο Μελετητής Google (Google Scholar) είναι μια ελεύθερης πρόσβασης μηχανή αναζήτησης δεδομένων, που αποτελεί το ευρετήριο για το πλήρες κείμενο ή τα μεταδεδομένα της επιστημονικής βιβλιογραφίας, η οποία περιλαμβάνει πολλές μορφές εκδόσεων και επιστημονικών κλάδων (Wikipedia(d)). Ο Μελετητής Google παρέχει έναν απλό τρόπο ευρείας αναζήτησης στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Η αναζήτηση μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς επιστημονικούς κλάδους και πηγές, όπως άρθρα, διατριβές, βιβλία, περιλήψεις, αποθετήρια πανεπιστημίων, άλλους διαδικτυακούς τόπους αλλά και απόψεις από ακαδημαϊκούς, εκδότες, επαγγελματικές ενώσεις κ.α. Ως αποτέλεσμα ο Μελετητής μπορεί να βοηθήσει στην εύρεση σχετικών εργασιών σε όλα τα πεδία της ακαδημαϊκής έρευνας (Wikipedia(d)).

Συγκεκριμένα μέχρι και το έτος 2015, ο όρος ακρυλαμίδιο (acrylamide) οδηγεί σε 286.000 αποτελέσματα ενώ ο όρος ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα (acrylamide in food) οδηγεί σε 120.000 αποτελέσματα.

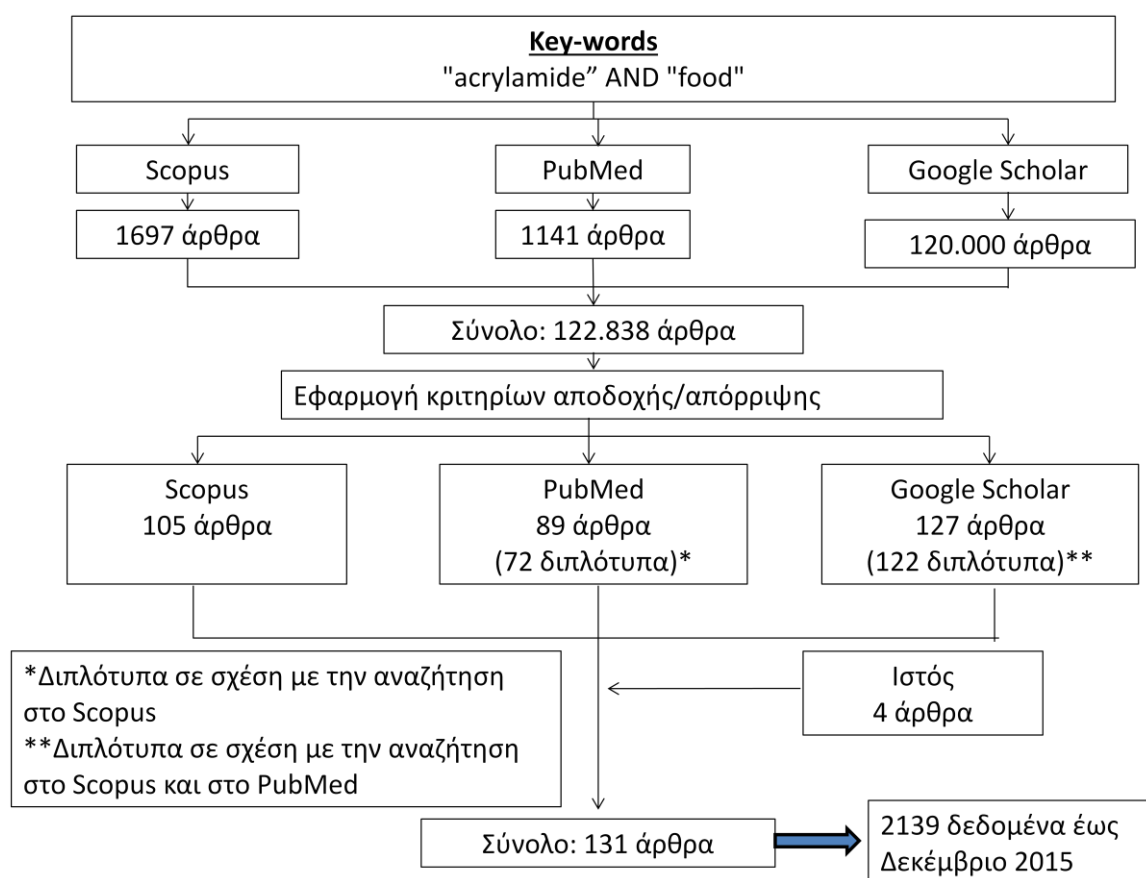
2.1.3 PubMed

Το PubMed είναι μια ελεύθερης πρόσβασης μηχανή αναζήτησης, η οποία αφορά την βάση δεδομένων MEDLINE, και περιλαμβάνει αναφορές και περιλήψεις για τις βιοεπιστήμες και τη βιοϊατρική. Η Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικής των Ηνωμένων Πολιτειών (NML), διατηρεί την

βάση δεδομένων στο Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας, ως μέρους του συστήματος ανάκτησης πληροφοριών Entrez. Το PubMed κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Ιανουάριο του 1996 (Wikipedia(e)).

Συγκεκριμένα μέχρι και το έτος 2015, ο όρος ακρυλαμίδιο (acrylamide) οδηγεί σε 9.437 αποτελέσματα, εκ των οποίων 297 reviews, ενώ ο όρος ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα (acrylamide in food) οδηγεί σε 1.141 αποτελέσματα, εκ των οποίων 111 reviews.

Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αναζήτηση στις παραπάνω βάσεις δεδομένων.



Σχήμα 11: Αποτελέσματα βιβλιογραφικής αναζήτησης στις βάσεις δεδομένων

Η τελευταία επικαιροποίηση πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 2015.

2.2 Αρχειοθέτηση και ταξινόμηση δημοσιεύσεων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την ανασκόπηση των ερευνών σχετικά με το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα, τοποθετήθηκαν σε ένα φύλλο εργασίας Excel και κατηγοριοποιήθηκαν σε 11 γενικές κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Είδος τροφίμου
- Γενική κατηγορία τροφίμων
- Ειδική κατηγορία τροφίμων, όπου επιχειρήθηκε μια πιο συστηματική κατηγοριοποίηση των τροφίμων
- Κατηγορία τροφίμων βάσει τρόπου μαγειρέματος
- Αριθμός δειγμάτων που μελετήθηκαν
- Χώρα προέλευσης δεδομένων
- Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων
- Διάμεσος
- Μέση τιμή
- Τυπική απόκλιση
- Πηγή δεδομένων

2.3 Εξαγωγή δεδομένων

Οι συγκεντρώσεις του ακρυλαμιδίου ταξινομήθηκαν σε 3 κατηγορίες, ανάλογα με τα στοιχεία που περιελάμβανε η κάθε έρευνα. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

- Μέση τιμή, που αφορά την μέση τιμή των συγκεντρώσεων όλων των δειγμάτων της κάθε μελέτης.
- Διάμεσος, που σχετίζεται με την ενδιάμεση συγκέντρωση σε ακρυλαμίδιο από τις συγκεντρώσεις όλων των δειγμάτων της εκάστοτε μελέτης.
- Τυπική απόκλιση, δηλαδή την απόκλιση της κάθε τιμής από την μέση τιμή.

Αναφορικά με τις τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν στις μελέτες, οι κυρίως χρησιμοποιούμενες τεχνικές ήταν: ELISA, FLD, GC-ECD, GC-MS, GC-MS/MS, GC-TOF-MS, HPLC-UV/DAD, LC-MS, LC-MS/MS, GC-FID, UPLC, UPLC-MS/MS. Ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις δεν αναφέρονταν καθόλου η μέθοδος ανάλυσης.

Σχετικά με το είδος του τροφίμου, η πλειοψηφία των τροφίμων που παρατηρήθηκαν, ανήκαν στην ευρύτερη κατηγορία των αμυλωδών, όπως πατάτες και αρτοσκευάσματα. Ωστόσο, στις περισσότερες έρευνες μελετήθηκαν τρόφιμα από πολλές κατηγορίες τροφίμων. Τέλος, ως προς την γεωγραφική περιοχή, οι περισσότερες έρευνες περιορίζονταν στην αναφορά της χώρας στην οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα, χωρίς να υπάρχει αναφορά στην πόλη. Για αυτόν τον λόγο, στην εν λόγω κατηγορία αναφέρεται μόνο η χώρα.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν συνολικά 2.139 και αφορούν έρευνες που δημοσιεύτηκαν έως και τον Δεκέμβριο του 2015.

2.4 Ομογενοποίηση και ομαδοποίηση δεδομένων

Προκειμένου να γίνει σωστά η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αρχικά απαιτούνταν η ομογενοποίηση των μονάδων μέτρησης. Για τον λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις όλων των δειγμάτων μετατράπηκαν σε ppb ή αλλιώς σε μg ακρυλαμιδίου $\mu\text{g}/\text{Kg}$ τροφίμου.

2.5 Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής προγράμματα ανάλυσης και στατιστικής επεξεργασίας.

Excel

Στοιχεία προγράμματος: Microsoft ® Office Excel ® 2007 (12.0.4518.1014) MSO (120.4518.1014) Τμήμα του Microsoft Office Enterprise 2007.

Σε φύλλο εργασίας του Excel έγινε καταγραφή αρχική καταγραφή των δεδομένων, τα οποία στην συνέχεια αναλύθηκαν με το SPSS. Επίσης στο Excel έγινε η κατασκευή ορισμένων ραβδογραμμάτων και των διαγραμμάτων PARETO.

SPSS

Στοιχεία προγράμματος: SPSS Inc. (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.)

Καταχωρήσαμε τις τιμές για 9 κατηγορίες (μέση τιμή, διάμεσο, τυπική απόκλιση, αριθμό δειγμάτων, χώρα, μέθοδο επεξεργασίας, γενική κατηγορία τροφίμων, ειδική κατηγορία τροφίμων, κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος) σε φύλλο του SPSS. Στην συνέχεια μέσω της ακολουθίας Analyze → Descriptive Statistics → Frequencies, ζητήθηκε στατιστική ανάλυση (Statistics) και ραβδογράμματα (Bar Charts) στο Charts. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκε στο Central Tendency επιλέχθηκε Mean, Median, Mode και Sum ενώ στο Dispersion επιλέχθηκαν τα Std. deviation, Minimum, Variance, Maximum, Range και S.E. mean.

Επίσης από το Analyze → Descriptive Statistics → Crosstabs, επιλέχθηκε στο Row η μέση τιμή (mean) και η διάμεσος (median) και στο Column η χώρα (country) και η μέθοδος επεξεργασίας (method). Στο Statistics επιλέχθηκε το Chi-Square Tests, προκειμένου να ελεγχθεί η στατιστική σημαντικότητα των αποτελεσμάτων.

STATISTICA

Στοιχεία προγράμματος: Statistica 10.0 (StatSoft, Inc. 1984-2011)

Στο εν λόγω πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε εξόρυξη δεδομένων, και ειδικότερα test mining και document retrieval. Ακόμα, έγινε data mining και association rules, με χρήση του αλγορίθμου «a priori» » και θέτοντας ως ελάχιστο ποσοστό υποστήριξης, εμπιστοσύνης και συσχέτισης το 20%. Επίσης στο STATISTICA έγινε η κατασκευή των διαγραμμάτων box-whiskers.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

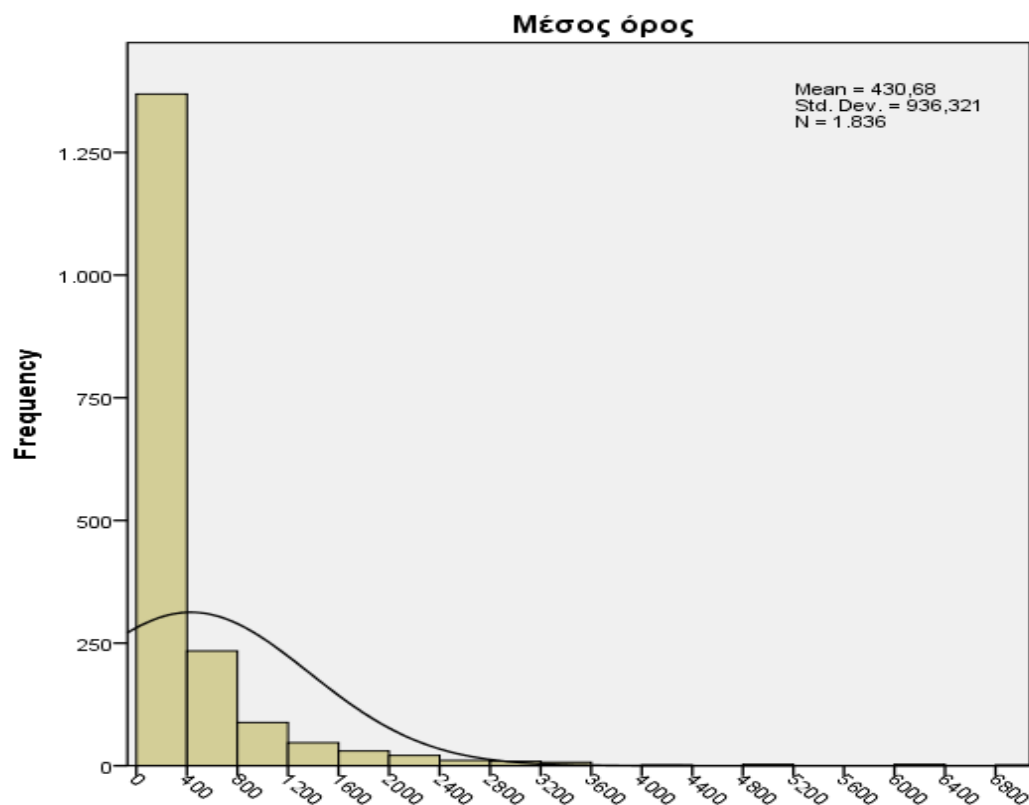
3.1 Περιγραφική στατιστική

Πίνακας 3: Περιγραφική στατιστική για το ακρυλαμίδιο

	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπική απόκλιση
N	1836	474	714
Διακύμανση	13200,00	3064,00	7400,00
Ελάχιστο	0,00	0,00	0,00
Μέγιστο	13200,00	3064,00	7400,00
Μέση Τιμή	430,69	257,71	201,11
Τυπικό σφάλμα μέσης τιμής	21,85	15,99	23,79
Μέσο τυπικό σφάλμα	21,92	15,99	23,80
Τυπική απόκλιση	936,71	348,28	635,95

3.1.1 Μέση τιμή (mean)

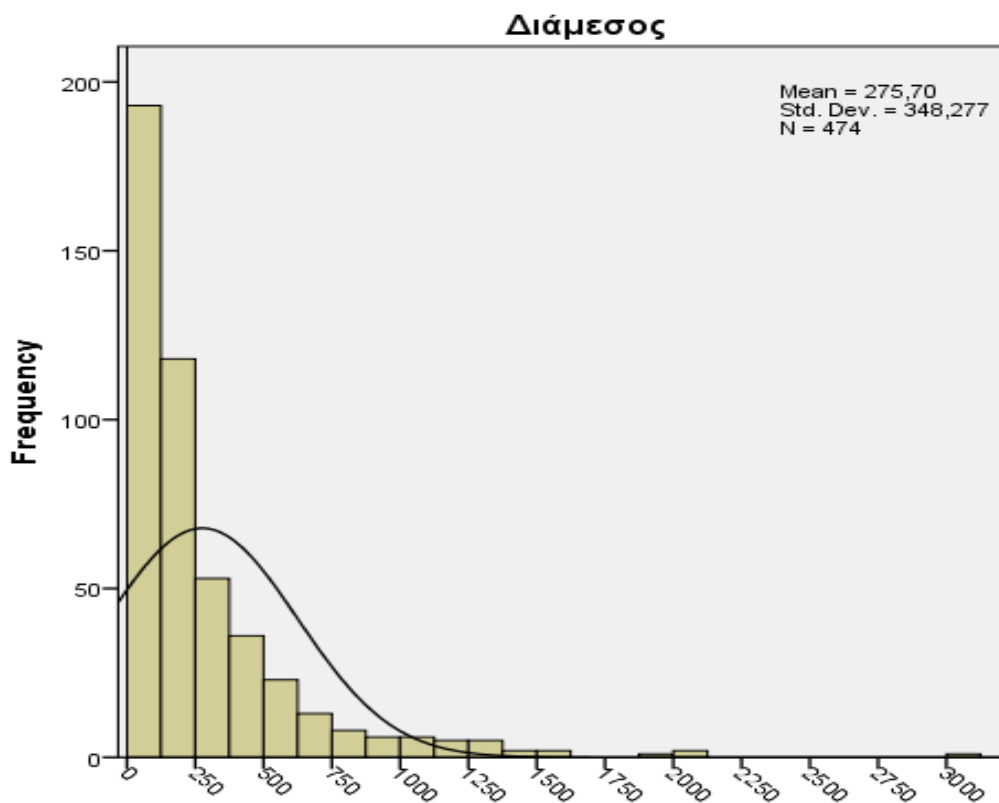
Παρόλο που μελετήθηκαν 2.139 δεδομένα, μόνο για 1.836 δίνονταν από την έρευνα οι πληροφορίες για την μέση τιμή. Η μέγιστη μέση τιμή που παρατηρήθηκε ήταν 13.200,00 µg/Kg και αφορούσε το τρόφιμο «potato crisps» (general food group: snacks, specific food group: potato snacks, food group depending on the cooking method: fried). Η μέση τιμή όλων των μέσων τιμών ήταν 430,69 µg/Kg.



***Σχήμα 12:** Συχνότητα εμφάνισης της μέσης τιμής της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα*

3.1.2 Διάμεσος (median)

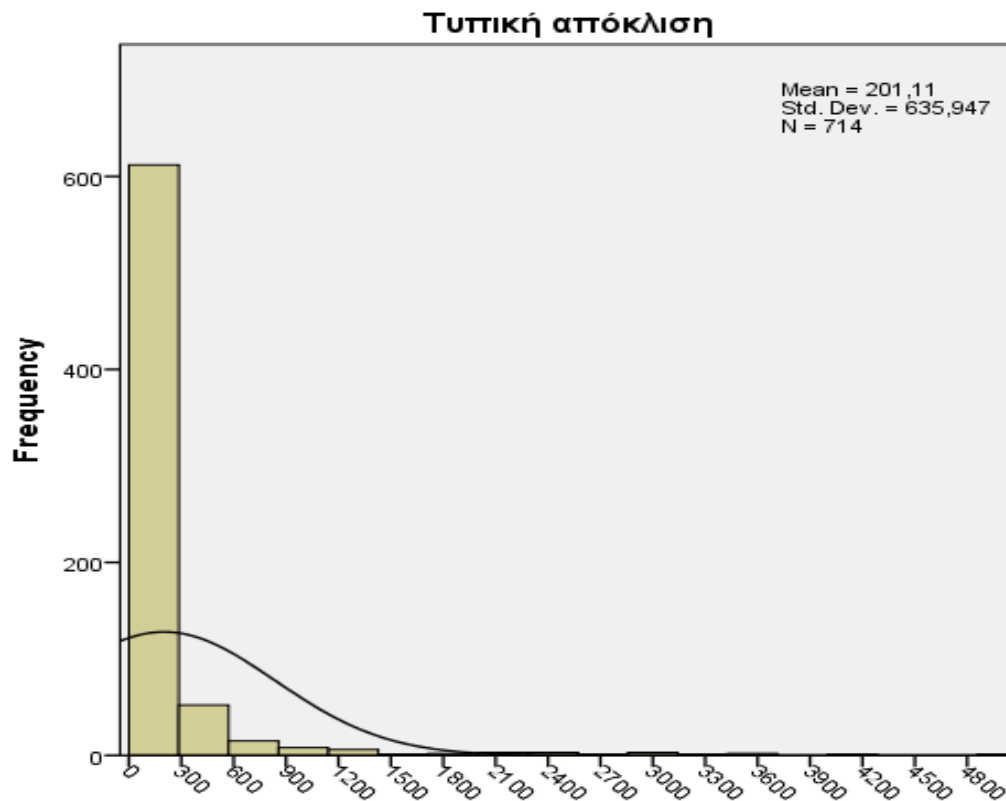
Από την ανάλυση 2.139 δεδομένων, μόνο για 474 υπήρχαν οι πληροφορίες για την διάμεσο. Η μέγιστη τιμή διαμέσου των 3.064 $\mu\text{g/Kg}$ που παρατηρήθηκε, αφορούσε το τρόφιμο «potato crisps» (general food group: snacks, specific food group: potato, food group depending on the cooking method: fried).



Σχήμα 13: Συχνότητα εμφάνισης της διαμέσου της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα

3.1.3 Τυπική απόκλιση (SD)

Ως προς την τυπική απόκλιση, μόνο 714 μελέτες παρείχαν δεδομένα. Η μέγιστη τιμή της τυπικής απόκλισης που παρατηρήθηκε ήταν 7.400 µg/Kg και αφορούσε το τρόφιμο «Potato chips» (general food group: vegetables, specific food group: potato, food group depending on the cooking method: fried).



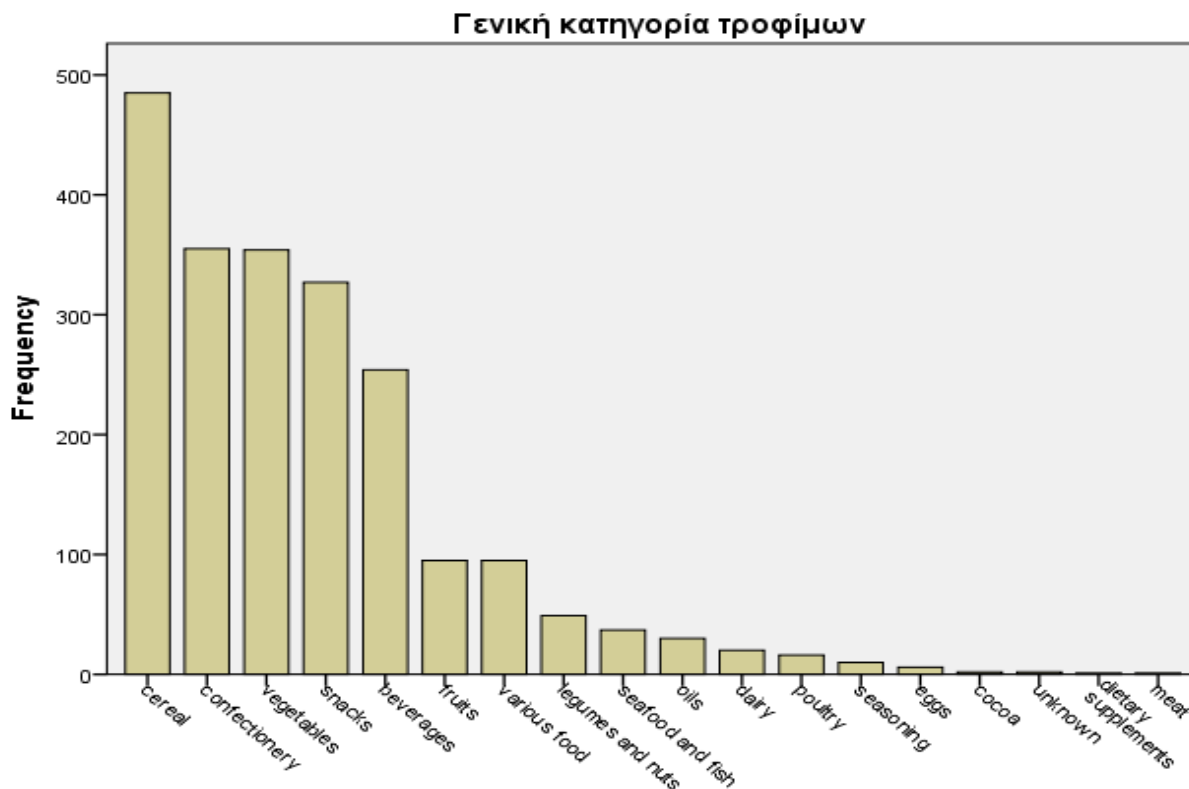
***Σχήμα 14:** Συχνότητα εμφάνισης της τυπικής απόκλισης της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα*

3.1.4 Ραβδογράμματα και διαγράμματα Pareto

Προκειμένου να ταυτοποιηθούν ποια είναι τα τρόφιμα που μελετήθηκαν περισσότερο, ποιες οι χώρες που διεξήγαν τις περισσότερες έρευνες, ποια μέθοδος ανάλυσης είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη αλλά και από ποιες μελέτες συλλέχθηκαν τα περισσότερα δεδομένα, σχεδιάστηκαν τα παρακάτω ραβδογράμματα και τα διαγράμματα Pareto.

Γενική κατηγορία τροφίμων

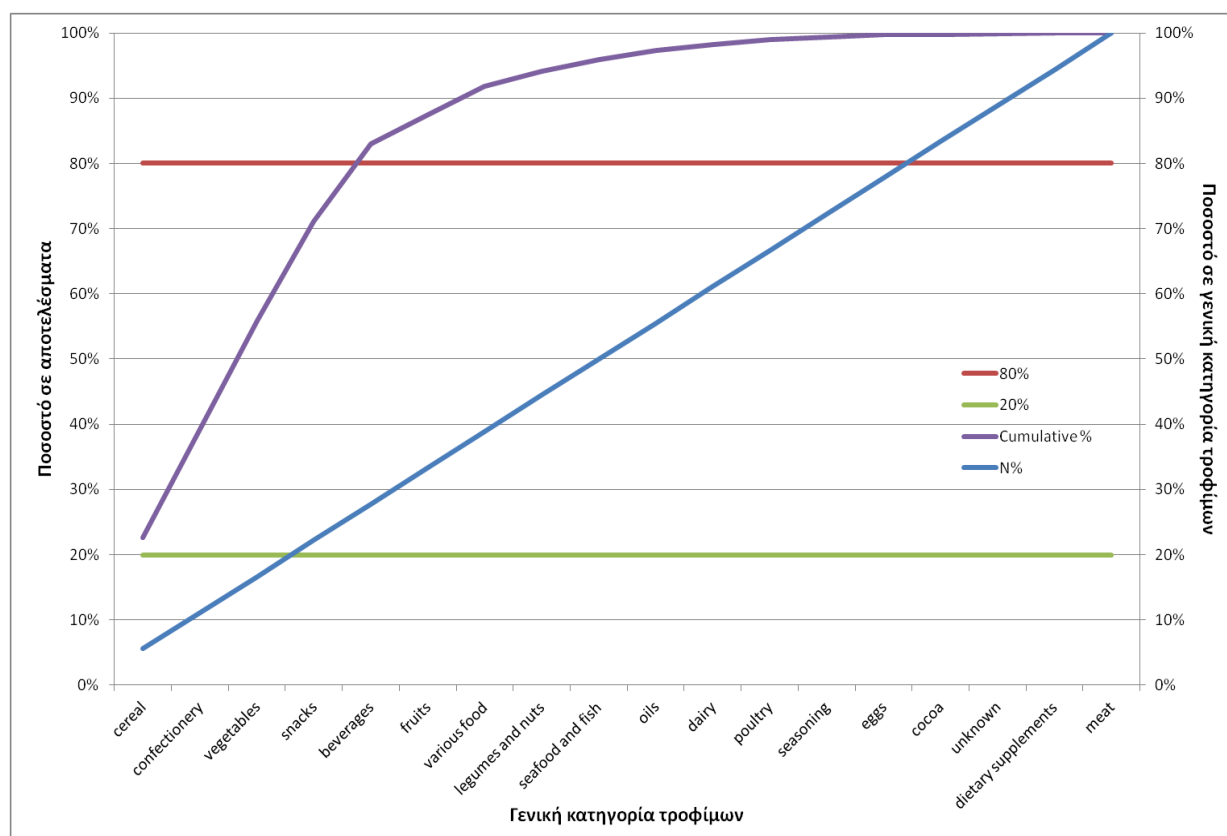
Αναφορικά με την γενική κατηγορία τροφίμων, από την μελέτη των δεδομένων προκύπτει το παρακάτω ραβδόγραμμα.



Σχήμα 15: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, από την γενική κατηγορία τροφίμων

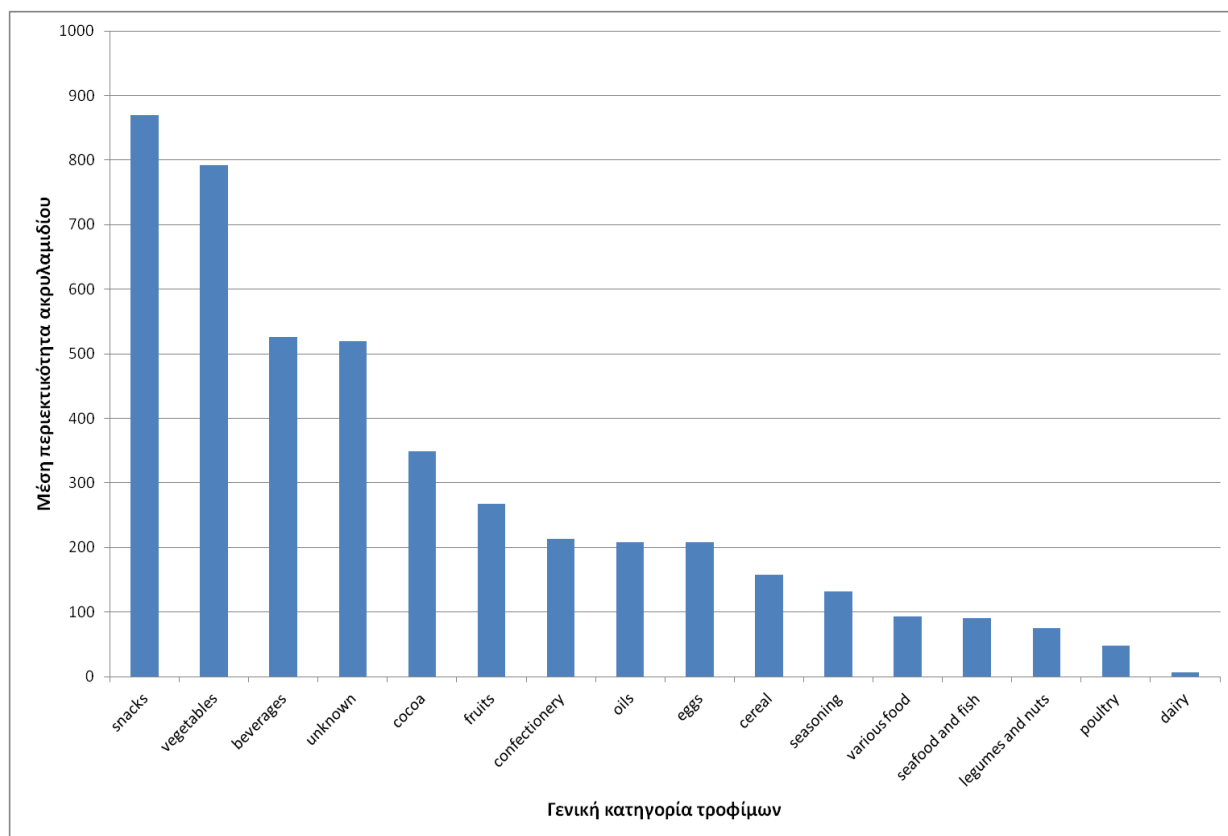
Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα, τα περισσότερα αποτελέσματα εντάσσονται στην γενική κατηγορία τροφίμων των δημητριακών (συνολικά 485 δεδομένα = 22,7%). Δεύτερη στην κατάταξη κατηγορία τροφίμων είναι τα γλυκά (355 δεδομένα = 16,6%), ενώ την πρώτη πεντάδα συμπληρώνουν η κατηγορία των λαχανικών (354 δεδομένα = 16,5%), η κατηγορία των σνακ (327 δεδομένα=15,3%) και η κατηγορία των αφεψημάτων (254 δεδομένα= 11,9%).

Από το διάγραμμα Pareto που ακολουθεί και σχετίζεται με την γενική κατηγορία τροφίμων, δείχνει ότι περισσότερο από 80% ($\approx 83\%$) των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης έχει προέλθει από τις 5 πρώτες γενικές κατηγορίες τροφίμων, δηλαδή τα δημητριακά, τα γλυκά, τα λαχανικά, τα σνακ και τα αφεψήματα. Αυτές οι 5 κατηγορίες αντιπροσωπεύουν το 28% των γενικών κατηγοριών που μελετήθηκαν.



Σχήμα 16: Διάγραμμα PARETO για την γενική κατηγορία τροφίμων

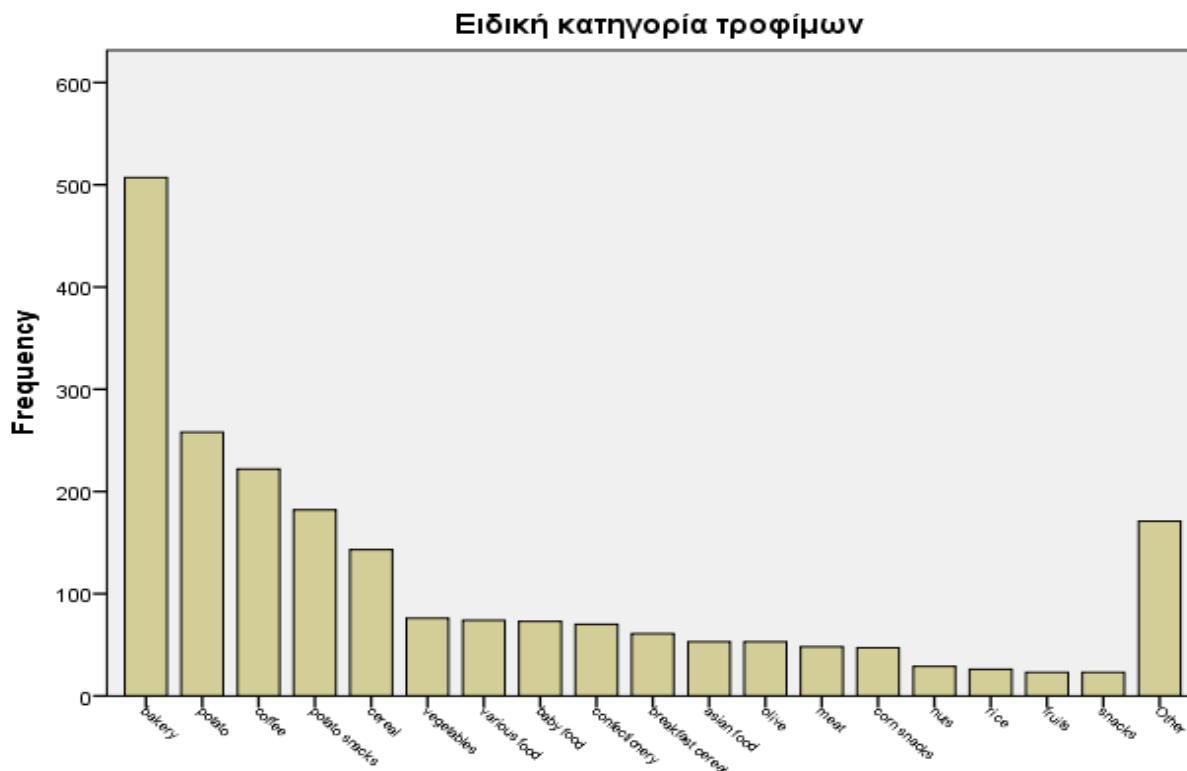
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι μέσες περιεκτικότητες ακρυλαμιδίου για κάθε ομάδα της γενικής κατηγορίας τροφίμων. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι πρώτα αναφορικά με την μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο είναι τα σνακ (869 $\mu\text{g/Kg}$). Ακολουθούν τα λαχανικά (791 $\mu\text{g/Kg}$), τα αφεψήματα (525 $\mu\text{g/Kg}$) και το κακάο (349 $\mu\text{g/Kg}$).



Σχήμα 17: Ραβδόγραμμα μέσης περιεκτικότητας ακρυλαμιδίου στην γενική κατηγορία τροφίμων

Ειδική κατηγορία τροφίμων

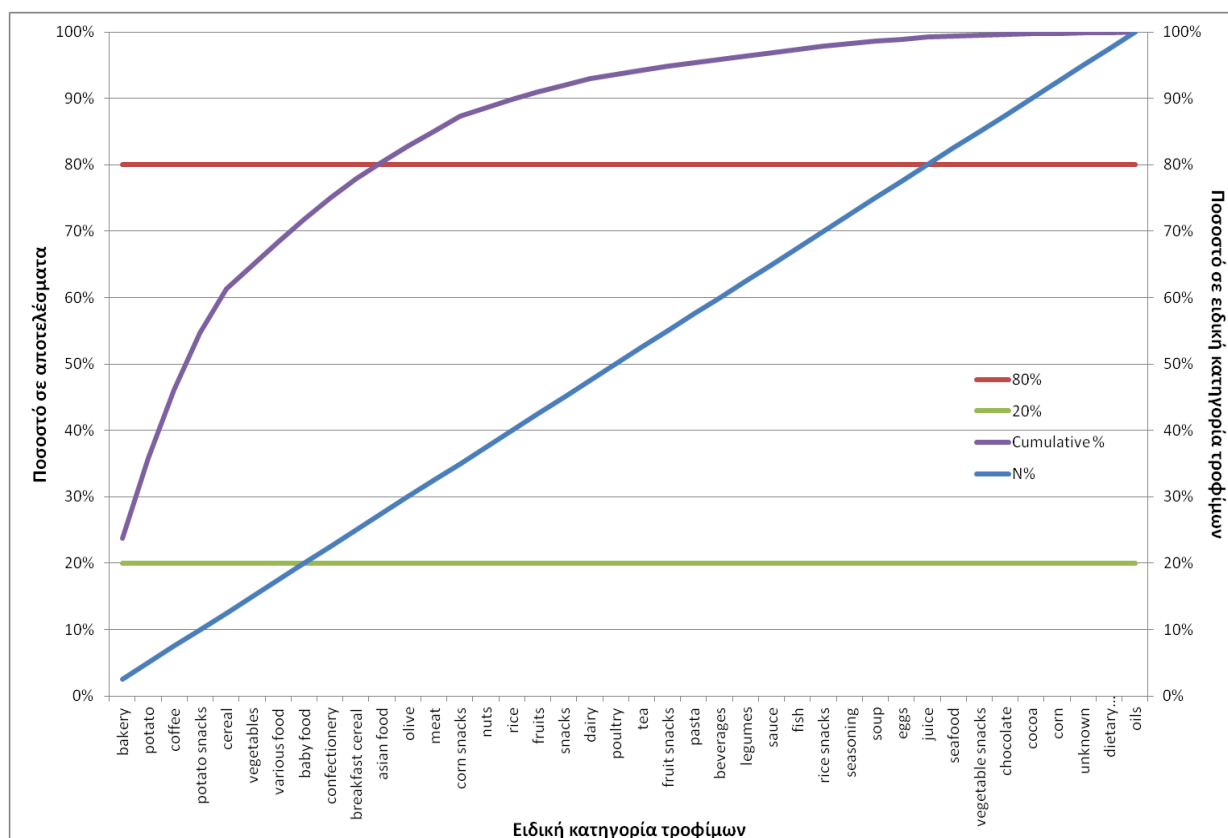
Σχετικά με την ειδική κατηγορία τροφίμων, από ανάλυση των δεδομένων προέκυψε το παρακάτω ραβδόγραμμα.



Σχήμα 18: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, από την ειδική κατηγορία τροφίμων

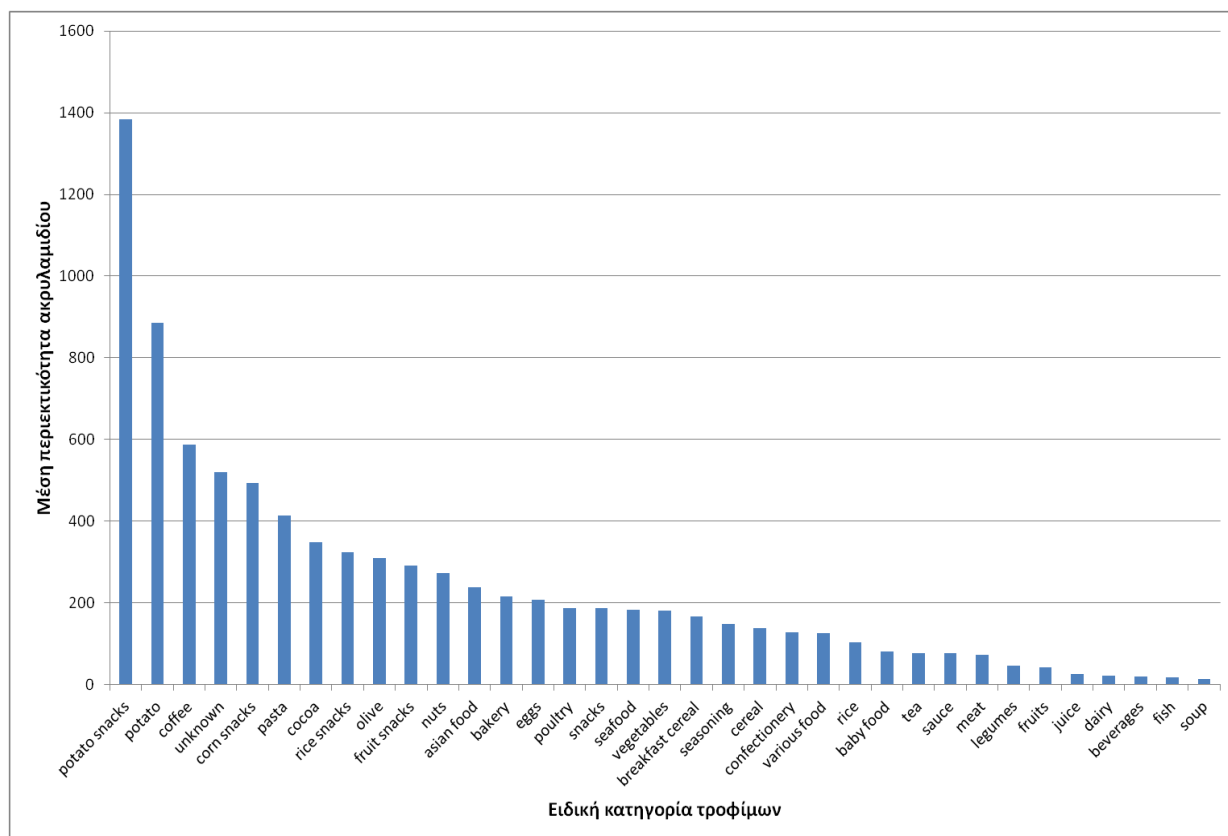
Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα, τα περισσότερα αποτελέσματα εντάσσονται στην ειδική κατηγορία τροφίμων των αρτοσκευασμάτων (συνολικά 507 δεδομένα = 23,7%). Δεύτερη στην κατάταξη κατηγορία τροφίμων είναι οι πατάτες (258 δεδομένα = 12,1%), ενώ την πρώτη πεντάδα συμπληρώνουν η κατηγορία του καφέ (222 δεδομένα = 10,4%), η κατηγορία των σνακ πατάτας (182 δεδομένα = 8,5%) και η κατηγορία των δημητριακών (143 δεδομένα = 6,7%).

Από το διάγραμμα Pareto που ακολουθεί και σχετίζεται με την ειδική κατηγορία τροφίμων, δείχνει ότι το 80% των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης έχει προέλθει από τις 11 πρώτες ειδικές κατηγορίες τροφίμων (αρτοσκευάσματα, πατάτες, καφές, σνακ πατάτας, δημητριακά, λαχανικά, διάφορα, βρεφικές τροφές, γλυκά, δημητριακά πρωινού και ασιατικά τρόφιμα). Οι 11 αυτές κατηγορίες τροφίμων αντιπροσωπεύουν το 28% των ειδικών κατηγοριών που μελετήθηκαν.



Σχήμα 19: Διάγραμμα PARETO για την ειδική κατηγορία τροφίμων

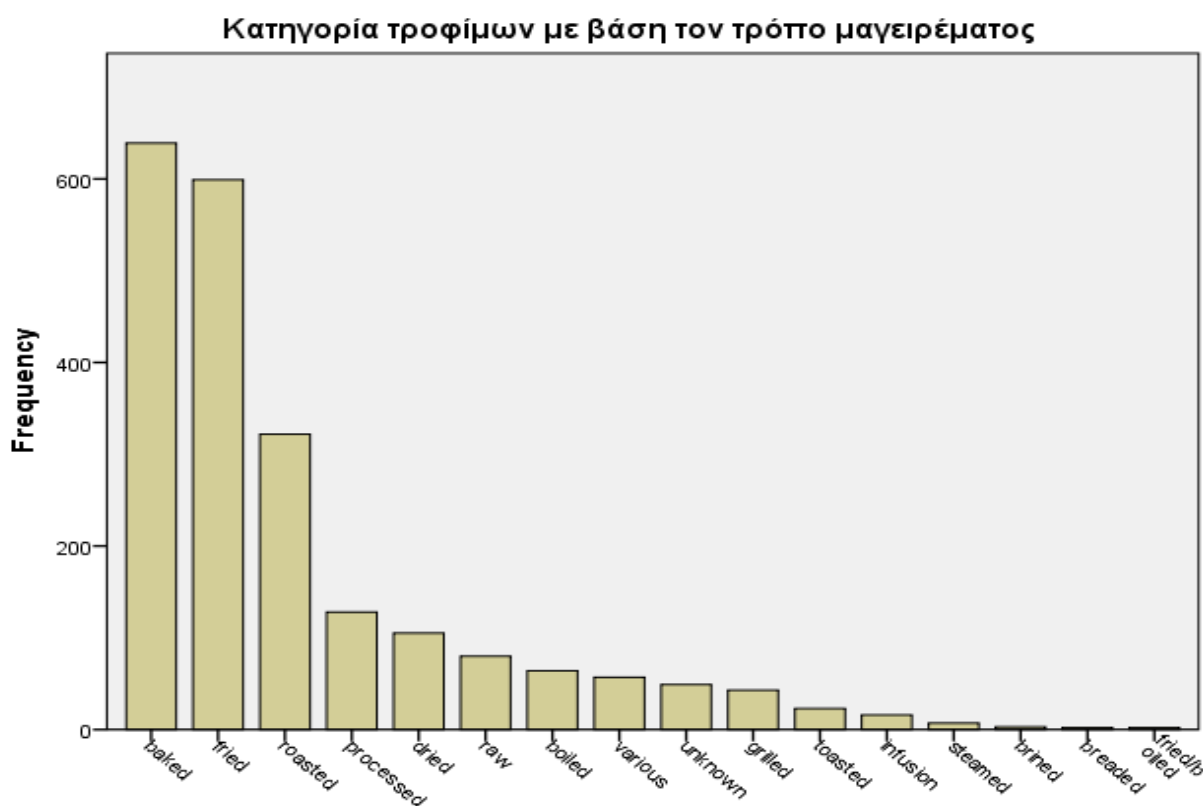
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι μέσες περιεκτικότητες ακρυλαμιδίου για κάθε ομάδα της ειδικής κατηγορίας τροφίμων. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι πρώτα και με μεγάλη διαφορά, αναφορικά με την μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο είναι τα σνακ πατάτας (1382 $\mu\text{g/Kg}$). Ακολουθούν οι πατάτες (885 $\mu\text{g/Kg}$), ο καφές (587 $\mu\text{g/Kg}$) και τα σνακ καλαμποκιού (493 $\mu\text{g/Kg}$).



Σχήμα 20: Ραβδόγραμμα μέσης περιεκτικότητας ακρυλαμιδίου στην ειδική κατηγορία τροφίμων

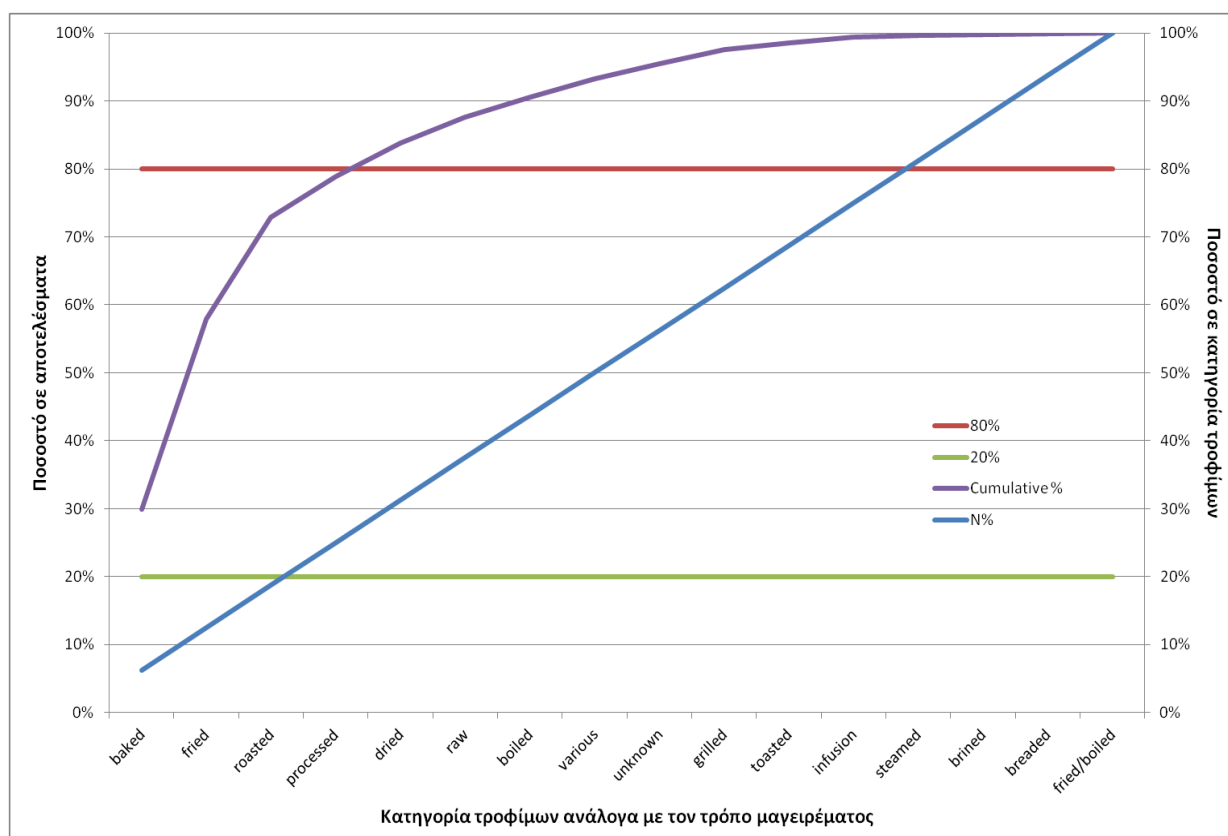
Κατηγορία τροφίμων με βάση τον τρόπο μαγειρέματος

Ένας από τους τρόπους που χρησιμοποιήθηκε για την κατηγοριοποίηση των δεδομένων, ήταν η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για το μαγείρεμα των τροφίμων. Σύμφωνα με αυτήν την κατηγοριοποίηση, η πιο συχνή μέθοδος ήταν το ψήσιμο (639 δεδομένα = 29,9%) ενώ έπεται το τηγάνισμα (599 δεδομένα = 28,0%). Τις πέντε συχνότερα απαντώμενες μεθόδους μαγειρέματος συμπληρώνουν το roasted (322 δεδομένα = 15,1%), τα επεξεργασμένα τρόφιμα (128 δεδομένα = 6%) και τα αποξηραμένα (105 δεδομένα = 4,9%).



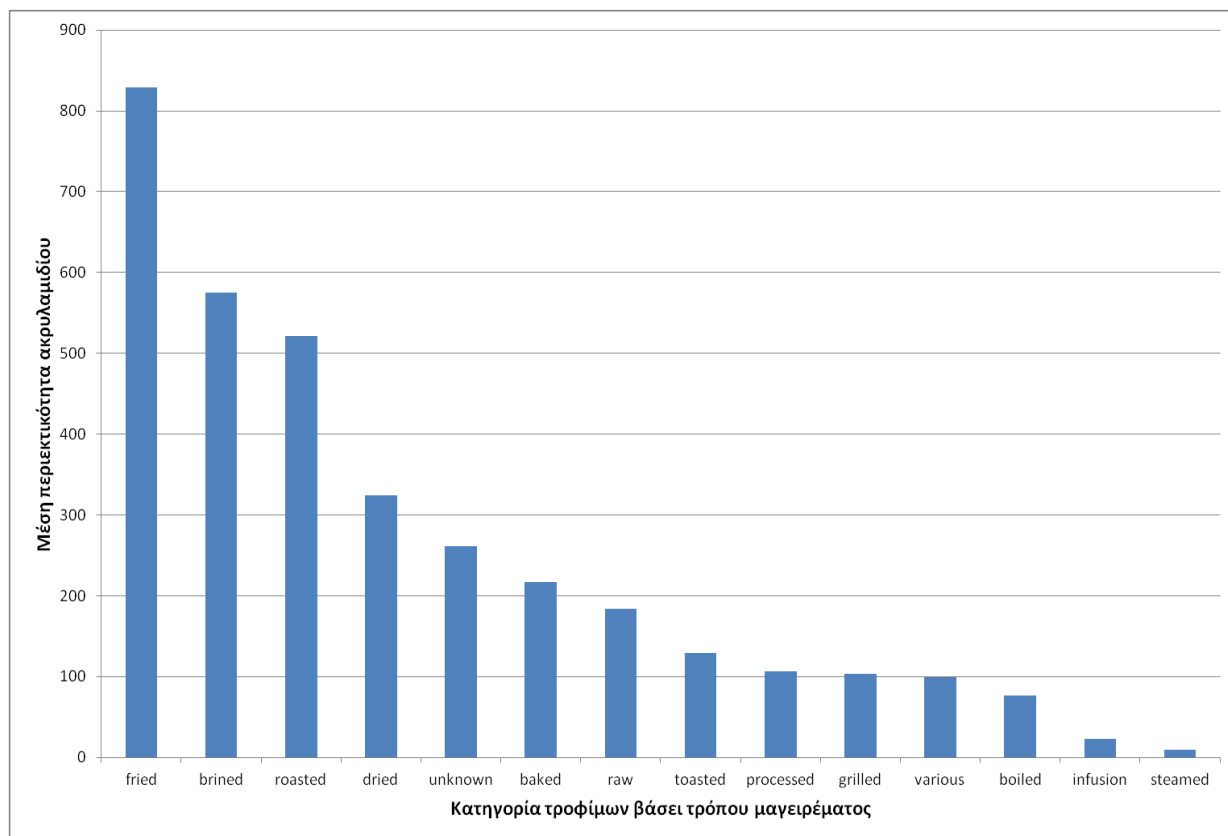
Σχήμα 21: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, από την κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος

Περισσότερο από το 80% ($\approx 83,8\%$) του συνόλου των αποτελεσμάτων σχετικά με τον τρόπο μαγειρέματος, έχει προέλθει από τους 5 πιο συχνά εμφανιζόμενους τρόπους μαγειρέματος των τροφίμων, όπως προέκυψαν από αυτήν την μελέτη, και αναφέρθηκαν προηγουμένως. Οι 5 αυτές μέθοδοι αποτελούν το 31% του συνόλου των μεθόδων που μελετήθηκαν. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από το ακόλουθο διάγραμμα Pareto.



Σχήμα 22: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος

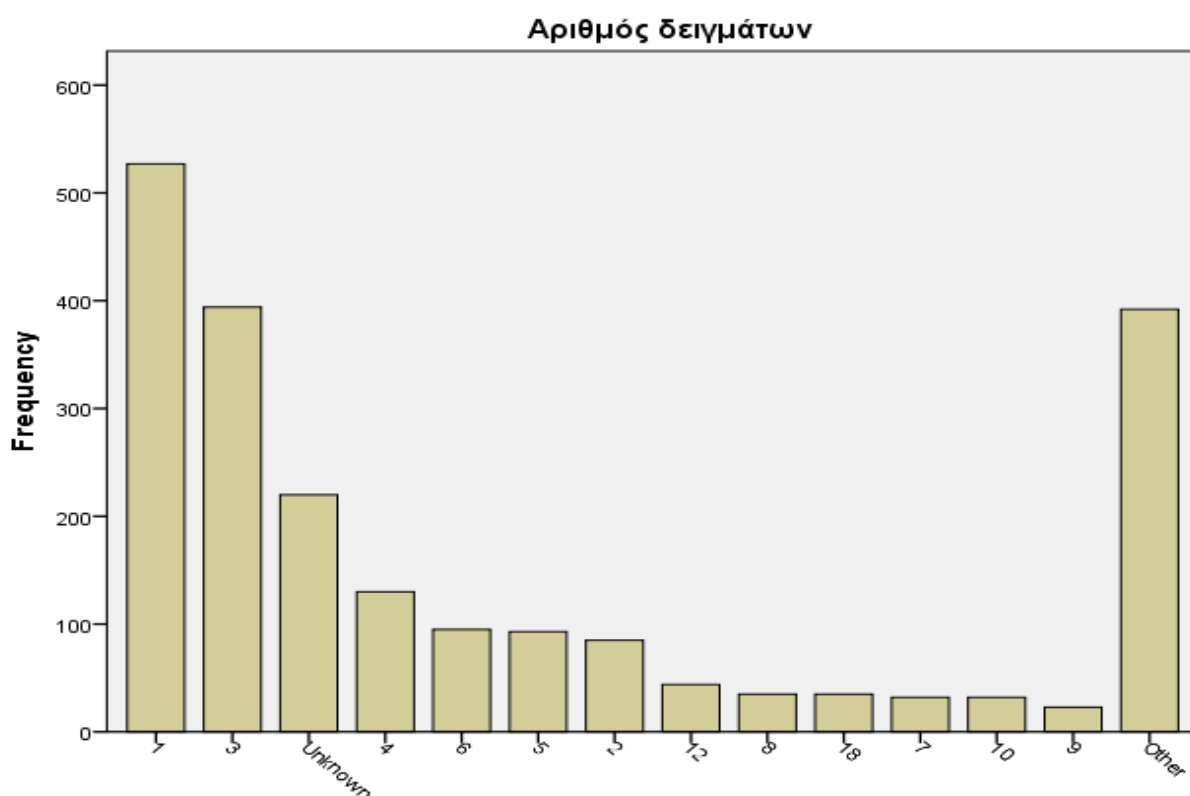
Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι μέσες περιεκτικότητες ακρυλαμιδίου για κάθε ομάδα βάσει του τρόπου μαγειρέματος. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι πρώτα, αναφορικά με την μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο είναι τα τηγανητά (828 $\mu\text{g/Kg}$). Ακολουθούν τα brined (σε άρμη) (575 $\mu\text{g/Kg}$), τα roasted (520 $\mu\text{g/Kg}$) και τα dried (323 $\mu\text{g/Kg}$).



Σχήμα 23: Ραβδόγραμμα μέσης περιεκτικότητας ακρυλαμιδίου στην κατηγορία τροφίμων βάσει του τρόπου μαγειρέματος

Αριθμός δειγμάτων

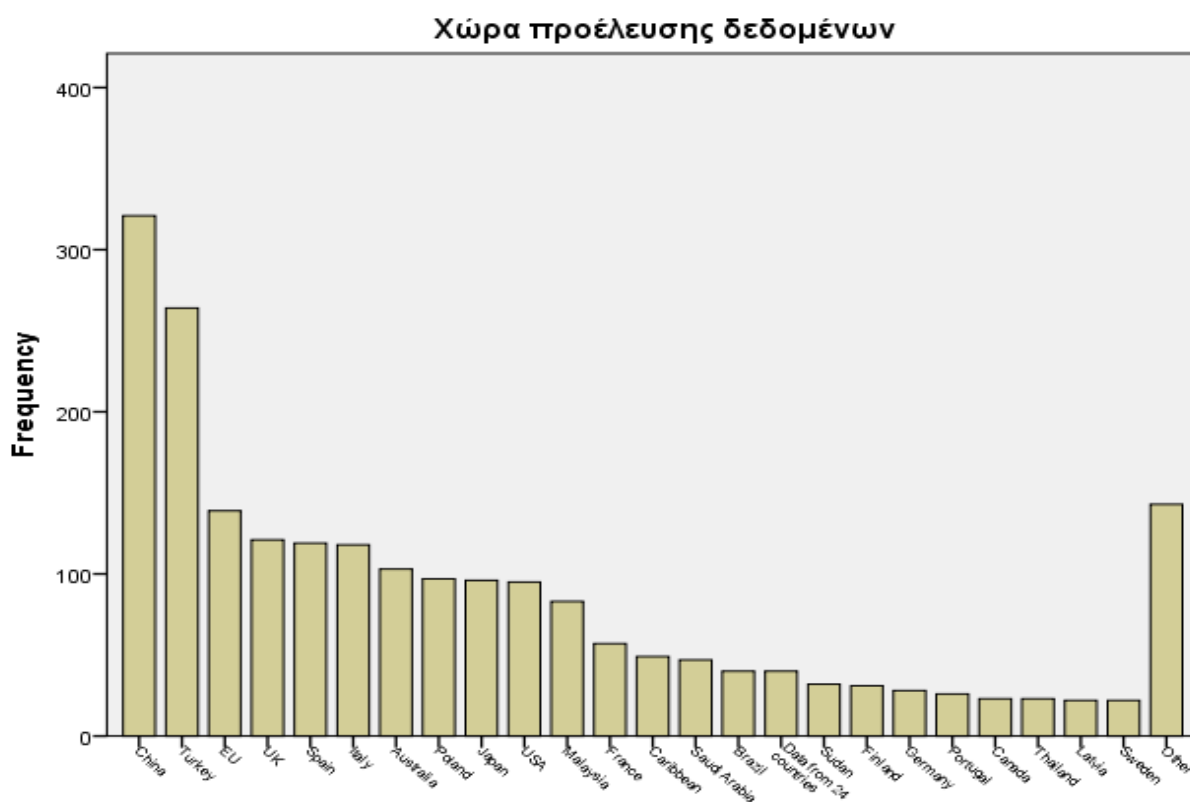
Αναφορικά με τον αριθμό των δειγμάτων που αναλύθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, οι περισσότεροι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει μόνο ένα δείγμα προκειμένου να εξαγάγουν αποτέλεσμα (527 δεδομένα =24,6%) ενώ έπονται τα τρία δείγματα για κάθε τρόφιμο (394 δεδομένα=18,4%). Αρκετές από τις μελέτες που ανασκοπήθηκαν, δεν αναφέρουν τον αριθμό των δειγμάτων που χρησιμοποίησαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων (220 δεδομένα=10,3%), όπως φαίνεται και στο παρακάτω ραβδόγραμμα.



Σχήμα 24: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, με βάση τον αριθμό των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση

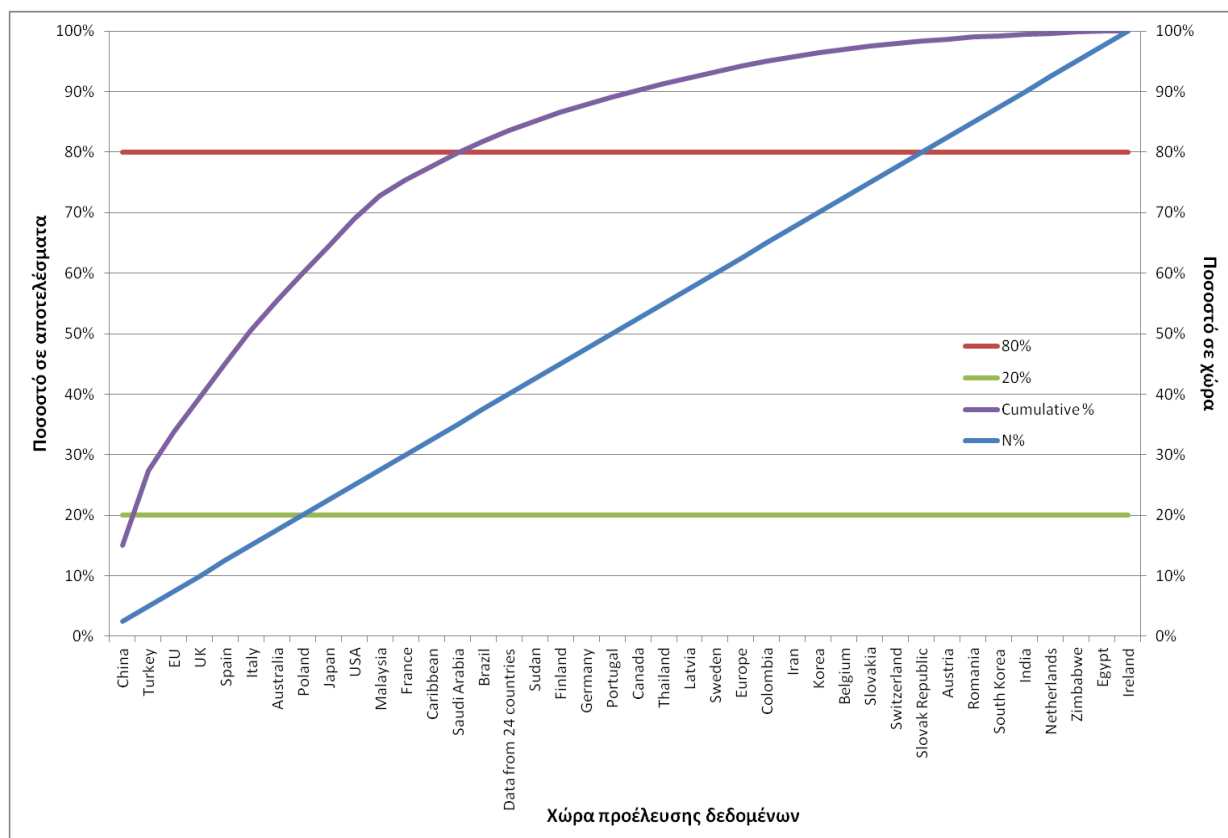
Χώρα προέλευσης δεδομένων

Ένα ακόμη δεδομένο που μελετήθηκε από τις έρευνες που εξετάστηκαν, ήταν η χώρα στην οποία διεξάγονταν η μελέτη. Η χώρα με τις περισσότερες μελέτες στον τομέα του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα ήταν η Κίνα (321 δεδομένα = 15%). Εν συνεχεία, αρκετές μελέτες διεξήχθησαν στην Τουρκία (264 δεδομένα = 12,3%) αλλά και στην Ε.Ε. (139 δεδομένα = 6,5%). Την πεντάδα ολοκληρώνουν το Ηνωμένο Βασίλειο (121 δεδομένα = 5,7%) και η Ισπανία (119 δεδομένα = 5,6%), όπως φαίνεται και από το παρακάτω ραβδόγραμμα.



Σχήμα 25: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, με βάση την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη.

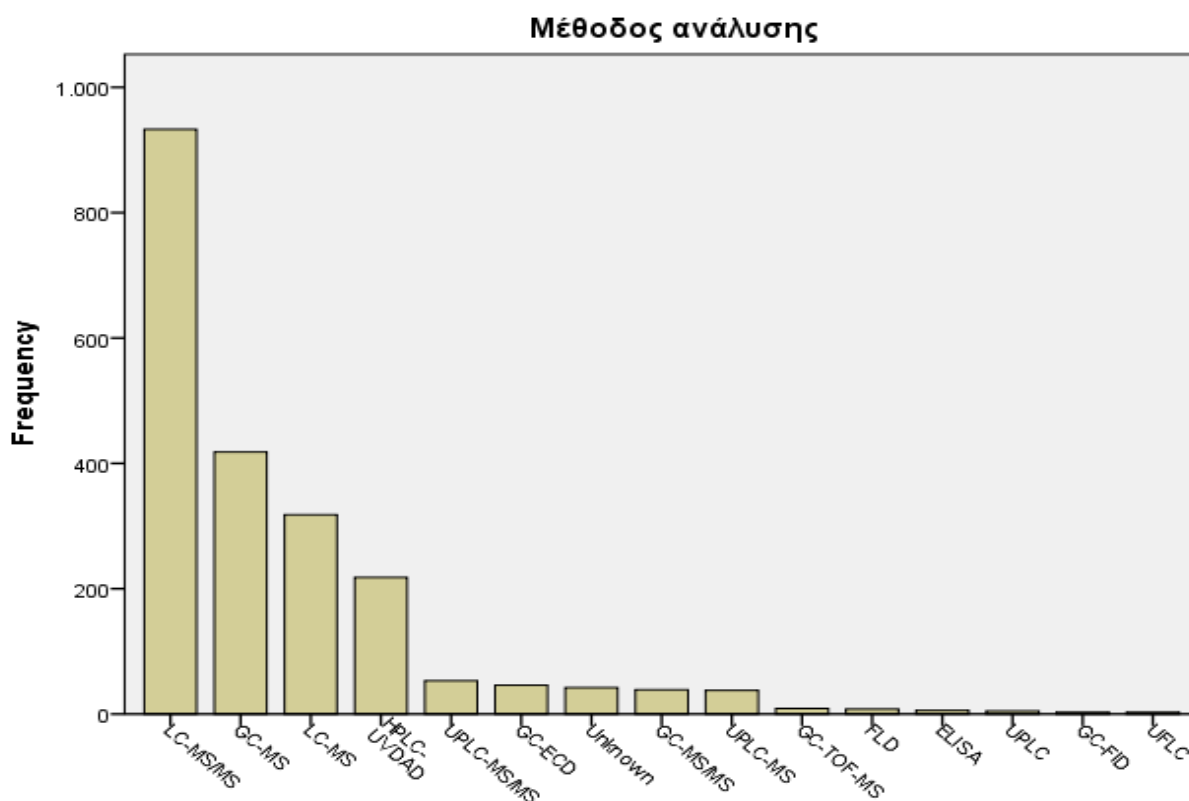
Από το παρακάτω διάγραμμα Pareto προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα. Αρχικά το 81,8% των αποτελεσμάτων προκύπτουν από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε 15 χώρες (Κίνα, Τουρκία, Ε.Ε., Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία, Ιταλία, Αυστραλία, Πολωνία, Ιαπωνία, Η.Π.Α., Μαλαισία, Γαλλία, Καραϊβική, Σαουδική Αραβία και Βραζιλία). Οι 15 αυτές χώρες αποτελούν το 38% του συνόλου των χωρών που καταγράφηκαν.



Σχήμα 26: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων με βάση την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη.

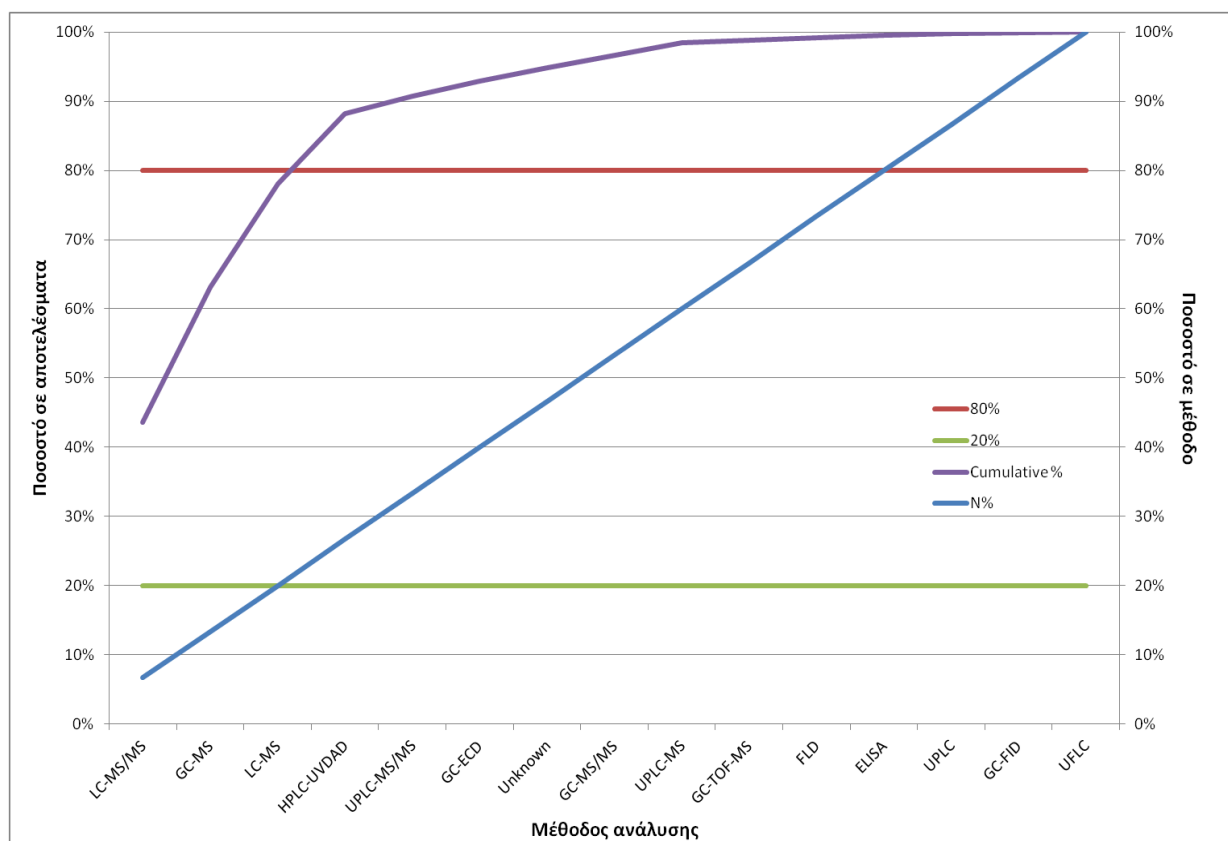
Μέθοδος επεξεργασίας τροφίμων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατηγοριοποιήθηκαν και με βάση την μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα. Με μεγάλη διαφορά η κυρίαρχη μέθοδος ανάλυσης του ακρυλαμιδίου είναι η LC-MS/MS (933 δεδομένα = 43,6%). Ακολουθεί η GC-MS (418 δεδομένα = 19,5%), η LC-MS (318 δεδομένα = 14,9%), η HPLC-UV/DAD (218 δεδομένα = 10,2%) και η UPLC-MS/MS (53 δεδομένα = 2,5%).



Σχήμα 27: Ραβδόγραμμα συχνότητας εμφάνισης τροφίμων, με βάση την μέθοδο ανάλυσης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

Από το παρακάτω διάγραμμα Pareto προκύπτει ότι το 78% των αποτελεσμάτων αφορά ανάλυση ακρυλαμίδιου που διενεργήθηκε με μια από τις 3 πρώτες μεθόδους, οι οποίες αποτελούν μόνο το 20% του συνόλου των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για ανάλυση ακρυλαμιδίου σε όλες της μελέτες.



Σχήμα 28: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων με βάση την μέθοδο ανάλυσης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.

Σχετικά με τις μελέτες από τις οποίες συλλέχθηκαν οι πληροφορίες, αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, βάσει του αριθμού των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την κάθε μελέτη. Όπως παρατηρούμε οι περισσότερες πληροφορίες της παρούσας έρευνας προέρχονται από τις εξής μελέτες.

1. EFSA. (2012). Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. EFSA Journal. (139 δεδομένα)
2. Croff M., Tong P., Fuentes D., Hambridge T. (2004) Australian survey of acrylamide in carbohydrate-based foods. Food Additives and Contaminants 21 (8), pp. 721-736 (103 δεδομένα)
3. Moy, G. G., & Vannoort, R. W. (2013). Total diet studies. (75 δεδομένα)
4. Can, N. O., & Arli, G. (2014). Analysis of acrylamide in traditional and nontraditional foods in turkey using HPLC-DAD with SPE cleanup. Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies, 37(6), 850-863. doi: 10.1080/10826076.2012.758148 (59 δεδομένα)
5. Michalak, J., Gujska, E., & Klepacka, J. (2011). The Effect of Domestic Preparation of Some Potato Products on Acrylamide Content. Plant Foods for Human Nutrition, 66(4), 307-312. doi: 10.1007/s11130-011-0252-2 (53 δεδομένα)

Πίνακας 4: Πηγή προέλευσης δεδομένων

	Έρευνα –Πηγή	Συχνότητα
1	EFSA. (2012). Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. EFSA Journal. (EFSA, 2012)	139
2	Croff M., Tong P., Fuentes D., Hambridge T. (2004) Australian survey of acrylamide in carbohydrate-based foods. Food Additives and Contaminants 21 (8), pp. 721-736 (Croff, Tong, Fuentes, & Hambridge, 2004)	103
3	Moy, G. G., & Vannoort, R. W. (2013). Total diet studies.(Moy & Vannoort, 2013)	75
4	Can, N. O., & Arli, G. (2014). Analysis of acrylamide in traditional and nontraditional foods in turkey using HPLC-DAD with SPE cleanup. Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies, 37(6), 850-863. doi: 10.1080/10826076.2012.758148(Can & Arli, 2014)	59
5	Michalak, J., Gujska, E., & Klepacka, J. (2011). The Effect of Domestic Preparation of Some Potato Products on Acrylamide Content. Plant Foods for Human Nutrition, 66(4), 307-312. doi: 10.1007/s11130-011-0252-2 (Michalak, Gujska, & Klepacka, 2011)	53
6	Leung K.S., Lin A., Tsang C.K., Yeung S.T.K. (2003) Acrylamide in Asian foods in Hong Kong. Food Additives and Contaminants 20 (12), pp. 1105-1113	52
7	Hu`lya O`lmez, Fatih Tuncay, Nihat O`zcan, Songu`n Demirel. (2008) A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market. Journal of Food Composition and Analysis	50

8	Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. <i>Food Chem</i> , 133(2), 451-457. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.01.067 (Bent, Maragh, & Dasgupta, 2012)	49
9	Sadd P., Hamlet C. (2005) The formation of acrylamide in UK cereal products <i>Advances in Experimental Medicine and Biology</i> 561, pp. 415-429 (Sadd & Hamlet, 2005)	46
10	Mizukami, Y., Yoshida, M., Isagawa, S., Yamazaki, K., & Ono, H. (2014). Acrylamide in roasted barley grains: presence, correlation with colour and decrease during storage. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 31(6), 995-1000. doi: 10.1080/19440049.2014.910614 (Mizukami, Yoshida, Isagawa, Yamazaki, & Ono, 2014)	45
11	Charoenprasert, S., & Mitchell, A. (2014). Influence of California-style black ripe olive processing on the formation of acrylamide. <i>J Agric Food Chem</i> , 62(34), 8716-8721. doi: 10.1021/jf5022829 (Charoenprasert & Mitchell, 2014)	40
12	Lim, P. K., Jinap, S., Sanny, M., Tan, C. P., & Khatib, A. (2014). The influence of deep frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato (<i>Ipomoea batatas</i> L. Lam) chips. <i>J Food Sci</i> , 79(1), T115-121. doi: 10.1111/1750-3841.12250 (P. K. Lim, Jinap, Sanny, Tan, & Khatib, 2014)	40
13	EVALUATION OF CERTAIN FOOD CONTAMINANTS. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives-WHO Geneva 2006/ food items analysed between 2002 and 2004.	40
14	Chenabc F., Yuanad Y., Liuabc J., Zhaoabc G., Huabc X. (2008) Survey of acrylamide levels in Chinese foods. <i>Food Additives and Contaminants: Part B</i> , 1: 2, 85 — 92 (F. Chen, Yuan, Liu, Zhao, & Hu, 2008)	40
15	Loaec, G., Jacolot, P., Helou, C., Niquet-Leridon, C., & Tessier, F. J. (2014). Acrylamide, 5-hydroxymethylfurfural and N(epsilon)-carboxymethyl-lysine in coffee substitutes and instant coffees. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 31(4), 593-604. doi: 10.1080/19440049.2014.885661(Loaec, Jacolot, Helou, Niquet-Leridon, & Tessier, 2014)	36
16	Wong, W. W., Chung, S. W., Lam, C. H., Ho, Y. Y., & Xiao, Y. (2014). Dietary exposure of Hong Kong adults to acrylamide: results of the first Hong Kong Total Diet Study. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 31(5), 799-805. doi: 10.1080/19440049.2014.898189 (Wong, Chung, Lam, Ho, & Xiao, 2014)	36
17	El-Ziney M.G., Al-Turki A.A. and Tawfik M.S. (2009) Acrylamide Status in Selected Traditional Saudi Foods and Infant Milk and Foods with Estimation of Daily Exposure. <i>American Journal of Food Technology</i> Volume: 4 Issue: 5 Page No.: 177-191	36
18	Russo, M. V., Avino, P., Centola, A., Notardonato, I., & Cinelli, G. (2014). Rapid and simple determination of acrylamide in conventional cereal-based foods and potato chips through conversion to 3-[bis(trifluoroethanoyl)amino]-3-oxopropyl trifluoroacetate by gas chromatography coupled with electron capture and ion trap mass spectrometry detectors. <i>Food Chem</i> , 146, 204-211. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.09.050 (Russo, Avino, Centola, Notardonato, & Cinelli, 2014)	35
19	Ono H., Chuda Y., Ohnishi-Kameyama M., Yada H., Ishizaka M., Kobayashi H., Yoshida M. (2003) Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. <i>Food Addit Contam</i> . 20(3):215-20. (Ono et al., 2003)	33
20	Bermudo E., Moyano E., Puignou L., Galceran M.T. (2008) Liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry for the analysis of acrylamide in typical Spanish products. <i>Talanta</i> 76 (2), pp. 389-394 (Bermudo, Moyano, Puignou, & Galceran, 2008)	33
21	Delgado-Andrade, C., Mesías, M., Morales, F. J., Seiquer, I., & Navarro, M. P. (2012). Assessment of acrylamide intake of Spanish boys aged 11-14 years consuming a traditional and balanced diet. <i>LWT - Food Science and Technology</i> ,	31

	46(1), 16-22. doi: 10.1016/j.lwt.2011.11.006(Delgado-Andrade, Mesías, Morales, Seiquer, & Navarro, 2012)	
22	Zhu, F., Cai, Y. Z., Ke, J., & Corke, H. (2011). Dietary plant materials reduce acrylamide formation in cookie and starch-based model systems. <i>J Sci Food Agric</i> , 91(13), 2477-2483. doi: 10.1002/jsfa.4491(Zhu, Cai, Ke, & Corke, 2011)	31
23	Andrzejewski D., Roach J.A.G., Gay M.L., Musser S.M. (2004) Analysis of Coffee for the Presence of Acrylamide by LC-MS/MS. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 52 (7), pp. 1996-2002(Andrzejewski, Roach, Gay, & Musser, 2004)	31
24	Eerola S., Hollebekkers K., Hallikainen A., Peltonen K. (2007) Acrylamide levels in Finnish foodstuffs analysed with chromatography tandem mass. <i>Molecular Nutrition & Food Research</i> 51 (2), pages 239–247 (Eerola, Hollebekkers, Hallikainen, & Peltonen, 2007)	31
25	Alpozen, E., & Uren, A. (2013). Determination of acrylamide levels of "Izmir gevregi" and effects of cooking parameters on acrylamide formation. <i>J Agric Food Chem</i> , 61(30), 7212-7218. doi: 10.1021/jf401684d(Alpozen & Uren, 2013)	30
26	Ötles S. and Ötles S. (2004). Acrylamide in food: chemical structure of acrylamide. <i>The Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry</i> , 3(5):1–8	29
27	Şenyuva H.Z., Gökmen V. (2005) Survey of acrylamide in Turkish foods by an in-house validated LC-MS method. <i>Food Additives and Contaminants</i> 22 (3), pp. 204-209 (Senyuva & Gokmen, 2005)	27
28	Tateo F., Bononi M., Andreoli G. (2007) Acrylamide levels in cooked rice, tomato sauces and some fast food on the Italian market. <i>Journal of Food Composition and Analysis</i> 20, pages 232–235 (Tateo & Bononi, 2003)	26
29	Omar, M. M., Elbashir, A. A., & Schmitz, O. J. (2015). Determination of acrylamide in Sudanese food by high performance liquid chromatography coupled with LTQ Orbitrap mass spectrometry. <i>Food Chem</i> , 176, 342-349. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.091 (Omar, Elbashir, & Schmitz, 2015)	24
30	Kaplan O., Kaya G., Ozcan C., Ince M., Yaman M. (2009) Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry. <i>Microchemical Journal</i> 93 (2), pp. 173-179	24
31	Notardonato, I., Avino, P., Centola, A., Cinelli, G., & Russo, M. V. (2013). Validation of a novel derivatization method for GC-ECD determination of acrylamide in food. <i>Anal Bioanal Chem</i> , 405(18), 6137-6141. doi: 10.1007/s00216-013-7001-3 (Notardonato, Avino, Centola, Cinelli, & Russo, 2013)	23
32	Pugajeva, I., Jaunbergs, J., & Bartkevics, V. (2015). Development of a sensitive method for the determination of acrylamide in coffee using high-performance liquid chromatography coupled to a hybrid quadrupole Orbitrap mass spectrometer. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 32(2), 170-179. doi: 10.1080/19440049.2014.1000979 (Pugajeva, Jaunbergs, & Bartkevics, 2015)	22
33	Siro, V., Hommet, F., Tard, A., & Leblanc, J. C. (2012). Dietary acrylamide exposure of the French population: results of the second French Total Diet Study. <i>Food Chem Toxicol</i> , 50(3-4), 889-894. doi: 10.1016/j.fct.2011.12.033 (Siro, Hommet, Tard, & Leblanc, 2012)	21
34	Arisseto A.P., Toledo M.C., Govaert Y., Van Loco J., Fraselle S., Weverbergh E., Degroodt J.M. (2007) Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. <i>Food Additives and Contaminants</i> 24 (3), pp. 236-241 (Arisseto et al., 2007)	20
35	Komthong, P., Suriyaphan, O., & Charoenpanich, J. (2012). Determination of acrylamide in Thai-conventional snacks from Nong Mon market, Chonburi using GC-MS technique. <i>Food Addit Contam Part B Surveill</i> , 5(1), 20-28. doi: 10.1080/19393210.2012.656145 (Komthong, Suriyaphan, & Charoenpanich, 2012)	19
36	Geng, Z., Wang, P., & Liu, A. (2011). Determination of acrylamide in starch-based foods by HPLC with pre-column ultraviolet derivatization. <i>J Chromatogr Sci</i> , 49(10), 818-824. (Geng, Wang, & Liu, 2011)	18

37	Troise, A. D., Fiore, A., & Fogliano, V. (2014). Quantitation of acrylamide in foods by high-resolution mass spectrometry. <i>J Agric Food Chem</i> , 62(1), 74-79. doi: 10.1021/jf404205b(Troise, Fiore, & Fogliano, 2014)	18
38	Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Alvarez, L., Duenas, P., Garzon, A., & Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. <i>Food Addit Contam Part B Surveill</i> , 8(2), 99-105. doi: 10.1080/19393210.2014.995236 (Pacetti et al., 2015)	17
39	Sanny, M., Luning, P. A., Jinap, S., Bakker, E. J., & van Boekel, M. A. (2013). Effect of frying instructions for food handlers on acrylamide concentration in French fries: an explorative study. <i>J Food Prot</i> , 76(3), 462-472. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-049 (Sanny, Luning, Jinap, Bakker, & van Boekel, 2013)	17
40	Demirok, E., & Kolsarici, N. (2014). Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of acrylamide in fried chicken drumsticks and chicken wings. <i>Food Research International</i> , 63, 290-298. doi: 10.1016/j.foodres.2014.04.003(Demirok & Kolsarici, 2014)	16
41	Bermudo E., Núñez O., Puignou L., Galceran M.T. (2006) Analysis of acrylamide in food products by in-line preconcentration capillary zone electrophoresis. <i>Journal of Chromatography A</i> 1129 (1), pp. 129-134 (Bermudo et al., 2008)	16
42	Zhang Y., Ren Y., Zhao H., Zhang Y. (2007) Determination of acrylamide in Chinese traditional carbohydrate-rich foods using gas chromatography with micro-electron capture detector and isotope dilution liquid chromatography combined with electrospray ionization tandem mass spectrometry <i>Analytica Chimica Acta</i> 584 (2), pp. 322-332(Y. Zhang, Ren, Zhao, & Zhang, 2007)	16
43	Chen, Y. H., Xia, E. Q., Xu, X. R., Ling, W. H., Li, S., Wu, S., Li, H. B. (2012). Evaluation of acrylamide in food from China by a LC/MS/MS method. <i>Int J Environ Res Public Health</i> , 9(11), 4150-4158. doi: 10.3390/ijerph9114150(Y. H. Chen et al., 2012)	15
44	Arissetoa A.P., M.C.de Figueiredo Toledo, Govaertb Y., J.van Locob, Frasselb S., Degroodtb J.M., Rosseto Carobac D.C. (2009) Contribution of selected foods to acrylamide intake by a population of Brazilian adolescents. <i>Food Science and Technology</i> . V.42,Is.1. Pages 207-211	15
45	Normandin, L., Bouchard, M., Ayotte, P., Blanchet, C., Becalski, A., Bonvalot, Y., Courteau, M. (2013). Dietary exposure to acrylamide in adolescents from a Canadian urban center. <i>Food Chem Toxicol</i> , 57, 75-83. doi: 10.1016/j.fct.2013.03.005(Normandin et al., 2013)	14
46	Roach J.A.G., Andrzejewski D., Gay M.L., Nortrup D., Musser S.M. (2003) Rugged LC-MS/MS Survey Analysis for Acrylamide in Foods. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 51 (26), pp. 7547-7554	14
47	Zhang Y., Jiao J., Ren Y., Wu X., Zhang Y. (2005) Determination of acrylamide in infant cereal-based foods by isotope dilution liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry. <i>Analytica Chimica Acta</i> 551 (1-2), pp. 150-158	14
48	Mojska, H., Gielecinska, I., Szponar, L., & Oltarzewski, M. (2010). Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. <i>Food Chem Toxicol</i> , 48(8-9), 2090-2096. doi: 10.1016/j.fct.2010.05.009(Mojska, Gielecinska, Szponar, & Oltarzewski, 2010)	13
49	Liu, C., Luo, F., Chen, D., Qiu, B., Tang, X., Ke, H., & Chen, X. (2014). Fluorescence determination of acrylamide in heat-processed foods. <i>Talanta</i> , 123, 95-100. doi: 10.1016/j.talanta.2014.01.019(C. Liu et al., 2014)	12
50	Mesias, M., & Morales, F. J. (2015). Acrylamide in commercial potato crisps from Spanish market: Trends from 2004 to 2014 and assessment of the dietary exposure. <i>Food Chem Toxicol</i> , 81, 104-110. doi: 10.1016/j.fct.2015.03.031(Mesias & Morales, 2015)	12
51	Quan, Y., Chen, M., Zhan, Y., & Zhang, G. (2011). Development of an enhanced chemiluminescence ELISA for the rapid detection of acrylamide in food products. <i>J Agric Food Chem</i> , 59(13), 6895-6899. doi: 10.1021/jf200954w(Quan, Chen, Zhan, & Zhang, 2011)	12

52	Sanny, M., Jinap, S., Bakker, E. J., Van Boekel, M. A. J. S., & Luning, P. A. (2012). Is lowering reducing sugars concentration in French fries an effective measure to reduce acrylamide concentration in food service establishments? <i>Food Chem</i> , 135(3), 2012-2020. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.06.052(M. Sanny, S. Jinap, E. J. Bakker, M. A. J. S. Van Boekel, & P. A. Luning, 2012)	12
53	Koh B.K.(2006) Determination of acrylamide content of food products in Korea <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i> 86 (15), pp. 2587-2591	12
54	Alves R. C., Soares C., Casala S., Beatriz J.O. F. and M., Oliveiraa P.P. (2010) Acrylamide in espresso coffee: Influence of species, roast degree and brew length. <i>Food Chemistry Volume</i> 119, Issue 3, Pages 929-934	12
55	Constantin, O. E., Kukurová, K., Neagu, C., Bednářiková, A., Ciesarová, Z., & Râpeanu, G. (2014). Modelling of acrylamide formation in thermally treated red bell peppers (<i>Capsicum annuum</i> L.). <i>European Food Research and Technology</i> , 238(1), 149-156. doi: 10.1007/s00217-013-2086-7(Constantin et al., 2014)	11
56	Mojska, H., & Gielecinska, I. (2013). Studies of acrylamide level in coffee and coffee substitutes: influence of raw material and manufacturing conditions. <i>Rocz Panstw Zakl Hig</i> , 64(3), 173-181(Mojska & Gielecinska, 2013).	11
57	Yamazaki, K., Isagawa, S., Kibune, N., & Urushiyama, T. (2012). A method for the determination of acrylamide in a broad variety of processed foods by GC-MS using xanthidrol derivatization. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 29(5), 705-715. doi: 10.1080/19440049.2011.645217(Yamazaki, Isagawa, Kibune, & Urushiyama, 2012)	11
58	Tawfik M.S., El-Ziney M.G. (2008) Acrylamide Levels in Selected Foods in Saudi Arabia with Reference to Health-Risk Assessment of Dietary Acrylamide Intake. <i>American Journal of Food Technology V.3, Is.6 Page No.:</i> 347-353	11
59	Molina-Garcia, L., Santos, C. S. P., Melo, A., Fernandes, J. O., Cunha, S. C., & Casal, S. (2015). Acrylamide in Chips and French Fries: a Novel and Simple Method Using Xanthidrol for Its GC-MS Determination. <i>Food Analytical Methods</i> , 8(6), 1436-1445. doi: 10.1007/s12161-014-0014-5(Molina-Garcia et al., 2015)	10
60	Sun, S. Y., Fang, Y., & Xia, Y. M. (2012). A facile detection of acrylamide in starchy food by using a solid extraction-GC strategy. <i>Food Control</i> , 26(2), 220-222. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.01.028(Sun, Fang, & Xia, 2012)	10
61	Yang, L. X., Zhang, G. X., Yang, L. X., & He, Y. (2012). LC-MS/MS determination of acrylamide in instant noodles from supermarkets in the Hebei province of China. <i>Food Addit Contam Part B Surveill</i> , 5(2), 100-104. doi: 10.1080/19393210.2012.658874(Yang, Zhang, Yang, & He, 2012)	10
62	Jiao J., Zhang Y., Ren Y., Wu X., Zhang Y. (2005) Development of a quantitative method for determination of acrylamide in infant powdered milk and baby foods in jars using isotope dilution liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry. <i>Journal of Chromatography A</i> 1099 (1-2), pp. 198-202(Jiao, Zhang, Ren, Wu, & Zhang, 2005)	10
63	SCIENTIFIC REPORT OF EFSA Results on the monitoring of acrylamide levels in food. A Report of the Data Collection and Exposure Unit in Response to a request from the European Commission. Issued on 30 April 2009-covering food sampled in 2007	10
64	SCIENTIFIC REPORT OF EFSA Results on the monitoring of acrylamide levels in food. A Report of t(M. Sanny, S. Jinap, E. J. Bakker, M. A. van Boekel, & P. A. Luning, 2012)he Data Collection and Exposure Unit in Response to a request from the European Commission. Issued on 30 April 2009-covering food sampled in 2003-2006.	10
65	Marchettini, N., Focardi, S., Guarnieri, M., Guerranti, C., & Perra, G. (2013). Determination of acrylamide in local and commercial cultivar of potatoes from biological farm. <i>Food Chem</i> , 136(3-4), 1426-1428. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.077(Marchettini, Focardi, Guarnieri, Guerranti, & Perra,	9

	2013)	
66	Sanny, M., Jinap, S., Bakker, E. J., van Boekel, M. A., & Luning, P. A. (2012). Possible causes of variation in acrylamide concentration in French fries prepared in food service establishments: an observational study. <i>Food Chem</i> , 132(1), 134-143. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.10.044	9
67	Wang, H., Feng, F., Guo, Y., Shuang, S., & Choi, M. M. F. (2013). HPLC-UV quantitative analysis of acrylamide in baked and deep-fried Chinese foods. <i>Journal of Food Composition and Analysis</i> , 31(1), 7-11. doi: 10.1016/j.jfca.2013.02.006	9
68	Data from BVL (2003)	9
69	Svensson K., Abramsson L., Becker W., Glynn A., Hellenäs K. -E., Lind Y., Rosén J. (2003) Dietary intake of acrylamide in Sweden. <i>Food and Chemical Toxicology</i> , 41 (11), Pages 1581-1586(Svensson et al., 2003)	9
70	Delatour T., Périsset A., Goldmann T., Riediker S., Stadler R.H.(2004) Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrixes such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 52 (15), pp. 4625-4631 (Delatour, Perisset, Goldmann, Riediker, & Stadler, 2004)	9
71	Becalski A, Stadler R, Hayward S, Kotello S, Krakalovich T, Lau BP, Roscoe V, Schroeder S, Trelka R. Antioxidant capacity of potato chips and snapshot trends in acrylamide content in potato chips and cereals on the Canadian market. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> . 2010 Sep;27(9):1193-8.(Becalski et al., 2010)	9
72	Kukurová, K., Constantin, O. E., Dubová, Z., Tobolková, B., Suhaj, M., Nystazou, Z., Ciesarová, Z. (2015). Acrylamide content and antioxidant capacity in thermally processed fruit products. <i>Potravinárstvo</i> , 9(1), 90-94. doi: 10.5219/423(Kukurová et al., 2015)	8
73	Omar, M. M., Wan Ibrahim, W. A., & Elbashir, A. A. (2014). Sol-gel hybrid methyltrimethoxysilane-tetraethoxysilane as a new dispersive solid-phase extraction material for acrylamide determination in food with direct gas chromatography-mass spectrometry analysis. <i>Food Chem</i> , 158, 302-309. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.045(Omar, Wan Ibrahim, & Elbashir, 2014)	8
74	Xu, X. M., He, H. L., Zhu, Y., Feng, L., Ying, Y., Huang, B. F., Ren, Y. P. (2013). Simultaneous determination of 3-monochloropropane-1,2-diol and acrylamide in food by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry with coupled column separation. <i>Anal Chim Acta</i> , 760, 93-99. doi: 10.1016/j.aca.2012.11.036(X. M. Xu et al., 2013)	8
75	Viklund G., Mendoza F., Sjöholm I., Skog K. (2007) An experimental set-up for studying acrylamide formation in potato crisps. <i>LWT - Food Science and Technology</i> 40 (6), pp. 1066-1071	8
76	Cengiz, M. F., & Gündüz, C. P. B. (2013). Acrylamide exposure among Turkish toddlers from selected cereal-based baby food samples. <i>Food and Chemical Toxicology</i> , 60, 514-519. doi: 10.1016/j.fct.2013.08.018(Cengiz & Gündüz, 2013)	7
77	Douny, C., Widar, J., Maghuin-Rogister, G., Pauw, E. D., & Scippo, M.-L. (2012). Quantification of Acrylamide in Various Belgian Potato Products Using Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry Detection. <i>Food and Public Health</i> , 2(5), 137-141. doi: 10.5923/j.fph.20120205.04	7
78	Oroian, M., Amariei, S., & Gutt, G. (2015). Acrylamide in Romanian food using HPLC-UV and a health risk assessment. <i>Food Addit Contam Part B Surveill</i> , 8(2), 136-141. doi: 10.1080/19393210.2015.1010240(Oroian, Amariei, & Gutt, 2015)	7
79	Hoenicke K., Gatermann R., Harder W., Hartig L. (2004) Analysis of acrylamide in different foodstuffs using liquid chromatography-tandem mass spectrometry and gas chromatography-tandem mass spectrometry. <i>Analytica Chimica Acta</i> 520 (1-2), pp. 207-215	7
80	Murkovic, M. Acrylamide in Austrian foods. <i>Journal of Biochemical and Biophysical</i>	7

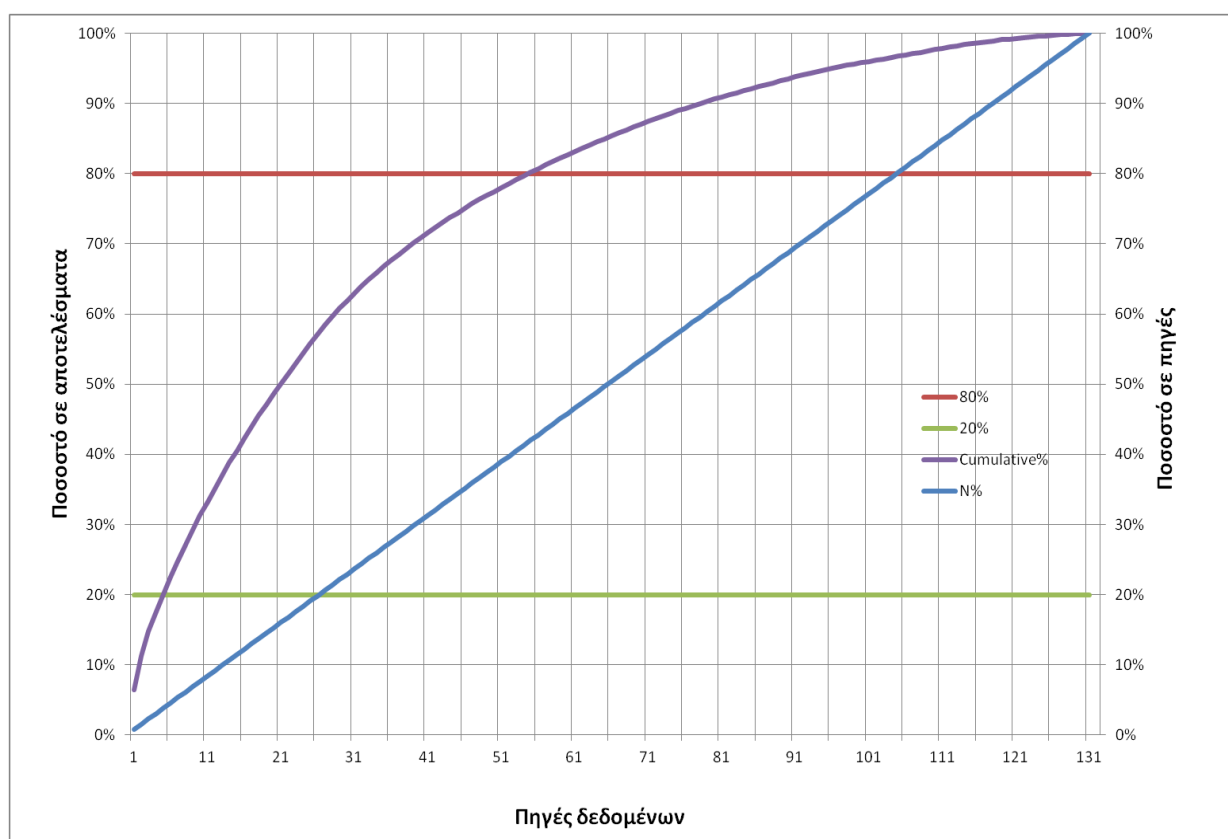
	Methods 61 (1-2 SPEC. ISS.), pp. 161-167(Murkovic, 2004)	
81	Yoshida M., Ono H., Chuda Y., Yada H., Ohnishi-Kameyama M., Kobayashi H., Ohara-Takada A., Yamaguchi Y. (2005) Acrylamide in Japanese processed foods and factors affecting acrylamide level in potato chips and tea. <i>Advances in Experimental Medicine and Biology</i> 561, pp. 405-413 (Yoshida et al., 2005)	7
82	Rufián-Henares J.A., Morales F.J. (2006) Determination of acrylamide in potato chips by a reversed-phase LC-MS method based on a stable isotope dilution assay. <i>Food Chemistry</i> 97 (3), pp. 555-562 (Rufián-Henares, Arribas-Lorenzo, & Morales, 2007)	7
83	Bortolomeazzi, R., Munari, M., Anese, M., & Verardo, G. (2012). Rapid mixed mode solid phase extraction method for the determination of acrylamide in roasted coffee by HPLC-MS/MS. <i>Food Chem</i> , 135(4), 2687-2693. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.057 (Bortolomeazzi, Munari, Anese, & Verardo, 2012)	6
84	Cheng, L., Jin, C., & Zhang, Y. (2014). Investigation of variations in the acrylamide and N(epsilon)-(carboxymethyl) lysine contents in cookies during baking. <i>J Food Sci</i> , 79(5), T1030-1038. doi: 10.1111/1750-3841.12450 (Cheng, Jin, & Zhang, 2014)	6
85	Ghiasvand, A. R., & Hajipour, S. (2016). Direct determination of acrylamide in potato chips by using headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-flame ionization detection. <i>Talanta</i> , 146, 417-422. doi: 10.1016/j.talanta.2015.09.004 (Ghiasvand & Hajipour, 2016)	6
86	Haase, N. U., Grothe, K. H., Matthaus, B., Vosmann, K., & Lindhauer, M. G. (2012). Acrylamide formation and antioxidant level in biscuits related to recipe and baking. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 29(8), 1230-1238. doi: 10.1080/19440049.2012.690349 (Haase, Grothe, Matthaus, Vosmann, & Lindhauer, 2012)	6
87	Trevisan, A. J., de Almeida Lima, D., Sampaio, G. R., Soares, R. A., & Markowicz Bastos, D. H. (2016). Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef. <i>Food Chem</i> , 196, 161-169. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.008 (Trevisan, de Almeida Lima, Sampaio, Soares, & Markowicz Bastos, 2016)	6
88	Zhang, G., Huang, G., Xiao, L., Seiber, J., & Mitchell, A. E. (2011). Acrylamide formation in almonds (<i>Prunus dulcis</i>): influences of roasting time and temperature, precursors, varietal selection, and storage. <i>J Agric Food Chem</i> , 59(15), 8225-8232. doi: 10.1021/jf201595q (G. Zhang, Huang, Xiao, Seiber, & Mitchell, 2011)	6
89	Zhang, H., Zhang, H., Cheng, L., Wang, L., & Qian, H. (2015). Influence of deep-frying using various commercial oils on acrylamide formation in French fries. <i>Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess</i> , 32(7), 1083-1088. doi: 10.1080/19440049.2015.1045559 (H. Zhang, Zhang, Cheng, Wang, & Qian, 2015)	6
90	Ren Y., Zhang Y., Jiao J., Cai Z., Zhang Y. (2006) Sensitive isotope dilution liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry method for the determination of acrylamide in chocolate. <i>Food Additives and Contaminants</i> 23 (3), pp. 228-236 (Ren, Zhang, Jiao, Cai, & Zhang, 2006)	6
91	Rufián-Henares J.A., Arribas-Lorenzo G., Morales F.J. (2007) Acrylamide content of selected Spanish foods: Survey of biscuits and bread derivatives. <i>Food Additives and Contaminants</i> 24 (4), pp. 343-350 (Rufián-Henares et al., 2007)	6
92	Cengiz, M. F., & Gunduz, C. P. (2014). An eco-friendly, quick and cost-effective method for the quantification of acrylamide in cereal-based baby foods. <i>J Sci Food Agric</i> , 94(12), 2534-2540. doi: 10.1002/jsfa.6592 (Cengiz & Gunduz, 2014)	5
93	Kocadağlı, T., Koray Palazoğlu, T., & Gökmen, V. (2012). Mitigation of acrylamide formation in cookies by using Maillard reaction products as recipe modifier in a combined partial conventional baking and radio frequency post-baking process. <i>European Food Research and Technology</i> , 235(4), 711-717. doi: 10.1007/s00217-012-1804-x (Kocadağlı, Koray Palazoğlu, & Gökmen, 2012)	5
94	Mojska, H., Gielecinska, I., & Stos, K. (2012). Determination of acrylamide level in commercial baby foods and an assessment of infant dietary exposure. <i>Food Chem Toxicol</i> , 50(8), 2722-2728. doi: 10.1016/j.fct.2012.05.023 (Mojska, Gielecinska, &	5

	Stos, 2012)	
95	Govaert Y., Ariseto A., Van Loco J., Scheers E., Fraselle S., Weverbergh E., Degroodt J.M., Goeyens L. (2006) Optimisation of a liquid chromatography-tandem mass spectrometric method for the determination of acrylamide in foods <i>Analytica Chimica Acta</i> 556 (2), pp. 275-280	5
96	Kim C.T., Hwang E.S., Lee H.J. (2006) An improved LC-MS/MS method for the quantitation of acrylamide in processed foods. <i>Food Chemistry</i> 101 (1), pp. 401-409	5
97	Skog K., Viklund G., Olsson K., Sjöholm I. (2008) Acrylamide in home-prepared roasted potatoes. <i>Molecular Nutrition & Food Research</i> . Volume 52, Issue 3, pages 307–312 (Skog, Viklund, Olsson, & Sjöholm, 2008)	5
98	Daniali G., Jinap S., Zaidul S.I.M., Hanifah N.L. (2010) Determination of acrylamide in banana based snacks by gas chromatography-mass spectrometry. <i>International Food Research Journal</i> . Volume 17, Issue 2, Pages 433-439	5
99	Erbas, M., Sekerci, H., Arslan, S., & Durak, A. N. (2012). Effect of sodium metabisulfite addition and baking temperature on maillard reaction in bread. <i>Journal of Food Quality</i> , 35(2), 144-151. doi: 10.1111/j.1745-4557.2012.00439.x (Erbas, Sekerci, Arslan, & Durak, 2012)	4
100	Hu, Q., Xu, X., Li, Z., Zhang, Y., Wang, J., Fu, Y., & Li, Y. (2014). Detection of acrylamide in potato chips using a fluorescent sensing method based on acrylamide polymerization-induced distance increase between quantum dots. <i>Biosensors and Bioelectronics</i> , 54, 64-71. doi: 10.1016/j.bios.2013.10.046 (Hu et al., 2014)	4
101	Kalita, D., & Jayanty, S. S. (2013). Reduction of acrylamide formation by vanadium salt in potato French fries and chips. <i>Food Chem</i> , 138(1), 644-649. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.123 (Kalita & Jayanty, 2013)	4
102	Liu, F., Liu, X., Zhang, S., Chen, T., & Zhao, J. (2014). Determination and separation mechanism of Acrylamide by high-performance liquid chromatography. <i>Instrumentation Science and Technology</i> , 42(4), 423-431. doi: 10.1080/10739149.2014.880148 (Liu, Liu, Zhang, Chen, & Zhao, 2014)	4
103	M.Motaghi, M.Ardebili, M.Honarvar, M.Mehrabani, & A.Baghizadeh. (2012). Determination of Acrylamide in Selected Types of Iranian Breads by SPME Technique. <i>Journal of Food Biosciences and Technology</i> . (M.Motaghi, M.Ardebili, M.Honarvar, M.Mehrabani, & A.Baghizadeh, 2012)	4
104	Malgorzata, W., Konrad, P. M., & Zielinski, H. (2016). Effect of roasting time of buckwheat groats on the formation of Maillard reaction products and antioxidant capacity. <i>Food Chem</i> , 196, 355-358. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.064 (Malgorzata, Konrad, & Zielinski, 2016)	4
105	Michalak, J., Gujska, E., & Kuncewicz, A. (2013). RP-HPLC-DAD studies on acrylamide in cereal-based baby foods. <i>Journal of Food Composition and Analysis</i> , 32(1), 68-73. doi: 10.1016/j.jfca.2013.08.006 (Michalak, Gujska, & Kuncewicz, 2013)	4
106	Sanganyado, E. (2011). Analysis of acrylamide in traditional foodstuffs in Zimbabwe. <i>African Journal of Food Science</i> , 5(17), 910-913. doi: 10.5897/AJFS11.193	4
107	Sertaç Özer, M., Kola, O., Altan, A., Duran, H., & Zorlugenç, B. (2012). Acrylamide content of some Turkish traditional desserts. <i>Journal of Food, Agriculture and Environment</i> , 10(1), 74-77. (Sertaç Özer, Kola, Altan, Duran, & Zorlugenç, 2012)	4
108	Shamla, L., & Nisha, P. (2014). Acrylamide in deep-fried snacks of India. <i>Food Addit Contam Part B Surveill</i> , 7(3), 220-225. doi: 10.1080/19393210.2014.894141 (Shamla & Nisha, 2014)	4
109	Zieliński, H., Ciesarova, Z., Troszyńska, A., Ceglińska, A., Zielińska, D., Amarowicz, R., Kukurova, K. (2012). Antioxidant properties, acrylamide content and sensory quality of ginger cakes with different formulations. <i>Polish Journal of Food and Nutrition Sciences</i> , 62(1), 41-50. doi: 10.2478/v10222-011-0038-0 (Zieliński et al., 2012)	4

110	Konings E.J.M., Baars A.J., J.D. van Klaveren, Spanjer M.C., Rensen P.M., Hiemstra M., J.A. van Kooij, Peters P.W.J. (2003) Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. <i>Food and Chemical Toxicology</i> , Volume 41, Issue 11, Pages 1569-1579(Konings et al., 2003)	4
111	Claus A., Weisz G.M., Kammerer D.R., Carle R., Schieber A. (2005) A method for the determination of acrylamide in bakery products using ion trap LC-ESI-MS/MS. <i>Molecular Nutrition and Food Research</i> 49 (10), pp. 918-925 (Claus, Weisz, Kammerer, Carle, & Schieber, 2005)	4
112	Soares C., Cunha S., Fernandes J. (2006) Determination of acrylamide in coffee and coffee products by GC-MS using an improved SPE clean-up. <i>Food Additives and Contaminants</i> 23 (12), pp. 1276-1282 (Soares, Cunha, & Fernandes, 2006)	4
113	Na Jom K., Jamnong P., Lertsiri S. (2008) Investigation of acrylamide in curries made from coconut milk <i>Food and Chemical Toxicology</i> 46 (1), pp. 119-124	4
114	Lim, H. H., & Shin, H. S. (2014). A new derivatization approach with D-cysteine for the sensitive and simple analysis of acrylamide in foods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. <i>J Chromatogr A</i> , 1361, 117-124. doi: 10.1016/j.chroma.2014.07.094(H. H. Lim & Shin, 2014)	3
115	Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2014). Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. <i>Innovative Food Science and Emerging Technologies</i> , 26, 265-270. doi: 10.1016/j.ifset.2014.05.002 (Mogol & Gökmen, 2014)	3
116	Salazar, R., Arambula-Villa, G., Vazquez-Landaverde, P. A., Hidalgo, F. J., & Zamora, R. (2012). Mitigating effect of amaranth (<i>Amarantus hypochondriacus</i>) protein on acrylamide formation in foods. <i>Food Chem</i> , 135(4), 2293-2298. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.06.089(Salazar, Arámbula-Villa, Hidalgo, & Zamora, 2012)	3
117	Shojaee-Aliabadi, S., Nikoopour, H., Kobarfard, F., Parsapour, M., Moslehishad, M., Hassanabadi, H., Dahaghin, E. (2013). Acrylamide reduction in potato chips by selection of potato variety grown in Iran and processing conditions. <i>J Sci Food Agric</i> , 93(10), 2556-2561. doi: 10.1002/jsfa.6076(Shojaee-Aliabadi et al., 2013)	3
118	Yusà V., Quintás G., Pardo O., Martí P., Pastor A. (2006) Determination of acrylamide in foods by pressurized fluid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry used for a survey of Spanish cereal-based foods. <i>Food Additives and Contaminants</i> 23 (3), pp. 237-244 (Yusa, Quintas, Pardo, Marti, & Pastor, 2006)	3
119	Saleh S.I., El-Okazy A.M. (2007) Assessment of the mean daily dietary intake of acrylamide in alexandria. <i>The Journal of the Egyptian Public Health Association</i> 82 (3-4), pp. 331-345 (Saleh & El-Okazy, 2007)	3
120	Salazar, R., Arámbula-Villa, G., Hidalgo, F. J., & Zamora, R. (2012). Mitigating effect of piquin pepper (<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>Aviculare</i>) oleoresin on acrylamide formation in potato and tortilla chips. <i>LWT - Food Science and Technology</i> , 48(2), 261-267. doi: 10.1016/j.lwt.2012.03.024	2
121	Xu, L., Zhang, L., Qiao, X., Xu, Z., & Song, J. (2012). Determination of trace acrylamide in potato chip and bread crust based on SPE and HPLC. <i>Chromatographia</i> , 75(5-6), 269-274. doi: 10.1007/s10337-012-2195-7 (L. Xu, Zhang, Qiao, Xu, & Song, 2012)	2
122	Lantz I., Ternité R., Wilkens J., Hoenicke K., Guenther H., Van Der Stegen G.H.D. (2006) Studies on acrylamide levels in roasting, storage and brewing of coffee. <i>Molecular Nutrition and Food Research</i> 50 (11), pp. 1039-1046 (Lantz et al., 2006)	2
123	Lauzurica L.Z., Fayos J.G. (2007) Acrylamide in potato crisps and snack foods produced in the autonomous Community of Valencia [Spain] <i>Gaceta Sanitaria</i> 21 (4), pp. 334-337	2
124	Mojska H., Gielecińska I., Szponar L. (2007) Acrylamide content in heat-treated carbohydrate-rich foods in Poland. <i>Roczniki Państwowego Zakładu Higieny</i> 58 (1), pp. 345-349 (Mojska, Gielecinska, & Szponar, 2007)	2

125	Pardo O., Yusà V., Coscollà C., León N., Pastor A. (2007) Determination of acrylamide in coffee and chocolate by pressurised fluid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry Food Additives and Contaminants 24 (7), pp. 663-672 (Pardo, Yusa, Coscolla, Leon, & Pastor, 2007)	2
126	Geng Z., Jiang R., Chen M. (2008) Determination of acrylamide in starch-based foods by ion-exclusion liquid chromatography. Journal of Food Composition and Analysis, 21(2). Pages 178-182	2
127	Borouhakia M.T., Nikkhah E., Kazemic A., Oskoeid M., Raterse M. (2010) Determination of acrylamide level in popular Iranian brands of potato and corn products. Food and Chemical Toxicology, 48 (10) Pages 2581-2584 (Borouhaki, Nikkhah, Kazemi, Oskoei, & Raters, 2010)	2
128	McCombie, G., Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Suter, G., Eicher, A., & Pfefferle, A. (2016). Acrylamide in a fried potato dish (rosti) from restaurants in Zurich, Switzerland. Food Addit Contam Part B Surveill, 9(1), 21-26. doi: 10.1080/19393210.2015.1102974(McCombie et al., 2016)	1
129	Brunton N.P., Gormley R., Butler F., Cummins E., Danaher M., Minihan M., O'Keeffe M. (2007) A survey of acrylamide precursors in Irish ware potatoes and acrylamide levels in French fries LWT - Food Science and Technology 40 (9), pp. 1601-1609	1
130	Mojska H., Gielecińska I., Szponara L., Ołtarzewska M. (2010) Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. National Food and Nutrition Institute, 02-903 (Mojska et al., 2010)	1
131	Tateo F., Bononi M., Gallone F. (2010) Acrylamide content in potato chips on the Italian market determined by liquid chromatography tandem mass spectrometry. International Journal of Food Science and Technology 45 (3), pp. 629-634	1

Το παρακάτω διάγραμμα Pareto σχετίζεται με την πηγές των δεδομένων.



Σχήμα 29: Διάγραμμα PARETO για τις πηγές προέλευσης των δεδομένων

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι το 80,2% των αποτελεσμάτων προέρχονται από τις 55 πρώτες πηγές, που αποτελούν περίπου το 42% του συνόλου των πηγών. Η πηγές δεδομένων στον οριζόντιο άξονα είναι κατανεμημένες κατά φθίνουσα σειρά, δηλαδή η τιμή 1 αντιπροσωπεύει στην πηγή από την οποία πήραμε τα περισσότερα δεδομένα ενώ η τιμή 131 την πηγή από την οποία πήραμε τα λιγότερα δεδομένα.

Προκειμένου να ελεγχθεί η στατιστική σημαντικότητα των αποτελεσμάτων, διεξήχθη Chi-Square Tests, τα αποτελέσματα του οποίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

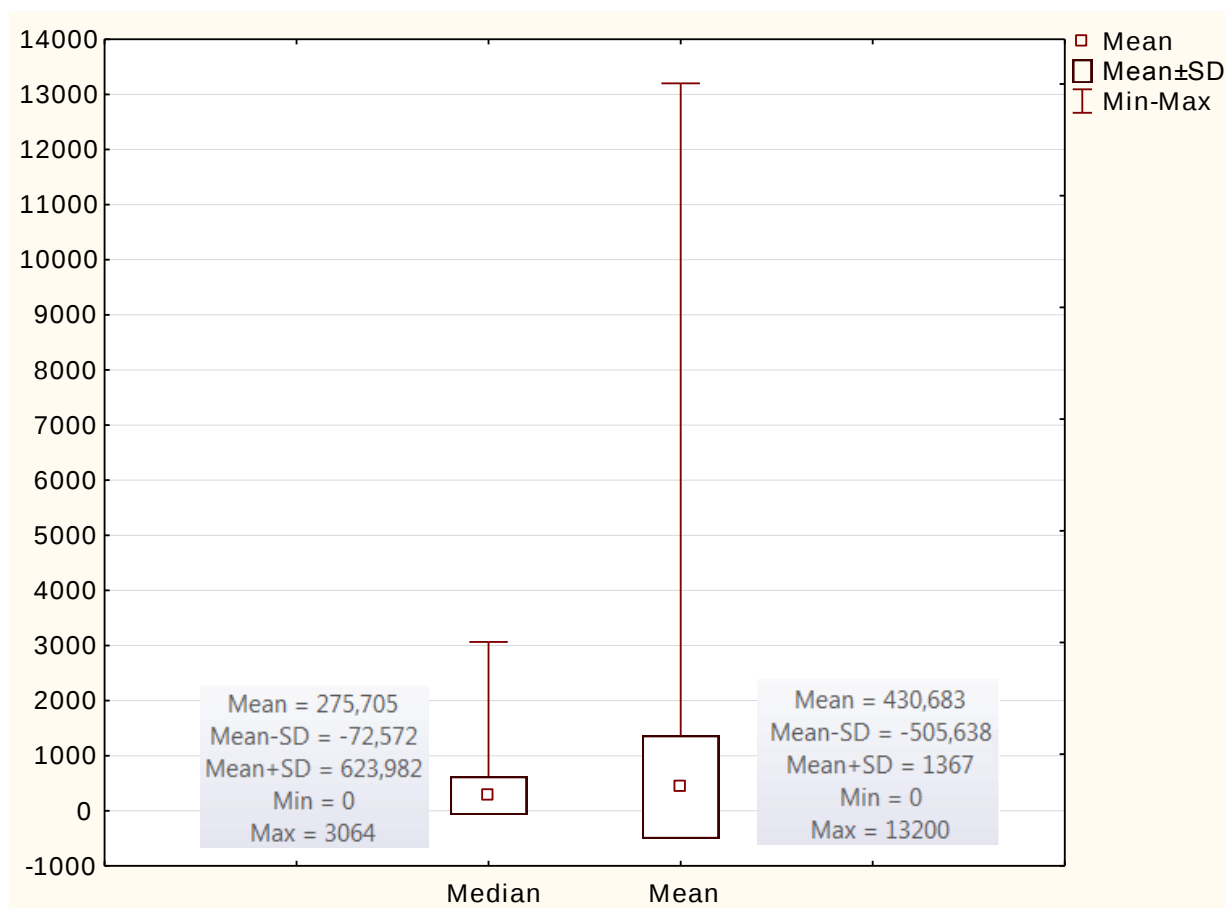
Πίνακας 5: Στατιστική σημαντικότητα ορισμένων μεταβλητών βάσει της συσχέτισης Pearson Chi-Square

Chi-Square Tests	p-value
Χώρα - Διάμεσος	<0,05
Χώρα - Μέση τιμή	<0,05
Μέθοδος - Διάμεσος	<0,05
Μέθοδος - Μέση τιμή	<0,05
Γενική κατηγορία τροφίμων - Διάμεσος	<0,05
Ειδική κατηγορία τροφίμων - Διάμεσος	<0,05
Γενική κατηγορία τροφίμων - Μέση τιμή	Μη στατιστικά σημαντική
Ειδική κατηγορία τροφίμων - Μέση τιμή	Μη στατιστικά σημαντική
Κατηγορία τροφίμων ανάλογα με τον τρόπο μαγειρέματος - Διάμεσος	Μη στατιστικά σημαντική
Κατηγορία τροφίμων ανάλογα με τον τρόπο μαγειρέματος - Μέση τιμή	Μη στατιστικά σημαντική

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα είναι ότι η μέση τιμή και η διάμεσος συγκριτικά με την χώρα προέλευσης των δεδομένων είναι στατιστικά σημαντική, καθώς το p-value είναι <0,05. Το ίδιο ισχύει και την περίπτωση της μεθόδου επεξεργασίας των δειγμάτων. Ως προς την ομάδα κατάταξης των τροφίμων, τόσο την γενική όσο και την ειδική, τα αποτελέσματα για την μέση τιμή ήταν στατιστικά σημαντικά ενώ τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την διάμεσο δεν ήταν. Αναφορικά με την κατηγορία τροφίμων σύμφωνα με τον τρόπο μαγειρέματος, τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά ούτε για τον διάμεσο ούτε για την μέση τιμή.

3.1.5 Διάγραμμα Box-Whiskers

Το παρακάτω διάγραμμα αποτελεί μια γραφική απεικόνιση της κατανομής των μεταβλητών του μέσου και του διαμέσου. Ως δείκτης κεντρικής τάσης επιλέχθηκε ο αριθμητικός μέσος και ως δείκτης διασποράς η τυπική απόκλιση, ενώ οι απολήξεις υποδεικνύουν τα όρια των τιμών min και max.



Σχήμα 30: Διάγραμμα Box-Whiskers για τον διάμεσο και τον αριθμητικό μέσο

3.2 Κανόνες συσχέτισης

Η εύρεση των κανόνων συσχέτισης έγινε με χρήση του προγράμματος Statistica 10. Σχετικά με την εξόρυξη δεδομένων (data mining), οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με χρήση του αλγορίθμου «a priori» και θέτοντας ως ελάχιστο ποσοστό υποστήριξης το 5%, εμπιστοσύνης το 80% και συσχέτισης το 50%.

Ο αλγόριθμος αυτός εντοπίζει τις πιο συχνές περιπτώσεις, όπως αυτές υπάρχουν στα δεδομένα της μελέτης. Τις υπόλοιπες περιπτώσεις τις απορρίπτει λαμβάνοντας τους περιορισμούς. Κατόπιν, δημιουργεί συσχετίσεις ανάμεσα στις κατηγορίες, για τις οποίες επαναυπολογίζει το ποσοστό υποστήριξης και στην περίπτωση που δεν τις απορρίπτει σύμφωνα με το ελάχιστο ποσοστό υποστήριξης υπολογίζει το ποσοστό εμπιστοσύνης και συσχέτισής τους.

Πίνακας 6: Κανόνες συσχέτισης σε σχέση με το ακρυλαμίδιο

Εάν	Τότε	Υποστήριξης %	Εμπιστοσύνη %	Συσχέτιση %
EU	LC-MS	5,56	100,00	57,89
Roasted, Beverages	Coffee	9,91	99,07	97,26
Potato snacks	Fried	7,95	93,41	51,49
Beverages	Roasted	10,01	83,59	74,54
Potato	Fried	9,77	81,01	53,17

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν οι εξής κανόνες:

1. **Εάν** η μελέτη έχει πραγματοποιηθεί στην Ε.Ε. **τότε** η μέθοδος ανάλυσης που έχει χρησιμοποιηθεί είναι η LC-MS (ποσοστό εμπιστοσύνης 100%).
2. **Εάν** το τρόφιμο είναι roasted (ψημένο) **και** ανήκει στην κατηγορία των αφεψημάτων, **τότε** είναι καφές (ποσοστό εμπιστοσύνης 99,07%).
3. **Εάν** το τρόφιμο ανήκει στην κατηγορία των σνακ πατάτας, **τότε** είναι τηγανητό (ποσοστό εμπιστοσύνης 93,41%).
4. **Εάν** ανήκει στην κατηγορία των αφεψημάτων, **τότε** είναι roasted (ποσοστό εμπιστοσύνης 83,59%).
5. **Εάν** ανήκει στην κατηγορία της πατάτας, **τότε** είναι τηγανητό (ποσοστό εμπιστοσύνης 81,01%).

3.3 Συχνότητα εμφάνισης περιπτώσεων /λέξεων στα αποτελέσματα

Με την χρήση του STATISTICA, προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες που σχετίζονται με την συχνότητα εμφάνισης τόσο των περιπτώσεων όσο και των λέξεων στις διάφορες κατηγορίες. Στον πίνακα 7, τα αποτελέσματα προέκυψαν με ελάχιστο ποσοστό υποστήριξης 5%, ελάχιστο ποσοστό εμπιστοσύνης 80% και ελάχιστο ποσοστό συσχέτισης 50%, ενώ εμφανίζονται κατά φθίνον ποσοστό υποστήριξης. Τα αποτελέσματα για τις 2 λέξεις στην κατηγορία τροφίμων του πίνακα 8 προέκυψαν από το εξής text-analyzer (<http://www.online-utility.org/text/analyzer.jsp>).

Πίνακας 7: Συχνότητα εμφάνισης περιπτώσεων στα αποτελέσματα

Περίπτωση	Συχνότητα εμφάνισης	Ποσοστό υποστήριξης %
General food group == cereal	485	22,67415
General food group == confectionery	355	16,59654
General food group == vegetables	354	16,54979
General food group == snacks	327	15,28752
General food group == beverages	254	11,87471

Περίπτωση	Συχνότητα εμφάνισης	Ποσοστό υποστήριξης %
Specific food group == bakery	507	23,70266
Specific food group == potato	258	12,06171
Specific food group == coffee	222	10,37868
Specific food group == potato snacks	182	8,50865
Specific food group == cereal	143	6,68537

Περίπτωση	Συχνότητα εμφάνισης	Ποσοστό υποστήριξης %
Food group depending on cooking method == baked	639	29,87377
Food group depending on cooking method == fried	599	28,00374
Food group depending on cooking method == roasted	322	15,05376
Food group depending on cooking method == processed	128	5,9841

Περίπτωση	Συχνότητα εμφάνισης	Ποσοστό υποστήριξης %
Country == China	321	15,00701
Country == Turkey	264	12,34222
Country == EU	139	6,49836
Country == UK	121	5,65685
Country == Spain	119	5,56335
Country == Italy	118	5,5166

Περίπτωση	Συχνότητα εμφάνισης	Ποσοστό υποστήριξης %
Method == LC-MS/MS	933	43,61851
Method == GC-MS	418	19,54184
Method == LC-MS	318	14,86676
Method == HPLC-UV/DAD	218	10,19168

Πίνακας 8: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στα αποτελέσματα

Τρόφιμα	Συχνότητα λέξεων
Potato	274
Fry	262
Coffee	222
French	173
Biscuit	146
Chip	140
Bread	134
Crisp	113
Roast	112
Cereal	92
Sweet	75
Cookie	66

Τρόφιμα (2 λέξεις)	Συχνότητα λέξεων
french fries	158
potato chips	104
fries french	93
deep fried	64
potato crisps	62
roasted barley	49
coffee coffee	49
barley roasted	47
sweet potato	42
fried sweet	40
cookies cookies	39
chips deep	39
izmir gevregi	30
gevregi izmir	29
olives california	26
ripe olives	26
california style	26
crisp bread	25
cereal based	25
coffee substitutes	25
coffee instant	24
breakfast cereals	24

substitudes coffee	23
chips potato	22
instant coffee	21
black ripe	20
fried potato	20
roasted coffee	20
style black	20
breakfast cereal	19

Τρόπος μαγειρέματος	Συχνότητα λέξεων
Baked	639
Fried	601
Roasted	322
Processed	128
Dried	105
Raw	80
Boiled	66
Various	57
Unknown	49
Grilled	43
Toasted	23

Γενική κατηγορία τροφίμων	Συχνότητα λέξεων
Cereal	485
Confectionery	355
Vegetables	354
Snacks	327
Beverages	254
Food	95
Fruit	95
Various	95
Legumes	49
Nuts	49
Fish	37
Oils	30

Ειδική κατηγορία τροφίμων	Συχνότητα λέξεων
Bakery	507
Potato	440
Snacks	277
Coffee	222
Cereal	204
Food	200
Vegetable	79
Various	74
Baby	73

Confectionery	70
Breakfast	61
Asian	53
Olive	53
Corn	49
Meat	48
Rice	36
Fruit	35
Nut	29

Μέθοδος ανάλυσης	Συχνότητα λέξεων
LC-MS/MS	933
GC-MS	418
LC-MS	318
HPLC-UV/DAD	218
UPLC-MS/MS	53
GC-ECD	46
Unknown	42
GC-MS/MS	39
UPLC-MS	38

Τεχνικοί όροι ανάλυσης	Συχνότητα λέξεων
MS	2833
LC	1251
GC	515
HPLC	218
UV/DAD	218
UPLC	96
ECD	46
Unknown	42

Χώρα προέλευσης	Συχνότητα λέξεων
China	321
Turkey	264
EU	139
UK	121
Spain	119
Italy	118
Australia	103
Poland	97
Japan	96
USA	95
Malaysia	83
France	57
Caribbean	49
Arabia	47

Saudi	47
Brazil	40
Countries	40
Data	40
Sudan	32
Finland	31
Germany	28
Portugal	26
Canada	23
Thailand	23
Latvia	22
Sweden	22

3.4 Εκτίμηση της έκθεσης στον κίνδυνο

Το TDI (ανεκτή ημερήσια δόση) για τον καρκίνο έχει οριστεί στα 2,6 μg/Kg σωματικού βάρους την ημέρα και για την νευροπάθεια στα 40 μg/Kg σωματικού βάρους την ημέρα (Tardiff, Gargas, Kirman, Carson, & Sweeney, 2010). Επομένως υπολογίζεται ότι ο μέσος ενήλικας 70 Kg μπορεί να καταναλώσει με ασφάλεια έως 182 μg ακρυλαμιδίου ημερησίως. Από τα αποτελέσματα της παρούσας μετά-ανάλυσης, προέκυψε ότι η μέση τιμή του ακρυλαμιδίου στο σύνολο των τροφίμων ήταν 430 μg/Kg τροφίμου. Θεωρώντας ότι όλα τα τρόφιμα που περιλαμβάνονται σε ένα πιάτο έχουν κατά μέσο όρο 430 μg/Kg τροφής, καθώς και ότι η μέση μερίδα εστιατορίου είναι τα 140 g (0,14 Kg), προκύπτει ότι κάθε πιάτο έχει κατά μέσο όρο 60,2 μg ακρυλαμιδίου. Έτσι ένας μέσος ενήλικας έχει περιθώριο να καταναλώσει έως 3 μερίδες από το «μέσο» πιάτο ημερησίως, προκειμένου να μην υπερβεί το TDI του ακρυλαμιδίου για τον καρκίνο.

Όπως προέκυψε από την παρούσα μετα-ανάλυση, οι κατηγορίες τροφίμων που παρουσιάζουν τις υψηλότερες περιεκτικότητες σε ακρυλαμίδιο είναι τα σνακς πατάτας, οι πατάτες και κυρίως οι τηγανητές, ο καφές και τα σνακ καλαμποκιού. Προκύπτει από την ανάλυση ότι τα σνακς πατάτας έχουν κατά μέσο όρο 1383 μg/Kg ακρυλαμιδίου, οι πατάτες κυρίως οι τηγανητές έχουν κατά μέσο όρο 886 μg/Kg ακρυλαμιδίου, ο καφές έχει 589 μg/Kg ακρυλαμιδίου και τα σνακς καλαμποκιού έχουν 494 μg/Kg ακρυλαμιδίου.

Αναφορικά με τις τηγανητές πατάτες έχουν κατά μέσο όρο 898 μg/Kg ακρυλαμιδίου. Η μερίδα εστιατορίου είναι περίπου 140g. Επομένως ανά μερίδα οι τηγανητές πατάτες παρέχουν 125,72 μg/Kg ακρυλαμιδίου, που ισοδυναμεί με συνεισφορά 69% στο TDI ενός ενήλικα 70 Kg. Μια δίαιτα 2000 Kcal σύμφωνα με το USDA, περιλαμβάνει 6 ισοδύναμα δημητριακών. Έστω ότι ένας μέσος ενήλικας καταναλώνει 4 φέτες ψωμί (≈120 g) και 2 ισοδύναμα δημητριακών

πρωινού (≈ 60 g). Από την παρούσα ανάλυση προέκυψε ότι το ψωμί έχει κατά μέσο όρο $164 \mu\text{g/Kg}$ ακρυλαμιδίου, επομένως $5 \mu\text{g}$ ανά ισοδύναμο, και τα δημητριακά πρωινού έχουν κατά μέσο όρο $189 \mu\text{g/Kg}$ ακρυλαμιδίου, επομένως ανά ισοδύναμο περίπου $6 \mu\text{g}$. Συνολικά καταναλώνει περίπου $32 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου, που ισοδυναμούν με συνεισφορά περίπου 18% στο TDI ενός ενήλικα 70 Kg . Σχετικά με τον καφέ, λόγω της μικρής ποσότητας που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του ($\approx 5 \text{ g}$), η ποσότητα του ακρυλαμιδίου που προσλαμβάνεται είναι μικρή ($\approx 3 \mu\text{g}$).

Όπως αναφέρθηκε, πολλαπλάσια είναι η επίπτωση του ακρυλαμιδίου στα παιδιά, εξαιτίας του μικρότερου σωματικού βάρους. Ένα παιδί δημοτικού ηλικίας 10 ετών έχει κατά μέσο όρο βάρος 32 Kg (σύμφωνα με τις καμπύλες ανάπτυξης του CDC). Επομένως δεδομένου ότι το TDI είναι $2,6 \mu\text{g/Kg}$ μπορεί να καταναλώσει με ασφάλεια έως $83,2 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου ημερησίως. Ας θεωρήσουμε ότι το παιδί αυτό έχει την συνήθεια να καταναλώνει ένα μικρό σακουλάκι πατατάκια των 70 g στο σχολείο. Αυτό το σακουλάκι υπολογίζεται ότι περιλαμβάνει $96,8 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου. Επομένως μόνο από αυτό το σχολικό σνακ, το παιδί έχει ήδη υπερβεί το TDI. Άρα ένα μικρό σακουλάκι πατατάκια ισοδυναμεί με συνεισφορά 116% στο TDI για το παιδί. Σε έναν ενήλικα, λόγω μεγαλύτερου σωματικού βάρους, η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στο 53% .

Σχετικά με την διατροφή των βρεφών, από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι ποσότητες ακρυλαμιδίου εντοπίστηκαν και σε βρεφικά τρόφιμα, όπως τις βρεφικές κρέμες δημητριακών σε σκόνη. Αυτές οι σκόνες εισάγονται στην διατροφή του βρέφους από 6 μηνών, όπου κατά μέσο όρο το βρέφος ζυγίζει περίπου 8 Kg (σύμφωνα με τις καμπύλες ανάπτυξης του CDC). Δεδομένου ότι το TDI είναι $2,6 \mu\text{g/Kg}$ μπορεί να καταναλώσει με ασφάλεια έως $20,8 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου ημερησίως. Από την ανάλυση προέκυψε ότι σε αυτές τις τροφές, υπάρχουν $85 \mu\text{g/Kg}$ ακρυλαμιδίου. Έστω ότι το βρέφος καταναλώνει 2 τέτοια γεύματα, κάθε ένα από τα οποία έχει παρασκευαστεί με 50 g σκόνης. Συνολικά, θα καταναλώσει $8,5 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου. Η ποσότητα αυτή για έναν ενήλικα είναι μικρή, ωστόσο για ένα βρέφος ισοδυναμεί με συνεισφορά περίπου 40% στο TDI. Ωστόσο οι βρεφικές σκόνες δημητριακών, δεν είναι η μοναδική πηγή ακρυλαμιδίου για ένα βρέφος, καθώς όπως αναφέρθηκε ακρυλαμίδιο έχει ανιχνευτεί ακόμη και στο μητρικό γάλα.

Εάν συνυπολογίσουμε και τα υπόλοιπα τρόφιμα που καταναλώνουμε καθημερινά και τα οποία μπορεί να είναι και αυτά πλούσια σε ακρυλαμίδιο, γίνεται αντιληπτό ότι η κατανάλωση ακρυλαμιδίου μπορεί να κινείται κοντά στα επικίνδυνα όρια, τόσο για την καρκινογένεση όσο και για τις υπόλοιπες συνέπειες της κατανάλωσης ακρυλαμιδίου. Ακόμη ιδιαίτερη έμφαση θα πρέπει να δοθεί στα βρέφη και στα παιδιά, που λόγω μικρότερου σωματικού βάρους, μπορούν

να φτάσουν ευκολότερα το TDI. Ωστόσο επισημαίνουμε ότι προκειμένου να εμφανιστεί καρκινογένεση, η έκθεση θα πρέπει να είναι πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια για περισσότερα από δύο χρόνια. Η συσχέτιση του ακρυλαμιδίου με τον καρκίνο, σε συνδυασμό με τις αυξημένες περιεκτικότητες στις οποίες εμφανίζεται σε ορισμένα τρόφιμα, πολλά από τα οποία καταναλώνονται καθημερινά, οδηγεί στην απαίτηση για περαιτέρω διερεύνηση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ακρυλαμίδιο είναι μια χημική ένωση που παράγεται στα τρόφιμα κατά την θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως είναι το τηγάνισμα και το ψήσιμο. Επομένως το ακρυλαμίδιο εντοπίζεται σε ευρεία ποικιλία τροφίμων, τόσο βιομηχανικών όσο και σπιτικών. Τα τελευταία χρόνια, γνωστοποιήθηκε η κυριότερη οδός σχηματισμού του στα μαγειρεμένα τρόφιμα. Αποτελεί ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης Maillard, γνωστής για το χρώμα και το άρωμα που προσδίδει στα μαγειρεμένα τρόφιμα, ωστόσο προϋποθέτει την επεξεργασία του τροφίμου σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 120°C. Εντός του τροφίμου πραγματοποιείται μια αντίδραση μεταξύ συστατικών που είναι φυσικώς παρόντα σε πολλά τρόφιμα, της ασπαραγίνης και ενός ανάγοντος σακχάρου. Η ποσότητα του ακρυλαμιδίου που τελικά θα σχηματιστεί στο τρόφιμο, εξαρτάται από την θερμοκρασία και τον χρόνο της θερμικής επεξεργασίας, αλλά και από τις περιεκτικότητες του τροφίμου σε ασπαραγίνη και ανάγοντα σάκχαρα.

Μέχρι το 2002 δεν υπήρχε μεγάλο ενδιαφέρον για το ακρυλαμίδιο, καθώς ανευρίσκονταν μόνο σε ορισμένους εργασιακούς χώρους και σε μικρές ποσότητες στον καπνό του τσιγάρου. Όταν όμως Σουηδοί ερευνητές, ανακάλυψαν ίχνη ακρυλαμιδίου σε άτομα χωρίς εργασιακή έκθεση, η συζήτηση για τους τρόπους έκθεσης στο ακρυλαμίδιο γιγαντώθηκε. Από την αναζήτηση των πηγών, ήρθαν στο προσκήνιο τα θερμικώς επεξεργασμένα αμυλούχα τρόφιμα. Μέχρι τότε δεν είχε εκτιμηθεί η περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο των τροφίμων, καθώς ούτε το μονομερές ούτε και το πολυμερές του (πολυακρυλαμίδιο), δεν αποτελούσε πρόσθετο των τροφίμων, ούτε και τα τρόφιμα έρχονταν σε επαφή με την ουσία αυτή κατά την διαδικασία παρασκευής τους.

Η ανακάλυψη αυτή οδήγησε σε έναν κυκεώνα επιδημιολογικών ερευνών, προκειμένου να διαπιστωθεί ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία από την κατανάλωση ακρυλαμιδίου, μέσω των θερμικά επεξεργασμένων τροφίμων. Οι ανησυχίες των ερευνητών εστιάστηκαν κυρίως στην εμφάνιση κακοήθων νεοπλασιών και νευροεκφυλιστικών ασθενειών.

Τα δεδομένα σχετικά με το ακρυλαμίδιο είναι πολλά. Από το Scopus μέχρι και το έτος 2015, ο όρος ακρυλαμίδιο (acrylamide) οδηγεί σε 30.650 αποτελέσματα ενώ ο όρος ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα (acrylamide in food) οδηγεί σε 1.697 αποτελέσματα. Σχετικά με το ακρυλαμίδιο μέχρι και το 2015, βρίσκουμε στο Google Scholar 286.000 δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες, ενώ σχετικά με το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα 120.000. Στην βάση δεδομένων PubMed εντοπίζονται έως και τον Δεκέμβριο του 2015, 9.437 δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες, εκ των οποίων 297

reviews. Από την αναζήτηση για το ακρυλαμίδιο στα τρόφιμα προκύπτουν 1.141 αποτελέσματα, εκ των οποίων 111 reviews.

Στον άνθρωπο το ακρυλαμίδιο, θεωρείται πιθανώς καρκινογόνο και εντάσσεται στην κατηγορία 2Α της IARC (International Agency for Research on Cancer), εξαιτίας ανεπάρκειας δεδομένων για την κατάταξη στην κατηγορία 1 (παράγοντας καρκινογόνος για τον άνθρωπο). Ωστόσο αναφορικά με την καρκινογένεση στα πειραματόζωα, υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την καρκινογόνο δράση του ακρυλαμιδίου. Έτσι, ενώ από μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε ζώα η καρκινογένεση εμφανίζεται σε μεγάλα ποσοστά, για τον άνθρωπο δεν προκύπτει κάποια ξεκάθαρη συσχέτιση. Μάλιστα πολλές μελέτες έχουν καταλήξει πως η κατανάλωσή του, μέσω των τροφίμων δεν σχετίζεται με πολλούς τύπους καρκίνου στον άνθρωπο, όπως του μαστού, του προστάτη, του παχέος εντέρου κ.α. Πλήρως τεκμηριωμένα είναι τα αποτελέσματα της έκθεσης σε πολύ υψηλές ποσότητες ακρυλαμιδίου, που επιφέρουν οξείες νευροτοξικές επιδράσεις.

Ο άνθρωπος εκτιμάται ότι καταναλώνει καθημερινά 1μg ακρυλαμιδίου/Kg σωματικού βάρους. Ειδικότερα, η πρόσληψη για τα παιδιά φαίνεται να είναι μεγαλύτερη, εξαιτίας του μικρότερου βάρους τους καθώς και της υψηλής κατανάλωσης ορισμένων ομάδων τροφίμων. Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου εξαιτίας της διατροφικής πρόσληψης ακρυλαμιδίου, έχει καθοριστεί η ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (TDI) σε 2,6 μg ακρυλαμιδίου/Kg σωματικού βάρους.

Στην συγκεκριμένη μετα-ανάλυση των διαθέσιμων πληροφοριών, μελετήθηκαν 2.139 τρόφιμα, που προέρχονται από 131 μελέτες. Η συλλογή των δεδομένων διεξήχθη μέχρι τον Δεκέμβριο του 2015 από τις εξής βάσεις δεδομένων: Google Scholar, PubMed, Scopus, αλλά και από τεχνικών εκθέσεων διεθνών οργανισμών όπως EFSA, WHO, FAO. Στους περιορισμούς της μελέτης θα πρέπει να αναφερθεί η δυσκολία αποκωδικοποίησης των δεδομένων μέσα από εκτενή επιστημονικά κείμενα, καθώς όλα τα δεδομένα έπρεπε να καταγραφούν με τον ίδιο τρόπο αναφοράς πχ τις ίδιες μονάδες συγκέντρωσης, τις ίδιες ονομασίες στις κατηγορίες τροφίμων, την ίδια συντομογραφία της μεθόδου ανάλυσης κ.α. Ακόμα από την ανάλυση των τεχνικών εκθέσεων τεχνικών οργανισμών, δεν αποκλείεται η πιθανότητα να συμπεριλαμβάνονταν σε αυτές δεδομένα από ανεξάρτητες επιστημονικές δημοσιεύσεις, που ωστόσο είχαν ήδη εντοπιστεί και καταγραφεί.

Τα περισσότερα δεδομένα σχετικά με το ακρυλαμίδιο των τροφίμων, προκύπτουν από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Κίνα, Τουρκία και Ε.Ε. Αναφορικά με την μέθοδο ανάλυσης των δειγμάτων η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος ήταν η υγρή χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (LC-MS/MS).

Τα τρόφιμα που συλλέχθηκαν από τις μελέτες χωρίστηκαν στην γενική και ειδική κατηγορία τροφίμων αλλά και σύμφωνα με τον τρόπο μαγειρέματος. Στην γενική κατηγορία τροφίμων, που αποτελούσε την αρχική ομαδοποίηση των δεδομένων, τα περισσότερα τρόφιμα που μελετήθηκαν ανήκαν στην κατηγορία των δημητριακών και των γλυκών. Στην ειδική κατηγορία τροφίμων, στην οποία επιχειρήθηκε μια πιο εκτενής κατηγοριοποίηση, προέκυψε ότι τα περισσότερα τρόφιμα ανήκαν στην κατηγορία των αρτοσκευασμάτων και της πατάτας. Αναφορικά με τον τρόπο μαγειρέματος, τα περισσότερα τρόφιμα ήταν ψητά και τηγανητά.

Η μέγιστη μέση τιμή που αναφέρθηκε ήταν 13.200,00 $\mu\text{g/Kg}$ και αφορούσε το τρόφιμο «potato crisps» (general food group: snacks, specific food group: potato snacks, food group depending on the cooking method: fried). Η μέση τιμή όλων των μέσων τιμών ήταν 430,69 $\mu\text{g/Kg}$. Η μέγιστη τιμή διαμέσου των 3.064 $\mu\text{g/Kg}$, αφορούσε το τρόφιμο «potato crisps» (general food group: snacks, specific food group: potato, food group depending on the cooking method: fried).

Οι βασικότεροι κανόνες συσχέτισης που προέκυψαν με ποσοστό εμπιστοσύνης $>80\%$ και με φθίνουσα σειρά ήταν:

1. **Εάν** η μελέτη έχει πραγματοποιηθεί στην Ε.Ε. **τότε** η μέθοδος ανάλυσης που έχει χρησιμοποιηθεί είναι η LC-MS (ποσοστό εμπιστοσύνης 100%).
2. **Εάν** το τρόφιμο είναι roasted (ψημένο) **και** ανήκει στην κατηγορία των αφεψημάτων, **τότε** είναι καφές (ποσοστό εμπιστοσύνης 99,07%).
3. **Εάν** το τρόφιμο ανήκει στην κατηγορία των σνακ πατάτας, **τότε** είναι τηγανητό (ποσοστό εμπιστοσύνης 93,41%).
4. **Εάν** ανήκει στην κατηγορία των αφεψημάτων, **τότε** είναι roasted (ποσοστό εμπιστοσύνης 83,59%).
5. **Εάν** ανήκει στην κατηγορία της πατάτας, **τότε** είναι τηγανητό (ποσοστό εμπιστοσύνης 81,01%).

Όπως προέκυψε από την παρούσα μετά-ανάλυση αναφορικά με την μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο στην γενική κατηγορία τροφίμων πρώτα κατατάσσονται τα σνακ (869 $\mu\text{g/Kg}$). Ακολουθούν τα λαχανικά (791 $\mu\text{g/Kg}$), τα αφεψήματα (525 $\mu\text{g/Kg}$) και το κακάο (349 $\mu\text{g/Kg}$). Στην ειδική κατηγορία τροφίμων πρώτα και με μεγάλη διαφορά, αναφορικά με την μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο είναι τα σνακ πατάτας (1382 $\mu\text{g/Kg}$). Ακολουθούν οι πατάτες (885 $\mu\text{g/Kg}$), ο καφές (587 $\mu\text{g/Kg}$) και τα σνακ καλαμποκιού (493 $\mu\text{g/Kg}$). Τέλος σχετικά με τον τρόπο μαγειρέματος την μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο έχουν τα τηγανητά (828 $\mu\text{g/Kg}$). Ακολουθούν τα brined (σε άρμη) (575 $\mu\text{g/Kg}$), τα roasted (520 $\mu\text{g/Kg}$) και τα dried (323 $\mu\text{g/Kg}$).

Από τη μέση τιμή για την περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο στις τηγανητές πατάτες, συμπεραίνεται ότι ένα άτομο που ζυγίζει 70Kg μπορεί να καταναλώσει περίπου 1,5 μερίδα πατάτες, με ασφάλεια. Η καθημερινή κατανάλωση μιας μερίδας τηγανητών πατατών, με μέσες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, ισοδυναμεί με συνεισφορά 69% στο TDI ενός ενήλικα 70 Kg. Επισημαίνεται ότι προκειμένου να εκδηλωθεί καρκινογένεση, θα πρέπει η έκθεση στο ακρυλαμίδιο να είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια για περισσότερα από δύο χρόνια.

Καταλήγοντας, διαπιστώνουμε ότι, τα τρόφιμα που συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο βαθμό στην διατροφική πρόσληψη ακρυλαμιδίου είναι τα σνακ πατάτας και οι τηγανητές πατάτες, ιδιαίτερα όταν τηγανίζονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα και σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνίσταται, η ενημέρωση των καταναλωτών στον τρόπο επεξεργασίας και μαγειρέματος των εν λόγω τροφίμων, προκειμένου να μειωθούν όσο δυνατόν τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν. Τέλος, κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση σχετικά με την θετική συσχέτιση μεταξύ κατανάλωσης ακρυλαμιδίου και καρκινογένεσης στους ανθρώπους.

Ενδεικτικές προτάσεις για περεταίρω έρευνα σύμφωνα με την παρούσα εργασία είναι:

- Δημιουργία βάσης δεδομένων, όπου θα μπορεί να γίνεται συνεχής καταγραφή νέων επιστημονικών ευρημάτων για τις συγκεντρώσεις του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.
- Σχεδιασμός με βάση την έρευνα αυτή προγραμμάτων σε εθνικό, ευρωπαϊκό ή διεθνές επίπεδο για την παρακολούθηση των συγκεντρώσεων ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.
- Χρήση της μεθοδολογίας της έρευνας για την παρακολούθηση και άλλων τροφογενών χημικών κινδύνων όπως πχ ο νεοεμφανιζόμενος κίνδυνος 3-MCPD (3-μονοχλωροπροπανοδιολη) ή ο επίμονος κίνδυνος ωχρατοξίνη Α.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alpozen, E., & Uren, A. (2013). Determination of acrylamide levels of "Izmir gevregi" and effects of cooking parameters on acrylamide formation. *J Agric Food Chem*, 61(30), 7212-7218. doi: 10.1021/jf401684d
- Andrzejewski, D., Roach, J. A., Gay, M. L., & Musser, S. M. (2004). Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. *J Agric Food Chem*, 52(7), 1996-2002. doi: 10.1021/jf0349634
- Arisseto, A. P., Toledo, M. C., Govaert, Y., Loco, J. V., Fraselle, S., Weverbergh, E., & Degroot, J. M. (2007). Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. *Food Addit Contam*, 24(3), 236-241. doi: 10.1080/02652030601053170
- ATSDR. (2012). TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ACRYLAMIDE. Atlanta.
- Ayvaz, H. (2014). Rapid Assessment of Acrylamide and Its Precursors in Potato Tubers and Snacks by Infrared Spectroscopy. (PhD), Ohio State University.
- Becalski, A., Stadler, R., Hayward, S., Kotello, S., Krakalovich, T., Lau, B. P., Trelka, R. (2010). Antioxidant capacity of potato chips and snapshot trends in acrylamide content in potato chips and cereals on the Canadian market. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 27(9), 1193-1198. doi: 10.1080/19440049.2010.483692
- Bent, G. A., Maragh, P., & Dasgupta, T. (2012). Acrylamide in Caribbean foods - residual levels and their relation to reducing sugar and asparagine content. *Food Chem*, 133(2), 451-457. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.01.067
- Bermudo, E., Moyano, E., Puignou, L., & Galceran, M. T. (2008). Liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry for the analysis of acrylamide in typical Spanish products. *Talanta*, 76(2), 389-394. doi: 10.1016/j.talanta.2008.03.011
- Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Noti, A., & Grob, K. (2002). Two GC-MS Methods for the Analysis of Acrylamide in Foodstuffs. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*.
- Borouhaki, M. T., Nikkhah, E., Kazemi, A., Oskoei, M., & Raters, M. (2010). Determination of acrylamide level in popular Iranian brands of potato and corn products. *Food Chem Toxicol*, 48(10), 2581-2584. doi: 10.1016/j.fct.2010.06.011
- Bortolomeazzi, R., Munari, M., Anese, M., & Verardo, G. (2012). Rapid mixed mode solid phase extraction method for the determination of acrylamide in roasted coffee by HPLC-MS/MS. *Food Chem*, 135(4), 2687-2693. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.057
- Boskou, G., & Andrikopoulos, N. (2010). Food Hazards Associated with Frying. In B. Boskou & I. Elmadfa (Eds.), *Frying of Food* (pp. 263-307): Taylor and Francis.
- Can, N. O., & Arli, G. (2014). Analysis of acrylamide in traditional and nontraditional foods in turkey using HPLC-DAD with SPE cleanup. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 37(6), 850-863. doi: 10.1080/10826076.2012.758148

-
- Cengiz, M. F., & Gündüz, C. P. B. (2013). Acrylamide exposure among Turkish toddlers from selected cereal-based baby food samples. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 514-519. doi: 10.1016/j.fct.2013.08.018
- Cengiz, M. F., & Gunduz, C. P. (2014). An eco-friendly, quick and cost-effective method for the quantification of acrylamide in cereal-based baby foods. *J Sci Food Agric*, 94(12), 2534-2540. doi: 10.1002/jsfa.6592
- CERHR. (2004). NTP-CERHR EXPERT PANEL REPORT ON THE REPRODUCTIVE AND DEVELOPMENTAL TOXICITY OF ACRYLAMIDE (Vol. Appendix II).
- Charoenprasert, S., & Mitchell, A. (2014). Influence of California-style black ripe olive processing on the formation of acrylamide. *J Agric Food Chem*, 62(34), 8716-8721. doi: 10.1021/jf5022829
- Chen, F., Yuan, Y., Liu, J., Zhao, G., & Hu, X. (2008). Survey of acrylamide levels in Chinese foods. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 1(2), 85-92. doi: 10.1080/02652030802512461
- Chen, Y. H., Xia, E. Q., Xu, X. R., Ling, W. H., Li, S., & Wu, S. (2012). Evaluation of acrylamide in food from China by a LC/MS/MS method. *Int J Environ Res Public Health*, 9(11), 4150-4158. doi: 10.3390/ijerph9114150
- Cheng, L., Jin, C., & Zhang, Y. (2014). Investigation of variations in the acrylamide and N(epsilon) -(carboxymethyl) lysine contents in cookies during baking. *J Food Sci*, 79(5), T1030-1038. doi: 10.1111/1750-3841.12450
- Claus, A., Weisz, G. M., Kammerer, D. R., Carle, R., & Schieber, A. (2005). A method for the determination of acrylamide in bakery products using ion trap LC-ESI-MS/MS. *Mol Nutr Food Res*, 49(10), 918-925. doi: 10.1002/mnfr.200500029
- Constantin, O. E., Kukurová, K., Neagu, C., Bednáriková, A., Ciesarová, Z., & Râpeanu, G. (2014). Modelling of acrylamide formation in thermally treated red bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *European Food Research and Technology*, 238(1), 149-156. doi: 10.1007/s00217-013-2086-7
- Croft, M., Tong, P., Fuentes, D., & Hambridge, T. (2004). Australian survey of acrylamide in carbohydrate-based foods. *Food Addit Contam*, 21(8), 721-736. doi: 10.1080/02652030412331272458
- Delatour, T., Perisset, A., Goldmann, T., Riediker, S., & Stadler, R. H. (2004). Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrixes such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy. *J Agric Food Chem*, 52(15), 4625-4631. doi: 10.1021/jf0498362
- Delgado-Andrade, C., Mesías, M., Morales, F. J., Seiquer, I., & Navarro, M. P. (2012). Assessment of acrylamide intake of Spanish boys aged 11-14 years consuming a traditional and balanced diet. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 16-22. doi: 10.1016/j.lwt.2011.11.006
- Demirok, E., & Kolsarici, N. (2014). Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of acrylamide in fried chicken drumsticks and chicken wings. *Food Research International*, 63, 290-298. doi: 10.1016/j.foodres.2014.04.003

-
- Eerola, S., Hollebekkers, K., Hallikainen, A., & Peltonen, K. (2007). Acrylamide levels in Finnish foodstuffs analysed with liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Mol Nutr Food Res*, 51(2), 239-247. doi: 10.1002/mnfr.200600167
- EFSA. (2008). EFSA SCIENTIFIC COLLOQUIUM NO. 11 "ACRYLAMIDE CARCINOGENICITY NEW EVIDENCE IN RELATION TO DIETARY EXPOSURE".
- EFSA. (2012). Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010. *EFSA Journal*.
- EFSA. (2015). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal*.
- EPA. (2010). Toxicological Review of Acrylamide
- Erbas, M., Sekerci, H., Arslan, S., & Durak, A. N. (2012). Effect of sodium metabisulfite addition and baking temperature on maillard reaction in bread. *Journal of Food Quality*, 35(2), 144-151. doi: 10.1111/j.1745-4557.2012.00439.x
- Eriksson, S. (2005). Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology. (Doctoral Thesis), Stockholm University.
- European_Commission. (2003). Information on Ways to Lower the Levels of Acrylamide Formed in Food.
- FAO/WHO. (2002). Health Implications of Acrylamide in Food Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters, Geneva, Switzerland 25-27 June 2002.
- FAO/WHO. (2011). Evaluation of certain contaminants in food: seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Switzerland.
- FoodDrinkEurope. (2013). Acrylamide Toolbox. Brussels.
- Geng, Z., Wang, P., & Liu, A. (2011). Determination of acrylamide in starch-based foods by HPLC with pre-column ultraviolet derivatization. *J Chromatogr Sci*, 49(10), 818-824.
- Ghiasvand, A. R., & Hajipour, S. (2016). Direct determination of acrylamide in potato chips by using headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-flame ionization detection. *Talanta*, 146, 417-422. doi: 10.1016/j.talanta.2015.09.004
- Haase, N. U., Grothe, K. H., Matthaus, B., Vosmann, K., & Lindhauer, M. G. (2012). Acrylamide formation and antioxidant level in biscuits related to recipe and baking. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 29(8), 1230-1238. doi: 10.1080/19440049.2012.690349
- Hu, Q., Xu, X., Li, Z., Zhang, Y., Wang, J., Fu, Y., & Li, Y. (2014). Detection of acrylamide in potato chips using a fluorescent sensing method based on acrylamide polymerization-induced distance increase between quantum dots. *Biosensors and Bioelectronics*, 54, 64-71. doi: 10.1016/j.bios.2013.10.046
- Jiao, J., Zhang, Y., Ren, Y., Wu, X., & Zhang, Y. (2005). Development of a quantitative method for determination of acrylamide in infant powdered milk and baby foods in jars using isotope dilution liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A*, 1099(1-2), 198-202. doi: 10.1016/j.chroma.2005.10.061

-
- Kalita, D., & Jayanty, S. S. (2013). Reduction of acrylamide formation by vanadium salt in potato French fries and chips. *Food Chem*, 138(1), 644-649. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.123
- Kocadağlı, T., Koray Palazoğlu, T., & Gökmen, V. (2012). Mitigation of acrylamide formation in cookies by using Maillard reaction products as recipe modifier in a combined partial conventional baking and radio frequency post-baking process. *European Food Research and Technology*, 235(4), 711-717. doi: 10.1007/s00217-012-1804-x
- Komthong, P., Suriyaphan, O., & Charoenpanich, J. (2012). Determination of acrylamide in Thai-conventional snacks from Nong Mon market, Chonburi using GC-MS technique. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 5(1), 20-28. doi: 10.1080/19393210.2012.656145
- Konings, E. J., Baars, A. J., van Klaveren, J. D., Spanjer, M. C., Rensen, P. M., Hiemstra, M., Peters, P. W. (2003). Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. *Food Chem Toxicol*, 41(11), 1569-1579.
- Krishnakuma, T., & Visvanathan, R. (2014). Acrylamide in Food Products: A Review. *J Food Process Technol*, 5(7).
- Kukurová, K., Constantin, O. E., Dubová, Z., Tobolková, B., Suhaj, M., Nystazou, Z., Ciesarová, Z. (2015). Acrylamide content and antioxidant capacity in thermally processed fruit products. *Potravinárstvo*, 9(1), 90-94. doi: 10.5219/423
- Lantz, I., Ternite, R., Wilkens, J., Hoenicke, K., Guenther, H., & van der Stegen, G. H. (2006). Studies on acrylamide levels in roasting, storage and brewing of coffee. *Mol Nutr Food Res*, 50(11), 1039-1046. doi: 10.1002/mnfr.200600069
- Lim, H. H., & Shin, H. S. (2014). A new derivatization approach with D-cysteine for the sensitive and simple analysis of acrylamide in foods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A*, 1361, 117-124. doi: 10.1016/j.chroma.2014.07.094
- Lim, P. K., Jinap, S., Sanny, M., Tan, C. P., & Khatib, A. (2014). The influence of deep frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) chips. *J Food Sci*, 79(1), T115-121. doi: 10.1111/1750-3841.12250
- Liu, C., Luo, F., Chen, D., Qiu, B., Tang, X., Ke, H., & Chen, X. (2014). Fluorescence determination of acrylamide in heat-processed foods. *Talanta*, 123, 95-100. doi: 10.1016/j.talanta.2014.01.019
- Liu, F., Liu, X., Zhang, S., Chen, T., & Zhao, J. (2014). Determination and separation mechanism of Acrylamide by high-performance liquid chromatography. *Instrumentation Science and Technology*, 42(4), 423-431. doi: 10.1080/10739149.2014.880148
- Loaec, G., Jacolot, P., Helou, C., Niquet-Leridon, C., & Tessier, F. J. (2014). Acrylamide, 5-hydroxymethylfurfural and N(epsilon)-carboxymethyl-lysine in coffee substitutes and instant coffees. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 31(4), 593-604. doi: 10.1080/19440049.2014.885661
- M.Motaghi, M.Ardebili, M.Honarvar, M.Mehrabani, & A.Baghizadeh. (2012). Determination of Acrylamide in Selected Types of Iranian Breads by SPME Technique. *Journal of Food Biosciences and Technology*.

-
- Malgorzata, W., Konrad, P. M., & Zielinski, H. (2016). Effect of roasting time of buckwheat groats on the formation of Maillard reaction products and antioxidant capacity. *Food Chem*, 196, 355-358. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.064
- Marchettini, N., Focardi, S., Guarnieri, M., Guerranti, C., & Perra, G. (2013). Determination of acrylamide in local and commercial cultivar of potatoes from biological farm. *Food Chem*, 136(3-4), 1426-1428. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.077
- McCombie, G., Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Suter, G., Eicher, A., & Pfefferle, A. (2016). Acrylamide in a fried potato dish (rosti) from restaurants in Zurich, Switzerland. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 9(1), 21-26. doi: 10.1080/19393210.2015.1102974
- Mesias, M., & Morales, F. J. (2015). Acrylamide in commercial potato crisps from Spanish market: Trends from 2004 to 2014 and assessment of the dietary exposure. *Food Chem Toxicol*, 81, 104-110. doi: 10.1016/j.fct.2015.03.031
- Michalak, J., Gujska, E., & Klepacka, J. (2011). The Effect of Domestic Preparation of Some Potato Products on Acrylamide Content. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(4), 307-312. doi: 10.1007/s11130-011-0252-2
- Michalak, J., Gujska, E., & Kunciewicz, A. (2013). RP-HPLC-DAD studies on acrylamide in cereal-based baby foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 32(1), 68-73. doi: 10.1016/j.jfca.2013.08.006
- Mizukami, Y., Yoshida, M., Isagawa, S., Yamazaki, K., & Ono, H. (2014). Acrylamide in roasted barley grains: presence, correlation with colour and decrease during storage. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 31(6), 995-1000. doi: 10.1080/19440049.2014.910614
- Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2014). Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 265-270. doi: 10.1016/j.ifset.2014.05.002
- Mojska, H., & Gielecinska, I. (2013). Studies of acrylamide level in coffee and coffee substitutes: influence of raw material and manufacturing conditions. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 64(3), 173-181.
- Mojska, H., Gielecinska, I., & Stos, K. (2012). Determination of acrylamide level in commercial baby foods and an assessment of infant dietary exposure. *Food Chem Toxicol*, 50(8), 2722-2728. doi: 10.1016/j.fct.2012.05.023
- Mojska, H., Gielecinska, I., & Szponar, L. (2007). Acrylamide content in heat-treated carbohydrate-rich foods in Poland. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 58(1), 345-349.
- Mojska, H., Gielecinska, I., Szponar, L., & Oltarzewski, M. (2010). Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. *Food Chem Toxicol*, 48(8-9), 2090-2096. doi: 10.1016/j.fct.2010.05.009
- Molina-Garcia, L., Santos, C. S. P., Melo, A., Fernandes, J. O., Cunha, S. C., & Casal, S. (2015). Acrylamide in Chips and French Fries: a Novel and Simple Method Using Xanthidrol for Its GC-MS Determination. *Food Analytical Methods*, 8(6), 1436-1445. doi: 10.1007/s12161-014-0014-5
- Moy, G. G., & Vannoort, R. W. (2013). Total diet studies.
-

-
- Murkovic, M. (2004). Acrylamide in Austrian foods. *J Biochem Biophys Methods*, 61(1-2), 161-167. doi: 10.1016/j.jbbm.2004.02.006
- Normandin, L., Bouchard, M., Ayotte, P., Blanchet, C., Becalski, A., Bonvalot, Y., Courteau, M. (2013). Dietary exposure to acrylamide in adolescents from a Canadian urban center. *Food Chem Toxicol*, 57, 75-83. doi: 10.1016/j.fct.2013.03.005
- Notardonato, I., Avino, P., Centola, A., Cinelli, G., & Russo, M. V. (2013). Validation of a novel derivatization method for GC-ECD determination of acrylamide in food. *Anal Bioanal Chem*, 405(18), 6137-6141. doi: 10.1007/s00216-013-7001-3
- Omar, M. M., Elbashir, A. A., & Schmitz, O. J. (2015). Determination of acrylamide in Sudanese food by high performance liquid chromatography coupled with LTQ Orbitrap mass spectrometry. *Food Chem*, 176, 342-349. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.091
- Omar, M. M., Wan Ibrahim, W. A., & Elbashir, A. A. (2014). Sol-gel hybrid methyltrimethoxysilane-tetraethoxysilane as a new dispersive solid-phase extraction material for acrylamide determination in food with direct gas chromatography-mass spectrometry analysis. *Food Chem*, 158, 302-309. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.045
- Ono, H., Chuda, Y., Ohnishi-Kameyama, M., Yada, H., Ishizaka, M., Kobayashi, H., & Yoshida, M. (2003). Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. *Food Addit Contam*, 20(3), 215-220. doi: 10.1080/0265203021000060887
- Oroian, M., Amariei, S., & Gutt, G. (2015). Acrylamide in Romanian food using HPLC-UV and a health risk assessment. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 8(2), 136-141. doi: 10.1080/19393210.2015.1010240
- Pabst, K., Mathar, W., Palavinskas, R., Meisel, H., Bluthgen, A., & Klaffke, H. (2005). Acrylamide-occurrence in mixed concentrate feed for dairy cows and carry-over into milk. *Food Addit Contam*, 22(3), 210-213. doi: 10.1080/02652030500110964
- Pacetti, D., Gil, E., Frega, N. G., Alvarez, L., Duenas, P., Garzon, A., & Lucci, P. (2015). Acrylamide levels in selected Colombian foods. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 8(2), 99-105. doi: 10.1080/19393210.2014.995236
- Pardo, O., Yusa, V., Coscolla, C., Leon, N., & Pastor, A. (2007). Determination of acrylamide in coffee and chocolate by pressurised fluid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Addit Contam*, 24(7), 663-672. doi: 10.1080/02652030701235198
- Pugajeva, I., Jaunbergs, J., & Bartkevics, V. (2015). Development of a sensitive method for the determination of acrylamide in coffee using high-performance liquid chromatography coupled to a hybrid quadrupole Orbitrap mass spectrometer. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 32(2), 170-179. doi: 10.1080/19440049.2014.1000979
- Quan, Y., Chen, M., Zhan, Y., & Zhang, G. (2011). Development of an enhanced chemiluminescence ELISA for the rapid detection of acrylamide in food products. *J Agric Food Chem*, 59(13), 6895-6899. doi: 10.1021/jf200954w
- Ren, Y., Zhang, Y., Jiao, J., Cai, Z., & Zhang, Y. (2006). Sensitive isotope dilution liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry method for the determination of acrylamide in chocolate. *Food Addit Contam*, 23(3), 228-236. doi: 10.1080/02652030500415645

-
- Rufian-Henares, J. A., Arribas-Lorenzo, G., & Morales, F. J. (2007). Acrylamide content of selected Spanish foods: survey of biscuits and bread derivatives. *Food Addit Contam*, 24(4), 343-350. doi: 10.1080/02652030601101169
- Russo, M. V., Avino, P., Centola, A., Notardonato, I., & Cinelli, G. (2014). Rapid and simple determination of acrylamide in conventional cereal-based foods and potato chips through conversion to 3-[bis(trifluoroethanoyl)amino]-3-oxopropyl trifluoroacetate by gas chromatography coupled with electron capture and ion trap mass spectrometry detectors. *Food Chem*, 146, 204-211. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.09.050
- Sadd, P., & Hamlet, C. (2005). The formation of acrylamide in UK cereal products. *Adv Exp Med Biol*, 561, 415-429. doi: 10.1007/0-387-24980-X_32
- Salazar, R., Arámbula-Villa, G., Hidalgo, F. J., & Zamora, R. (2012). Mitigating effect of piquin pepper (*Capsicum annuum* L. var. *Aviculare*) oleoresin on acrylamide formation in potato and tortilla chips. *LWT - Food Science and Technology*, 48(2), 261-267. doi: 10.1016/j.lwt.2012.03.024
- Saleh, S. I., & El-Okazy, A. M. (2007). Assessment of the mean daily dietary intake of acrylamide in alexandria. *J Egypt Public Health Assoc*, 82(3-4), 331-345.
- Sanny, M., Jinap, S., Bakker, E. J., van Boekel, M. A., & Luning, P. A. (2012). Possible causes of variation in acrylamide concentration in French fries prepared in food service establishments: an observational study. *Food Chem*, 132(1), 134-143. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.10.044
- Sanny, M., Jinap, S., Bakker, E. J., Van Boekel, M. A. J. S., & Luning, P. A. (2012). Is lowering reducing sugars concentration in French fries an effective measure to reduce acrylamide concentration in food service establishments? *Food Chemistry*, 135(3), 2012-2020. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.06.052
- Sanny, M., Luning, P. A., Jinap, S., Bakker, E. J., & van Boekel, M. A. (2013). Effect of frying instructions for food handlers on acrylamide concentration in French fries: an explorative study. *J Food Prot*, 76(3), 462-472. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-12-049
- Schettgen, T., Kutting, B., Hornig, M., Beckmann, M. W., Weiss, T., Drexler, H., & Angerer, J. (2004). Trans-placental exposure of neonates to acrylamide--a pilot study. *Int Arch Occup Environ Health*, 77(3), 213-216. doi: 10.1007/s00420-003-0496-8
- Senyuva, H. Z., & Gokmen, V. (2005). Survey of acrylamide in Turkish foods by an in-house validated LC-MS method. *Food Addit Contam*, 22(3), 204-209. doi: 10.1080/02652030512331344178
- Sertaç Özer, M., Kola, O., Altan, A., Duran, H., & Zorlugenç, B. (2012). Acrylamide content of some Turkish traditional desserts. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1), 74-77.
- Shamla, L., & Nisha, P. (2014). Acrylamide in deep-fried snacks of India. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 7(3), 220-225. doi: 10.1080/19393210.2014.894141
- Shojaee-Aliabadi, S., Nikoopour, H., Kobarfard, F., Parsapour, M., Moslehishad, M., Hassanabadi, H., Dahaghin, E. (2013). Acrylamide reduction in potato chips by selection of potato variety grown in Iran and processing conditions. *J Sci Food Agric*, 93(10), 2556-2561. doi: 10.1002/jsfa.6076

-
- Sirot, V., Hommet, F., Tard, A., & Leblanc, J. C. (2012). Dietary acrylamide exposure of the French population: results of the second French Total Diet Study. *Food Chem Toxicol*, 50(3-4), 889-894. doi: 10.1016/j.fct.2011.12.033
- Skog, K., Viklund, G., Olsson, K., & Sjöholm, I. (2008). Acrylamide in home-prepared roasted potatoes. *Mol Nutr Food Res*, 52(3), 307-312. doi: 10.1002/mnfr.200700240
- Soares, C., Cunha, S., & Fernandes, J. (2006). Determination of acrylamide in coffee and coffee products by GC-MS using an improved SPE clean-up. *Food Addit Contam*, 23(12), 1276-1282. doi: 10.1080/02652030600889608
- Sorgel, F., Weissenbacher, R., Kinzig-Schippers, M., Hofmann, A., Illauer, M., Skott, A., & Landersdorfer, C. (2002). Acrylamide: increased concentrations in homemade food and first evidence of its variable absorption from food, variable metabolism and placental and breast milk transfer in humans. *Chemotherapy*, 48(6), 267-274. doi: 69715
- Sun, S. Y., Fang, Y., & Xia, Y. M. (2012). A facile detection of acrylamide in starchy food by using a solid extraction-GC strategy. *Food Control*, 26(2), 220-222. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.01.028
- Svensson, K., Abramsson, L., Becker, W., Glynn, A., Hellenas, K. E., Lind, Y., & Rosen, J. (2003). Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food Chem Toxicol*, 41(11), 1581-1586.
- Tardiff, R. G., Gargas, M. L., Kirman, C. R., Carson, M. L., & Sweeney, L. M. (2010). Estimation of safe dietary intake levels of acrylamide for humans. *Food Chem Toxicol*, 48(2), 658-667. doi: 10.1016/j.fct.2009.11.048
- Tateo, & Bononi. (2003). A GC/MS METHOD FOR THE ROUTINE DETERMINATION OF ACRYLAMIDE IN FOOD. *Italian Journal of Food Science*, 15(1), 149.
- Trevisan, A. J., de Almeida Lima, D., Sampaio, G. R., Soares, R. A., & Markowicz Bastos, D. H. (2016). Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef. *Food Chem*, 196, 161-169. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.008
- Troise, A. D., Fiore, A., & Fogliano, V. (2014). Quantitation of acrylamide in foods by high-resolution mass spectrometry. *J Agric Food Chem*, 62(1), 74-79. doi: 10.1021/jf404205b
- Virk-Baker, M. K., Nagy, T. R., Barnes, S., & Groopman, J. (2014). Dietary acrylamide and human cancer: a systematic review of literature. *Nutr Cancer*, 66(5), 774-790. doi: 10.1080/01635581.2014.916323
- Wikipedia(a). Acrylamide. from <https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylamide>
- Wikipedia(b). Gas chromatography-mass spectrometry. from https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry
- Wikipedia(c). Liquid chromatography-mass spectrometry. from https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry
- Wikipedia(d). Google Scholar. from https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Scholar
- Wikipedia(e). PubMed. from <https://en.wikipedia.org/wiki/PubMed>
- Wong, W. W., Chung, S. W., Lam, C. H., Ho, Y. Y., & Xiao, Y. (2014). Dietary exposure of Hong Kong adults to acrylamide: results of the first Hong Kong Total Diet Study. *Food*

-
- Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 31(5), 799-805. doi: 10.1080/19440049.2014.898189
- Xu, L., Zhang, L., Qiao, X., Xu, Z., & Song, J. (2012). Determination of trace acrylamide in potato chip and bread crust based on SPE and HPLC. *Chromatographia*, 75(5-6), 269-274. doi: 10.1007/s10337-012-2195-7
- Xu, X. M., He, H. L., Zhu, Y., Feng, L., Ying, Y., Huang, B. F., Ren, Y. P. (2013). Simultaneous determination of 3-monochloropropane-1,2-diol and acrylamide in food by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry with coupled column separation. *Anal Chim Acta*, 760, 93-99. doi: 10.1016/j.aca.2012.11.036
- Yamazaki, K., Isagawa, S., Kibune, N., & Urushiyama, T. (2012). A method for the determination of acrylamide in a broad variety of processed foods by GC-MS using xanthidrol derivatization. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 29(5), 705-715. doi: 10.1080/19440049.2011.645217
- Yang, L. X., Zhang, G. X., Yang, L. X., & He, Y. (2012). LC-MS/MS determination of acrylamide in instant noodles from supermarkets in the Hebei province of China. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 5(2), 100-104. doi: 10.1080/19393210.2012.658874
- Yoshida, M., Ono, H., Chuda, Y., Yada, H., Ohnishi-Kameyama, M., Kobayashi, H., Yamaguchi, Y. (2005). Acrylamide in Japanese processed foods and factors affecting acrylamide level in potato chips and tea. *Adv Exp Med Biol*, 561, 405-413. doi: 10.1007/0-387-24980-X_31
- Yusa, V., Quintas, G., Pardo, O., Marti, P., & Pastor, A. (2006). Determination of acrylamide in foods by pressurized fluid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry used for a survey of Spanish cereal-based foods. *Food Addit Contam*, 23(3), 237-244. doi: 10.1080/02652030500415678
- Zhang, G., Huang, G., Xiao, L., Seiber, J., & Mitchell, A. E. (2011). Acrylamide formation in almonds (*Prunus dulcis*): influences of roasting time and temperature, precursors, varietal selection, and storage. *J Agric Food Chem*, 59(15), 8225-8232. doi: 10.1021/jf201595q
- Zhang, H., Zhang, H., Cheng, L., Wang, L., & Qian, H. (2015). Influence of deep-frying using various commercial oils on acrylamide formation in French fries. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 32(7), 1083-1088. doi: 10.1080/19440049.2015.1045559
- Zhang, Y., Ren, Y., Zhao, H., & Zhang, Y. (2007). Determination of acrylamide in Chinese traditional carbohydrate-rich foods using gas chromatography with micro-electron capture detector and isotope dilution liquid chromatography combined with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Anal Chim Acta*, 584(2), 322-332. doi: 10.1016/j.aca.2006.10.061
- Zhu, F., Cai, Y. Z., Ke, J., & Corke, H. (2011). Dietary plant materials reduce acrylamide formation in cookie and starch-based model systems. *J Sci Food Agric*, 91(13), 2477-2483. doi: 10.1002/jsfa.4491
- Zieliński, H., Ciesarova, Z., Troszyńska, A., Ceglińska, A., Zielińska, D., Amarowicz, R., Kukurova, K. (2012). Antioxidant properties, acrylamide content and sensory quality of ginger cakes with different formulations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 62(1), 41-50. doi: 10.2478/v10222-011-0038-0

-
- Βαλαβανίδης, Α. (2006). Φασματομετρία μαζών. In Α. Βαλαβανίδης (Ed.), Φασματοσκοπία οργανικών ενώσεων: Πανεπιστήμιο Αθηνών Retrieved from http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/fasm_org/Chapter_12.pdf.
- Βαλαβανίδης, Α., & Ευσταθίου, Κ. (2009). Ακρυλαμίδιο. Η χημική ένωση του μήνα. 2016, from http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_acrylamide.htm
- Σκούτερη, Α. (2012). Συγκέντρωση ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, μέθοδοι ανάλυσης και εκτίμηση της έκθεσης στον κίνδυνο, μια μετά-ανάλυση. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Retrieved from <http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/2164/theFile>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα πίνακας 1: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, FAO/WHO, 2002

Τρόφιμο /Κατηγορία Τροφίμου	Επίπεδα Ακρυλαμιδίου (µg/Kg)			
	Μέσος	Διάμεσος	Ελάχιστο Μέγιστο	Αριθμός δειγμάτων
Crisps, potato/sweet potato	1312	1343	170-2287	38
Chips, potato	537	330	<50-3500	39
Batter based products	36	36	<30-42	2
Bakery products	112	<50	<50-450	19
Biscuits, crackers, toast, bread crisps	423	142	<30-3200	58
Breakfast cereals	298	150	<30-1346	29
Crisps, corn	218	167	34-416	7
Bread, soft	50	30	<30-162	41
Fish and seafood, products, crumbed, battered	35	35	30-39	4
Poultry or game, crumbed, battered	52	52	39-64	2
Instant malt drinks	50	50	<50-70	3
Chocolate powder	75	75	<50-100	2
Coffee powder	200	200	170-230	3
Beer	<30	<30	<30	1

Παράρτημα πίνακας 2: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2007

2007			
Κατηγορία τροφίμων	n	Διάμεσος (µg/Kg)	Μέσος (µg/Kg)
French fries, sold as ready-to-eat	648	245	356
French fries from fresh potatoes	204	197	237
French fries from potato dough	0	-	-
Unspecified French fries	444	274	410
Potato crisps	293	380	551
Potato crisps from fresh potatoes	100	482	570
Potato crisps from potato dough	26	335	402
Unspecified potato crisps	167	334	564
Pre-cooked French fries/potato products for home cooking	137	180	306

Fries baked in the oven (oven fries)	8	260	365
Deep fried fries	32	239	395
Unspecified pre-cooked French fries/potato products for home cooking	97	179	272
Soft bread	176	25	75
Unspecified bread	4	716	1044
Breakfast cereals	144	84	149
Biscuits, crackers, crisp bread and similar	938	183	326
Crackers	27	135	327
Crisp bread	198	117	323
Wafers	33	128	230
Ginger bread	458	209	387
Other biscuits, crackers, crisp bread and similar	222	189	309
Coffee and coffee substitutes	312	207	373
Roast coffee (dry)	175	200	256
Instant (soluble) coffee	52	158	229
Coffee substitutes	50	351	890
Unspecified coffee	32	270	455
Baby foods	93	15	29
Processed cereal based foods for infants and young children	170	58	119
Biscuits and rusks	79	108	175
Other processed cereal based foods	65	20	69
Unspecified processed cereal based food for infants and young children	26	40	73
Other foods	432	117	232
Muesli and porridge	47	178	241
Pasties and cakes	63	68	140
Non-potato savoury snacks	63	178	275
Unspecified other products	259	111	242

Παράρτημα πίνακας 3: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2008

2008			
Κατηγορία τροφίμων	n	Διάμεσος (µg/Kg)	Μέσος (µg/Kg)
French fries, sold as ready-to-eat	563	215	277
French fries from fresh potatoes	301	191	251
French fries from potato dough	1	406	406
Unspecified French fries	261	226	306
Potato crisps	532	403	580
Potato crisps from fresh potatoes	104	449	541
Potato crisps from potato dough	39	209	361
Unspecified potato crisps	389	415	612
Pre-cooked French fries/potato	254	100	223

products for home cooking			
Fries baked in the oven (oven fries)	121	151	256
Deep fried fries	34	138	229
Unspecified pre-cooked French fries/potato products for home cooking	99	40	213
Soft bread	259	24	53
Unspecified bread	0	-	-
Breakfast cereals	166	64	155
Biscuits, crackers, crisp bread and similar	898	135	272
Crackers	22	107	168
Crisp bread	93	105	228
Wafers	48	120	256
Ginger bread	395	185	355
Other biscuits, crackers, crisp bread and similar	340	114	196
Coffee and coffee substitutes	443	205	393
Roast coffee (dry)	280	161	197
Instant (soluble) coffee	42	187	298
Coffee substitutes	76	786	1033
Unspecified coffee	45	602	615
Baby foods	149	13	22
Processed cereal based foods for infants and young children	194	25	69
Biscuits and rusks	106	58	94
Other processed cereal based foods [†]	69	15	31
Unspecified processed cereal based food for infants and young children	19	37	66
Other foods	431	30	144
Muesli and porridge	26	20	33
Pasties and cakes	98	56	163
Non-potato savoury snacks	33	170	238
Unspecified other products	274	25	120

Παράρτημα πίνακας 4: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2009

2009			
Κατηγορία τροφίμων	n	Διάμεσος (µg/Kg)	Μέσος (µg/Kg)
French fries, sold as ready-to-eat	501	248	342
French fries from fresh potatoes	158	187	278
French fries from potato dough	0	-	-
Unspecified French fries	343	264	371
Potato crisps	414	375	639
Potato crisps from fresh potatoes	132	474	619
Potato crisps from potato dough	23	309	409

Unspecified potato crisps	259	351	670
Pre-cooked French fries/potato products for home cooking	249	157	270
Fries baked in the oven (oven fries)	71	200	333
Deep fried fries	44	185	220
Unspecified pre-cooked French fries/potato products for home cooking	134	108	253
Soft bread	182	20	46
Unspecified bread	19	22	104
Breakfast cereals	191	85	139
Biscuits, crackers, crisp bread and similar	964	131	247
Crackers	39	103	172
Crisp bread	161	176	208
Wafers	85	173	206
Ginger bread	326	120	359
Other biscuits, crackers, crisp bread and similar	353	104	180
Coffee and coffee substitutes	279	245	463
Roast coffee (dry)	187	195	235
Instant (soluble) coffee	51	579	551
Coffee substitutes	32	1223	1594
Unspecified coffee	9	252	678
Baby foods	128	15	38
Processed cereal based foods for infants and young children	153	25	72
Biscuits and rusks	70	46	88
Other processed cereal based foods [†]	55	13	41
Unspecified processed cereal based food for infants and young children	28	67	92
Other foods	329	61	185
Muesli and porridge	72	25	58
Pasties and cakes	31	25	108
Non-potato savoury snacks	66	132	208
Unspecified other products	160	78	248

Παράρτημα πίνακας 5: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2010

2010			
Κατηγορία τροφίμων	n	Διάμεσος (µg/Kg)	Μέσος (µg/Kg)
French fries, sold as ready-to-eat	256	240	338
French fries from fresh potatoes	196	239	325
French fries from potato dough	1	150	150
Unspecified French fries	59	240	382
Potato crisps	242	450	675

Potato crisps from fresh potatoes	173	543	758
Potato crisps from potato dough	19	370	435
Unspecified potato crisps	50	313	481
Pre-cooked French fries/potato products for home cooking	117	151	331
Fries baked in the oven (oven fries)	28	410	690
Deep fried fries	64	115	198
Unspecified pre-cooked French fries/potato products for home cooking	25	179	270
Soft bread	150	18	30
Unspecified bread	0	-	-
Breakfast cereals	174	91	138
Biscuits, crackers, crisp bread and similar	462	129	333
Crackers	64	139	178
Crisp bread	54	110	249
Wafers	37	225	389
Ginger bread	207	134	415
Other biscuits, crackers, crisp bread and similar	100	99	289
Coffee and coffee substitutes	151	242	527
Roast coffee (dry)	103	200	256
Instant (soluble) coffee	15	520	1123
Coffee substitutes	24	870	1350
Unspecified coffee	9	300	441
Baby foods	55	12	69
Processed cereal based foods for infants and young children	128	24	51
Biscuits and rusks	46	57	86
Other processed cereal based foods	82	13	31
Unspecified processed cereal based food for infants and young children	0	-	-
Other foods	336	82	225
Muesli and porridge	14	56	80
Pasties and cakes	81	55	146
Non-potato savoury snacks	80	115	192
Unspecified other products	161	81	293

Παράρτημα πίνακας 6: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2015

Κατηγορία τροφίμων	n	Μέσος (µg/Kg)	Διάμεσος (µg/Kg)
Potato fried products (except potato crisps and snacks)	1378	332	196
	316	201	170
French fries and potato fried, fresh or pre cooked/ sold as	877	308	218

ready-to-eat			
French fries and potato fried, fresh or pre cooked/ sold as fresh or pre-cooked, analysed as sold	74	367	88
French fries and potato fried, fresh or pre cooked/ sold as fresh or pre-cooked, prepared as consumed	241	288	103
	316	201	170
French fries and potato fried, fresh or pre cooked/ sold as fresh or pre-cooked, preparation unspecified	90	368	174
Other potato fried products	96	606	544
Potato crisps and snacks	800	580	389
	33701	384	310
Potato crisps made from fresh potatoes	498	654	431
	30969	388	310
Potato crisps made from potato dough	63	316	191
	2732	338	298
Potato crisps unspecified	216	519	348
Potato snack other than potato crisp	23	289	149
Soft bread	535	40	17
	8	181	180
Wheat soft bread	302	38	15
Other soft bread	99	46	25
	8	181	180
Soft bread unspecified	134	40	25
Breakfast cereals	561	113	68
	669	201	128
Maize, oat, spelt, barley and rice based products	149	73	50
	61	172	120
Wheat and rye based products	33	142	140
	118	178	141
Bran products and whole grains cereals	151	164	135
	369	230	135
Breakfast cereals, unspecified	228	100	50
	121	148	103
Biscuits, crackers, crisp bread and similar	1974	264	120
	91	277	278
Crackers	162	231	183
Crisp bread	437	189	89
	91	277	278
Biscuits and wafers	682	201	103
Gingerbread	693	407	155
Coffee (dry)	682	317	221
	775	703	666
Roasted coffee (dry)	566	244	203
	29	363	360
Instant coffee (dry)	116	674	620

	746	716	670
Coffee substitutes (dry)	88	1499	667
Substitute (dry), based on cereals	20	510	522
Substitute (dry), based on chicory	37	2942	3100
Substitute (dry), unspecified	31	415	377
Baby foods, other than processed cereal based	348	24	15
	68	24	8
Not containing prunes	294	21	15
	63	15	5
Containing prunes	8	81	32
	5	133	127
Plum content unspecified	46	33	9
Processed cereal-based baby foods	394	103	15
	342	38	17
Biscuits and rusks	173	115	45
	62	97	65
Other processed cereal-based foods	208	99	15
	24	8	5
Processed cereal-based foods unspecified	13	13	15
	256	26	14
Other products based on potatoes, cereals and cocoa	568	98	36
	1	5	5
Porridge	8	33	16
	1	5	5
Cake and pastry	198	66	25
Savoury snacks other than potato	135	171	88
Other products based on cereals	143	68	25
Other (non-fried) products based on potatoes	40	108	8
Other products based on cocoa	44	104	65
Other products not based on potatoes, cereals, coffee and cocoa	120	330	36
Roasted nuts and seeds	40	93	25
Black olives in brine	3	151	313
Prunes and dates	18	89	47
Vegetable chips	11	1846	1511
Paprika powder	30	379	25
Other	18	68	25

Παράρτημα πίνακας 7: Συστάσεις και δείκτες κατανάλωσης ακρυλαμιδίου

Αναφορά	Κρίσιμο Καταληκτικό Σημείο	Σημείο Αναφοράς(mg / Kg/d)	Εκτίμηση έκθεσης (μg / Kg/d)	MOE
FAO/WHO (2006)	Μορφολογικές αλλαγές νεύρων (αρουραίοι)	0,2 (NOAEL)	Γενικός πληθυσμός: 1	200 50
	Αναπαραγωγικές,	0.2 (γενικό NOAEL)	Τεταρτημόριο	2000

	αναπτυξιακές και άλλες μη νεοπλασματικές επιδράσεις		υψηλής κατανάλωσης: 4	500
	Όγκοι μαστικών αδένων (αρουραίοι)	0,3 (BMDL ₁₀)		300 75
FAO/WHO (2011)	Μορφολογικές αλλαγές νεύρων (αρουραίοι)	0,2 (NOAEL)	Γενικός πληθυσμός: 1	200 50
	Όγκοι του αδένα Harderian (αρσενικά ποντίκια)	0,18 (BMDL ₁₀)	Τεταρτημόριο υψηλής κατανάλωσης: 4	180 45
	Όγκοι μαστικών αδένων (θηλυκά ποντίκια)	0,31 (BMDL ₁₀)		310 78
US-EPA (2010)	Αυξημένη συχνότητα εμφάνισης εκφυλιστικών αλλοιώσεων των περιφερικών νεύρων	0,27 (BMDL ₁₀) 0,53 (HED)	n.a.	n.a.
	Συνολικός κίνδυνος για όγκους θυρεοειδούς ή TMV	0,15(BMDL ₁₀) 0,19 (HED _{BMDL10})	n.a.	n.a.
BfR (2011)	Όγκοι του αδένα Harderian (αρσενικά ποντίκια)	0,16 (BMDL ₁₀)	Γενικός πληθυσμός: 0,34	471 193
	Όγκοι μαστικών αδένων (θηλυκοί αρουραίοι)	0,30 (BMDL ₁₀)	Τεταρτημόριο υψηλής κατανάλωσης: 0,83	882 361
ATSDR (2012)	Αρσενική υπογονιμότητα	0,31(HED)	n.a.	n.a.
	Υπερδομικές αλλαγές σε ίνες περιφερικών νεύρων σε αρσενικούς αρουραίους	0,038 (HED)	n.a.	n.a.
	Εκφυλιστικές μεταβολές σε ισχιακά νεύρα αρουραίων	0,042 (HED)	n.a.	n.a.
Health Canada (2012)	Μορφολογικές αλλαγές νεύρων (αρουραίοι)	0,2 (NOAEL)	Μέση πρόσληψη/1-18 ετών: 0,356-0,609 Μέση πρόσληψη/>19 ετών: 0,175-0,288 P90 πρόσληψη/1-18 ετών: 0,591-1,516	562-328 1274-694

			P90 πρόσληψη/>19 ετών: 0,307-0,740	220-132 270-651
	Όγκοι του αδένος Harderian (αρσενικά ποντίκια)	0,18 (BMDL ₁₀)	Μέση πρόσληψη/1-18 ετών: 0,356-0,609 Μέση πρόσληψη/>19 ετών: 0,175-0,288 P90 πρόσληψη/1-18 ετών: 0,591-1,516 P90 πρόσληψη/>19 ετών: 0,307-0,740	506-296 1146-625 198-119 586-243
DTU (2013)	Μορφολογικές αλλαγές νεύρων (αρουραίοι)	0,2 (NOAEL)	Μέση πρόσληψη(ενήλικες): 0,21 P95 πρόσληψη(ενήλικες): 0,46	930 438 518 225
	Όγκοι μαστικών αδένων (θηλυκοί αρουραίοι)	0,31 (BMDL ₁₀)	Μέση πρόσληψη(παιδιά): 0,39	1442 678 873 391
	Όγκοι του αδένος Harderian (αρσενικά ποντίκια)	0,18 (BMDL ₁₀)	P95 πρόσληψη(παιδιά): 0,89	873 391 466 202
FSANZ (2014)	Μορφολογικές αλλαγές νεύρων (αρουραίοι)	0,2 (NOAEL)	Μέση πρόσληψη(LB): 1-2 P90 πρόσληψη (LB): 2-4	310 130 150 80
	Όγκοι μαστικών αδένων (θηλυκοί αρουραίοι)	0,31 (BMDL ₁₀)	Μέση πρόσληψη(UB): 1-3 P90 πρόσληψη (UB): 2-8	480 210 240 130
	Όγκοι του αδένος Harderian (αρσενικά ποντίκια)	0,18 (BMDL ₁₀)		280 120 140 80