



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

ΣΚΟΥΤΕΡΗ ΑΛΕΞΙΑ

Συγκέντρωση ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, μέθοδοι ανάλυσης και
εκτίμηση έκθεσης στον κίνδυνο, μια μετά-ανάλυση

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΟΣΚΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΠΟΣΚΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Επίκουρος Καθηγητής Οργάνωσης και Διαχείρισης Μονάδων Διατροφής

ΚΑΡΑΘΑΝΟΣ ΒΑΙΟΣ, Καθηγητής φυσικοχημείας και Μηχανικής τροφίμων

ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Επίκουρος Καθηγητής Χημείας Τροφίμων και
Περιβάλλοντος

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε από τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Σκουτέρη Αλεξία του τμήματος Διαιτολογίας και Διατροφής στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Η συλλογή των δεδομένων καθώς και η στατιστική επεξεργασία αυτών, πραγματοποιήθηκε υπό την συνεχή παρακολούθηση και επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Γεώργιου Μπόσκου.

Στο κύριο Μπόσκου οφείλω τις ιδιαίτερα θερμές μου ευχαριστίες για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και την καταλυτική του βοήθεια για την διεκπεραίωση της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και στον κύριο Δημοσθένη Παναγιωτάκο (Αναπληρωτή Καθηγητή Βιοστατιστικής-Επιδημιολογίας της Διατροφής) για την πολύτιμη και ουσιαστική βοήθειά του στη στατιστική ανάλυση και την επεξεργασία των δεδομένων.

Οι συγγραφείς 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 των συγγραφέων και του επιβλέποντος.

Οι συγγραφείς

Σκουτέρη Αλεξία

Ο επιβλέπων

Δρ. Μπόσκου Γεώργιος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη μετά-ανάλυση μελετήθηκε το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα θερμικώς επεξεργασμένα τρόφιμα και που θεωρείται πιθανώς καρκινογόνο, ως προς την περιεκτικότητά του στα βασικά είδη της καθημερινής μας διατροφής. Συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για ένα μεγάλο αριθμό τροφίμων (897), από πολλές επιστημονικές μελέτες, τα οποία μελετήθηκαν ως προς την ελάχιστη, τη μέγιστη και τη μέση τιμή, την διάμεσο, τη μέθοδο επεξεργασίας των τροφίμων, καθώς και την χώρα από την οποία προερχόταν το κάθε τρόφιμο. Από τα αποτελέσματα προκύπτουν ότι τα τρόφιμα που μελετήθηκαν περισσότερο, και άρα απασχολούν πολύ τους επιστήμονες ως προς την περιεκτικότητά τους σε ακρυλαμίδιο, ήταν τα αρτοσκευάσματα (258 στοιχεία), τα προϊόντα καφέ (102 στοιχεία) και τα σνακ πατάτας (63 στοιχεία). Ενώ αν δούμε τα αποτελέσματα ως προς τον τρόπο μαγειρέματος των τροφίμων, τα περισσότερα τρόφιμα που μελετήθηκαν ήταν ψημένα στο φούρνο (“baked”), 272, και τηγανητά (“fried”), 180, όπως ήταν αναμενόμενο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεγαλύτερη μέση τιμή παρατηρήθηκε στα τηγανητά σνακ πατάτας (potato crisps) και ήταν τα 13.200 ppb, με επόμενη τα 8.974 ppb στον ψητό πουρέ πατάτας (roasted mashed potatoes), ενώ η μικρότερη ήταν τα 2 ppb, σε ένα τηγανητό Ασιατικό τρόφιμο (Satsuma-age). Παράλληλα, η πιο συχνή μέση τιμή που εμφανιζόταν στη μελέτη ήταν τα 300 ppb, τα 50 ppb και τα 18 ppb σε διάφορες όμως κατηγορίες τροφίμων. Αντίστοιχα η μέγιστη τιμή διαμέσου ήταν και πάλι στα τηγανητά σνακ πατάτας, και ήταν τα 3.064 ppb. Τα περισσότερα στοιχεία προέρχονταν από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Κίνα (137 τρόφιμα) και στην Τουρκία (131 τρόφιμα), ενώ τα περισσότερα τρόφιμα (602 από τα 897) αναλύθηκαν με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (LC-MS/MS).

ABSTRACT

The acrylamide content of thermally processed foods, which is considered as a possible carcinogen, was investigated in this study. Information on a large number of foods (897 in total) of the main types of our daily diet, was gathered, derived from several scientific studies. The purpose of that, was to find the minimum, maximum and mean value, the median value, the method of food processing, and the country from which each food came from, and to analyze them. Results indicate that the foods which were studied more, and thus are of most concern to scientists, as to their content of acrylamide, were bakery (258 items), coffee products (102 items) and potato snacks (63 items). On the other hand, considering the cooking method, most of the foods studied were baked (272) and fried (180), as it was expected. Results showed that the highest mean level was observed in fried potato snacks (potato crisps) and was as high as 13,200 ppb, and also in roasted mashed potatoes, 8,974 ppb, while the smallest mean value was as low as 2 ppb in a fried Asian food called “Satsuma-age”. Moreover, the most frequent mean values that appeared in the study were levels as 300 ppb, 50 ppb and 18 ppb in various food categories though. Similarly, the highest median value was also in fried potato snacks, and was as high as 3,064 ppb. Results also showed that most data derived from studies conducted in China (137 foods), were the foods are mostly fried, and in Turkey (131 foods), while most samples (602 of 897) were analyzed with Liquid Chromatography–Mass Spectrometry (LC-MS/MS) method.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

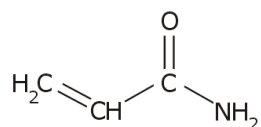
	Σελίδα
A ΜΕΡΟΣ	8
A1: ΤΟ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ ΩΣ ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ	8
A2: ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ	9
• α) Βιομηχανική Παρασκευή ακρυλαμιδίου	9
• β) Σχηματισμός του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα	10
A3: ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ	14
A4: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ	19
• Υγρή χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (LC-MS/MS)	19
• Αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS/MS)	19
• Φασματομετρία μάζας (MS)	19
• Συνδυασμός αερίου χρωματογράφου και φασματογράφου μαζών (GC-MS/MS)	21
Ανάλυση Ακρυλαμιδίου Με Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography, GC)	22
• Α) Αέρια χρωματογραφία χωρίς παραγωγοποίηση του ακρυλαμιδίου	22
• Β) Αέρια χρωματογραφία με δημιουργία διβρωμο- παραγώγου του ακρυλαμιδίου	23
Ανάλυση ακρυλαμιδίου με υγρή χρωματογραφία (Liquid Chromatography, LC)	25
A5: ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ (ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ) ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	26
• Νευροτοξικότητα	26
• Καρκινογένεση	27
• Γονιδιατοξικότητα και ικανότητα πρόκλησης μετάλλαξης	27
• Βλάβες στην αναπαραγωγή και στη γονιμότητα	28
• ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	28
A6: ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	33
A7: ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	35

• Μείωση του ακρυλαμιδίου στις πατάτες	37
• Μείωση του ακρυλαμιδίου στα προϊόντα δημητριακών-αρτοσκευάσματα	41
• Μείωση του ακρυλαμιδίου στο καφέ	43
• Συσχέτιση επικινδυνότητας και οφέλους από τη μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα	43
B ΜΕΡΟΣ	45
B1: ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	45
B2: ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ	48
B3: ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	49
B4: ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	50
B5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	50
Γ ΜΕΡΟΣ	52
Γ1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	52
• Μέση τιμή (mean)	52
• Διάμεσος (median)	53
• Τυπική απόκλιση (SD)	54
• Ραβδογράμματα και διαγράμματα Pareto	55
• Κανόνες συσχέτισης	71
• Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στα αποτελέσματα	74
ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

Α ΜΕΡΟΣ

Α1: ΤΟ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ ΩΣ ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

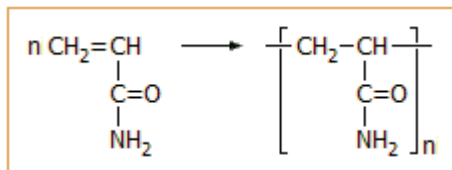
Το ακρυλαμίδιο (ή 2-προπεναμίδιο) είναι μια άοσμη λευκή κρυσταλλική ουσία, ασύμβατη με οξέα, βάσεις και οξειδωτικά μέσα. Έχει μοριακό τύπο C_3H_5NO , χημικό τύπο:



σχετική μοριακή μάζα 71,08 Kg, σημείο τήξης $84,5^\circ\text{C}$ και σημείο βρασμού 175°C . Είναι αρκετά διαλυτό στο νερό, την μεθανόλη, την αιθανόλη και την ακετόνη και λιγότερα διαλυτό στο χλωροφόρμιο, το βενζόλιο και το επτάνιο. Αντιδρά άμεσα με οργανικές ενώσεις που περιέχουν αμινομάδες, υδροξυλομάδες και σουλφυδρυλομάδες (<http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylamide>).

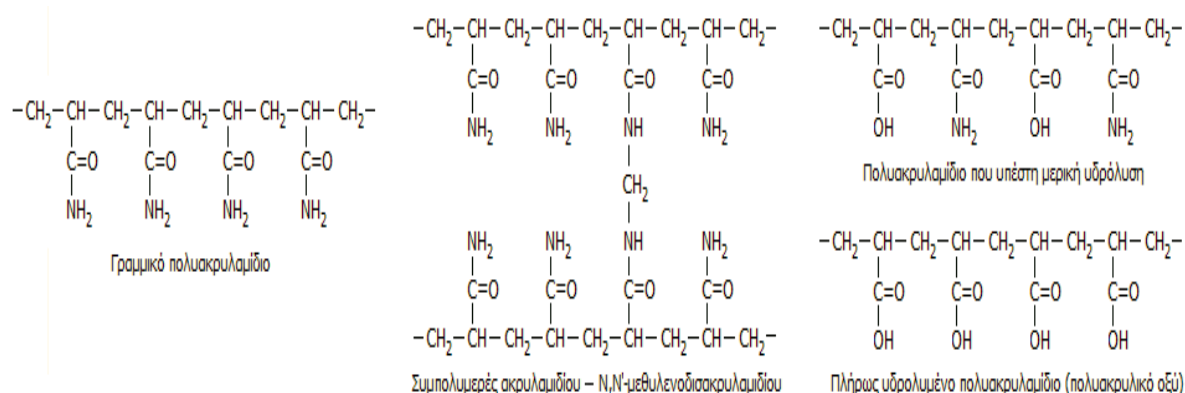
Το ακρυλαμίδιο είναι μια τοξική ουσία που μπορεί να προκαλέσει έντονο ερεθισμό αν απορροφηθεί από το δέρμα. Οι αναθυμιάσεις του μπορούν επίσης να προκαλέσουν σοβαρό ερεθισμό στα μάτια καθώς και παράλυση του νευρικού συστήματος. Πειράματα που έχουν γίνει σε ποντίκια έδειξαν ότι είναι καρκινογόνος και τερατογόνος (γενοτοξική) ουσία. Για τους παραπάνω λόγους κατά το χειρισμό του ακρυλαμιδίου θα πρέπει να τηρούνται με μεγάλη προσοχή οι συνήθειες πρακτικές ασφαλείας και να αποφεύγεται η εισπνοή σκόνης του και η επαφή του με το δέρμα.

Το ακρυλαμίδιο πρέπει να φυλάσσεται σε σκοτεινό και ψυχρό χώρο καθώς μπορεί να πολυμεριστεί βίαια με θέρμανση ή με έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία. Μπορεί επίσης να πολυμεριστεί και με χημικά μέσα όπως π.χ. με επίδραση υπεροξειδίων και άλλων οξειδωτικών ουσιών.



Το πολυακρυλαμίδιο (polyacrylamide,PAM) είναι το πιο γνωστό προϊόν πολυμερισμού και χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία παραγωγής χάρτου για την αύξηση της ανθεκτικότητας του

χαρτιού καθώς και ως πρόσθετο για τον καθαρισμό του προς πόσην ύδατος. Επίσης χρησιμοποιείται από τα εργαστήρια σαν υλικό ηλεκτροφόρησης (Friedman *et al.*, 2003).



Σχήμα 1: Πολυμερισμός ακρυλαμίδιου

Αν και το ίδιο το ακρυλαμίδιο είναι επιβεβαιωμένη τοξική ουσία, τα διάφορα πολυμερή του δεν θεωρούνται τοξικά. Ωστόσο, επειδή μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες μονομερούς ο χειρισμός θέλει την αντίστοιχη προσοχή

(http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_acrylamide.htm).

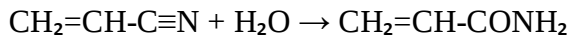
Α2: ΧΗΜΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ

Το ακρυλαμίδιο είναι μια χημική ουσία η οποία παρασκευάζεται βιομηχανικά, αλλά μπορεί να παραχθεί και φυσικά κατά το μαγείρεμά συγκεκριμένων τροφίμων (αμυλούχα κυρίως) σε υψηλές θερμοκρασίες. Δηλαδή κατά το τηγάνισμα ή το ψήσιμο σε φούρνο.

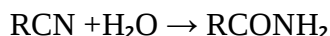
α) Βιομηχανική Παρασκευή ακρυλαμιδίου

Το ακρυλαμίδιο παρασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1893 στη Γερμανία, ενώ η βιομηχανική του παρασκευή άρχισε το 1954. Η πρώτη ύλη για την παρασκευή του είναι το ακρυλονιτρίλιο ($\text{CH}_2=\text{CH-CN}$) το οποίο είναι βιομηχανικό προϊόν, παρασκευάζεται σε μεγάλες ποσότητες και χρησιμοποιείται για την παρασκευή πολυακρυλικών πολυμερών. Με πλήρη υδρόλυση το

ακρυλονιτρίλιο παρέχει ακρυλικό οξύ ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$). Ενώ με ελεγχόμενη υδρόλυσή του παράγεται το ακρυλαμίδιο σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αντίδραση πραγματοποιείται με τη παρουσία κραμάτων χαλκού, ως καταλύτη, ενώ οι σχετικά υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την πραγματοποίηση της αντίδρασης οδηγούν σε μερικό πολυμερισμό του προϊόντος καθώς και στο σχηματισμό ακρυλικού οξέος. Επιπλέον, υπάρχει η ανάγκη συνεχούς αναγέννησης του συγκεκριμένου καταλύτη. Παράλληλα, η υδρόλυση του ακρυλονιτρίλιου για την παρασκευή του ακρυλαμιδίου μπορεί να γίνει και με την χρήση ενζύμων ως καταλύτη, η οποία θεωρείται πιο αποδοτική και ασφαλέστερη για το περιβάλλον. Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται το ένζυμο νιτριλοϋδροτάση (nitrile hydratase) το οποίο καταλύει την υδρόλυση των νιτριλίων προς τα αντίστοιχα αμίδια σύμφωνα με την αντίδραση:



Το ένζυμο αυτό βρίσκεται σε βακτήρια του γένους *Rhodococcus*. Τα βακτήρια αυτά ακινητοποιούνται στο πήγμα του πολυακρυλαμιδίου. Η υδρόλυση πραγματοποιείται στους 10°C και σε pH 8,0-8,5. Επιπλέον όφελος της ενζυματικής αυτής υδρόλυσης είναι ότι το προϊόν περιέχει μόλις ίχνη του ανεπιθύμητου ακρυλικού οξέος (0,02%).

(http://acswebcontent.acs.org/landmarks/landmarks/soh/soh_process.html).

β) Σχηματισμός του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

Το ακρυλαμίδιο παράγεται στα αμυλούχα κυρίως τρόφιμα με φυσικό τρόπο, δηλαδή κατά το μαγείρεμά τους σε υψηλές θερμοκρασίες όπως είναι το τηγάνισμα και το ψήσιμο σε φούρνο ή σε σχάρα.

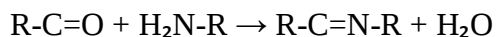
Ενώ αρχικά ήταν γνωστή μόνο η βιομηχανική παρασκευή του, το 2002 ερευνητές από το Πανεπιστήμιο της Στοκχόλμης ανακάλυψαν με έκπληξη το σχηματισμό του ακρυλαμιδίου και στα τρόφιμα. Σύμφωνα με τον Reynolds (2002), αφορμή για την έναρξη της διερεύνησης αυτής αποτέλεσε ένα σιδηροδρομικό δυστύχημα το 1997, με μια διαρροή ακρυλαμιδίου σε μια σήραγγα, η οποία ώθησε στη σύνδεση της επίδρασης της τοξικότητας των χημικών στο νευρικό σύστημα των εργαζομένων που εκτίθενται σε χημικά με αυτή που βρέθηκε στα βοοειδή που δεν εκτίθενται σε χημικά, αλλά τρέφονται με θερμικά επεξεργασμένες ζωοτροφές. Η συσχέτιση αυτή πυροδότησε την έρευνα για την παρουσία ακρυλαμιδίου στα μαγειρεμένα τρόφιμα και τις ζωοτροφές. Ο Tareke μαζί με μια ομάδα ερευνητών, το 2000, έκαναν την πρώτη υπόθεση ότι το ακρυλαμίδιο αποτελεί κίνδυνο

για τα μαγειρεμένα τρόφιμα στο άρθρο τους με τίτλο “Acrylamide: a cooking carcinogen?”. Η ίδια επιστημονική ομάδα επιβεβαίωσε την υπόθεσή τους δύο χρόνια αργότερα, παρέχοντας και την αντίστοιχη επιστημονική στήριξη για το δελτίο Τύπου της SNFA (Tareke *et al.*, 2002).

Από τότε, η χημική αυτή ουσία, έχει ανιχνευτεί σε ένα μεγάλο εύρος τροφίμων τα οποία έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες. Είναι γνωστό λοιπόν πλέον, ότι ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου κατά την επεξεργασία των τροφίμων σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 120°C είναι αποτέλεσμα μιας χημικής αντίδρασης που ονομάζεται αντίδραση Maillard. Η αντίδραση Maillard ή αντίδραση αμαύρωσης είναι ένα πλέγμα χημικών αντιδράσεων, το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία για τη παρασκευή και την εμφάνιση του τροφίμου αφού σε αυτό οφείλεται η αμαύρωση τους καθώς και η χαρακτηριστική γεύση και το άρωμά τους.

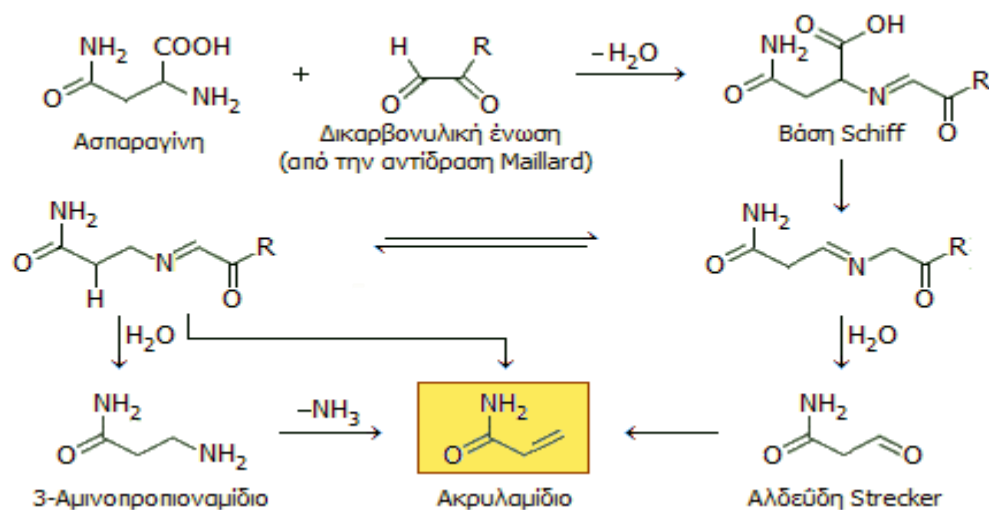


Είναι μια χημική αντίδραση μεταξύ ενός αμινοξέος (συνήθως της ασπαραγίνης) και ενός σακχάρου (συνήθως είναι η γλυκόζη, η φρουκτόζη ή η λακτόζη) και ενώ αναφέρεται ως μια αντίδραση, στη πραγματικότητα πρόκειται για παράλληλες αλληλουχίες αντιδράσεων, με «αρχικά», «ενδιάμεσα» και «τελικά» προϊόντα. Τα προϊόντα μιας αλληλουχίας αντιδράσεων μπορούν να αντιδράσουν με τα προϊόντα μιας άλλης. Η θερμοκρασία, το PH καθώς και το είδος των αμινοξέων και των σακχάρων των τροφίμων παίζουν καθοριστικό ρόλο για το ποιά πορεία θα επικρατήσει. Τυπικά, η αντίδραση αμαύρωσης ξεκινά με την αντίδραση της καρβονυλικής ομάδας του ανάγοντος σακχάρου με την αμινομάδα ενός αμινοξέος

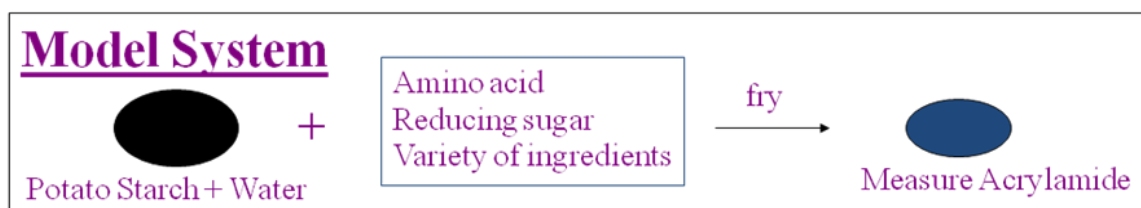


και οδηγεί σε μια ποικιλία μορίων που παρέχουν τη χαρακτηριστική γεύση και το άρωμα στο τρόφιμο. Τα πιθανά μόρια που παράγονται από τη κάθε αντίδραση είναι εκατοντάδες και χαρακτηριστικά του κάθε είδους τροφίμου, το οποίο παρέχει τις δικές του ομάδες προϊόντων. Το αποτέλεσμα της αντίδρασης αυτής χαρακτηρίζεται ως «μη ενζυμική αμαύρωση».

Μια σειρά αντιδράσεων, τμήμα της ολικής αντίδρασης, δίνεται στο παρακάτω σχήμα και από ότι φαίνεται εδώ το υπεύθυνο αμινοξύ για την παρασκευή του ακρυλαμιδίου είναι η ασπαραγίνη (Blank *et al.*, 2005).

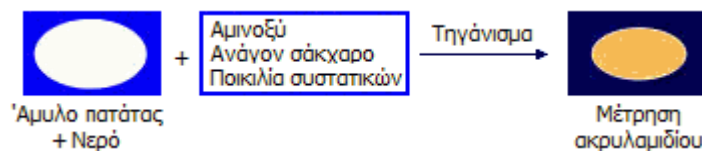


Σχήμα 2: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου κατά την αντίδραση Maillard
(http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_acrylamide.htm)



Σχήμα 3: Μοντέλο για τη μελέτη της επίδρασης του σακχάρου και αμινοξέος στο σχηματισμό ακρυλαμιδίου
Zyzac D. (2002) (Procter and Gamble):

http://linux01.crystalgraphics.com/view/1ca00MWNmY/Acrylamide_Mechanism_of_Formation_in_Heated_Foods_flash_ppt_presentation

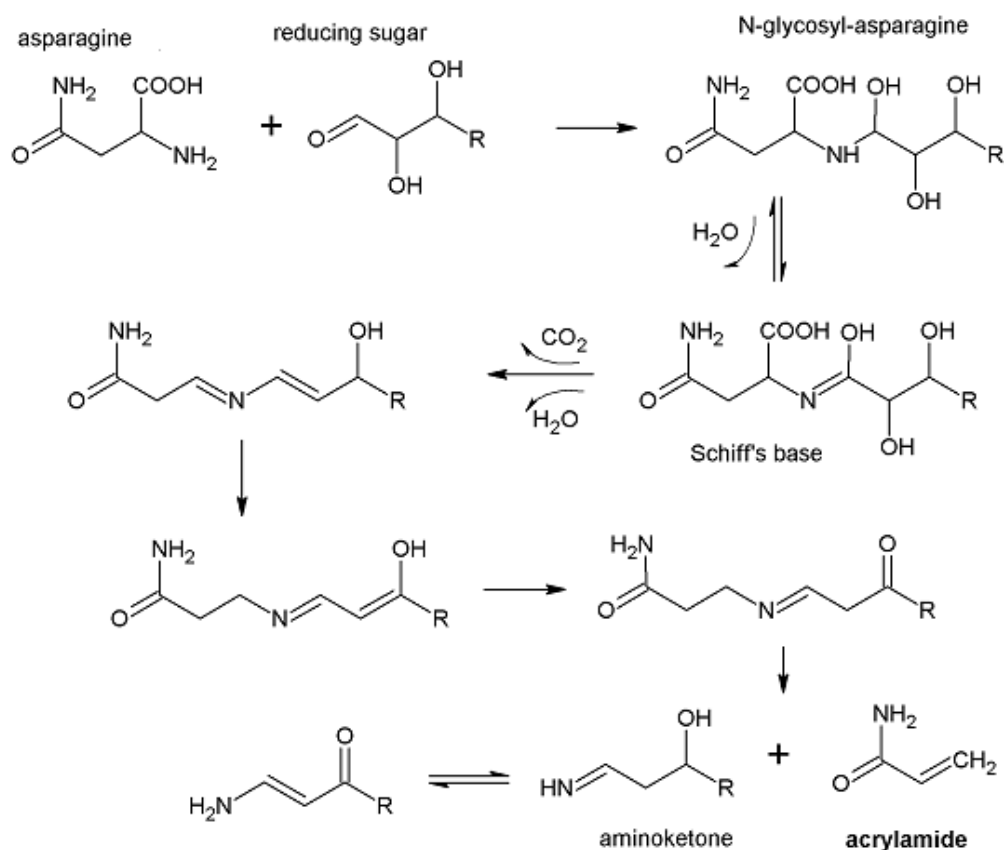


Σχήμα 4: Μοντέλο για τη μελέτη της επίδρασης του σακχάρου και αμινοξέος στο σχηματισμό ακρυλαμιδίου

Πίνακας 1: Συνθήκες σχηματισμού ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα

Συνθήκες	Ακρυλαμίδιο (ppb)
Άμυλο	<50
Άμυλο+γλυκόζη	<50
Άμυλο+ασπαραγίνη	117
Άμυλο+γλυκόζη+ασπαραγίνη	9270
Άμυλο+γλυκόζη+γλουταμίνη	156
Άμυλο+γλυκόζη+AO*	<50

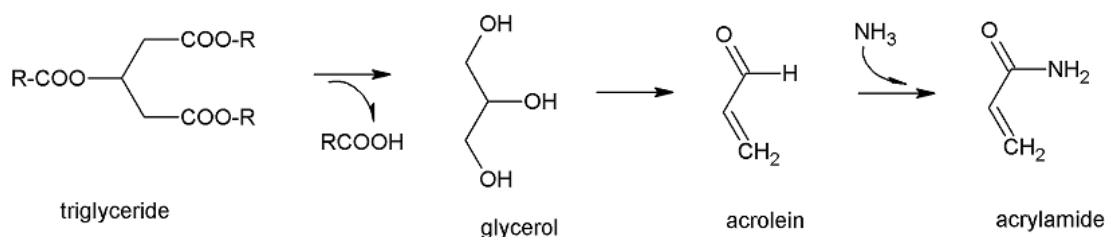
*AO: αλανίνη, ασπαρτικό οξύ, λυσίνη, θρεονίνη, αργινίνη, κυστεΐνη, μεθειονίνη, βαλίνη



Σχήμα 5: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου μέσω της αντίδρασης Maillard (Boskou G., 2011)

Παράλληλα, ένας δεύτερος τρόπος σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα (αλλά πιο σπάνιος) είναι μέσω της ακρολεΐνης ή του ακρυλικού οξέος τα οποία μπορεί να προέρχονται από την

αποικοδόμηση των λιπιδίων, των υδατανθράκων ή των ελεύθερων αμινοξέων.



Σχήμα 6: Σχηματισμός ακρυλαμιδίου μέσω ακρολεΐνης από λιπίδια (Boskou G., 2011)

Α3: ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Τον Ιούνιο του 2002 πραγματοποιήθηκε μια διαβούλευση των FAO/WHO, η οποία αφορούσε στις επιπτώσεις που έχει στην υγεία των καταναλωτών το ακρυλαμίδιο. Οι παρακάτω περιεκτικότητες ακρυλαμιδίου σε διάφορες κατηγορίες τροφίμων προέρχονται από δεδομένα της συγκεκριμένης διαβούλευσης.

Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, FAO/WHO, 2002

Τρόφιμο/κατηγορία τροφίμου	Επίπεδα ακρυλαμιδίου (μg/kg) ¹			
	Mean ²	Median ²	Minimum-maximum	Number of samples
Crisps, potato/sweet potato ³	1312	1343	170-2287	38
Chips, potato ⁴	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	50	<30-162	41
Fish and seafood, products, crumbed, battered	35	35	30-39	4
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
Poultry or game, crumbed, battered	52	52	39-64	2

1. Τα όρια ανίχνευσης και ποσοτικού προσδιορισμού διέφεραν μεταξύ των εργαστηρίων. Οι τιμές που παρουσιάζονται με μικρότερο (δηλαδή <) από κάποια τιμή είναι κάτω από το όριο που ανέφερε το κάθε εργαστήριο.

2. Οι μέσες τιμές και οι διάμεσοι υπολογίστηκαν όπου ήταν διαθέσιμα τα επιμέρους δεδομένα. Τα μεγέθη των δειγμάτων ήταν εξαιρετικά μικρά, ιδιαίτερα σε ορισμένες κατηγορίες τροφίμων.

3. Πατάτες τηγανητές, κομμένες σε λεπτές φέτες (περιλαμβάνει τρόφιμα που ονομάζεται πατατάκια σε ορισμένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένης και της Βόρειας Αμερικής).

4. Πατάτες τηγανητές, κομμένες σε πιο χοντρές φέτες (περιλαμβάνει τρόφιμα που ονομάζεται πατάτες τηγανητές σε ορισμένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένης και της Βόρειας Αμερικής).

Τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα συγκεντρώθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν στις διάφορες ομάδες τροφίμων από τον FDA το 2004 σύμφωνα με το έγγραφο του U.S.FDA *Foods Commonly Eaten in the United States*.

Πίνακας 3: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, FDA Data on Acrylamide Concentration in Foods, U.S. (FDA 2004a, 2004b)

Food product	Acrylamide in ppb (µg/Kg)	Number of samples
Grain-based foods	31,00	4
Bagels-toasted	55,36	14
Biscuits	36,75	12
Breads-whole grain and wheat	38,70	43
White breads	10,82	17
Toast	213,00	3
Brownies	16,6	12
Cake	9,83	18
Cereals,ready-to-eat,toasted oat rings	174,07	14
Corn flakes	60,64	14
Other breakfast cereals	86,11	104
Cereal-baby food(USDA classifies as ready-to-eat)	n.d.	
Cooked cereal	n.d.	
Cookies	188,16	82
Cookie-like foods	55,93	14

Corn and tortilla chips	198,88	16
Crackers	166,5	52
Doughnuts and sweet rolls	18,47	15
Pancakes and wafers	15,25	12
Pie	21,81	32
Popcorn	180,40	15
Quickbreads and muffins	8,13	24
Rice and pasta	n.d.	
Tortillas	6,44	16
Wheat-based snacks	163,31	16
French-fries (restaurant)	350,46	41
French-fries (home baked)	648,27	11
Potato chips	466,09	54
Other potato-sweet potato based snacks	1337,50	4
Vegetables, fresh	n.d.	
Vegetables, canned or bottled	n.d.	
Black olives, canned	413,63	19
Sweet potato, canned	93,25	12
Roasted almonds	320,25	4
Peanut butter	88,06	17
Roasted peanuts	27,13	15
Baked beans	76,5	
Sunflower seeds	39,50	12
Soy-based protein products	n.d.	
Regular roast coffee grounds	220,50	26
Dark roast coffee grounds	189,92	24
Dry instant coffee	360,33	9
Coffee, brewed	7,35	20
Other beverages	n.d.	
Grain-based coffee substitutes	4573	2
Fruit and fruit juices	n.d.	
Prune juice	159,00	13
Meat, poultry, fish	n.d.	
Chicken nuggets or strips	24,00	14
Breaded, fried fish	8,53	115
Dairy	Variable levels, most were low	
Gravies and seasonings	Variable levels, most were low	
Mixtures	Low	
Chili con carne	130,25	12
Pizza	19,50	12
Taco/tostada	26,75	12
Oils, gravies and dressings	n.d.	
Infant formula	n.d.	
Baby food- dairy	n.d.	
Baby food- fruit	n.d.	
Mixture-baby food	n.d.	
Peach cobbler-baby food	40,25	12
Baby food with carrots	54,14	14
Baby food, green beans	23,23	13
Baby food, squash	19,29	14
Baby food, sweet potatoes	77,44	16

Τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα προέρχονται από την επιστημονική έκθεση της EFSA (European Food Safety Authority). Είναι τα αποτελέσματα για τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα από τα έτη παρακολούθησης 2007 -2009 και τα οποία εκδόθηκαν στο EFSA journal το 2011.

Πίνακας 4: Συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, EFSA, 2007-2009

FOOD GROUP	2007		2008		2009	
	N	MEDIAN µg/kg	N	MEDIAN	N	MEDIAN µg/kg
Biscuits						
Crackers	69	195	134	185	99	98
Infant	97	100	88	64	51	80
Not specified	291	173	276	126	330	76
Wafers	38	118	49	109	90	213
Bread						
Bread crisp	155	116	92	107	130	186
Bread soft	127	30	211	30	110	27
Not specified	54	58	17	19	84	49
Breakfast cereals	134	100	136	75	153	87
Cereal-based baby food	92	38	110	25	99	25
Coffee						
Instant coffee	51	188	63	482	46	584
Not specified	41	183	11	210	14	237
Roasted coffee	153	197	267	164	172	193
French fries	647	246	536	220	469	247
Jarred baby food	87	30	142	25	118	25
Other products						
Gingerbread	357	226	258	227	302	132
Muesli and porridge	48	156	19	30	92	50
Not specified	424	134	529	60	249	100
Substitute coffee	61	334	84	702	34	1148
Potato crisps	280	413	458	436	388	394
Home-cook potato product						
Deep fried	54	182	39	152	49	201
Not specified	82	150	101	75	136	104
Oven baked	8	260	108	172	72	189

Μέγεθος δείγματος (N), και διάμεσος (Median)

Πίνακας 5: Επίπεδα ακρυλαμιδίου σε διάφορα κατηγορίες τροφίμων (μg/kg) σύμφωνα με το πρόγραμμα παρακολούθησης για το 2010 (σύσταση της Επιτροπής 2010/307/ΕΕ)

Κατηγορία Προϊόντων	Αριθμός Ελέγχων	Επίπεδα ακρυλαμιδίου (μg/kg)		
		Διάμεση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή
Τηγανητές πατάτες πωλούμενες έτοιμες για κατανάλωση	8	878	592	1377
Τραχανά Πατατάκια (τσιπς)	22	1526,5	322	3670
Προμαγειρεμένες τηγανητές πατάτες/ προϊόντα πατάτας για μαγείρεμα στο σπίτι	4	186,5	40	332,6
Μαλακό ψωμί	8	36,4	20	424,8
Δημητριακά προγεύματος	8	91	24	1290
Μπισκότα, κράκερ, τραχανό ψωμί και παρόμοια είδη	11	93	32	532
Καφές και υποκατάστατα καφέ	6	52,1	<LOQ ^α	616,9
Παιδικές τροφές (εκτός των μεταποιημένων με βάση δημητριακά)	3	390	125	1107
Μεταποιημένα τρόφιμα με βάση δημητριακά για βρέφη και νήπια	4	48	<LOD ^β	114
Λοιπά προϊόντα	6			
Κακάο	4	1423	620	2264
Snacks Καλαμποκιού	2	159,5	59	260

α. LOQ: Όριο ποσοστικού προσδιορισμού, 30 μg/kg

β. LOD: Όριο ανίχνευσης, 5 μg/kg

Α4: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ

Στις περισσότερες έρευνες που αφορούν στο ακρυλαμίδιο, οι αναλύσεις του γίνονται με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC-MS), είτε με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (LC-MS, ή, εναλλακτικά, HPLC-MS).

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

Η υγρή χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (LC-MS, ή εναλλακτικά, HPLC-MS) είναι μια αναλυτική χημική τεχνική που συνδυάζει τις φυσικές δυνατότητες διαχωρισμού της υγρής χρωματογραφίας (ή HPLC) με αυτές της φασματομετρίας μάζας. Η LC-MS είναι μια ισχυρή τεχνική που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, λόγω της πολύ υψηλής ευαισθησίας και της εκλεκτικότητάς της. Γενικότερα, η εφαρμογή της είναι προσανατολισμένη προς τις ιδιαίτερες δυνατότητες ανίχνευσης και ταυτοποίησης των χημικών ουσιών με την παρουσία άλλων χημικών ουσιών (σε ένα σύνθετο μείγμα δηλαδή).

(http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry)

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

Η αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS) είναι μια μέθοδος που συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της αέριας χρωματογραφίας με αυτά της φασματομετρίας μάζας, για τον προσδιορισμό διαφορετικών ουσιών σε ένα δείγμα. Εφαρμογές της GC-MS περιλαμβάνουν την ανίχνευση ναρκωτικών ουσιών, διάφορες έρευνες για φωτιά και για εκρηκτικά, περιβαλλοντικές αναλύσεις καθώς και την ταυτοποίηση αγνώστων δειγμάτων. Η GC-MS μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στην ασφάλεια των αεροδρομίων για την ανίχνευση ουσιών στις αποσκευές ή στον άνθρωπο

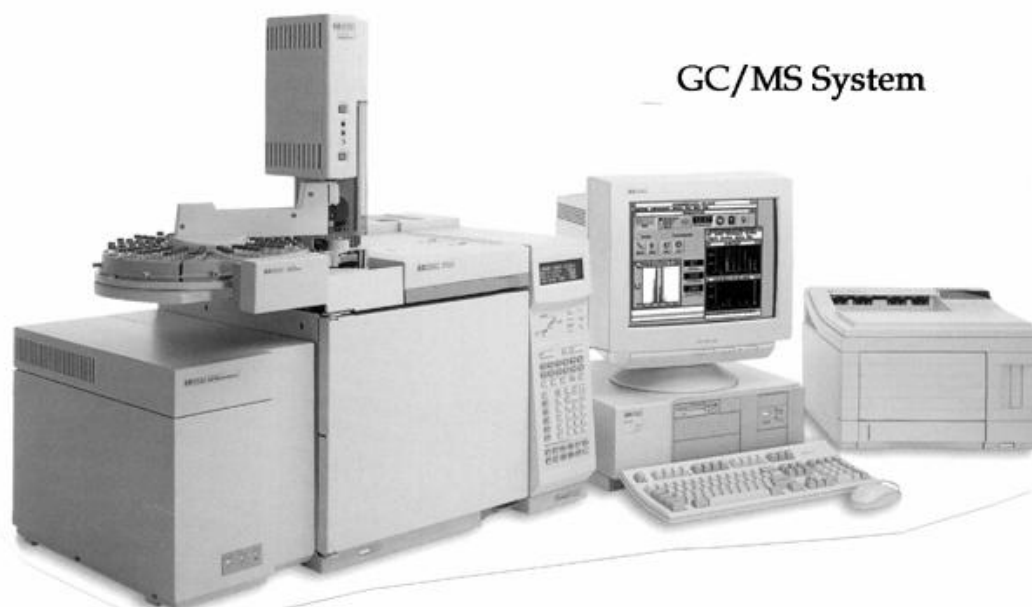
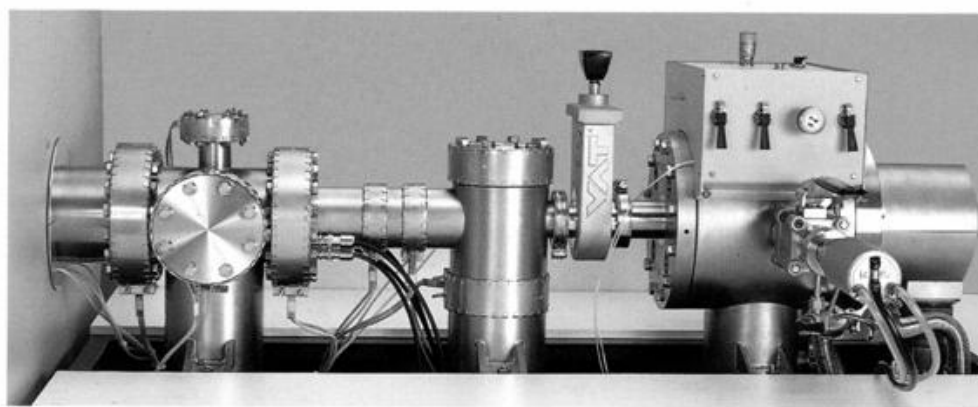
(http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry).

Φασματομετρία μάζας (MS)

Η φασματομετρία μαζών (mass spectrometry) είναι μια από τις σημαντικότερες μεθόδους προσδιορισμού της δομής και του μοριακού βάρους των οργανικών ενώσεων. Η καταγραφή του φάσματος γίνεται με εξαιρετική ακρίβεια, επιδέχεται διορθώσεις και με τεράστιες βάσεις δεδομένων μπορεί κανείς να έχει τη σύγκριση της αναζητούμενης δομής των οργανικών ενώσεων που αναλύει.

Ο φασματογράφος μαζών (ΦΜ) είναι ένα όργανο που με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού βομβαρδισμού, τεμαχίζει την ουσία που μελετάται, παράγοντας ιόντα. Τα ιόντα αυτά επιταχύνονται με τη βοήθεια ισχυρού μαγνητικού πεδίου και συλλέγονται από τον ανιχνευτή σε διαστήματα ανάλογα με το μοριακό τους βάρος. Με τον φασματογράφο μαζών μπορούν να προσδιορισθούν το ΜΒ μιας ένωσης χρησιμοποιώντας λιγότερο από 1 mg. Από το μοριακό βάρος μπορεί να προσδιορισθεί ο στοιχειώδης μοριακός τύπος (με στοιχειακή ανάλυση) και συνεπώς ο εμπειρικός τύπος της χημικής ένωσης.

(www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/fasm_org/Chapter_12.pdf)



Σχήμα 7: Φασματογράφος Μαζών. Το σύστημα ανάλυσης ιόντων. Φασματοσκοπία μαζών με αέριο χρωματογράφο (GC-MS) και αυτόματη δειγματοληψία πολλών δειγμάτων
(www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/fasm_org/Chapter_12.pdf).

Συνδυασμός αερίου χρωματογράφου και φασματογράφου μαζών (GC-MS/MS)

Το πιο σημαντικό πρόβλημα στη φασματομετρία μαζών ήταν μέχρι πρόσφατα η καθαρότητα του δείγματος. Ακόμη και ελάχιστες ποσότητες προσμίξεων ή παράγωγα της ένωσης μπορούν να δώσουν πολλές ανεξήγητες φασματικές γραμμές που θα δυσκολέψουν την ερμηνεία του φάσματος. Εάν όμως το δείγμα περάσει μέσα από τη στήλη διαχωρισμού ενός αερίου χρωματογράφου (AX) τότε παραλαμβάνεται σε τελείως καθαρή κατάσταση (θα είναι ένα από τα κλάσματα της χρωματογράφησης). Οι ποσότητες που εξέρχονται μετά τη χρωματογράφιση είναι στην αέρια φάση και σε ιδανικές συνθήκες για να περάσουν στο θάλαμο ιονισμού του φασματογράφου μάζας, με την προϋπόθεση να απομακρυνθεί το φέρον αέριο (που συνήθως είναι το ήλιο). Η απομάκρυνση του φέροντος αερίου γίνεται με φίλτρα (από συντηγμένο γυαλί) ή με μεμβράνες, ενώ η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι με την επίδραση του κενού. Το φέρον αέριο και το κλάσμα της οργανικής ένωσης διαβιβάζονται, μετά το διαχωρισμό τους από τον αέριο χρωματογράφο, σε ένα ακροφύσιο διαχωρισμού (jet separator). Με τον τρόπο αυτό η οργανική ένωση (σε αέρια κατάσταση), που είναι πιο βαριά από το ήλιο, περνάει στο σύνολό της κατά μήκος του υψηλού κενού (μεταξύ των δύο ακροφυσίων) στο θάλαμο ιονισμού, ενώ το μικρού μοριακού βάρους αέριο διαχέεται πλαγίως, κάτω από την επίδραση του κενού. Ο αέριος χρωματογράφος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον φασματογράφο μάζας και έτσι το φάσμα μαζών κάθε μιας ουσίας στο μίγμα καταγράφεται καθώς εγκαταλείπει τη στήλη διαχωρισμού.

(www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/fasm_org/Chapter_12.pdf)

Με τον αντίστοιχο τρόπο λειτουργεί και ο διαχωρισμός με την μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας.



Σχήμα 8: Αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS)
(www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/fasm_org/Chapter_12.pdf)

Ανάλυση Ακρυλαμιδίου Με Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography, GC)

A) Αέρια χρωματογραφία χωρίς παραγωγοποίηση του ακρυλαμιδίου

Αεριοχρωματογραφική ανάλυση του ακρυλαμιδίου

Επειδή το ακρυλαμίδιο, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, έχει την τάση να πολυμερίζεται ισχυρά, τις περισσότερες φορές τα δείγματα εισάγονται στον αεριοχρωματογράφο για ανάλυση μόνο με απευθείας εισαγωγή εν ψυχρώ επί της στήλης. Μόνο λίγα άρθρα (Biedermann *et al.*, 2002, Tateo and Bononi, 2003, Wenzl *et al.*, 2003) προτείνουν τη χρησιμοποίηση εισαγωγέα split-splitness για την ανάλυση. Για τον διαχωρισμό του ακρυλαμιδίου, χρησιμοποιούνται συνήθως πολικές στήλες, όπως αυτές με υλικό πλήρωσης από πολυαιθυλενογλυκόλη. Ο ανιχνευτής φλόγας ιονισμού (FID), ο ανιχνευτής συλλογής ηλεκτρονίων (ECD) και ο ανιχνευτής φασμάτων μάζας (MSD) αποτελούν τους βασικούς ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται στη αεριοχρωματογραφική ανάλυση του ακρυλαμιδίου. Το βασικό μειονέκτημα της ανάλυσης με GC-MSD είναι η έλλειψη χαρακτηριστικών θραυσμάτων στο φάσμα μάζας του ακρυλαμιδίου. Τα φάσματα μάζας ηλεκτρονιακού ιονισμού (EI) του ακρυλαμιδίου εμφανίζουν κύρια θραύσματα τα m/z 71 και 55 τα οποία χρησιμοποιούνται και για τον ποσοτικό προσδιορισμό. Όμως συνεκχυλιζόμενες ουσίες από τα τρόφιμα, όπως η μαλτόζη και το επτανοϊκό οξύ, παράγουν τα ίδια θραύσματα με αποτέλεσμα να μην καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του ακρυλαμιδίου (Biedermann *et al.*, 2002). Για αυτούς τους λόγους το ακρυλαμίδιο προσδιορίζεται καλύτερα αεριοχρωματογραφικά με τη μέθοδο της φασματομετρίας μαζών με αρνητικό ή θετικό χημικό ιονισμό (Wenzl *et al.*, 2003), εφόσον διατίθεται το απαιτούμενο όργανο.

Παραλαβή του ακρυλαμιδίου από τα τρόφιμα για την ανάλυση με αεριοχρωματογραφία

Οι διαλύτες εκχύλισης του ακρυλαμιδίου από τα διάφορα τρόφιμα είναι κυρίως το νερό και μίγματα νερού με οργανικούς διαλύτες, όπως η 1-προπανόλη και η 2-βουτανόνη (Biedermann *et al.*, 2002, SQTS, 2003). Η χρησιμοποίηση άνυδρης 1-προπανόλης ή καθαρής μεθανόλης για την εκχύλιση, οδηγούν σε μη ικανοποιητική παραλαβή του ακρυλαμιδίου (Tateo and Bononi, 2003). Συνήθως το

ομογενοποιημένο δείγμα αναμιγνύεται με νερό ή με το υδατικό διάλυμα του εσωτερικού προτύπου και διατηρείται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία για 10-20 λεπτά (Biedermann *et al.*, 2002). Καλό είναι για την ενίσχυση της εκχύλισης να χρησιμοποιείται ζεστό νερό (θερμοκρασίας 60-80°C). Παρόλα αυτά, ακόμα και η εκχύλιση σε θερμοκρασία δωματίου έχει παρόμοια αποτελέσματα. Αυξημένη ανάκτηση του ακρυλαμιδίου είναι αναμενόμενη και μετά την εκχύλιση του ακρυλαμιδίου από το τρόφιμο με χρήση λουτρού υπερήχων (30 min, 60 sec) (Schaller, 2003). Ενώ για να αντιμετωπιστούν προβλήματα που προκύπτουν από το ισχυρό ιξώδες του μίγματος δείγματος/νερού επιβάλλεται η προσθήκη μικρών ποσοτήτων αμυλάσης (SQTS, 2003). Για να είναι δυνατή η γενικότερη εφαρμογή της μεθόδου, πρέπει να ληφθεί υπόψη η περιεκτικότητα του δείγματος σε λίπος, καθώς αυτή θα επηρεάσει την ανάλυση. Συνεπώς, σε δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος θα πρέπει να πραγματοποιείται απολίπανση. Η απολίπανση μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους όπως είναι: η απομάκρυνση του λίπους με εξάνιο μετά την εκχύλιση (SQTS, 2003), η φυγοκέντριση και η απομάκρυνση του νερού με απόσταξη αζεοτροπικού μίγματος (Biedermann *et al.*, 2002), η εκχύλιση με μίγμα n-εξάνιο σε συσκευή Soxhlet καθώς και η εκχύλιση του ακρυλαμιδίου με μεθανόλη (Tateo and Bononi, 2003).

B) Αέρια χρωματογραφία με δημιουργία διβρωμο- παραγώγου του ακρυλαμιδίου

Οι περισσότερες μέθοδοι ανάλυσης του ακρυλαμιδίου με αεριοχρωματογραφία βασίζονται στη παραγωγοποίησή του με βρώμιο. Για λόγους που αναφέρονται προηγουμένως, έχουν αναπτυχθεί ελάχιστες μόνο μέθοδοι που παραλείπουν τη παραγωγοποίηση και προσδιορίζουν το ακρυλαμίδιο άμεσα μετά την εκχύλιση και τον καθαρισμό του δείγματος (Wenzl *et al.*, 2003).

Λόγοι που γίνεται η παραγωγοποίηση

Για τον προσδιορισμό του ακρυλαμιδίου σε τρόφιμα με αεριοχρωματογραφικές τεχνικές χρησιμοποιείται συνήθως το διβρωμο- παράγωγο του ακρυλαμιδίου. Αυτό παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

A) Είναι λιγότερο πολικό από το ακρυλαμίδιο με αποτέλεσμα την αύξηση της εκλεκτικότητας της ανάλυσης. Έτσι προσδιορίζεται εκλεκτικά με GC-MS παράγοντας χαρακτηριστικά θραύσματα μεγάλης έντασης.

B) Δεν πολυμερίζεται στον εισαγωγέα.

Η διαδικασία παραγωγοποίησης πραγματοποιείται συνήθως με προσθήκη του διαλύματος παραγωγοποίησης, που περιέχει βρωμιούχο κάλιο, υδροβρώμιο και ελεύθερο βρώμιο, σε υδατικό εκχύλισμα ωμού ή προκατεργασμένου τροφίμου και στη συνέχεια ακολουθεί ανάδευση για 12 ώρες σε θερμοκρασία ~ 0°C (Castle *et al.*, 1991, Castle 1993, Ahn *et al.*, 2002, Tareke *et al.*, 2002, Ono *et al.*, 2003). Οι Nemoto *et al.*, 2002, χρησιμοποίησαν ένα διαφορετικό αντιδραστήριο παραγωγοποίησης που περιείχε βρωμιούχο κάλιο και βρωμικό νάτριο σε όξινο περιβάλλον.

Διαχωρισμός και ποσοτικός προσδιορισμός του ακρυλαμιδίου

Η ανάλυση του ακρυλαμιδίου επιτυγχάνεται στις περισσότερες περιπτώσεις με τριχοειδείς στήλες GC μέτριας έως μεγάλης πολικότητας, μήκους 30 m και εσωτερικής διαμέτρου 0,25 mm (GC-MS). Ο όγκος έκχυσης του δείγματος είναι 1-2μL, χωρίς σχάση του δείγματος. Η αρχική θερμοκρασία του φούρνου είναι μεταξύ 60 και 85°C και ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας είναι, στις περισσότερες περιπτώσεις 15 °C/min. Η τελική θερμοκρασία του φούρνου είναι περίπου 250 °C (Wenzl *et al.*, 2003).

Καθαρισμός παραγώγου

Για την παραλαβή του διβρώμο παραγώγου, η περίσσεια του βρωμίου απομακρύνεται μετά την αντίδραση μέσω ογκομέτρησης με διάλυμα θειοθειικού νατρίου (0,7-1M), έως την αλλαγή του χρώματος του αντιδραστήριου σε ανοιχτό κίτρινο. Το βρωμιούχο παράγωγο του ακρυλαμιδίου είναι λιγότερο πολικό σε σχέση με το ακρυλαμίδιο και συνεπώς διαλύεται ευκολότερα σε μη πολικούς οργανικούς διαλύτες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, για την εκχύλιση του ακρυλαμιδίου από την υδατική φάση χρησιμοποιείται οξικός αιθυλεστέρας ή μίγματα οξικού αιθυλεστέρα και κυκλοεξανίου. Ο διαχωρισμός φάσεων συχνά επιτυγχάνεται με φυγοκέντρωση του δείγματος (Wenzl *et al.*, 2003). Πριν την έγχυση του δείγματος στο GC, ο όγκος του διαλύτη πρέπει να μειωθεί στα 30-200μL ώστε να επιτευχθούν όρια ανίχνευσης μεταξύ 1-5 μg/Kg (Castle *et al.*, 1991, Castle 1993, Tareke *et al.*, 2000, 2002).

Ανάλυση ακρυλαμιδίου με υγρή χρωματογραφία (Liquid Chromatography, LC)

Εκχύλιση

Στην πλειοψηφία των LC μεθόδων που έχουν δημοσιευτεί, ως διαλύτης εκχύλισης χρησιμοποιείται το νερό (Tareke *et al.*, 2000, Rosén and Hellenäs, 2002, Becalski *et al.*, 2003). Έχει αναφερθεί ότι η θέρμανση ή η χρήση υπερήχων για την υποβοήθηση της εκχύλισης πρέπει να αποφεύγονται καθότι είναι δυνατόν να παραχθούν μικροσωματίδια τα οποία μπορεί να φράξουν τις στήλες κατά την εκχύλιση στερεάς φάσης (SPE) που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του δείγματος (FDA, 2003). Παρόλα αυτά, έχει αναφερθεί η χρησιμοποίηση θερμού νερού (80 °C) χωρίς προβλήματα (Ahn *et al.*, 2002). Ακόμα έχει χρησιμοποιηθεί μίγμα νερού και ακετόνης σαν διαλύτης εκχύλισης (Fauhl *et al.*, 2002, Takatsuki *et al.*, 2003). Οι μηχανικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για το αρχικό στάδιο της εκχύλισης εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία. Για παράδειγμα: οριζόντιος αναδευτήρας, περιστρεφόμενος αναδευτήρας, περιστασιακή ανάδευση, μηχανικός αναμίκτης ή voltex. Επίσης έχει προταθεί εκχύλιση με χρήση λουτρού υπερήχων που είναι υπό διερεύνηση διότι μπορεί να επηρεάζει τον καθαρισμό, όπως προαναφέρθηκε. Μερικά εργαστήρια πραγματοποίησαν απολίπανση πριν ή σε συνδυασμό με την εκχύλιση. Η απολίπανση γίνεται με εκχύλιση με εξάνιο, τολουόλιο ή κυκλοεξάνιο. Δεν έχει παρατηρηθεί καμία διαφορά στο χρωματογραφικό διαχωρισμό όταν τα δείγματα υπόκεινται απολίπανση με εξάνιο πριν την εκχύλισή τους με νερό (Wenzl *et al.*, 2003). Μετά την εκχύλιση, η υδατική φάση φυγοκεντρείται και διηθείται (Becalski *et al.*, 2003, FDA, 2003, Ono *et al.*, 2003). Όπως και στη μέθοδο GC-MS, προστίθεται εσωτερικό πρότυπο στο εκχύλισμα του τροφίμου για τον έλεγχο της ανάκτησης και των απωλειών που μπορεί να συμβούν κατά την προετοιμασία του δείγματος (εκχύλιση, καθαρισμός).

Καθαρισμός

Οι περισσότερες διαδικασίες καθαρισμού περιλαμβάνουν συνδυασμό διάφορων εκχυλίσεων στερεάς φάσης (SPE) (Becalski *et al.*, 2003, Takatsuki *et al.*, 2003, Ono *et al.*, 2003).

Συμπερασματικά, παρά την υψηλή εκλεκτικότητα που προσφέρεται από το MS/MS μπορεί ακόμα να υπάρχει πρόβλημα με προσμίξεις. Έχουν ανιχνευτεί κορυφές με χρόνο κατακράτησης ίδιο με αυτόν του ακρυλαμιδίου ή του δευτεριωμένου ακρυλαμιδίου. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να λυθεί μέσω της αύξησης του pH του διαλύματος από το οποίο το ακρυλαμίδιο εκχυλίζεται σε ένα

οργανικό διαλύτη. Οι Becalski *et al.*, 2003, κατά την ανάλυση τηγανητής πατάτας και δημητριακών, ανέφεραν την ύπαρξη ενός συστατικού που συνεκλύεται με το ακρυλαμίδιο. Όμως το πρόβλημα αυτό εξαλείφθηκε με την αύξηση του μήκους της στήλης από 100 σε 150 mm και με τον καθαρισμό του δείγματος πριν από τη χρωματογραφία.

Α5:ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ (ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ) ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Το ακρυλαμίδιο είναι ένα υδατοδιαλυτό, μονομερούς βινυλίου που έχει πολλαπλές εφαρμογές στη χημεία και τη βιομηχανία π.χ. στη διαχείριση των λυμάτων και την επεξεργασία του μεταλλεύματος. Επιπλέον, το ακρυλαμίδιο χρησιμοποιείται εκτενώς στα εργαστήρια μοριακής βιολογίας-χημείας σε gel χρωματογραφίας ενώ είναι παρών και σε ορισμένα τρόφιμα που έχουν μαγειρευτεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Εκτεταμένες μελέτες σε τρωκτικά και άλλα ζώα στο εργαστήριο, έχουν προσκομίσει αποδεικτικά στοιχεία ότι η έκθεση σε μονομερές ακρυλαμίδιο προκαλεί κυτταρική βλάβη τόσο στο Νευρικό όσο και στο Αναπαραγωγικό σύστημα, καθώς και ότι προκαλεί όγκους σε διάφορους ιστούς των ζώων αυτών. Ανθρώπινες επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει σημαντικά αυξημένη συχνότητα εμφάνισης νευροτοξικότητας σε πληθυσμούς που εκτίθενται επαγγελματικά, όμως μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί αντίστοιχη πιθανότητα κινδύνου για εμφάνιση καρκίνου στους ανθρώπους.

Νευροτοξικότητα

Γενικότερα ως Νευροτοξικές Ουσίες ή Ουσίες Νεύρων (Nerve agents) χαρακτηρίζονται οι ουσίες που επιδρούν στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ). Είναι πολύ τοξικές και έχουν την ιδιότητα να διαπερνούν το δέρμα χωρίς να επιδρούν σε αυτό.

Αρχικά το ακρυλαμίδιο ήταν γνωστό μόνο για τη χρήση του στη βιομηχανία. Τυχαία όμως έκθεση εργατών σε υψηλά επίπεδα ακρυλαμιδίου, οδήγησαν στην ανάγνωση της ουσίας ως νευροτοξική. Αυτό σημαίνει ότι σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπου.

Σύμφωνα με τους ερευνητές, ταυτόχρονη χορήγηση της μεθειονίνης μειώνει την νευροτοξική δραστηριότητα του ακρυλαμιδίου (Hashimoto & Ando, 1971), ενώ και η συμπλήρωση της δίαιτας με

πυριδοξίνη καθυστερεί την έναρξη και την σοβαρότητα της τοξικότητας του ακρυλαμιδίου σε αρουραίους (Loeb & Anderson, 1981).

Καρκινογένεση

Πριν το 2002 το τοξικολογικό ενδιαφέρον για το ακρυλαμίδιο περιοριζόταν κυρίως στην έκθεση σε αυτό σε εργασιακούς χώρους, όπου γινόταν η χρήση του, καθώς και κατά το κάπνισμα, αφού ίχνη του έχουν βρεθεί και στον καπνό του τσιγάρου. Όμως όπως έχει προαναφερθεί, μετά από την ανακάλυψη Σουηδών ερευνητών ότι «ίχνη» ακρυλαμιδίου υπάρχουν στο αίμα ανθρώπων που δεν έχουν «εργασιακή» σχέση με την ουσία αυτή, τα πράγματα άλλαξαν. Στη προσπάθειά τους να βρουν τη πιθανή πηγή του ακρυλαμιδίου, ανακάλυψαν με έκπληξη τον σχηματισμό του στα τρόφιμα. Τα αποτελέσματα αυτά σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το ακρυλαμίδιο έχει βρεθεί πλέον σε ένα μεγάλο εύρος τροφίμων, οδήγησαν τα επόμενα χρόνια στην πραγματοποίηση πολλών επιδημιολογικών ερευνών για να διαπιστωθεί εάν πραγματικά υπάρχει κίνδυνος για τον άνθρωπο, ιδιαίτερα για εμφάνιση διάφορων ειδών κακοήθων νεοπλασιών και νευροεκφυλιστικών ασθενειών, από την κατανάλωση των βασικών αμυλούχων τροφίμων που περιέχουν ακρυλαμίδιο. Για τον άνθρωπο, το ακρυλαμίδιο θεωρείται πιθανός καρκινογόνος παράγοντας (έγγραφο SANCO/2002/999/1) και κατηγοριοποιείται στην Ομάδα 2Α (πιθανός-probable παράγοντας καρκινογένεσης στον άνθρωπο) της IARC (International Agency for Research on Cancer), λόγω ανεπαρκών δεδομένων για να καταταγεί στην Ομάδα 1 (παράγοντας καρκινογόνος για τον άνθρωπο). Ωστόσο, λόγω των δεδομένων που δείχνουν καρκινογένεση στα ζώα, κατατάσσεται σε κατηγορία ανώτερη της Ομάδας 2Β (δυνατός - possible καρκινογόνος παράγοντας για τον άνθρωπο). Με βάση λοιπόν τις έρευνες που έχουν γίνει μέχρι τώρα, το ακρυλαμίδιο έχει αποδεδειγμένες καρκινογόνες ιδιότητες *μόνο* σε πειραματόζωα (Johnson *et al*, 1986), καθώς προάγει τη δημιουργία αδενωμάτων και αδενοκαρκινωμάτων, στο θυρεοειδή, στο γαστρεντερικό σωλήνα και στα γεννητικά όργανα αρσενικών και θηλυκών ποντικών.

Γονιδιοτοξικότητα και ικανότητα πρόκλησης μετάλλαξης

Το ακρυλαμίδιο λόγω της χημικής του δομής, εμφανίζει δραστικότητα έναντι διαφόρων βιολογικών μορίων με απόρροια τη πρόκληση μεταλλάξεων στους οργανισμούς. Θεωρείται λοιπόν ως πιθανό

μεταλλαξιογόνο όπου σύμφωνα με πειραματικές μελέτες μπορεί να συνδεθεί με το DNA. Η μεταλλαξιογένεση του ακρυλαμιδίου στα κύτταρα του ανθρώπου και του ποντικού βασίζεται στην ικανότητα του εποξειδικού μεταβολίτη του ακρυλαμιδίου, το γλυκιδαμίδιο (glycidamide), να σχηματίζει δεσμούς με το DNA (Besaratina A, Pfeifer GP, 2004). Στοιχεία πάντως δείχνουν ότι το ακρυλαμίδιο δεν προκαλεί ανιχνεύσιμες μεταλλάξεις γονιδίων (Dearfield *et al.*, 1988, 1995).

Βλάβες στην αναπαραγωγή και στη γονιμότητα

Τα αρσενικά ποντίκια παρουσίασαν μειωμένη γονιμότητα και αρνητικά αποτελέσματα στη καταμέτρηση και τη μορφολογία του σπέρματος για δόσεις ακρυλαμιδίου μεγαλύτερες των 7 mg/Kg b.w. την ημέρα. Σε θηλυκά ποντίκια δεν έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιδράσεις στην αναπαραγωγή και τη γονιμότητα, εκτός από ελάχιστη μείωση του σωματικού βάρους των νεογνών σε δόσεις 2,5 mg/Kg b.w. την ημέρα και πάνω.

Ως προς τη τερατογένεση, χορήγηση ακρυλαμιδίου σε εγκύους αρουραίους έχει αποδειχθεί να προκαλεί νευροτοξικές αντιδράσεις σε νεογνά σε επίπεδα που να είναι μη τοξικά στις μητέρες. Η χαμηλότερη επίδραση που παρατηρήθηκε ήταν σε δόσεις 20mg/Kg την ημέρα. Αντίστοιχες ενδείξεις δεν υπάρχουν σε ανθρώπους (Dearfield *et al.*, 1988, 1995)

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Τον Ιούνιο του 2002, ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) μαζί με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) εξέδωσε έκθεση σχετικά με τις επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου που παράγεται στα τρόφιμα ως προς την ανθρώπινη υγεία. Μετά από μελέτη της μεικτής επιτροπής εμπειρογνομόνων των FAO/WHO, η διαβούλευση κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το **NOAEL**, **No Observed Adverse Effect Level**, για το ακρυλαμίδιο ως προς τη **νευροπάθεια** είναι **0,5 mg / Kg** (δηλαδή 500μg/Kg) σωματικού βάρους την ημέρα, ενώ το **NOAEL** για τη γονιμότητα είναι τέσσερις φορές υψηλότερη από ό,τι για τη περιφερική νευροπάθεια. Η **εκτιμώμενη μέση χρόνια ημερήσια ανθρώπινη διατροφική πρόσληψη** είναι της τάξης του **1 μg / Kg** σωματικού βάρους την ημέρα. Αυτό παρέχει ένα περιθώριο μεταξύ της έκθεσης και του NOAEL των 500. Αφού $MOE = \text{margin of exposure} = \text{NOAEL} / \text{εκτιμώμενη ημερήσια ανθρώπινη πρόσληψη}$ ή αλλιώς $MOE = \text{BMDL} / \text{intake in humans}$, στη περίπτωση του ακρυλαμιδίου $MOE = 500 / 1 = 500$. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερης έκθεσης π.χ. 5 μg / Kg σωματικού βάρους/ ημέρα (μόνο το 1% του πληθυσμού έχει τέτοια μεγάλη έκθεση) το MOE γίνεται μικρότερο. Δηλαδή $MOE = 500/5 = 100$.

Πίνακας 6: Συστάσεις και δείκτες κατανάλωσης ακρυλαμιδίου ως προς τη νευροπάθεια

ΓΙΑ ΝΕΥΡΟΠΑΘΕΙΑ				
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level	Η δόση κατά την οποία δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες επιδράσεις	500 µg/Kg b.w. per day	500 µg/Kg σωματικού βάρους/ ημέρα
	Estimated average daily intake	Εκτιμώμενη μέση ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου	1 µg/Kg b.w. per day	1 µg/Kg σωματικού βάρους/ ημέρα
	Estimated average daily intake in high exposure	Εκτιμώμενη μέση ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου σε υψηλή έκθεση	5 µg/Kg b.w. per day	5 µg/Kg σωματικού βάρους/ ημέρα
MOE (MOE=NOAEL/estimated average daily intake)	Margin Of Exposure	Περιθώριο έκθεσης	500	
MOE (in high exposure) (MOE=NOAEL/estimated average daily intake)	Margin Of Exposure (in high exposure)	Περιθώριο έκθεσης σε υψηλή έκθεση	100	

Ως εκ τούτου, μια γυναίκα που ζυγίζει 60 κιλά θα μπορούσε να καταναλώσει με ασφάλεια 30 mg ακρυλαμιδίου ημερησίως ($0,5 \times 60 = 30$) χωρίς να υπάρχει φόβος για νευροπάθεια. Αντίστοιχα ένας άνδρας βάρους 82 κιλά περίπου θα μπορούσε να καταναλώσει άφοβα 41 mg ακρυλαμιδίου ($82 \times 0,5 = 41$), ενώ ένα παιδί που ζυγίζει 35 κιλά θα μπορούσε να καταναλώσει και αυτό με ασφάλεια 9 mg ακρυλαμιδίου ημερησίως ($35 \times 0,5 = 17,5$).

Σύμφωνα με τους οργανισμούς WHO και FAO, το ασφαλές όριο του 0,5 mg / Kg βάρους σώματος / ημέρα σχετίζεται **μόνο** για τη νευροπάθεια.

Η επιτροπή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία είναι απίθανες με βάση την εκτιμώμενη πρόσληψη, αλλά παρόλα αυτά μορφολογικές αλλαγές στα νεύρα δεν μπορούν να αποκλειστούν για ορισμένα άτομα με πολύ υψηλή κατανάλωση.

Όσο αφορά **την αναπαραγωγή, την ανάπτυξη, και άλλες μη-νεοπλασματικές επιπτώσεις** το **NOAEL** κυμαίνεται στα 2 mg / Kg σωματικού βάρους ανά ημέρα και άρα το περιθώριο της έκθεσης (MOE) στη μέση κατανάλωση (1µg/Kg σωματικού βάρους/ημέρα) είναι **2000** και σε υψηλή κατανάλωση(4µg/Kg) είναι **500**.

Πίνακας 7: Συστάσεις και δείκτες κατανάλωσης ακρυλαμιδίου ως προς την αναπαραγωγή, την ανάπτυξη και άλλες μη-νεοπλασματικές ασθένειες

ΓΙΑ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΜΗ-ΝΕΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ				
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level	Η δόση κατά την οποία δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες επιδράσεις	2 mg/Kg b.w. per day	2 mg/Kg σωματικού βάρους/ ημέρα
MOE (MOE=NOAEL/ estimated average daily intake)	Margin Of Exposure	Περιθώριο έκθεσης	2000	
MOE (in high exposure) (MOE=NOAEL/ estimated average daily intake)	Margin Of Exposure (in high exposure)	Περιθώριο έκθεσης στην υψηλή έκθεση	500	

Για τον **καρκίνο** το σημείο **BMDL** (**Bench Mark Dose Lower confidence limit 95%**) δηλαδή η δόση ορόσημο χαμηλότερου ορίου αξιοπιστίας, είναι **0,3 mg / Kg** σωματικού βάρους ανά ημέρα. Αφού $MOE = BMDL \text{ (animal data)} / \text{intake in humans}$, το περιθώριο της έκθεσης στη μέση πρόσληψη είναι **300** ($MOE = 0,3/0,001 = 300$) και στην υψηλή πρόσληψη είναι **75** ($MOE = 0,3/0,004 = 75$).

Πίνακας 8: Συστάσεις και δείκτες κατανάλωσης ακρυλαμιδίου ως προς τον καρκίνο

ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΡΚΙΝΟ				
BMDL	Benchmark Dose Lower Confidence Limit	η συγκριτική δόση ελαχίστου ορίου εμπιστοσύνης	0,3 mg/Kg b.w./day	0,3 mg/Kg σωματικού βάρους/ ημέρα

MOE (MOE=BMDL/ estimated average daily intake)	Margin Of Exposure	Περιθώριο έκθεσης	300	
MOE (in high exposure) (MOE=BMDL/estimate d average daily intake)	Margin Of Exposure (in high exposure)	Περιθώριο έκθεσης <i>σε υψηλή έκθεση</i>	75	
TDI	Tolerable Daily Intake	ανεκτή ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου	2,6 µg/Kg b.w. /day	2,6 µg/kg σωματικού βάρους/ ημέρα

Η ίδια επιτροπή, εξέτασε αυτά τα περιθώρια έκθεσης (MOE) και θεώρησε ότι είναι χαμηλά για μία ένωση που είναι γονιδιοτοξική και καρκινογόνος και ότι θα πρέπει να δημιουργηθεί ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να συνεχιστούν οι κατάλληλες προσπάθειες για τη μείωση των συγκεντρώσεων του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.

Η ανεκτή ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου, **TDI (Tolerable Daily Intake)** θα πρέπει να καθοριστεί σε **2,6** µg/Kg σωματικού βάρους ημερησίως για να αποφευχθεί ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου, σύμφωνα με νέα τοξικολογική μελέτη από τις ΗΠΑ του 2009.

Αυτό ισοδυναμεί με **182** μικρογραμμάρια, για έναν άνθρωπο που ζυγίζει 70 Kg. Αυτή είναι η ανεκτή ημερήσια πρόσληψη (TDI) ακρυλαμιδίου που μπορεί να προσλαμβάνει ένας άνθρωπος ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου. Το TDI ως προς τη νευροτοξικότητα βρέθηκε να είναι πολύ μεγαλύτερο, δηλαδή **40** µg/Kg σωματικού βάρους ημερησίως, ή **2.800** μικρογραμμάρια την ημέρα για έναν άνθρωπο 70 Kg.

Και τα δύο επίπεδα υπερβαίνουν κατά πολύ τα επίπεδα ακρυλαμιδίου που εκτιμάται ότι καταναλώνουν καθημερινά οι άνθρωποι σύμφωνα με τους FDA/WHO και διάφορες μελέτες. Με βάση το σύστημα Υγείας του Καναδά, για παράδειγμα, οι εκτιμήσεις της μέσης έκθεσης των ενηλίκων σε ακρυλαμίδιο από τα τρόφιμα είναι μεταξύ 0,3 και 0,4 μικρογραμμάρια ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ημέρα, ενώ σύμφωνα με μια μελέτη από τη Σουηδία η εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψή του κυμαίνεται περίπου στα 0,5 μικρογραμμάρια ανά κιλό σωματικού βάρους. Η Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) εκτιμά ότι η πρόσληψη είναι περίπου 0,4 μικρογραμμάρια ανά κιλό σωματικού βάρους ανά ημέρα. Ενώ με βάση Σουηδούς ερευνητές

κυμαίνεται στα 0,67 µg/kg b.w.

Σε μια πιο πρόσφατη συνεδρίαση της Μικτής FAO/WHO επιτροπής εμπειρογνομόνων για τα πρόσθετα τροφίμων (JECFA) που πραγματοποιήθηκε στη Ρώμη της Ιταλίας τον Φεβρουάριο του 2010, μελετήθηκε και πάλι το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα. Τα αποτελέσματα ως προς τους δείκτες και τις συστάσεις για το ακρυλαμίδιο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Εκτιμώμενη μέση ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου:

Mean (μέση ημερήσια πρόσληψη): 0.001 mg/Kg body weight (b.w.) per day

High (υψηλή ημερήσια πρόσληψη): 0.004 mg/Kg b.w. per day

Πίνακας 9: Δείκτες και συστάσεις κατανάλωσης ακρυλαμιδίου

Επίδραση	NOAEL/BMDL 10 (mg/Kg b.w. per day)	MOE στη μέση ημερήσια πρόσληψη	MOE στην υψηλή ημερήσια πρόσληψη	Αποτελέσματα/σχόλια
Μορφολογικές αλλαγές στα νεύρα στους αρουραίους	0.2 (NOAEL)	200	50	Η επιτροπή σημείωσε ότι ενώ οι αρνητικές νευρολογικές επιπτώσεις είναι μάλλον απίθανες με βάση τη μέση εκτιμώμενη έκθεση, μορφολογικές αλλαγές στα νεύρα δεν μπορούν να αποκλειστούν για τα άτομα με υψηλή ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου.
Όγκους στους μαστικούς αδένες στους αρουραίους	0.31 (BMDL10)	310	78	Η επιτροπή θεώρησε ότι για μια ένωση που είναι γονιδιοτοξική και καρκινογόνα, αυτά τα MOE δείχνουν μια ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία.
Όγκοι του αδένος Harderian σε αρουραίους	0.18 (BMDL10)	180	45	Η επιτροπή θεώρησε ότι για μια ένωση που είναι γονιδιοτοξική και καρκινογόνα, αυτά τα MOE δείχνουν μια ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία.

A6: ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Χρόνια έκθεση στο ακρυλαμίδιο έχει συσχετιστεί με αυξημένη συχνότητα εμφάνισης μεσοθηλιώματος, καρκίνου του κεντρικού νευρικού συστήματος, του θυρεοειδούς αδένος, άλλων ενδοκρινών αδένων (όπως των μαστικών αδένων) και καρκίνου των αναπαραγωγικών οργάνων στους αρουραίους (Johnson *et al.*, 1986), καθώς και με αδενώματα του πνεύμονα σε ποντίκια (Bull *et al.*, 1984). Επιδημιολογικές μελέτες των εργαζομένων που εκτίθενται σε ακρυλαμίδιο δεν κατάφεραν να αποδείξουν κάποια σχέση μεταξύ της έκθεσης σε ακρυλαμίδιο και της συνολικής εμφάνισης κακοήθειας ή της συχνότητας εμφάνισης συγκεκριμένων μορφών καρκίνου σε αυτούς τους ανθρώπους (Sobel *et al.*, 1986, Collins *et al.*, 1989).

Από το 2002, είναι γνωστό ότι η πιθανώς καρκινογόνος ουσία για τον άνθρωπο, το ακρυλαμίδιο, είναι παρούσα και στα τρόφιμα και μάλιστα σε τρόφιμα που καταναλώνονται συχνά και τα οποία είναι πλούσια σε υδατάνθρακες, όπως οι πατάτες τηγανητές, τα πατατάκια (τσιπς) και τα αρτοσκευάσματα.

Παρόλο όμως που το ακρυλαμίδιο έχει συνδεθεί με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου σε τρωκτικά, τα δεδομένα για τον άνθρωπο είναι αμφίβολα.

Τα πιο πρόσφατα στοιχεία για το ακρυλαμίδιο και τη πιθανή του συσχέτιση με τον καρκίνο, προέρχονται από μια μετανάλυση που εκδόθηκε το 2011 και η οποία περιλαμβάνει στοιχεία από 586 δημοσιεύσεις (Pelucchi *et al.*, 2011). Η ανάλυση από όλα τα επιδημιολογικά δεδομένα της έρευνας αυτής για την έκθεση στο ακρυλαμίδιο κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει εμφανής συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης στο ακρυλαμίδιο, (μέσω της διατροφής) και στην εμφάνιση των περισσότερων μορφών καρκίνου. Μόνο στη περίπτωση της εμφάνισης καρκίνου του νεφρού, δεν μπόρεσε να αποκλειστεί η συσχέτιση, σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας προοπτικής μελέτης (*Observational Prospective Study*), τα αποτελέσματα της οποίας όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντικά.

Η προοπτική αυτή μελέτη ξεκίνησε στην Ολλανδία το 1986 και εκδόθηκε το 2008. Σε αυτήν λοιπόν τη πολύχρονη προσπάθεια, μελετήθηκε η συσχέτιση του ακρυλαμιδίου με τις περισσότερες μορφές καρκίνου. Στο follow-up που πραγματοποιήθηκε 13 χρόνια μετά, βρέθηκαν κάποιες ενδείξεις πιθανής συσχέτισης μεταξύ της καθημερινής κατανάλωσης ακρυλαμιδίου και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου των νεφρικών κυττάρων όμως δε βρέθηκε καμία θετική συσχέτιση με την εμφάνιση καρκίνου της ουροδόχου κύστης και του προστάτη (Hogervorst *et al.*, 2008). Παράλληλα, το follow-up, 16 χρόνια μετά, έδειξε να μην συσχετίζεται η διαιτητική πρόσληψη ακρυλαμιδίου με

τον αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου της κεφαλής-τραχήλου, και του θυρεοειδούς αδένος. Συσχέτιση φάνηκε να υπάρχει μόνο με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου της στοματικής κοιλότητας στις γυναίκες καπνίστριες, ενώ δεν υπήρξε αντίστοιχη θετική συσχέτιση για τους άνδρες καπνιστές (Schouten *et al.*, 2009). Παραμένοντας στην ίδια μελέτη, δεδομένα από μια άλλη έρευνα δεν έδειξαν θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης του ακρυλαμιδίου και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα στους άνδρες, ενώ στις γυναίκες υπήρξε μια συσχέτιση κυρίως για αδενοκαρκίνωμα (Hogervorst *et al.*, 2009). Παράλληλα μελετήθηκαν οι 216 περιπτώσεις με καρκίνο του εγκεφάλου, οι οποίες ήταν διαθέσιμες 16 χρόνια μετά (στο follow-up το 2002), όμως πάλι δεν βρέθηκε καμία θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης ακρυλαμιδίου και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του εγκεφάλου (Hogervorst *et al.*, 2009). Ενώ θετική συσχέτιση φάνηκε να μην υπάρχει ούτε μεταξύ του καρκίνου στο παχύ έντερο, το στομάχι, το πάγκρεας και τον οισοφάγο, αν και τονίστηκε ότι κάποια σημεία αξίζουν μεγαλύτερης προσοχής (Hogervorst *et al.*, 2008).

Ως προς τον καρκίνο του προστάτη, μια Σουηδική προοπτική έρευνα που εκδόθηκε το 2009 και στην οποία μελετήθηκαν 45.306 άνδρες, κατέληξε στο ότι είναι μάλλον απίθανη η θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης ακρυλαμιδίου και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του προστάτη (Larsson *et al.*, 2009).

Όσον αφορά τον γυναικολογικό καρκίνο υπάρχουν πολλές αναφορές. Σε μία από αυτές παρατηρήθηκε αύξηση του κινδύνου των μετά εμμηνοπαυσιακών καρκίνων του ενδομητρίου και του καρκίνου των ωοθηκών, με την αύξηση της διατροφικής πρόσληψης του ακρυλαμιδίου. Ιδιαίτερα μεταξύ των γυναικών που δεν κάπνισαν ποτέ. Κίνδυνος όμως για καρκίνο του μαστού δεν συσχετίστηκε με την πρόσληψη ακρυλαμιδίου, με βάση τα δεδομένα της ίδιας προοπτικής έρευνας (Hogervorst *et al.*, 2007).

Η σχέση μεταξύ διατροφικής πρόσληψης ακρυλαμιδίου και συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του μαστού εξετάστηκε μεταξύ 61.433 υγείων Σουηδών γυναικών, οι οποίες συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια ως προς τη διατροφική συμπεριφορά τους, μεταξύ των ετών 1987-1990 και ξανά το 1997. Κατά τη διάρκεια της μέσης αυτής παρακολούθησης των 17 χρόνων, συνολικά 2.952 περιπτώσεις καρκίνου του μαστού διαγνώστηκαν στην ομάδα. Τα ευρήματα όμως σύμφωνα με τους Σουηδούς, δεν στηρίζουν την υπόθεση ότι η διαιτητική πρόσληψη ακρυλαμιδίου συνδέεται θετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού, τουλάχιστον όχι στο εύρος που καταναλώνεται από τον Σουηδικό πληθυσμό (Larsson *et al.*, 2009).

Τα πράγματα όμως περιπλέκονται ακόμα περισσότερο καθώς ειδικοί του Πανεπιστημίου Χάρβαρντ

φαίνεται να «αθρώνουν» το ακρυλαμίδιο. Οι αμερικανοί ερευνητές αναφέρουν ότι τουλάχιστον όσον αφορά μορφές καρκίνου όπως του μαστού, του παχέος εντέρου, του προστάτη, της ουροδόχου κύστεως και του νεφρού, η κατανάλωση ακρυλαμιδίου ακόμη και σε μεγάλες ποσότητες δεν φαίνεται να αποτελεί παράγοντα καρκινογένεσης. Σύμφωνα λοιπόν με την επικεφαλή των ερευνητών, Laurel Moutsi, η πρόσληψη ακρυλαμιδίου όση και να είναι, δεν φαίνεται να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για καρκίνο και κυρίως για καρκίνο του μαστού. Πιθανότατα διότι ο άνθρωπος μεταβολίζει καλύτερα την ουσία από ότι πίστευαν οι ερευνητές τα προηγούμενα χρόνια. Θα μπορούσαμε λοιπόν να υποθέσουμε ότι στα πειραματόζωα δεν υπάρχει ο παράγοντας που προστατεύει τους ανθρώπους από την καρκινογόνο επίδραση του ακρυλαμιδίου. Με το να μαγειρεύουμε και να τρώμε τις τροφές φαίνεται ότι εισάγουμε και καρκινογόνες και αντικαρκινογόνες ουσίες που βοηθούν να κρατιέται μια θαυμαστή ισορροπία. Γερμανοί ερευνητές υποψιάζονται ακόμη και ότι η ουσία μπορεί να δημιουργείται από τον ίδιο τον οργανισμό μας.

Ανατρέχοντας λοιπόν σε όλα τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα για το συγκεκριμένο θέμα παρόλο που πάρα πολλά δεδομένα και έρευνες υπάρχουν στη διάθεσή μας. Το σίγουρο είναι ότι θα πρέπει να ενθαρρύνονται περαιτέρω μελέτες, οι οποίες πιθανώς να ξεδιαλύνουν αυτό το «μυστήριο» που συνεχίζει να υφίσταται γύρω από την έκθεση στο ακρυλαμίδιο και την εμφάνιση διαφόρων τύπων καρκίνου, καθώς επίσης και τη πιθανή δυνατότητα το ακρυλαμίδιο να μπορεί να προκαλέσει καρκίνο με ένα μη γονιδιοτοξικό μηχανισμό (Olesen *et al.*, 2008).

Α7:ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Η παρουσία του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα παρατηρήθηκε από Σουηδούς ερευνητές τον Απρίλιο του 2002. Ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, είναι αποτέλεσμα κάποιων μεθόδων μαγειρέματος σε υψηλές θερμοκρασίες (όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω), οι περισσότερες από τις οποίες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια. Επειδή αυτή η ουσία θεωρείται πιθανώς καρκινογόνα για τον άνθρωπο, προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας προληπτικών μέτρων καθώς και μεθόδων μείωσης, όσο είναι εφικτό, των επιπέδων του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα.

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς στη προσπάθεια μείωσης αυτών των επιπέδων. Οι περισσότερες από αυτές επικεντρώνονται κυρίως στις πατάτες, τηγανητές ή ψητές, στα ψητά δημητριακά και αρτοσκευάσματα και λιγότερο στον καφέ. Ο σχηματισμός του

ακρυλαμιδίου σε αυτά τα προϊόντα σχετίζεται με την περιεκτικότητά τους σε συγκεκριμένα ανάγοντα σάκχαρα (κυρίως σε γλυκόζη, δεξτρόζη και φρουκτόζη) και σε συγκεκριμένα αμινοξέα (κυρίως ασπαραγίνη) τα οποία σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας αντιδρούν σύμφωνα με την αντίδραση Maillard.

Κάποιες αρχικές προσεγγίσεις μείωσης του σχηματισμού αυτής της ουσίας στα τρόφιμα έχουν γίνει και με επιτυχή αποτελέσματα, όπως π.χ. η αποφυγή του «υπέρ»-τηγανίσματος και του «υπέρ»-ψησίματος της πατάτας και των άλλων αρτοσκευασμάτων. Άλλες προσεγγίσεις επικεντρώνονται στη μείωση του χρόνου ή της θερμοκρασίας ψησίματος-τηγανίσματος, ενώ άλλες στη ταυτόχρονη μείωση της θερμοκρασίας και του χρόνου ψησίματος ή τηγανίσματος του προϊόντος. Σημαντικός επίσης παράγοντας στη μείωση αυτή είναι οι γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται. Πιο συγκεκριμένα οι κλιματικές αλλαγές ανάλογα με την εποχή του χρόνου, η ώρα της συγκομιδής, η χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων, καθώς και οι συνθήκες αποθήκευσης του προϊόντος (χρόνος, θερμοκρασία αποθήκευσης) φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου (Boskou, 2011).

Οι ερευνητές σήμερα εξετάζουν τη πιθανότητα μείωσης των επιπέδων του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα μέσω αναστολής της αντίδρασης αμαύρωσης κατά το μαγείρεμα, χρησιμοποιώντας τεχνικές γεωργίας και βιοτεχνολογίας. Συγκεκριμένα έχει φανεί ότι αυξάνοντας τα επίπεδα θειικών αλάτων και μειώνοντας τα επίπεδα νιτρικών στο χώμα, μειώνονται τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου σε κάποιους καρπούς. Επιπλέον, με τη χρήση της γενετικής τροποποίησης οι επιστήμονες κατάφεραν να παράγουν νέες ποικιλίες πατάτας με χαμηλότερα επίπεδα αναγόντων σακχάρων. Η μείωση αυτή στις πατάτες θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, καθώς αυτός ο τύπος σακχάρων είναι το κυριότερο συστατικό της αντίδρασης αμαύρωσης μέσω της οποίας σχηματίζεται η ανεπιθύμητη αυτή ουσία. Κατά τον ίδιο τρόπο θα μπορούν να τροποποιηθούν και τα γονίδια των φυτών που είναι υπεύθυνα για την ρύθμιση των επιπέδων παραγωγής του ασπαραγινικού οξέος, καθώς αυτό είναι ένα ακόμα σημαντικό συστατικό για το σχηματισμό του ακρυλαμιδίου (<http://www.cyprusfoodndrinks.com/cgibin/hweb?-A=5358&-V=news>).

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΙΣ ΠΑΤΑΤΕΣ



Μείωση των επιπέδων των αναγόντων σακχάρων

A) Επιλογή συγκεκριμένων ποικιλιών

Είναι εφικτή η συλλογή συγκεκριμένων ποικιλιών πατάτας με χαμηλή περιεκτικότητα σε ανάγοντα σάκχαρα και άρα θα πρέπει να προτιμάται όταν οι πατάτες προορίζονται για τηγάνισμα ή για ψήσιμο στο φούρνο

([http://www.foodrinkurope.eu/uploads/publications_documents/AC_french_fries-EN-final.pdf](http://www.fooddrinkurope.eu/uploads/publications_documents/AC_french_fries-EN-final.pdf)).

Καλό είναι λοιπόν να αναφέρονται και στα σούπερ μάρκετ και γενικότερα στους χώρους λιανικής πώλησης, οι ποικιλίες που περιέχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ανάγοντα σάκχαρα και οι οποίες είναι κατάλληλες για κόψιμο και για τηγάνισμα ή ψήσιμο στο φούρνο. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα σε ανάγοντα σάκχαρα δεν εξαρτάται μόνο από την ποικιλία αλλά και από εποχιακούς παράγοντες, καθώς και από τις συνθήκες αποθήκευσης και καλλιέργειας (όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως). Αυτοί οι παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη.

B) Εμβάπτιση σε νερό ή ζεμάτισμα σε καυτό νερό

Για να επιτευχθεί μείωση των αναγόντων σακχάρων στις πατάτες ένας καλός τρόπος είναι η εμβάπτιση τους σε νερό (σε θερμοκρασία δωματίου) ή το ζεμάτισμά τους σε καυτό νερό πριν από το τηγάνισμα ή το ψήσιμό. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των αναγόντων σακχάρων. Παράλληλα όμως, δεν πρέπει να παραλείπεται, μετά την εμβάπτιση και πριν τη τοποθέτησή τους στο ζεστό λάδι τηγανίσματος, να στεγνώνεται καλά το προϊόν. Παρότι τα οφέλη από αυτή τη μέθοδο είναι αρκετά σημαντικά, δεν αποκλείεται η πιθανότητα το προϊόν να απορροφήσει (ανεπιθύμητη) υγρασία με αποτέλεσμα να χαθούν κάποια μικροβιολογικά συστατικά του, ενώ παράλληλα να μην είναι και τόσο τραγανό. Από την άλλη πλευρά η αύξηση της υγρασίας

του τροφίμου οδηγεί σε μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, οπότε στη προκειμένη περίπτωση είναι *απαραίτητη* η διατήρηση ισορροπίας.

Γ) Μείωση του pH

Χρησιμοποιώντας κιτρικό οξύ (0,5-1,0%) για λιγότερο από 20 λεπτά, έχει παρατηρηθεί ότι οδηγεί σε μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στις πατάτες. Παρόλα αυτά όμως η χρήση τέτοιων οξέων μπορεί να προκαλέσει οξείδωση-τάγγιση του λαδιού και να χαλάσει τη γεύση του προϊόντος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, εμβάπτιση σε διάλυμα γλυκίνης (3%) είναι αποτελεσματικό για τη μείωση του τελικού σχηματισμού του ακρυλαμιδίου (Boskou, 2011).

Δ) Αποφυγή ψυχρών συνθηκών κατά την αποθήκευση

Ένα από τα πιο βασικά προληπτικά μέτρα αφορά στην θερμοκρασία αποθήκευσης της πατάτας. Είναι γνωστό ότι θερμοκρασίες αποθήκευσης μικρότερες των 6-8°C αυξάνει τον σχηματισμό των αναγόντων σακχάρων (από το άμυλο) και ως αποτέλεσμα αυτού είναι η αύξηση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου κατά το τηγάνισμα ή το ψήσιμο (Boskou, 2011). Άρα οι πατάτες μετά τη συγκομιδή τους που αποθηκεύονται στη φάρμα, καθώς και κατά τη μεταφορά τους (στα φορτηγά) και τη διαμονή τους στα σούπερ μάρκετ, και μετέπειτα στα σπίτια μας, δεν θα πρέπει να αποθηκεύονται σε ψυχρές θερμοκρασίες. Αυτό όμως αφορά μόνο στην αποθήκευση για μικρό χρονικό διάστημα, γιατί για μεγαλύτερα διαστήματα αν η θερμοκρασία δεν είναι χαμηλή δεν θα μπορέσει να αποφευχθεί η βλάστηση του προϊόντος, κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό. Με χημικές μεθόδους μπορεί να αποφευχθεί η βλάστησή τους σε υψηλή θερμοκρασία, με επιβλαβή όμως αποτελέσματα για το προϊόν τις περισσότερες φορές.

Αποφυγή επικάλυψης, του μερικώς μαγειρεμένου προϊόντος, με διαλύματα αναγόντων σακχάρων

Κατά την επεξεργασία των τροφίμων, στη προσπάθεια να γίνει το προϊόν πιο «ποθητό» και πιο εύγευστο, εμβάπτιζεται το μερικώς μαγειρεμένο τρόφιμο σε διαλύματα γλυκόζης/δεξτρώζης. Αυτά τα διαλύματα βοηθούν στο να δοθεί το χρυσό-κίτρινο χρώμα στο τελικό τηγανισμένο προϊόν, που είναι πιο «θελκτικό» για τους καταναλωτές. Όμως η χρήση αυτών των διαλυμάτων έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του ακρυλαμιδίου στις πατάτες και γι' αυτό καλό είναι να αποφεύγεται.

Θερμοκρασία, τεχνικές και χρόνος μαγειρέματος

Ο πιο βασικός και εύκολος τρόπος μείωσης των επιπέδων ακρυλαμιδίου στις πατάτες, είναι η αποφυγή της δημιουργίας του καφέ-χρυσού χρώματος καθώς και της τραγανής υφής κατά το τηγάνισμα ή το ψήσιμο στο φούρνο.



Το τηγάνισμα της πατάτας σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 175°C έχει δείξει ότι αυξάνει τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου στο τελικό προϊόν. Σε οικιακή χρήση η θερμοκρασία αυτή συνήθως δεν ξεπερνιέται, άρα το πρόβλημα επικεντρώνεται στο τηγάνισμα στους διάφορους χώρους εστίασης. Μείωση της θερμοκρασίας σε μικρότερη από τους 150°C έχει δείξει ότι πράγματι μειώνει το σχηματισμό του ακρυλαμιδίου, όμως λόγω του παρατεταμένου χρόνου τηγανίσματος μπορεί να οδηγήσει σε μικροβιολογική καταστροφή της πατάτας (λόγω αύξησης της υγρασίας). Επίσης υποβιβάζεται η ποιότητά της και χάνεται η τραγανότητά της, ενώ ταυτόχρονα αυξάνονται και τα λιπαρά. Άρα καταλήγουμε στο ότι πρέπει να βελτιστοποιήσουμε το χρόνο σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία τηγανίσματος ώστε να επιτευχθεί χρυσοκίτρινο χρώμα στο προϊόν και όχι σκουρόχρωμο. Για να γίνεται καλύτερος έλεγχος της θερμοκρασίας κατά το τηγάνισμα είναι απαραίτητο να βελτιωθεί η ακρίβεια των θερμομέτρων στις συσκευές τηγανίσματος ώστε να ελέγχεται η θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια. Αυτό θα πρέπει να γίνεται τόσο στις οικιακές όσο και στις επαγγελματικές φριτέζες. Το ψήσιμο στους φούρνους με αέρα πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία μικρότερη των 200°C, ενώ το συμβατικό ψήσιμο δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 190°C. Αν χρησιμοποιηθεί flash frying, συνίσταται μετά γρήγορη ψύξη.

(http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf)

Ενώ τέλος στο pan-frying θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πατάτες βρασμένες αντί ωμές, η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τους 175°C και τους 160°C για πολυακόρεστα λάδια και θα πρέπει να γίνονται μόνο 3-4 συνεχόμενα τηγανίσματα στο ίδιο λάδι (Boskou G., 2011).

(flash frying: τηγάνισμα σε υψηλή θερμοκρασία για πολύ μικρό χρονικό διάστημα)
(pan-frying: ρηχό τηγάνισμα στο τηγάνι)

Ρύθμιση των επιπέδων της ασπαραγίνης

Η ασπαραγίνη είναι ένα αμινοξύ, σημαντικό συστατικό της πατάτας όμως δεν είναι ακόμα γνωστό το κατά πόσο ο έλεγχος των επιπέδων της ασπαραγίνης θα έχει πρακτικά αποτελέσματα. Παράλληλα δεν είναι γνωστό αν και το κατά πόσο μπορούν να μειωθούν τα επίπεδά της στις πατάτες. Η χρήση του ενζύμου ασπαραγινάσης είναι μια πιθανή προσέγγιση στην εμπόδιση της αντίδρασης αμαύρωσης (μεταξύ ασπαραγίνης και αναγόντων σακχάρων), όμως περαιτέρω έρευνες είναι απαραίτητες για να επιβεβαιωθούν τα παραπάνω.

Κόψιμο της πατάτας σε μεγάλες φέτες

Οι πατάτες που είναι κομμένες σε χοντρές φέτες φαίνεται να οδηγούν σε μείωση του σχηματισμού ακρυλαμιδίου. Αυτό συμβαίνει γιατί το τρόφιμο τηγανίζεται μόνο στην επιφάνεια, όπου δημιουργείται και η κρούστα (frying crust), ενώ στο εσωτερικό βράζει (Boskou G., 2011).

Επιλογή λαδιού τηγανίσματος

Ο τύπος του λαδιού τηγανίσματος ή η χρήση ελαίων σιλικόνης, ώστε να εμποδιστεί ο αφρισμός, φαίνεται να έχουν πολύ μικρή επίδραση στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου. Όμως η επαναλαμβανόμενη χρήση του ίδιου λαδιού, καθώς και η επέκταση του χρόνου τηγανίσματος, είναι στενά συνδεδεμένη με την αύξηση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου. Η χρήση του πυριτικού μαγνησίου, που συνήθως χρησιμοποιείται για την προσρόφηση των πολικών ενώσεων, θα μπορούσε να είναι μια επιτυχημένη μέθοδος προσρόφησης του ακρυλαμιδίου (Boskou G., 2011).



ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ-ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ



Θερμοκρασία/χρόνος ψησίματος

Για τα περισσότερα προϊόντα άρτου ίσως ο πιο ευθύς τρόπος μείωσης των επιπέδων ακρυλαμιδίου είναι η μείωση του χρόνου ψησίματος τους, ώστε να μην υπάρχει παρατεταμένο κάψιμο. Η μείωση της θερμοκρασίας ψησίματος βοηθάει επίσης στη μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, όμως θα πρέπει να ελέγχονται τα επίπεδα υγρασίας στο τελικό προϊόν. Συγκεκριμένα η υγρασία πρέπει να ελέγχεται και να παραμένει σε επιτρεπτά επίπεδα ώστε να διατηρείται το προϊόν ποθητό για κατανάλωση, ενώ παράλληλα να αποφεύγονται μικροβιολογικές καταστροφές. Η ισορροπία μεταξύ χρόνου και θερμοκρασίας ψησίματος ίσως να είναι τελικά το «κλειδί» για το συγκεκριμένο θέμα, και είναι απαραίτητη ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε αρνητική επίδραση στη ποιότητα του προϊόντος.

Επίπεδα ασπαραγίνης

Επειδή τα διάφορα είδη δημητριακών σπόρων δεν περιέχουν τις ίδιες ποσότητες ασπαραγίνης, τα τελικά προϊόντα τους είναι λογικό ότι θα έχουν διαφορετικά επίπεδα ακρυλαμιδίου. Για παράδειγμα η σίκαλη περιέχει περισσότερη ασπαραγίνη από το σιτάρι και τη βρώμη, ενώ το καλαμπόκι και το ρύζι φαίνεται να έχουν τη μικρότερη περιεκτικότητα σε ασπαραγίνη από όλους τους δημητριακούς σπόρους. Όμως είναι ακόμα αβέβαιο το κατά πόσο αλλαγές στις καλλιεργητικές τεχνικές θα μπορούσαν να μειώσουν τα επίπεδα ασπαραγίνης στις διάφορες ποικιλίες των σιτηρών. Παρόλα αυτά ο βαθμός επεξεργασίας- άλεσμα του κόκκου φαίνεται να επιδρά σημαντικά στα επίπεδα του ακρυλαμιδίου που περιέχονται στο τελικό προϊόν. Έτσι λοιπόν μπορούμε να πούμε με αρκετή

σιγουριά ότι το άλεσμα μειώνει τα επίπεδα ασπαραγίνης άρα και το σχηματισμό του ακρυλαμιδίου στα τελικά προϊόντα. Υψηλά λοιπόν επίπεδα φαίνεται να έχουν τα λιγότερο αλεσμένα αλεύρια, άρα τα πολύσπορα και ολικής άλεσης ψωμιά, σε σχέση με τα λευκά. Τέλος η χρήση του ενζύμου ασπαραγινάση είναι και εδώ μια πιθανή προσέγγιση μετρίαισης της ασπαραγίνης, αλλά περισσότερες έρευνες απαιτούνται για να διαπιστωθεί η ορθότητα αυτού.

Επίπεδα αναγόντων σακχάρων

Τα ανάγοντα σάκχαρα είναι φυσικά συστατικά των δημητριακών σπόρων και τα επίπεδά τους είναι δύσκολο να αλλάξουν. Η επίδρασή τους στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου είναι λιγότερο ξεκάθαρη από ότι στις πατάτες, ενώ θα πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες ώστε να διευκρινιστεί ποιες ποικιλίες πιθανόν να περιέχουν χαμηλότερα επίπεδα αναγόντων σακχάρων. Παρόλα αυτά, καλό είναι η φρουκτόζη όταν χρησιμοποιείται σε προϊόντα όπως το ψωμί με πιπερόριζα (gingerbread), να αντικαθίσταται από γλυκόζη. Επίσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σιρόπια γλυκόζης με χαμηλή περιεκτικότητα σε φρουκτόζη (http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf).

Εναλλακτικοί διογκωτικοί παράγοντες

Η χρήση διττανθρακικού αμμωνίου ως διογκωτικό παράγοντα στα διάφορα προϊόντα άρτου έχει βρεθεί ότι αυξάνει τη πιθανότητα σχηματισμού ακρυλαμιδίου. Η αντικατάσταση αυτού με άλλους διογκωτικούς παράγοντες μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη μείωση των επιπέδων ακρυλαμιδίου στα προϊόντα αυτά. Διάφορα υποκατάστατα υπάρχουν στην αγορά. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να είναι το ανθρακικό νάτριο, το οποίο όμως μειονεκτεί καθώς μπορεί να αυξήσει σημαντικά την καθημερινή κατανάλωση νατρίου (χωρίς αυτό να είναι επιβεβαιωμένο), το τρυγικό κάλιο ή το δισόξινο πυροφωσφορικό νάτριο με ανθρακικό νάτριο. Ενώ και η προσθήκη αλάτων ασβεστίου π.χ. ανθρακικό νάτριο ή θειικό ασβέστιο, έδειξε ότι οδηγεί στη μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου

(http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf).

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΟ ΚΑΦΕ



Το ακρυλαμίδιο σχηματίζεται στο καφέ κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος. Τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου φαίνεται να μην διαφέρουν κατά πολύ στα διάφορα είδη καφέ. Για μερικές ομάδες καταναλωτών που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες καφέ καθημερινά, ο καφές μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη καθημερινή συνολική πρόσληψη ακρυλαμιδίου. Δεν υπάρχουν φανεροί μέχρι σήμερα τρόποι μείωσης των επιπέδων της ουσίας αυτής που σχηματίζεται στο καφέ και στα υποκατάστατά του. Όμως το κυκλοθερμικό ψήσιμο του καφέ υποδεικνύεται ως μια πιθανή προσέγγιση χωρίς να είναι ξεκάθαρο το πώς και το γιατί. Επίσης το κατά πόσο είναι εφικτή η μείωση των αναγόντων σακχάρων στον ωμό καφέ, μένει ακόμα αδιευκρίνιστο.

(http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf)

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΦΕΛΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν πάρα πολλά οφέλη από το μαγείρεμα των τροφίμων και τα οποία δεν πρέπει να λησμονούνται. Εκτός από τη βελτίωση της γευστικότητας και των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τροφίμων, το σωστό μαγείρεμα μειώνει επίσης το κίνδυνο τροφικών δηλητηριάσεων. Επιπλέον, η διαδικασία του μαγειρέματος καθιστά μια σειρά από απαραίτητα θρεπτικά συστατικά πιο άμεσα διαθέσιμα, έτσι ώστε το ανθρώπινο σώμα να μπορεί να τα χρησιμοποιεί πιο εύκολα.

Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν είναι σκόπιμο να δούμε ποια είναι τα ρίσκα που παίρνονται στη προσπάθεια μείωσης των επιπέδων του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα, καθώς και ποια είναι τα οφέλη τελικά. Είναι βασικό δηλαδή να μάθουμε αν το τελικό αποτέλεσμα είναι ποιοτικά και θρεπτικά καλό για τους καταναλωτές.

Οι πατάτες, τα δημητριακά και ο καφές είναι απαραίτητα συστατικά της διατροφής των ανθρώπων και ανάλογα την κουλτούρα και τις συνήθειες του κάθε λαού καταναλώνονται σε διαφορετικές ποσότητες καθημερινά. Οι πατάτες είναι πλούσιες σε υδατάνθρακες, χαμηλές σε λιπαρά (εκτός από

τις τηγανιτές) και αρκετά οικονομικές ενώ είναι άφθονες σε ασπαραγίνη. Τα δημητριακά και τα προϊόντα άρτου καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες καθημερινά σχεδόν από όλους τους λαούς και αφθονούν σε ανάγοντα σάκχαρα όπως και ο καφές. Σύμφωνα με επιδημιολογική μελέτη ασθενών-μαρτύρων (Seal *et al.*, 2008) η προσπάθεια μείωσης του ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα προκάλεσε κάποιες αλλαγές στα χαρακτηριστικά των τροφίμων με αποτέλεσμα να υποβαθμιστεί η ποιότητα των προϊόντων. Αυτές οι αλλαγές θα μπορούσαν να οδηγήσουν ακόμα και σε προβλήματα υγείας στους καταναλωτές.

Οι Romani *et al.*, 2008, στην έρευνά τους αναφέρθηκαν στην εμφάνιση του ακρυλαμιδίου, στις τηγανιτές πατάτες, 4 λεπτά μετά την έναρξη του τηγανίσματος στους 180°C. Το τηγάνισμα σε χαμηλότερη θερμοκρασία μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα τηγανιτά προϊόντα, όμως έχει παρατηρηθεί αύξηση του λίπους στα προϊόντα αυτά ως αποτέλεσμα της μείωσης της θερμοκρασίας και της αύξησης του χρόνου τηγανίσματος. Από την άλλη, το υπερβολικό ζεμάτισμα του προϊόντος πριν το τηγάνισμα ή το ψήσιμο μπορεί να οδηγεί σε μείωση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου, όμως οδηγεί και σε απώλεια των μετάλλων και των βιταμινών του. Επίσης η αύξηση του νατρίου από τη χρήση διττανθρακικού νατρίου αντί διττανθρακικού αμμωνίου (ως διογκωτικό στα αρτοσκευάσματα) αυξάνει τα καθημερινά προσλαμβανόμενα επίπεδα νατρίου και αυτό, σύμφωνα με την ίδια έρευνα, θα μπορούσε να επιδράσει αρνητικά σε άτομα με υπέρταση ή με καρδιαγγειακά προβλήματα (Seal *et al.*, 2008). Σε ένα πρότυπο σύστημα σκόνης πατάτας με όξινο πυροφωσφορικό νάτριο, κιτρικό, οξικό και L-γαλακτικό οξύ μειώθηκε σημαντικά το τελικό περιεχόμενο του προϊόντος σε ακρυλαμίδιο, με τη μείωση του pH. Η προσθήκη γλυκίνης, L-λυσίνης και L-κυστεΐνης μείωσε επίσης τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου, σε φυσιολογικά επίπεδα pH, ενώ η L-γλουταμίνη οδήγησε σε αύξηση του σχηματισμού του ακρυλαμιδίου (Mestdagh *et al.*, 2008). Παράλληλα στη προσπάθεια να μετριαστεί η περιεκτικότητα σε ακρυλαμίδιο στα δημητριακά πρωινού και στα αρτοσκευάσματα, μειώνεται η ποσότητα των δημητριακών σπόρων λόγω της αυξημένης άλεσης, όμως όπως είναι γνωστό οι μερικώς αλεσμένοι δημητριακοί σπόροι είναι πολύ πιο θρεπτικοί για την υγεία σε σχέση με τους πλήρως αλεσμένους. Σημαντικό επίσης είναι να αναφερθεί ότι παρατηρήθηκε αύξηση διαφόρων χλωροεστέρων, όπως της 3-MCPD, στα δημητριακά προϊόντα. Οι χημικές αυτές ουσίες είναι καρκινογόνες (Seal *et al.*, 2008).

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι πρέπει να κρατηθεί μια ισορροπία μεταξύ της μικροβιολογικής ασφάλειας και της ποιότητας του προϊόντος, της περιεκτικότητάς του σε ακρυλαμίδιο καθώς και της ύπαρξης ή του σχηματισμού άλλων αρνητικών συστατικών, που μπορεί να δημιουργηθούν στη προσπάθεια μείωσης των επιπέδων του ακρυλαμιδίου σε αυτά τα τρόφιμα.

B ΜΕΡΟΣ

B1: ΠΗΓΕΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

SCOPUS

Η **SCOPUS** είναι μια από τις μεγαλύτερες και πιο σύγχρονες διεπιστημονικές βάσεις βιβλιογραφικών δεδομένων (bibliographical data) και δεδομένων παραπομπών (citation data). Παρέχει δυνατότητα αυτόματης σύνδεσης με το πλήρες κείμενο άρθρων επιστημονικών περιοδικών αν αυτά αποτελούν συνδρομή του ΣΕΑΒ. Επίσης περιλαμβάνει και citation indexes, δηλαδή τις αναφορές των άρθρων των επιστημονικών περιοδικών που αποδελτιώνει η βάση σε όλους τους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας. Αναλυτικότερα καλύπτει:

15.000 περιοδικά αναγνωρισμένου κύρους από 4.000 και πλέον διεθνείς εκδοτικούς οίκους συμπεριλαμβανομένων:

- πέραν των 1.200 περιοδικών ανοικτής πρόσβασης
- 500 πρακτικά συνεδρίων
- πέραν των 600 εμπορικών δημοσιεύσεων
- 200 σειρές βιβλίων

33 εκατομμύρια αναφορές, εκ των οποίων:

- 16 εκατομμύρια αναφορές συμπεριλαμβανομένων αναφορών που καλύπτουν την περίοδο από το 1996 ως σήμερα
- 17 εκατομμύρια αναφορές που καλύπτουν την περίοδο από το 1841 μέχρι το 1996

Η Scopus καλύπτει τις θεματικές περιοχές:

- Βιολογικές Επιστήμες (3.400 τίτλοι)
- Επιστήμες Υγείας (5.300 τίτλοι)
- Φυσικές Επιστήμες (5.500 τίτλοι)

- Κοινωνικές Επιστήμες (2.850 τίτλοι)

Συγκεκριμένα ως προς το **ακρυλαμίδιο**, τα δεδομένα είναι πάρα πολλά. Τα σχετικά έγγραφα-δημοσιευμένα άρθρα που εμφανίζει το Scopus για το ακρυλαμίδιο (“acrylamide”) είναι 23.136 ενώ για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα (“acrylamide in food”), τα σχετικά έγγραφα είναι 1.090.



Σχήμα 9: Αριθμός ερευνών που εκδόθηκαν στο scopus τα έτη 1974-2011 για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα

Οι συγγραφείς με τις περισσότερες αναφορές για το ακρυλαμίδιο (“acrylamide in food”) είναι οι

1. Gokmen V. (24 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
2. Angerer J. (17 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
3. Doerge D.R. (16 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
4. Grandy K. (14 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
5. Anklam E. (14 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
6. Wenzl T (14 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
7. Zhang Y. (12 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
8. Blank I. (9 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),

9. Schouten L.J. (9 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο),
10. Tarake E. (8 δημοσιευμένα άρθρα με αναφορές στο ακρυλαμίδιο).

GOOGLE SCHOLAR

Ο **ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ GOOGLE** παρέχει έναν απλό τρόπο ευρείας αναζήτησης στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Από ένα σημείο, μπορεί να γίνει αναζήτηση σε πολλά ερευνητικά πεδία και πηγές: εργασίες που έχουν αξιολογηθεί από ομότιμους επιστήμονες, διατριβές, βιβλία, περιλήψεις και άρθρα, από ακαδημαϊκούς εκδότες, επαγγελματικές ενώσεις, πηγές προδημοσιεύσεων, πανεπιστήμια και άλλους ακαδημαϊκούς οργανισμούς. Ο Μελετητής Google βοηθά στον εντοπισμό των πλέον συναφών ερευνητικών εργασιών στον κόσμο της ακαδημαϊκής έρευνας.

Δυνατότητες του Μελετητή Google

- **Αναζήτηση** διαφόρων πηγών από ένα βολικό σημείο
- **Εύρεση** εργασιών, περιλήψεων και βιβλιογραφικών αναφορών
- **Εντοπισμός** ολόκληρης της εργασίας μέσω της βιβλιοθήκης σας ή στον ιστό
- **Γνώση** των βασικότερων εργασιών σε οποιοδήποτε πεδίο έρευνας

Συγκεκριμένα για το **ακρυλαμίδιο**, στο google scholar μπορούμε να βρούμε 596.000 δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες, ενώ για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα (“acrylamide in food”) υπάρχουν περίπου 73.000 δημοσιευμένες σχετικές έρευνες μέχρι σήμερα (2011).

HEAL LINK

Το **HEAL LINK** είναι ο σύνδεσμος των Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Χρήστες του είναι :

- Ηλεκτρονικές πηγές
- Συλλογικός κατάλογος Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης
- Άρτεμις
- Ζέφυρος

PUBMED

Το **PUBMED** είναι μια δωρεάν βάση πρόσβασης δεδομένων, κατά κύριο λόγο στη βάση δεδομένων MEDLINE, σε αναφορές και περιλήψεις μελετών που αφορούν στις βιοεπιστήμες και γενικότερα σε βιοϊατρικά θέματα. Η Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικών Θεμάτων των Ηνωμένων Πολιτειών (NLM), διατηρεί τη βάση δεδομένων στο Εθνικό Ινστιτούτο Υγείας ως μέρος του συστήματος ανάκτησης πληροφοριών Entrez. Το Pubmed κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τον Ιανουάριο του 1996.

Συγκεκριμένα για το **ακρυλαμίδιο**, στο pubmed μπορούμε να βρούμε 7.665 (εκ των οποίων 235 reviews) δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες, ενώ για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα (“acrylamide in food”) υπάρχουν περίπου 783 (73 reviews) δημοσιευμένες σχετικές έρευνες μέχρι σήμερα (2011).

Η τελευταία επικαιροποίηση πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2011.

B2: ΑΡΧΕΙΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις έρευνες τοποθετήθηκαν σε ένα πρόγραμμα excel και κατηγοριοποιήθηκαν σε 14 γενικές κατηγορίες. Στη πρώτη στήλη μπήκε το είδος του τροφίμου, στη δεύτερη στήλη τοποθετήθηκε η κατηγορία που ανήκει το κάθε τρόφιμο (food group), στη τρίτη η μάρκα του τροφίμου (όπου αυτή δινόταν), ενώ στη τέταρτη ο αριθμός των δειγμάτων που αναλύθηκαν στην εκάστοτε έρευνα. Η πέμπτη στήλη αφορά στη χώρα που πραγματοποιήθηκε η έρευνα, ενώ η έκτη αφορά στην μέθοδο η οποία χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δειγμάτων. Οι υπόλοιπες κατηγορίες περιλαμβάνουν τις περιεκτικότητες των τροφίμων κατηγοριοποιημένες σε: ελάχιστη τιμή (minimum), μέγιστη τιμή (maximum), διάμεσο (median), μέση τιμή (mean), τυπική απόκλιση (SD), συντελεστή διακύμανσης (CV%), και τυπική απόκλιση επί της εκατό (RSD%). Ενώ η τελευταία στήλη αναφέρεται στη πηγή, δηλαδή στην έρευνα από την οποία πήραμε τα στοιχεία, τους συγγραφείς της καθώς και το έτος που δημοσιεύτηκε.

B3: ΕΞΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι συγκεντρώσεις του ακρυλαμιδίου χωρίστηκαν και ταξινομήθηκαν σε 7 κατηγορίες ανάλογα με τα στοιχεία που παρείχε η κάθε έρευνα. Συγκεκριμένα, στη μέγιστη τιμή (maximum) που αναφέρεται στη μέγιστη συγκέντρωση σε ακρυλαμίδιο που εμφάνισε κάποιο δείγμα της εκάστοτε έρευνας, στην ελάχιστη τιμή (minimum) που αναφέρεται στην ελάχιστη συγκέντρωση ακρυλαμιδίου που βρέθηκε να έχει κάποιο δείγμα μεταξύ όλων των δειγμάτων της κάθε μελέτης. Επίσης, στη μέση τιμή (mean) των συγκεντρώσεων όλων των δειγμάτων της κάθε μελέτης, στη διάμεσο (median) δηλαδή στην ενδιάμεση συγκέντρωση σε ακρυλαμίδιο από τις συγκεντρώσεις όλων των δειγμάτων της εκάστοτε μελέτης, στη τυπική απόκλιση (SD) δηλαδή στην απόκλιση της κάθε τιμής από τη μέση τιμή, στην RSD% δηλαδή στη τυπική απόκλιση από τη μέση τιμή επί της 100, και στον συντελεστή διακύμανσης CV% (Coefficient Variation) που δεν είναι άλλο από το πηλίκο της τυπικής απόκλισης (SD) προς τη μέση τιμή (mean).

Οι τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν στις μελέτες αυτές ήταν είτε η αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (tandem mass spectrometry detection), GC-MS/MS, είτε η υγρή χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας LC-MS/MS. Η μέθοδος της υγρής χρωματογραφίας ανάλογα με την έρευνα διέφερε, άλλοτε ήταν της μορφής LC-ESI-MS/MS (*ESI: electrospray ionization*, μέθοδος ιονισμού με ηλεκτροψεκασμό), άλλοτε χρησιμοποιήθηκε η HPLC (high pressure liquid chromatography) υγρή χρωματογραφία, άλλοτε η HPLC-ESI-MS/MS, ενώ σε άλλες μελέτες χρησιμοποιήθηκε η LC-APSI-MS (liquid chromatography atmospheric pressure chemical). Με τις μεθόδους αυτές τα δείγματα αρχικά αναλύθηκαν και διαχωρίστηκαν με τη χρήση της αέριας είτε της υγρής χρωματογραφίας, ενώ στη συνέχεια πιστοποιήθηκαν με τον φασματογράφο. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις δεν αναφερόταν καθόλου η μέθοδος ανάλυσης.

Ως προς το είδος του τροφίμου, μελετήθηκαν κατά το πλείστον αμυλούχα τρόφιμα, κυρίως πατάτες και αρτοσκευάσματα, και γενικότερα τρόφιμα θερμικά επεξεργασμένα. Παραδόξως όμως, παρατηρήσαμε ότι σε πολλές έρευνες μελετήθηκε ένας πολύ μεγάλος αριθμός τροφίμων, καλύπτοντας έτσι σχεδόν όλες τις ομάδες τροφίμων.

Τέλος, ως προς τη γεωγραφική περιοχή δεν υπήρχαν πολλά στοιχεία. Οι περισσότερες έρευνες περιορίζονταν στη αναφορά μόνο της Χώρας ή της πόλης που πραγματοποιήθηκε η εκάστοτε έρευνα. Για αυτό το λόγο στη συγκεκριμένη κατηγορία περιοριστήκαμε στο να αναφέρουμε μόνο τη Χώρα που πραγματοποιήθηκε η έρευνα.

Τελικά τα δεδομένα ήταν συνολικά 897 και συλλέχθηκαν μέχρι τον Ιούνιο του 2011.

B4: ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Επειδή οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων δίνονταν σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης στη κάθε έρευνα, για να γίνει η επεξεργασία σωστά έπρεπε να ομογενοποιηθούν όλες οι μονάδες σε μια. Έτσι λοιπόν όλες οι συγκεντρώσεις των δειγμάτων μετατράπηκαν σε ppb (parts-per-billion, 10^{-9}) ή αλλιώς σε μg ακρυλαμιδίου/ Kg τροφίμου.

Η δεύτερη κατηγορία, δηλαδή η ομάδα τροφίμου (food group), στη συνέχεια χωρίστηκε σε 3 πιο εξειδικευμένες κατηγορίες: στη γενική κατηγορία τροφίμων, στην ειδική κατηγορία τροφίμων και στη κατηγορία τροφίμων ανάλογα με την μέθοδο επεξεργασίας-μαγειρέματος του τροφίμου έτσι ώστε να γίνει αναλυτικότερα η επεξεργασία των δεδομένων και να βγάλουμε πιο εμπειρισταωμένα αποτελέσματα.

B5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τρία προγράμματα ανάλυσης και στατιστικής επεξεργασίας.

STATISTICA

Στοιχεία προγράμματος: Statistica 8.0. (Stat Soft, Inc. 1984-2007)

Έγινε εξόρυξη δεδομένων, συγκεκριμένα test mining and document retrieval, για μεταβλητές που ήταν στη μορφή κειμένου, για λέξεις που είχαν ελάχιστο μέγεθος 25 γράμματα με τουλάχιστον 1 φωνήεν και ένα σύμφωνο. Επίσης έγινε data mining, association rules (κανόνες συσχέτισης) με αλγόριθμο “a priori”.

SPSS

Στοιχεία προγράμματος: SPSS Inc. (PASW Statistics 1.8. Release 18.0.0 (July 30.2009)

Περάσαμε τις μεταβλητές μέση τιμή, διάμεσο, τυπική απόκλιση, αριθμό δειγμάτων, χώρα, μέθοδο επεξεργασίας, γενική, ειδική και κατηγορία τροφίμων ανάλογα με τον τρόπο μαγειρέματος από το Analyze→Descriptive Statistics→Frequency και ζητήσαμε στατιστική ανάλυση (Statistics) και ραβδογράμματα (Bar charts) στο Charts. Συγκεκριμένα για το Statistics επιλέξαμε στο Percentile Value τα Quartiles και το Cut points for 10 equal groups, στο Central Tendency επιλέξαμε Mean, Median, Mode και Sum και στο Dispersion τα Std. deviation, Minimum, Variance, Maximum,

Range, S.E. mean.

Επίσης από το Analyze→Descriptive Statistics→Crosstabs βάλαμε στο Row τη μέση τιμή (mean) και τη διάμεσο (median) και στο Column τη χώρα (country) και τη μέθοδο επεξεργασίας (method) και στο Statistics επιλέξαμε Chi-Square Tests ώστε να δούμε τη στατιστική σημαντικότητά τους.

EXCEL

Στοιχεία προγράμματος: Microsoft ® Office Excel ® 2007 (12.0.4518.1014) MSO (120.4518.1014)

Τμήμα του Microsoft Office Enterprise 2007.

Έγινε καταγραφή των δεδομένων τα οποία χωρίστηκαν σε 15 διαφορετικές κατηγορίες και οι οποίες αναλύθηκαν μετά με το SPSS και το STATISTICA.

Επίσης από το EXCEL έγινε η κατασκευή διαγραμμάτων και των διαγραμμάτων PARETO.

Γ ΜΕΡΟΣ

Γ1: Περιγραφική στατιστική

Πίνακας 10: Περιγραφική στατιστική (Descriptive Statistics) για το ακρυλαμίδιο

	N	Διακύμανση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση τιμή	Μέσο τυπικό σφάλμα
Αριθμός δειγμάτων	675	3876	1	3877	47	10,6
Διάμεσος	232	3064,0	0	3064,0	251	24,5
Μέση τιμή	643	13198,00	2,00	13200,00	335	38,9
Τυπική απόκλιση	162	1505,76	1,24	1507,00	239	25,6

N: αριθμός δειγμάτων

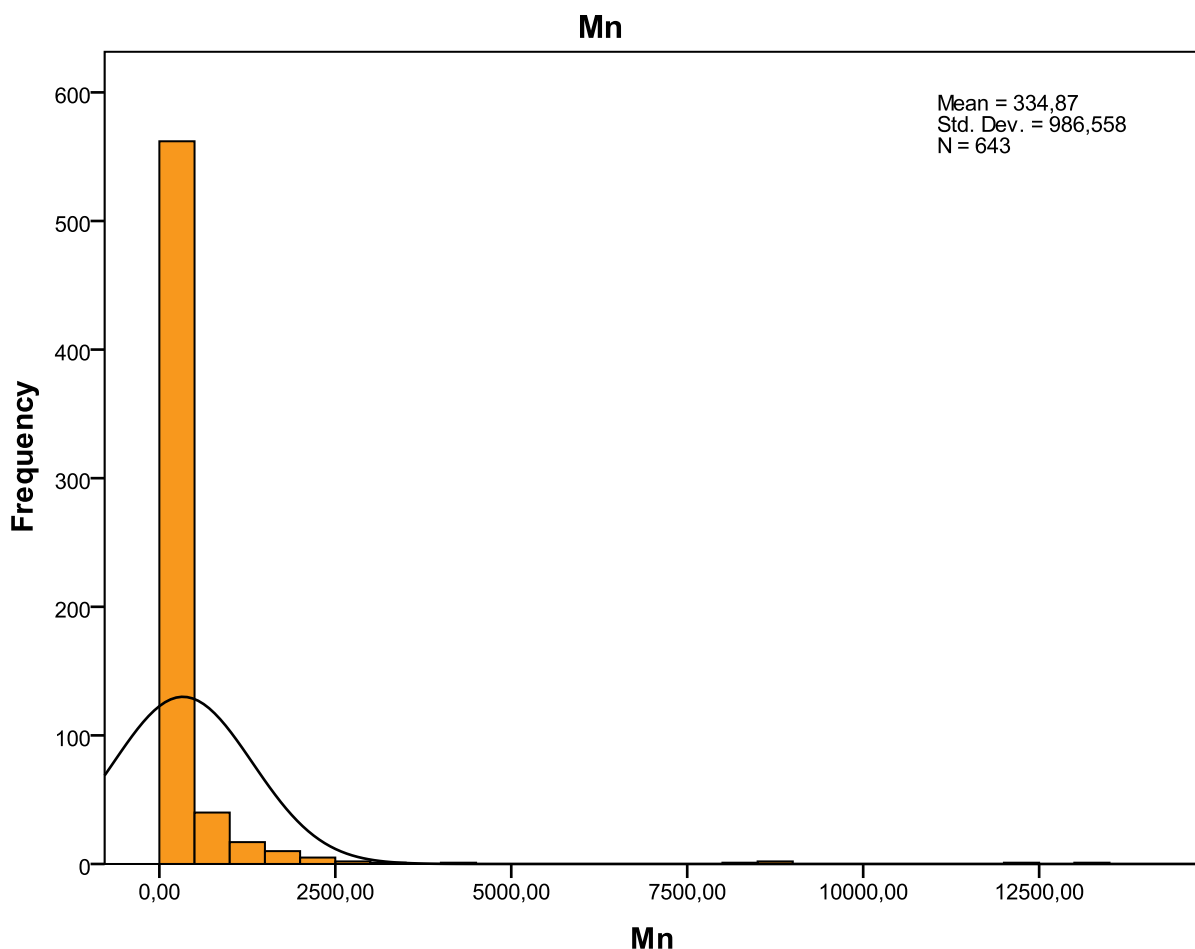
Αριθμός δειγμάτων (samples)

Στο πίνακα βλέπουμε ότι από τα 897 δεδομένα-τρόφιμα που μελετήθηκαν συνολικά, στα 675 δινόταν ο αριθμός των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να προκύψουν τα αποτελέσματα για το κάθε δεδομένο. Η μέση τιμή των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για να προκύψουν τα αποτελέσματα για κάθε δεδομένο ήταν περίπου τα 47 τρόφιμα, όπως φαίνεται και στο πίνακα, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις (67 φορές) το δείγμα τροφίμου κάθε φορά ήταν ένα.

Μέση τιμή (mean)

Από τα 897 δεδομένα που είχαμε μόνο στα 643 δινόταν η μέση τιμή. Η ελάχιστη μέση τιμή που παρατηρήθηκε ήταν τα 2,00 ppb και ήταν στο τρόφιμο “Satsuma-age” (general food group: confectionery, specific food group: Asian food, food group depending on the cooking method: fried), ενώ η μέγιστη ήταν τα 13.200,00 ppb και ήταν στο τρόφιμο “potato crisps” (general food group: snacks, specific food group: potato snacks, food group depending on the cooking method:

fried). Η πιο συχνή τιμή της μέσης τιμής ήταν τα 300,00 ppb (η οποία εμφανίστηκε 7 φορές σε όλο το εύρος των δεδομένων), τα 50,00 ppb (επίσης εμφανίστηκε 7 φορές σε όλη την έρευνα) και τα 18,00 ppb (επίσης εμφανίστηκε 7 φορές). Η μέση τιμή από όλες τις μέσες τιμές ήταν τελικά τα 334,87 ppb.

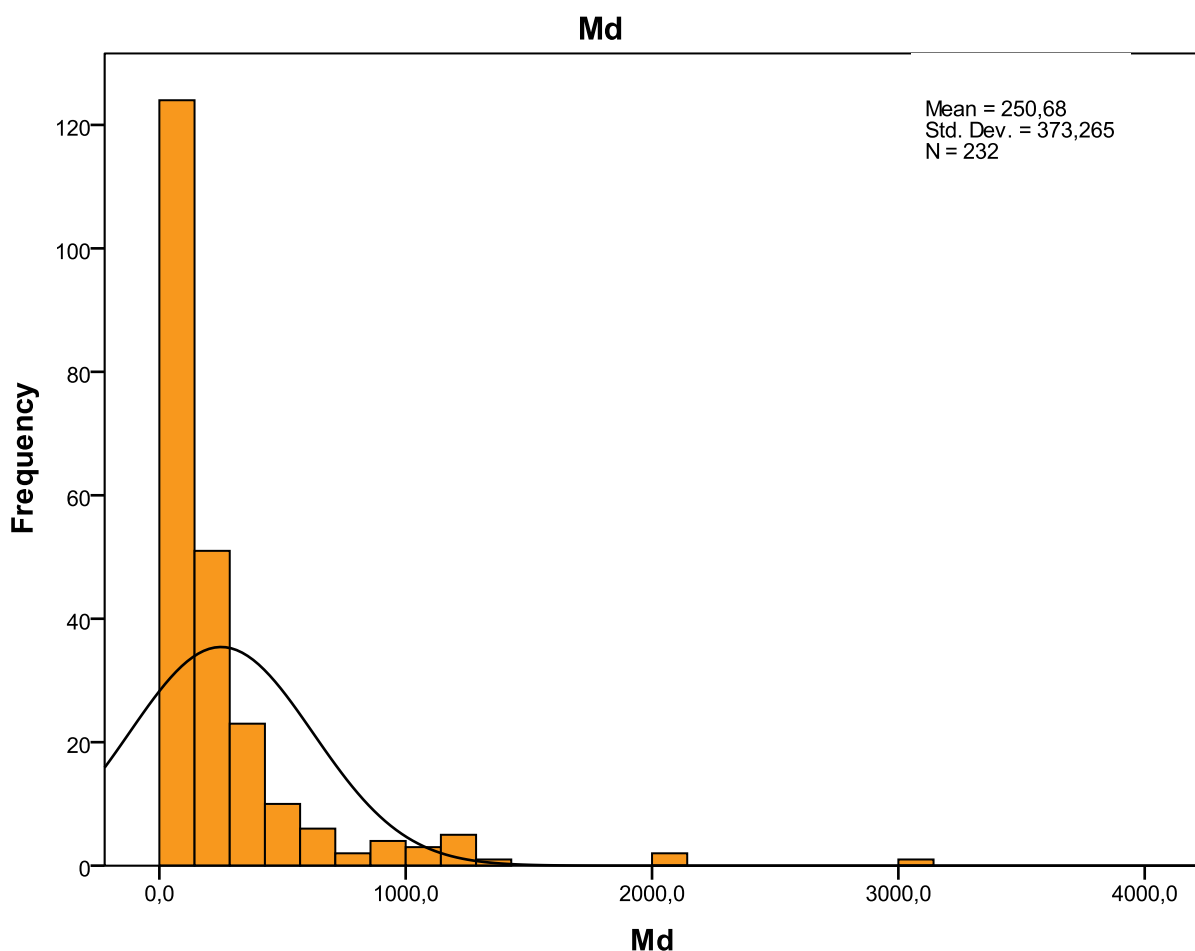


Σχήμα 10: Συχνότητα εμφάνισης της μέσης τιμής της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα

Διάμεσος (median)

232 τιμές διαμέσου είχαμε στη διάθεσή μας από τα συνολικά 897 δεδομένα. Η ελάχιστη τιμή διαμέσου ήταν τα 0 ppb, ενώ η μέγιστη ήταν τα 3.064 ppb και ήταν στο τρόφιμο “potato crisps” (general food group: snacks, specific food group: potato, food group depending on the cooking method: fried). Η διάμεσος αυτή ήταν από 4 δείγματα τσιπς πατάτας. Η πιο συχνή τιμή διαμέσου ήταν τα 150,00 ppb (5 φορές σε όλη τη μελέτη), και βρέθηκε στα εξής τρόφιμα: home-made potato

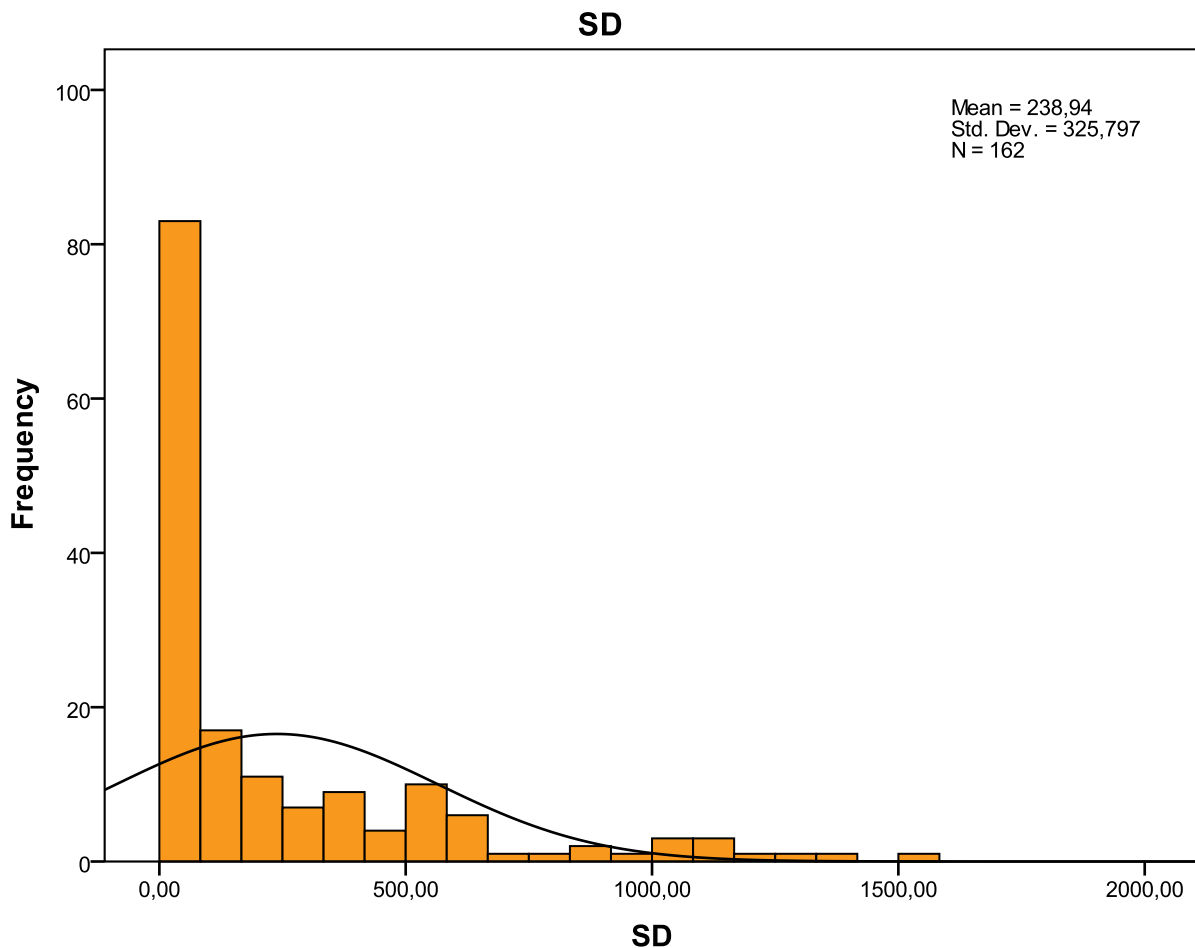
products, packet pasta with sauce, tortilla crisps (2), dried laver (Mu'er).



Σχήμα 11: Συχνότητα εμφάνισης της διαμέσου της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα

Τυπική απόκλιση (SD)

Για την τυπική απόκλιση δίνονταν 162 αποτελέσματα από τα 897 δεδομένα-τρόφιμα που είχαμε στη διάθεσή μας. Η ελάχιστη τυπική απόκλιση από τη μέση τιμή ήταν τα 1,24 ppb και ήταν στο ρόφημα “espresso coffee Arabica” (Country:Portugal, method:GC-MS, mean=185,54 ppb). Η μέγιστη τυπική απόκλιση ήταν τα 1.507,00 ppb και ήταν στο τρόφιμο “oily potato chips” (fried potato snacks, method: LC-MS, mean=1.781,00).



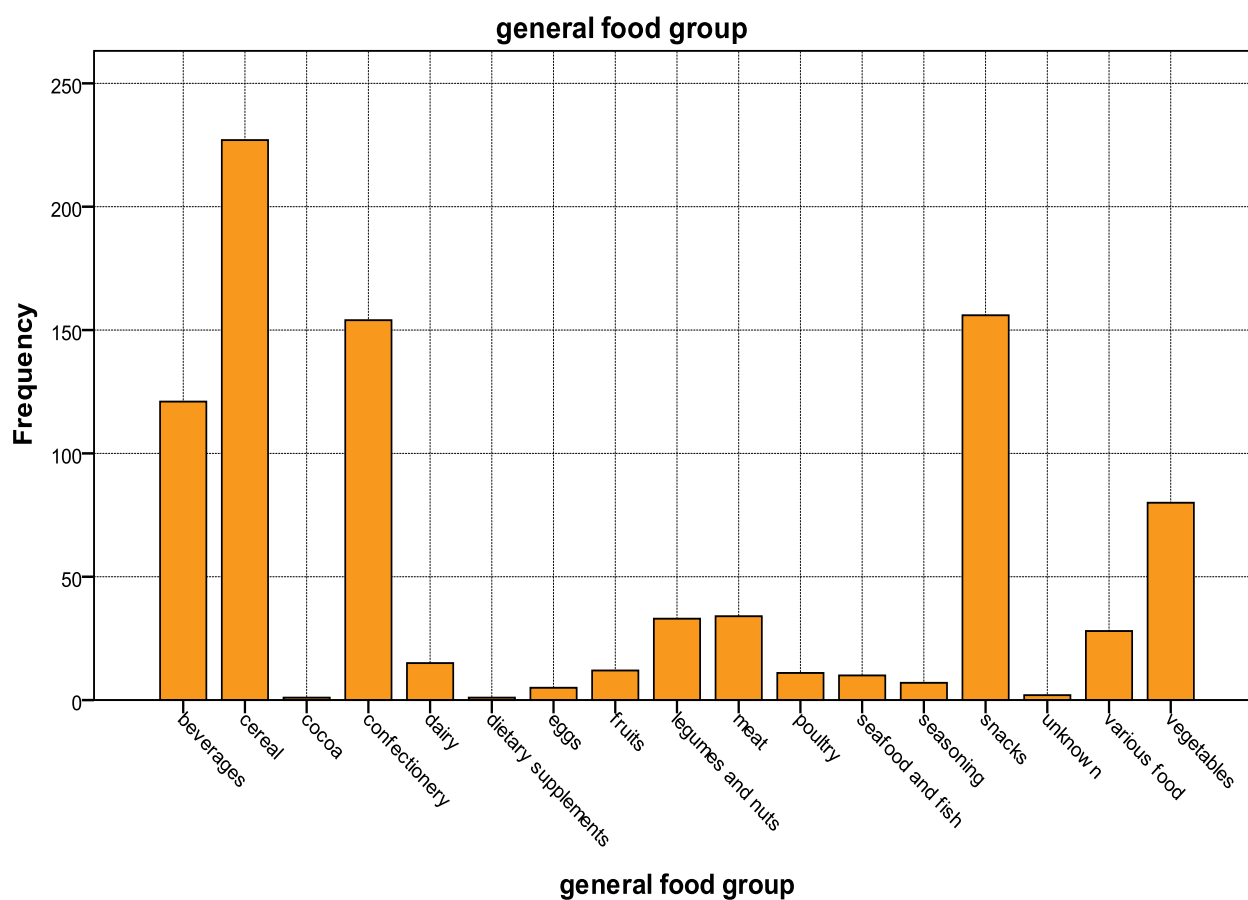
***Σχήμα 12:** Συχνότητα εμφάνισης της τυπικής απόκλισης από την μέση τιμή της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα*

Ραβδογράμματα και διαγράμματα Pareto

Τα παρακάτω ραβδογράμματα και διαγράμματα Pareto μας δίνουν πολλές πληροφορίες για τα τρόφιμα που μελετήθηκαν περισσότερο και στις 3 κατηγορίες τροφίμων, για τις χώρες από τις οποίες προήλθαν τα περισσότερα δεδομένα της μελέτης, για την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανάλυσης των τροφίμων, καθώς και για τις πηγές-έρευνες από τις οποίες πήραμε τα περισσότερα στοιχεία.

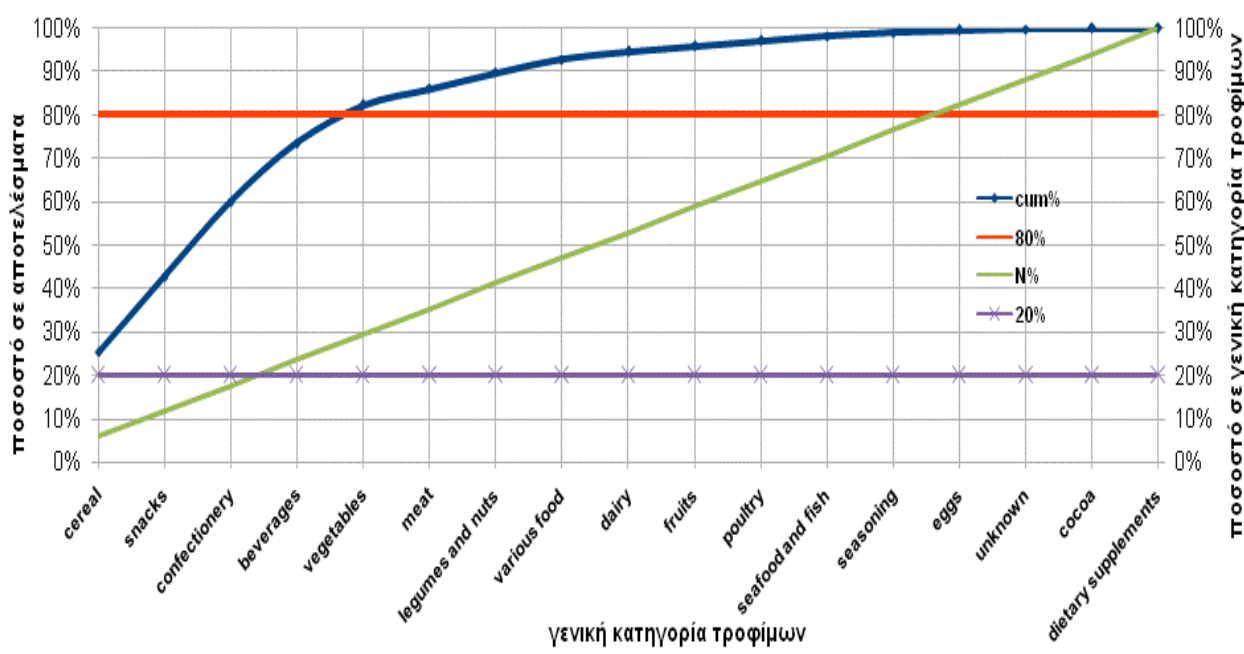
Στη γενική κατηγορία τροφίμων είχαμε:

- 227 δεδομένα για τα δημητριακά (“cereal”)
- 156 για τα σνακ (“snacks”)
- 154 για τα γλυκά (“confectionery”) και
- 121 για τα ποτά (“beverages”)



Σχήμα 13: Ραβδόγραμμα που δείχνει τη συχνότητα εμφάνισης των τροφίμων (από την γενική κατηγορία τροφίμων) σε ολόκληρη τη μελέτη

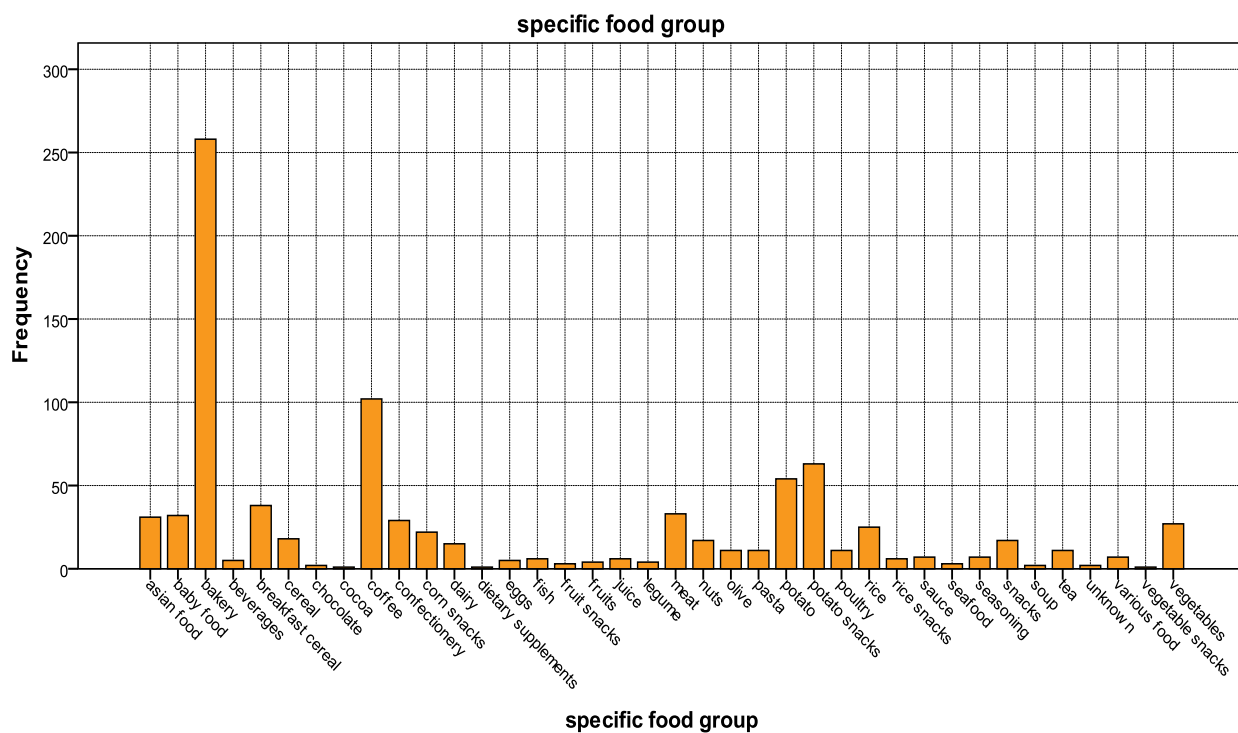
Το διάγραμμα PARETO που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα και το οποίο αφορά στη γενική κατηγορία τροφίμων της έρευνας, μας δείχνει ότι το 80% των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης έχει προέλθει από τα 4-5 πρώτα είδη τροφίμων, δηλαδή αυτά τα είδη τροφίμων που μελετήθηκαν περισσότερο σε αυτή τη μετά-ανάλυση. Αυτά όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι τα δημητριακά, τα διάφορα σνακ, τα γλυκά τα ποτά και τα λαχανικά. Και αυτή η τιμή αντιστοιχεί περίπου στο 25% από τα 17 συνολικά είδη τροφίμων που περιελάμβανε η γενική κατηγορία τροφίμων.



Σχήμα 14: Διάγραμμα PARETO για την γενική κατηγορία τροφίμων

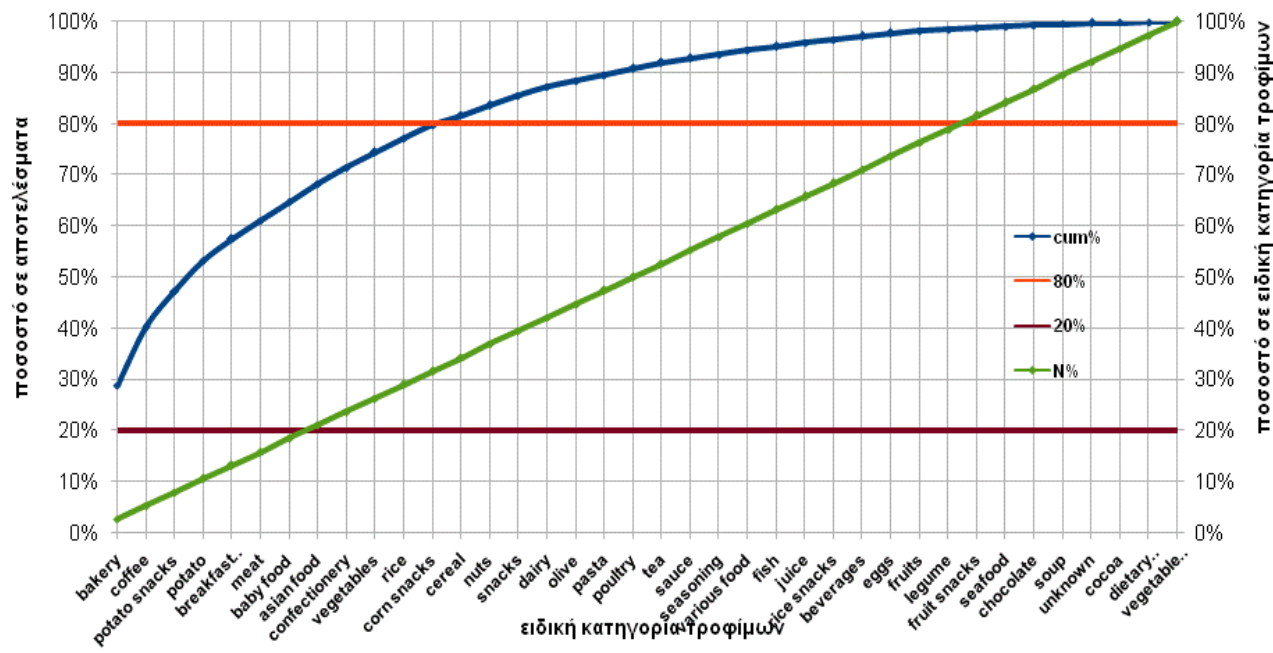
Στην ειδική κατηγορία τροφίμων είχαμε:

- 258 δεδομένα για τα αρτοσκευάσματα (“bakery”),
- 102 δεδομένα για τον καφέ (“coffee”)
- 63 για τα σνακ πατάτας (“potato snacks”) και
- 54 για τις πατάτες γενικότερα (“potato”)



Σχήμα 15: Ραβδόγραμμα που δείχνει τη συχνότητα εμφάνισης των τροφίμων (από την ειδική κατηγορία τροφίμων) σε ολόκληρη τη μελέτη

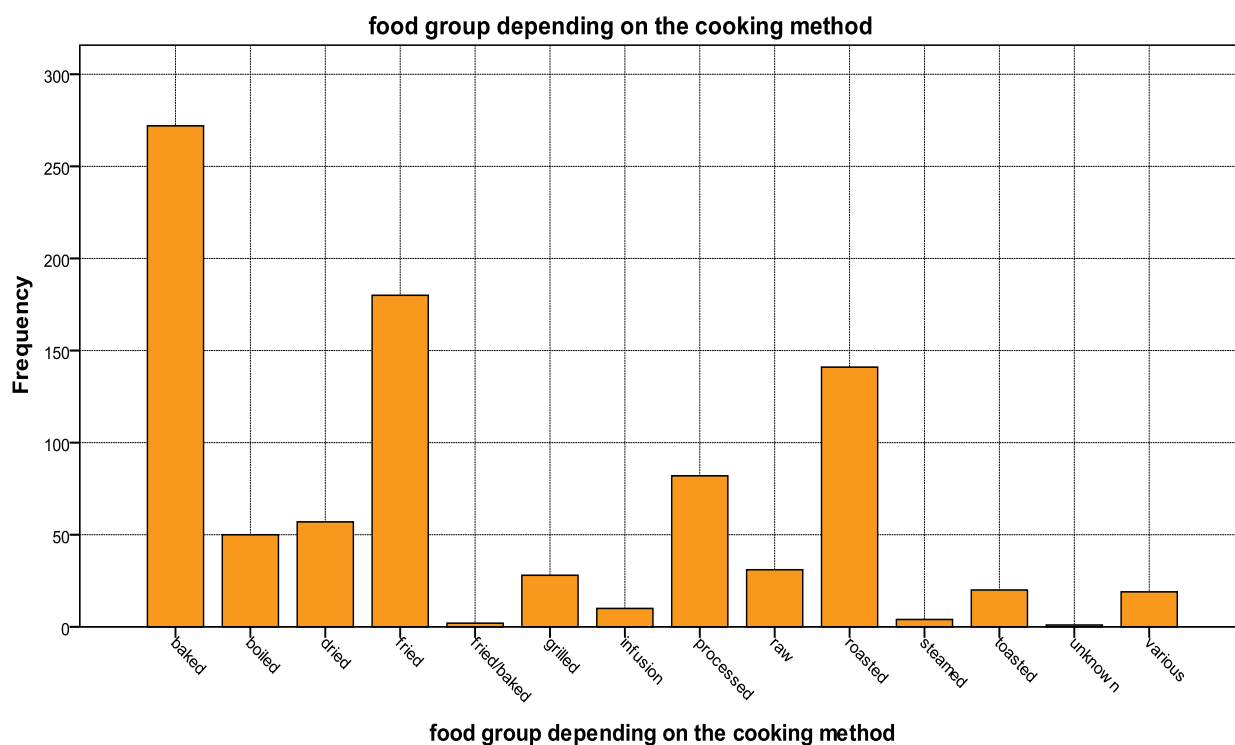
Το αντίστοιχο διάγραμμα PARETO για την ειδική κατηγορία τροφίμων της έρευνας, μας δείχνει ότι το 80% των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης έχει προέλθει από τα 11 πρώτα είδη τροφίμων, δηλαδή αυτά τα είδη τροφίμων (όπως χωρίστηκαν στην ειδική κατηγορία τροφίμων) που μελετήθηκαν περισσότερο σε αυτή τη μετά-ανάλυση. Και αυτή η τιμή αντιστοιχεί περίπου στο 30% από τα 38 συνολικά είδη τροφίμων της ειδικής κατηγορίας τροφίμων.



Σχήμα 16: Διάγραμμα PARETO για την ειδική κατηγορία τροφίμων

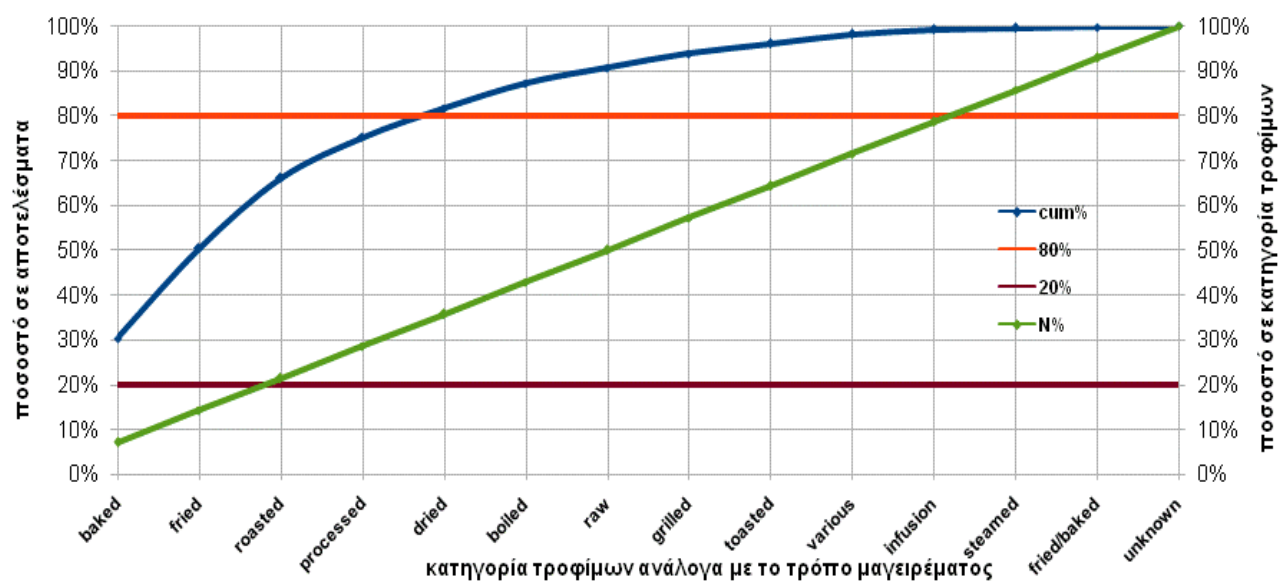
Στην τελευταία κατηγορία τροφίμων που αφορούσε στον τρόπο μαγειρέματος των τροφίμων:

- τα 272 τρόφιμα ήταν ψημένα (baked)
- τα 180 ήταν τηγανιτά (fried) και
- τα 141 ήταν ψητά (roasted)



Σχήμα 17: Ραβδόγραμμα που δείχνει τη συχνότητα εμφάνισης των τροφίμων (από την κατηγορία τροφίμων που στηρίζεται στον τρόπο μαγειρέματος του τροφίμου) σε ολόκληρη τη μελέτη

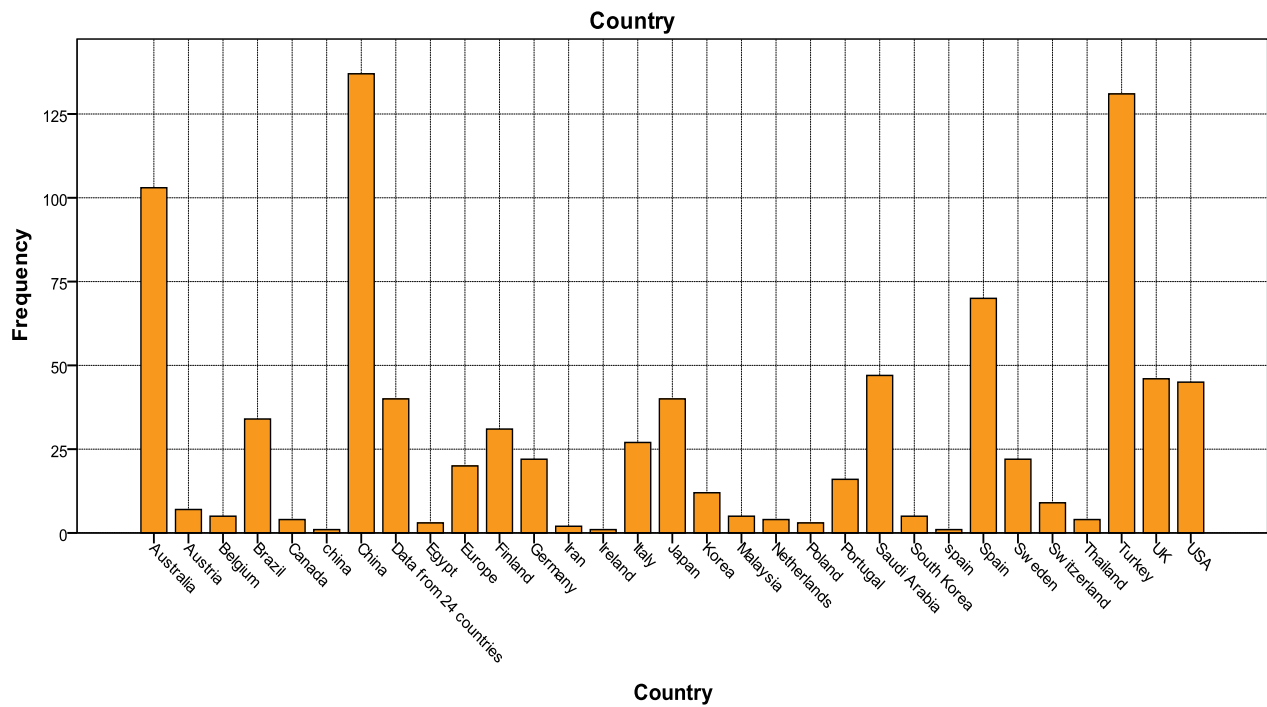
Το διάγραμμα PARETO που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα και το οποίο αφορά στην κατηγορία τροφίμων ανάλογα με το τρόπο μαγειρέματος, μας δείχνει ότι το 80% των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης έχει προέλθει από τους 4 πιο συχνά εμφανιζόμενους τρόπους μαγειρέματος των τροφίμων που μελετήθηκαν σε αυτή τη μελέτη, δηλαδή το ψήσιμο, το τηγάνισμα, το καβούρδισμα, η βιομηχανική επεξεργασία και η ξήρανση. Αυτή η τιμή αντιστοιχεί περίπου στο 30-35% από τα 14 διαφορετικά είδη μαγειρέματος των τροφίμων που αναφέρουμε.



Σχήμα 18: Διάγραμμα PARETO για την κατηγορία τροφίμων ανάλογα με τον τρόπο μαγειρέματος

Τα περισσότερα τρόφιμα προέρχονταν από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν:

- στην Κίνα (137 δεδομένα-τρόφιμα)
- στην Τουρκία (131 δεδομένα-τρόφιμα) και
- στην Αυστραλία (103 δεδομένα-τρόφιμα)



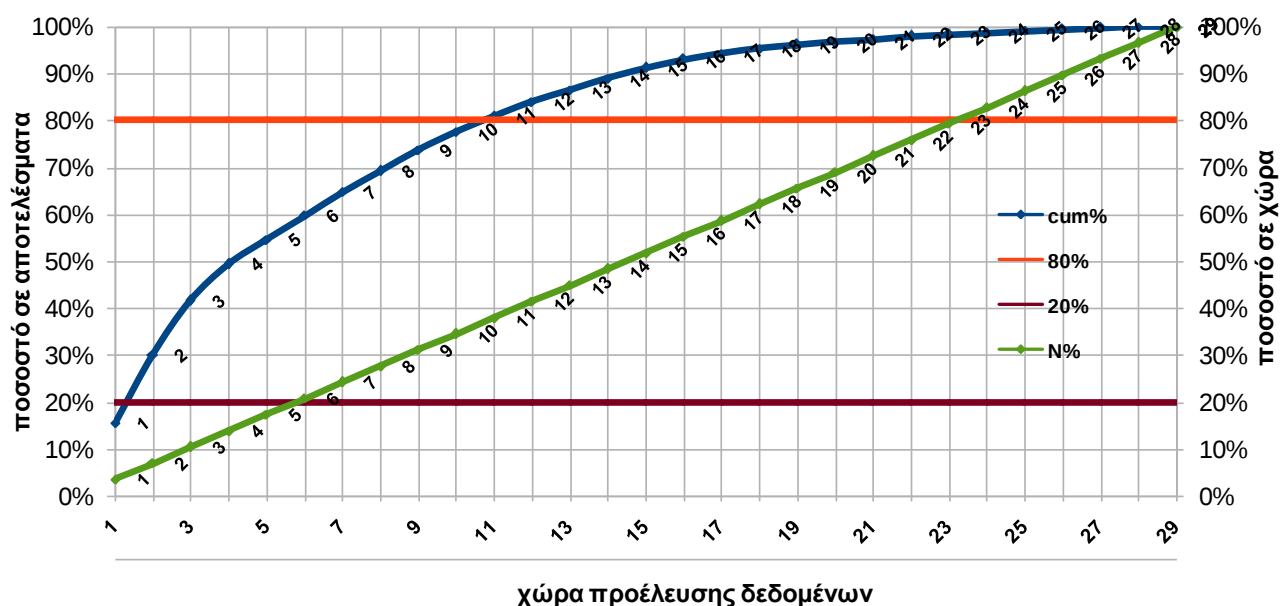
Σχήμα 19: Ραβδόγραμμα που δείχνει τη συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων χωρών (στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι εκάστοτε εργασίες) στη μελέτη

Πίνακας 11: Χώρα προέλευσης των δεδομένων

	ΧΩΡΑ	Συχνότητα
1.	China	137
2.	Turkey	131
3.	Australia	103
4.	Spain	70
5.	Saudi Arabia	47
6.	UK	46
7.	USA	45
8.	Data from 24 countries	40

9.	Japan	40
10.	Brazil	34
11.	Finland	31
12.	Italy	27
13.	Germany	22
14.	Sweden	22
15.	Europe	20
16.	Portugal	16
17.	Korea	12
18.	Switzerland	9
19.	Austria	7
20.	Belgium	5
21.	Malaysia	5
22.	South Korea	5

Το αντίστοιχο διάγραμμα PARETO το οποίο αφορά στην χώρα προέλευσης των δεδομένων, δείχνει ότι το 80% των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης έχει προέλθει από τις 10 πιο συχνά εμφανιζόμενες χώρες σε αυτή τη μελέτη. Αυτή η τιμή αντιστοιχεί περίπου στο 37% των 29 συνολικά χωρών από τις οποίες πήραμε τα δεδομένα μας. Οι αριθμοί 1-29 αντιστοιχούν στις χώρες προέλευσης των δεδομένων. Οι χώρες τοποθετήθηκαν σε φθίνουσα σειρά για να προκύψει το διάγραμμα pareto (βλέπε πίνακα 11). Άρα στον αριθμό 1 αντιστοιχεί η χώρα που εμφανίζεται πιο πολλές φορές, ενώ στον αριθμό 29 η χώρα που εμφανίζεται λιγότερο σε όλη την μελέτη.



Σχήμα 20: Διάγραμμα PARETO για την χώρα προέλευσης των δεδομένων (βλέπε πίνακα 11)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι έρευνες, με σειρά προτεραιότητας, από τις οποίες συλλέχθηκαν οι πληροφορίες για τα τρόφιμα που μελετήθηκαν. Όπως παρατηρούμε οι περισσότερες πληροφορίες προήλθαν από τις παρακάτω επιστημονικές μελέτες:

- Croff M., *et al.* (2004) Australian survey of acrylamide in carbohydrate-based foods. **(108 δεδομένα)**
- Leung K.S., *et al.* (2003) Acrylamide in Asian foods in Hong Kong. **(52 δεδομένα)**
- Hu" lya O" lmez, *et al.* (2008) A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market. **(50 δεδομένα)**
- Sadd P., *et al.* (2005) The formation of acrylamide in UK cereal products Advances in Experimental Medicine and Biology. **(40 δεδομένα)**

Πίνακας 12: Πηγή προέλευσης των δεδομένων

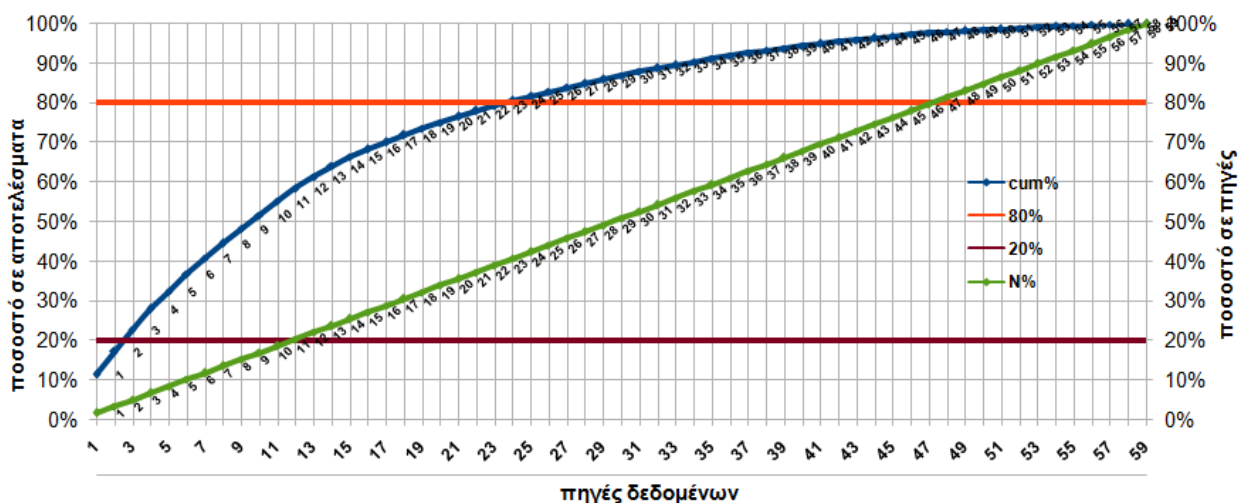
	EPEYNA-ΠΗΓΗ	Συχνότητα
1.	Croff M., Tong P., Fuentes D., Hambridge T. (2004) Australian survey of acrylamide in carbohydrate-based foods. Food Additives and Contaminants 21 (8), pp. 721-736	103
2.	Leung K.S., Lin A., Tsang C.K., Yeung S.T.K. (2003) Acrylamide in Asian foods in Hong Kong. Food Additives and Contaminants 20 (12), pp. 1105-1113	52
3.	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
4.	Sadd P., Hamlet C. (2005) The formation of acrylamide in UK cereal products Advances in Experimental Medicine and Biology 561, pp. 415-429	46
5.	Chenabc F., Yuanad Y., Liuabc J., Zhaoabc G., Huabc X. (2008) Survey of acrylamide levels in Chinese foods. Food Additives and Contaminants: Part B, 1: 2, 85-92	40
6.	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
7.	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. American Journal of Food Technology ,4 (5) pp177-191	36
8.	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), pp. 389-394	33
9.	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):215-20.	33
10.	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. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52 (7), pp. 1996-2002	31
11.	Eerola S., Hollebekkers K., Hallikainen A., Peltonen K. (2007) Acrylamide levels in Finnish foodstuffs analysed with chromatography tandem mass. Molecular Nutrition & Food Research 51 (2), pages 239–247	31
12.	Otles S. and Otles S. (2004). Acrylamide in food: chemical structure of acrylamide. The Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 3(5):1–8	29
13.	Senyuva H.Z., Gokmen V. (2005) Survey of acrylamide in Turkish foods by an in-house validated LC-MS method. Food Additives and Contaminants 22 (3), pp. 204-209	27
14.	Tateo F., Bononi M., Andreoli G. (2007) Acrylamide levels in cooked rice,tomato sauces and some fast food on the Italian market. Journal of Food Composition and Analysis 20, pages 232–235	26
15.	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. Microchemical Journal 93 (2), pp. 173-179	24
16.	Arisseto A.P., Toledo M.C., Govaert Y., Van Loco J., Fraselle S., Weverbergh E., Degroot J.M. (2007) Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil.Food Additives and Contaminants 24 (3), pp. 236-241	20
17.	Bermudo E., Nunez O., Puignou L., Galceran M.T. (2006) Analysis of acrylamide in food products by in-line preconcentration capillary zone electrophoresis. Journal of Chromatography A 1129 (1), pp. 129-134	16
18.	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	16

	ionization tandem mass spectrometry <i>Analytica Chimica Acta</i> 584 (2), pp. 322-332	
19.	Arissetoa A.P., M.C.de Figueiredo Toledoa, Govaertb Y., J.van Locob, Frasselieb S., Degrootb 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
20.	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
21.	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
22.	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</i> Volume 119, Issue 3, Pages 929-934	12
23.	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
24.	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</i> V.3, Is.6 Page No.: 347-353	11
25.	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	10
26.	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 2003-2006.	10
27.	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
28.	Data from BVL-Federal Office of Consumer Protection and Food Safety (2003)	9
29.	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. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> 52 (15), pp. 4625-4631	9
30.	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	9
31.	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
32.	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
33.	Murkovic, M. Acrylamide in Austrian foods. <i>Journal of Biochemical and Biophysical Methods</i> 61 (1-2 SPEC. ISS.), pp. 161-167	7
34.	Rufian-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</i>	7

	Chemistry 97 (3), pp. 555-562	
35.	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	7
36.	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	6
37.	Rufian-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	6
38.	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
39.	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
40.	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
41.	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	5
42.	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	4
43.	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	4
44.	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
45.	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	4
46.	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	3
47.	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	3
48.	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.	2
49.	Becalskia A., Stadlerb R., Haywardc S., Kotellod S., Krakalovichd T., Laua B. P. -Y., Roscoed V., Schroederd S., Trelkad R. (2010) Antioxidant capacity of potato chips and snapshot trends in acrylamide content in potato chips and cereals on the Canadian market. <i>Food Additives & Contaminants: Part A</i>	2

50.	Borouhakia M.T., Nikkhahb E., Kazemic A., Oskooeid 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	2
51.	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
52.	Lantz I., Ternite 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. Molecular Nutrition and Food Research 50 (11), pp. 1039-1046	2
53.	Lauzurica L.Z., Fayos J.G. (2007) Acrylamide in potato crisps and snack foods produced in the autonomous Community of Valencia [Spain] Gaceta Sanitaria 21 (4), pp. 334-337	2
54.	Mojska H., Gielecińska I., Szponar L. (2007) Acrylamide content in heat-treated carbohydrate-rich foods in Poland. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, 58 (1), pp. 345-349	2
55.	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	2
56.	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
57.	Mojska H., Gielecińska I., Szponara L., Ołtarzewska M. (2010) Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. National Food and Nutrition Institute, 48 (8-9) pp 2090-2096	1
58.	Ötles S., Ötles S. (2004) Acrylamide in food-Formation of acrylamide and its damages to health. EJPAU, 7 (2) #02	1
59.	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

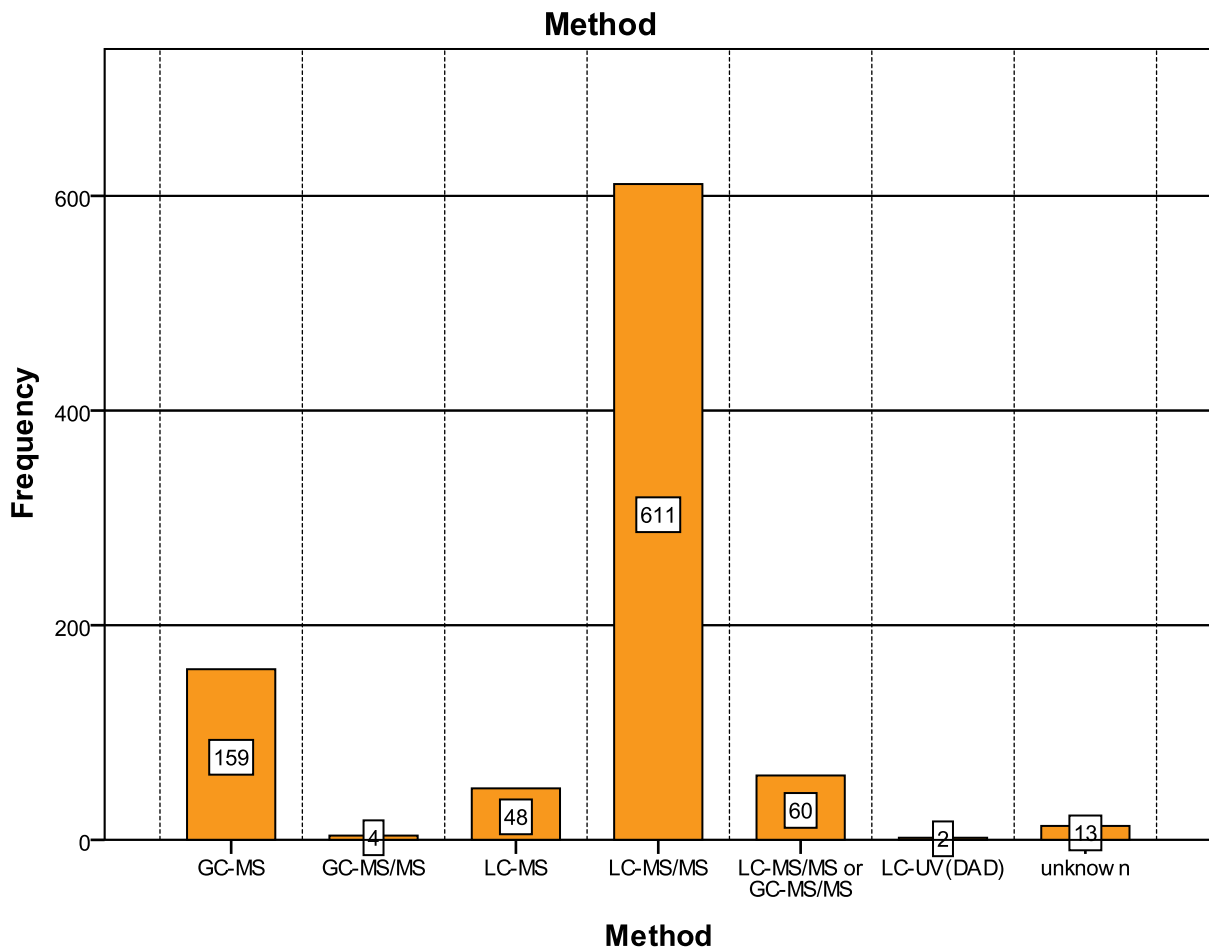
Το παρακάτω διάγραμμα PARETO αφορά στην πηγή από την οποία πήραμε τα δεδομένα και δείχνει ότι μέχρι τη δημοσίευση 24 έχουμε το 80% των αποτελεσμάτων αυτής της μελέτης, δηλαδή το 40% των συνολικά 60 πηγών. Οι αριθμοί 1-59 αντιστοιχούν στις πηγές οι οποίες έχουν τοποθετηθεί σε φθίνουσα σειρά (βλέπε πίνακα 12). Άρα στον αριθμό 1 αντιστοιχεί η πηγή από την οποία πήραμε τα περισσότερα δεδομένα, ενώ στον αριθμό 59 η πηγή από την οποία πήραμε τα λιγότερα δεδομένα.



Σχήμα 22: Διάγραμμα PARETO για τις πηγές από τις οποίες προήλθαν τα δεδομένα (βλέπε πίνακα 12)

Ως προς τη μέθοδο επεξεργασίας των τροφίμων:

- στις 602 περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος LC-MS/MS και
- στις 159 χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος GC-MS



Σχήμα 21: Ραβδόγραμμα που δείχνει τη συχνότητα εμφάνισης της κάθε μεθόδου στη μελέτη

Πίνακας 11: Στατιστική σημαντικότητα κάποιων μεταβλητών με βάση τα Pearson Chi-Square Tests

Chi-square tests	p-value
Mean-Country	0,000
Mean-Method	0,000

Median-Country	0,027
Median-Method	0,000
Median-Food group	0,0052
Mean-Food group	1,000 (μη σημαντική τιμή)

Όπως βλέπουμε στον παραπάνω πίνακα η μέση τιμή σε σύγκριση με την χώρα από την οποία προέρχονται τα δεδομένα είναι στατιστικά σημαντική αφού το p-value είναι $0,000 < 0,005$. Το ίδιο ισχύει και για τη μέση τιμή σε σχέση με την μέθοδο επεξεργασίας των δεδομένων ($p\text{-value} = 0,000 < 0,005$), καθώς και για τη διάμεσο με την χώρα ($p\text{-value} = 0,027 < 0,005$) και με την μέθοδο επεξεργασίας των δεδομένων αντίστοιχα ($p\text{-value} = 0,000 < 0,005$). Ως προς το είδος του τροφίμου με την διάμεσο και τη μέση τιμή αντίστοιχα, τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά αν και στην περίπτωση διαμέσου-είδος τροφίμου το p-value ήταν πολύ κοντά στα όρια στατιστικής σημαντικότητας ($p\text{-value} = 0,0052 \approx 0,005$).

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης διάφορων λέξεων στο Excel που συγκεντρώθηκαν και επεξεργάστηκαν όλα τα δεδομένα.

Κανόνες συσχέτισης

Οι κανόνες συσχέτισης πραγματοποιήθηκαν με το Statistica 8.

Εξόρυξη δεδομένων (data mining)

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με το λογάριθμο “apriori” θέτοντας ως ελάχιστο ποσοστό υποστήριξης, εμπιστοσύνης και συσχέτισης το 20%.

Ο αλγόριθμος αυτός εντοπίζει τις πιο συχνές περιπτώσεις και απορρίπτει τις υπόλοιπες σύμφωνα με ένα ελάχιστο ποσοστό υποστήριξης. Μετά φτιάχνει συνδυασμούς ανάμεσα στις περιπτώσεις αυτές, επαναυπολογίζει το ποσοστό υποστήριξης και, εάν δεν τους απορρίπτει, υπολογίζει το ποσοστό εμπιστοσύνης και συσχέτισης τους.

Πίνακας 12: Οι πιο συχνές περιπτώσεις σε σχέση με την εμφάνιση ακρυλαμιδίου

Οι πιο συχνές περιπτώσεις	Συχνότητα εμφάνισης	Ποσοστό υποστήριξης %
general food group = cereal	227	25,31
specific food group = bakery	258	28,76
cooking method = fried	180	20,07
cooking method = baked	272	30,32
nsamples = unknown	222	24,75
samples = 1	189	21,07
Method = LC-MS/MS	611	68,12
specific food group = bakery	224	24,97
cooking method = baked		
cooking method = baked	186	20,74
Method = LC-MS/MS		

Συνοπτικά

Με μεγαλύτερη συχνότητα στη γενική κατηγορία τροφίμων εμφανίζονται τα δημητριακά (25,3%) ενώ στην ειδική κατηγορία τα αρτοσκευάσματα (28,8%).

Όσον αφορά τη μέθοδο μαγειρικής εμφανίζονται κυρίως τα ψητά (30,3%) και τα τηγανητά (20%).

Στην αναφορά του αριθμού δειγμάτων το 24,8% ήταν άγνωστος αριθμός ενώ ανάμεσα στα γνωστά ο πιο συχνός αριθμός ήταν το 1 (21,1%).

Η πιο συχνή μέθοδος ανάλυσης ήταν η LC-MS/MS (68,1%)

Οι πιο συχνοί συνδυασμοί ήταν “ψητό και αρτοσκευάσμα” (25%) καθώς και “ψητό και LC-MS/MS” (20,1%).

Όσον αφορά τη χώρα ανάλυσης δεν προέκυψε συχνότητα με υποστήριξη πάνω από 20% (βλ.

ανάλυση Pareto στο σχήμα 20).

Ενδεικτικά αναφέρουμε τις 3 χώρες με τις πιο πολλές αναφορές αναλύσεων: Κίνα (15,4%), Τουρκία (14,6%) και Αυστραλία (11,5%).

Κανόνες συσχέτισης σε σχέση με τη εμφάνιση ακρυλαμιδίου, σύμφωνα με το ποσοστό εμπιστοσύνης

Κανόνας πρώτος

Εάν είναι αρτοσκεύασμα τότε ήταν κυρίως ψητό

Κανόνας δεύτερος

Εάν ήταν ψητό τότε ήταν κυρίως αρτοσκεύασμα

Κανόνας τρίτος

Εάν το προϊόν ήταν ψητό τότε έχει αναλυθεί κυρίως με LC-MS/MS

Κανόνας τέταρτος

Εάν έχει αναλυθεί με LC-MS/MS τότε το προϊόν ήταν κυρίως ψητό

Πίνακας 13: Κανόνες συσχέτισης σε σχέση με τη εμφάνιση ακρυλαμιδίου, σύμφωνα με το ποσοστό εμπιστοσύνης

<i>Εάν</i>		<i>Τότε</i>	Εμπιστοσύνη %	Συσχέτιση %
specific food group =bakery	=>	cooking method = baked	86,82	84,56
cooking method = baked	=>	specific food group = bakery	82,35	84,56
cooking method = baked	=>	Method = LC-MS/MS	68,38	45,63
Method = LC-MS/MS	=>	cooking method = baked	30,44	45,63

Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο τρίτος και κυρίως ο τέταρτος κανόνας είναι χαμηλής εμπιστοσύνης και συσχέτισης, οπότε αποτελούν απλές ενδείξεις συσχετίσεων.

Δεν προέκυψε κανόνας που να συνδέει τα δημητριακά ή τις πατάτες με κάποια άλλη μεταβλητή όπως η μέθοδος μαγειρικής, η μέθοδος ανάλυσης ή η χώρα ανάλυσης.

Επίσης δεν προέκυψε κανόνας που να συσχετίζει κάποια χώρα με κάποια κατηγορία τροφίμου, μέθοδο μαγειρικής ή μέθοδο ανάλυσης.

Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στα αποτελέσματα

Πίνακας 14: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων σε αποτελέσματα αναλύσεων τροφίμων

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΞΕΩΝ
Coffee	98
Potato	97
Bread	69

Biscuit	60
Biscuit	60
Crisp	57
Fried	54
Roast	45
Cereal	44
Chip	37
Rice	35
Breakfast	33
Product	33
Powder	31
Sweet	27

Πίνακας 15: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στη κατηγορία τρόποι μαγειρέματος των τροφίμων

ΤΡΟΠΟΙ ΜΑΓΕΙΡΕΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΞΕΩΝ
Baked	274
Fried	182
Roasted	141
Processed	82
Dried	57
Boiled	50
Raw	31
Grilled	28

Πίνακας 16: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στη γενική κατηγορία τροφίμων

ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΞΕΩΝ
Cereal	227
Snacks	156
Confectionery	154
Beverages	121
Beverages	121
Vegetables	80
Meat	34
Legumes	33
Nuts	33
Food	28
Various	28

Πίνακας 17: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων στη ειδική κατηγορία τροφίμων

ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΞΕΩΝ
Bakery	258
Potato	117
Snacks	112
Coffee	102
Food	70
Cereal	56

Breakfast	38
Meat	33
Baby	32
Asian	31
Rice	31
Confectionery	29
Vegetable	28

Πίνακας 18: Συχνότητα εμφάνισης λέξεων ανάμεσα στις χώρες προέλευσης των δεδομένων

ΧΩΡΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΞΕΩΝ
China	138
Turkey	131
Australia	103
Spain	71
Saudi Arabia	47
UK	46
USA	45
Data from 24 countries	40
Japan	40
Brazil	34
Finland	31
Italy	27

Εκτίμηση έκθεσης στο κίνδυνο: Το TDI (ανεκτή ημερήσια δόση) για τον καρκίνο έχει οριστεί στα 2,6μg/Kg σωματικού βάρους την ημέρα (σύμφωνα με μια Αμερικάνικη τοξικολογική μελέτη του 2009). Αυτό σημαίνει ότι ένα άτομο που ζυγίζει 70 Kg μπορεί να καταναλώσει με ασφάλεια μέχρι 182 μg ακρυλαμιδίου την ημέρα ($2,6 \times 70 = 182$). Από την μετά-ανάλυση αυτή προκύπτει ότι η μέση τιμή ακρυλαμιδίου που βρέθηκε συνολικά σε όλα τα τρόφιμα που μελετήθηκαν ήταν τα 335 μg ακρυλαμιδίου στο 1 Kg τροφίμου. Ας υπολογίσουμε λοιπόν με βάση αυτή τη τιμή ακρυλαμιδίου, πόσο ακρυλαμίδιο λαμβάνουμε αν καταναλώσουμε μια μερίδα πατάτες τηγανητές (αφού γνωρίζουμε ότι οι πατάτες τηγανητές είναι η μεγαλύτερη ίσως πηγή ακρυλαμιδίου). Η μερίδα εστιατορίου είναι περίπου 140 g ($=0,14\text{Kg}$).

Στο 1 Kg τροφίμου περιέχονται $\rightarrow 335 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου

Στα 0,14 Kg τροφίμου (μερίδα πατάτες) $\rightarrow \chi = 46,9 \mu\text{g}$

Άρα προκύπτει ότι από μία μερίδα πατάτες τηγανητές λαμβάνουμε 46,9 μg ακρυλαμιδίου, οπότε ένα άτομο 70 Kg έχει περιθώριο να καταναλώσει μέσα στην ίδια μέρα $182 - 46,9 = 135,1 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου μέχρι να φτάσει στο επικίνδυνο όριο για τον καρκίνο. Δηλαδή να καταναλώσει περίπου 4 μερίδες τηγανητές πατάτες με μέση συγκέντρωση 335 ppb ακρυλαμίδιο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι σε περίπτωση καθημερινής κατανάλωσης μιας μερίδας τηγανητών πατατών η οποία μπορεί να περιέχει μέσες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, το ποσοστό έκθεσης στα όρια καρκινογένεσης είναι 26%.

Όμως αυτό προκύπτει μόνο από την κατανάλωση σε πατάτες τηγανητές. Αν συνυπολογίσουμε και όλα τα άλλα τρόφιμα που καταναλώνουμε καθημερινά και τα οποία μπορεί να είναι πλούσια σε ακρυλαμίδιο (κυρίως τηγανητά και αρτοσκευάσματα), ίσως τελικά να είμαστε πολύ πιο κοντά στα απαγορευμένα όρια από όσο πιστεύαμε.

Ας υπολογίσουμε επίσης με βάση την ίδια μέση τιμή ακρυλαμιδίου, πόσο ακρυλαμίδιο λαμβάνουμε αν καταναλώσουμε οκτώ διατροφικά ισοδύναμα σε αρτοσκευάσματα την ημέρα. Το ένα διατροφικό ισοδύναμο είναι 30 g άρα τα οκτώ είναι 240 g την ημέρα (0,24 Kg)

Στο 1 Kg τροφίμου περιέχονται $\rightarrow 335 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου

Στα 0,24 Kg τροφίμου (αρτοσκευάσματα) $\rightarrow \chi = 80,4 \mu\text{g}$

Άρα προκύπτει ότι από οκτώ ισοδύναμα σε αρτοσκευάσματα λαμβάνουμε 80,4 μg ακρυλαμιδίου, οπότε ένα άτομο 70 Kg έχει περιθώριο να καταναλώσει μέσα στην ίδια μέρα $182 - 80,4 = 99,6 \mu\text{g}$ ακρυλαμιδίου μέχρι να φτάσει στο επικίνδυνο όριο για τον καρκίνο.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι σε περίπτωση καθημερινής κατανάλωσης αρτοσκευασμάτων τα οποία μπορεί να περιέχουν μέσες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, το ποσοστό έκθεσης στα όρια

καρκινογένεσης είναι 44%. Επισημαίνουμε ότι προκειμένου να εκδηλωθεί καρκινογένεση πρέπει να έχουμε έκθεση στο κίνδυνο πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια για δυο χρόνια τουλάχιστον.

Για αυτό το λόγο συνίσταται περαιτέρω διερεύνηση και έρευνα για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα ως προς την περιεκτικότητα των τροφίμων σε αυτό, καθώς και την πιθανή συσχέτισή του με το καρκίνο.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ακρυλαμίδιο είναι μία χημική ένωση που παράγεται στα τρόφιμα με φυσικό τρόπο κατά το μαγείρεμα σε υψηλή θερμοκρασία όπως είναι το ψήσιμο σε φούρνο, σε σχάρα και το τηγάνισμα. Περιέχεται σε μεγάλη ποικιλία τροφίμων που παρασκευάζονται στη βιομηχανία, στους χώρους εστίασης ή στα σπίτια μας. Πιο συγκεκριμένα, περιέχεται σε βασικά είδη καθημερινής διατροφής του ανθρώπου, όπως είναι το ψωμί, οι πατάτες καθώς και σε ορισμένα προϊόντα όπως είναι τα πατατάκια (τσιπς), τα μπισκότα και ο καφές. Είναι πολύ πιθανό το ακρυλαμίδιο να εμφανίζεται στα μαγειρεμένα τρόφιμα από τότε που ο άνθρωπος ανακάλυψε τη φωτιά και το μαγείρεμα σε αυτή. Τα τελευταία χρόνια είναι γνωστό, ότι ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου κατά την επεξεργασία των τροφίμων σε υψηλές θερμοκρασίες (άνω των 120°C) είναι αποτέλεσμα μιας γνωστής χημικής αντίδρασης που ονομάζεται αντίδραση Maillard. Δηλαδή μέσα στο τρόφιμο πραγματοποιείται μια αντίδραση μεταξύ ενός αμινοξέος, της ασπαραγίνης και ενός ανάγοντος σακχάρου (και τα δύο βρίσκονται ως φυσικά συστατικά στις πατάτες καθώς και σε άλλα αμυλούχα αρτοσκευάσματα). Η ποσότητα του ακρυλαμιδίου που σχηματίζεται εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία, ο χρόνος τηγανίσματος ή ψησίματος, η ποσότητα ασπαραγίνης καθώς και η ποσότητα των αναγόντων σακχάρων.

Πριν από το 2002, το τοξικολογικό ενδιαφέρον για το ακρυλαμίδιο περιοριζόταν κυρίως στην έκθεση σ' αυτό σε εργασιακούς χώρους, όπου γινόταν χρήση του, όπως και κατά το κάπνισμα, αφού ίχνη ακρυλαμιδίου έχουν βρεθεί ακόμα και στον καπνό του τσιγάρου. Όμως μετά το 2002, όταν δηλαδή Σουηδοί επιστήμονες διαπίστωσαν την παρουσία ιχνών ακρυλαμιδίου στο αίμα ανθρώπων που δεν είχαν καμία "εργασιακή" σχέση με την ουσία αυτή, το θέμα "ακρυλαμίδιο" πήρε "τεράστιες" διαστάσεις. Αναζητώντας λοιπόν την πιθανή πηγή του ακρυλαμιδίου, διαπίστωσαν την παρουσία μικροποσοτήτων του στα θερμικά επεξεργασμένα αμυλούχα τρόφιμα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Μέχρι τότε δεν είχε επιδιωχθεί η μέτρηση του ακρυλαμιδίου στις τροφές, αφού τόσο αυτό, όσο και το πολυακρυλαμίδιο, δεν χρησιμοποιήθηκαν ποτέ ως πρόσθετα ή ουσίες νόθευσης των τροφίμων, αλλά ούτε οι τροφές έρχονται σε επαφή με τις ουσίες αυτές σε κάποια φάση της επεξεργασίας τους.

Τα αποτελέσματα αυτά οδήγησαν τα επόμενα χρόνια στην πραγματοποίηση ενός μεγάλου αριθμού επιδημιολογικών ερευνών για να διαπιστωθεί εάν πράγματι υπάρχει κίνδυνος για τον άνθρωπο από την κατανάλωση των βασικών αμυλούχων τροφίμων που περιέχουν ακρυλαμίδιο. Οι ανησυχίες αφορούσαν κυρίως στην εμφάνιση διαφόρων ειδών κακοήθων νεοπλασιών και νευροεκφυλιστικών ασθενειών.

Τα δεδομένα πλέον που υπάρχουν για το ακρυλαμίδιο είναι πάρα πολλά. Συγκεκριμένα στο Scopus τα σχετικά δημοσιευμένα άρθρα που εμφανίζονται για το ακρυλαμίδιο (“acrylamide”) είναι 23.136, ενώ για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα (“acrylamide in food”) είναι 1.090. Αντίστοιχα, στο Google scholar μπορούμε να βρούμε 596.000 συνδέσμους για το ακρυλαμίδιο (“acrylamide”), ενώ για το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα (“acrylamide in food”) υπάρχουν περίπου 73.000 σύνδεσμοι (τα δεδομένα αφορούν μέχρι σήμερα, 2012). Παράλληλα αξίζει να αναφερθεί ότι στον RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) υπάρχουν μόνο 2 αναφορές σχετικές με το ακρυλαμίδιο που παράγεται στα τρόφιμα. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει είτε ότι δεν θεωρείται ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα από την κατανάλωσή του, είτε ότι δεν γίνονται σοβαροί έλεγχοι ως προς την περιεκτικότητά του στα τρόφιμα.

Μέχρι σήμερα για τον άνθρωπο, το ακρυλαμίδιο θεωρείται πιθανός καρκινογόνος παράγοντας και κατηγοριοποιείται στην Ομάδα 2Α της IARC (International Agency for Research on Cancer), λόγω ανεπαρκών δεδομένων για να καταταγεί στην Ομάδα 1 (παράγοντας καρκινογόνος για τον άνθρωπο). Ωστόσο, τα δεδομένα που δείχνουν καρκινογένεση στα ζώα, το κατατάσσουν σε κατηγορία ανώτερη της Ομάδας 2Β (δυννητικά - possible - καρκινογόνος παράγοντας για τον άνθρωπο). Πρόσληψη μεγάλων ποσοτήτων ακρυλαμιδίου επιφέρει άμεσα νευροτοξικά και ορμονολογικά αποτελέσματα, τα οποία είναι πλήρως τεκμηριωμένα, σε αντίθεση με ότι ισχύει για την πιθανή καρκινογόνο δράση του.

Για αυτή τη πιθανή καρκινογόνο δράση του ακρυλαμιδίου που έχει «πυροδοτήσει» την πραγματοποίηση όλων αυτών των ερευνών, τα αποτελέσματα από τις αντίστοιχες επιδημιολογικές μελέτες είναι ανάμικτα και διχασμένα. Ενώ η καρκινογένεση στα ζώα είναι άμεση και σε μεγάλα ποσοστά, από την κατανάλωση ακρυλαμιδίου (από ότι φαίνεται στις περισσότερες έρευνες), στους ανθρώπους δεν προκύπτει από καμία μελέτη μια ξεκάθαρη συσχέτιση. Μάλιστα, ειδικοί επιστήμονες του Πανεπιστημίου Χάρβαρντ φαίνεται να «αθώνουν» το ακρυλαμίδιο. Οι Αμερικανοί ερευνητές αναφέρουν ότι τουλάχιστον όσον αφορά μορφές καρκίνου όπως του μαστού, του παχέος εντέρου, του προστάτη, της ουροδόχου κύστεως και του νεφρού, η κατανάλωση ακρυλαμιδίου ακόμη και σε μεγάλες ποσότητες δεν φαίνεται να αποτελεί παράγοντα καρκινογένεσης. Πιστεύουν ότι η πρόσληψη ακρυλαμιδίου, όση και να είναι, δεν φαίνεται να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για καρκίνο και κυρίως για καρκίνο του μαστού. Πιθανότατα διότι ο άνθρωπος μεταβολίζει καλύτερα την ουσία από ότι πίστευαν οι ερευνητές τα προηγούμενα χρόνια. Θα μπορούσαμε λοιπόν να υποθέσουμε ότι στα πειραματόζωα δεν υπάρχει ο παράγοντας που προστατεύει τους ανθρώπους από την καρκινογόνο επίδραση του ακρυλαμιδίου. Φαίνεται ότι με το

να μαγειρεύουμε και να τρώμε τις τροφές, εισάγουμε και καρκινογόνες και αντικαρκινογόνες ουσίες που βοηθούν στο να κρατιέται μια θαυμαστή ισορροπία. Ταυτόχρονα, γερμανοί ερευνητές υποψιάζονται ακόμη και ότι η ουσία αυτή μπορεί να δημιουργείται από τον ίδιο τον οργανισμό μας. Παράλληλα, σε πολλές άλλες έρευνες αφήνεται ανοιχτό το ενδεχόμενο το ακρυλαμίδιο να μπορεί να προκαλέσει καρκίνο με ένα μη γονιδιοτοξικό μηχανισμό (Olesen *et al.*, 2008).

Ο άνθρωπος καταναλώνει ημερησίως αμυλούχες τροφές που του προσφέρουν περίπου το 1/3 των θερμίδων του, ενώ εκτιμάται ότι η μέση ημερήσια διατροφική πρόσληψη είναι της τάξης του 1 μg ακρυλαμιδίου/ Kg σωματικού βάρους (ενώ τα παιδιά φαίνεται να παραλαμβάνουν λίγο περισσότερο). Για να αποφευχθεί λοιπόν ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου (παρόλο που ακόμα δεν υπάρχει ξεκάθαρη συσχέτιση μεταξύ κατανάλωσης ακρυλαμιδίου και εμφάνισης καρκίνου στους ανθρώπους), έχει καθοριστεί η ανεκτή ημερήσια πρόσληψη ακρυλαμιδίου, TDI (Tolerable Daily Intake) στα 2,6 μg ακρυλαμιδίου /Kg σωματικού βάρους την ημέρα.

Στην συγκεκριμένη μετά-ανάλυση των διαθέσιμων πληροφοριών, μελετήθηκαν 897 τρόφιμα τα οποία προέρχονταν από ένα μεγάλο αριθμό μελετών. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέχρι τον Ιούνιο του 2011 από διάφορες ηλεκτρονικές πηγές με κύριες το google scholar, το scopus, το pubmed, το heal link καθώς και από τεχνικές εκθέσεις οργανισμών όπως WHO, FAO, EFSA κι άλλοι. Τα περισσότερα τρόφιμα προέρχονταν από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Κίνα (137 δεδομένα) στην Τουρκία (131 δεδομένα-τρόφιμα) και στην Αυστραλία (103 δεδομένα). Ενώ ως προς τη μέθοδο επεξεργασίας των τροφίμων στις περισσότερες (602) περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάλυσης της υγρής χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (LC-MS/MS).

Τα τρόφιμα χωρίστηκαν και μελετήθηκαν χωριστά σε 3 διαφορετικές κατηγορίες, στην γενική, στην ειδική κατηγορία τροφίμων και στον τρόπο μαγειρέματος τους, ώστε να βγάλουμε αποτελέσματα και συμπεράσματα από όλες τις κατηγορίες. Στην ειδική κατηγορία τροφίμων τα περισσότερα τρόφιμα που μελετήθηκαν ήταν τα αρτοσκευάσματα (258), με επακόλουθα τα προϊόντα καφέ (102) και τα σνακ πατάτας (63). Στην τελευταία κατηγορία τροφίμων που αφορούσε στον τρόπο μαγειρέματος των τροφίμων τα 272 τρόφιμα ήταν ψημένα στο φούρνο (baked), τα 180 ήταν τηγανητά (fried) και τα 141 ήταν ψητά (roasted). Από τα 897 δεδομένα που συλλέχθηκαν μόνο στα 643 δινόταν η μέση τιμή. Η ελάχιστη μέση τιμή που παρατηρήθηκε ήταν τα 2,00 ppb και ήταν στο τρόφιμο “Satsuma-age” (fried Asian food). Η μέγιστη ήταν τα 13.200,00 ppb και ήταν στο τρόφιμο “potato crisps” (fried potato snacks), με επακόλουθη τα 8.974 ppb στον πουρέ πατάτας (roasted mashed potatoes), ενώ η πιο συχνή τιμή της μέσης τιμής ήταν τα 300,00 ppb (η οποία εμφανίστηκε 7 φορές σε όλο το εύρος των δεδομένων). Τελικά η μέση τιμή από όλα τα είδη τροφίμων που

αναλύθηκαν ήταν τα 334,87≈335 ppb. Ένα σύνολο 232 τιμών διαμέσου είχαμε στη διάθεσή μας από τα συνολικά 897 δεδομένα. Η ελάχιστη τιμή διαμέσου ήταν τα 0 ppb, ενώ η μέγιστη ήταν τα 3.064 ppb και ήταν στο τρόφιμο “potato crisps” (fried potato snacks). Η πιο συχνή τιμή διαμέσου ήταν τα 150,00 ppb (5 φορές σε όλη τη μελέτη), και βρέθηκε στα εξής τρόφιμα: home-made potato products, packed pasta with sauce, tortilla crisps (2), dried laver (Mu’er). Από τους κανόνες συσχέτισης που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει ότι οι πιο συχνοί συνδυασμοί ήταν “ψητό και αρτοσκεύασμα” (25%) καθώς και “ψητό και LC-MS/MS” (20,1%). Αξίζει να σημειώσουμε όμως ότι ο τρίτος και κυρίως ο τέταρτος κανόνας (δηλαδή μεταξύ ψητό-LC-MS/MS και LC-MS/MS-ψητό) είναι χαμηλής εμπιστοσύνης και συσχέτισης, οπότε αποτελούν απλές ενδείξεις συσχετίσεων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι από τη μέση τιμή ακρυλαμιδίου που βρήκαμε καταλήξαμε στο ότι ένα άτομο που ζυγίζει 70 Kg μπορεί να καταναλώνει περίπου 4 μερίδες τηγανητές πατάτες (με μέση συγκέντρωση ακρυλαμιδίου τα 335 ppb) την ημέρα με ασφάλεια.. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι σε περίπτωση καθημερινής κατανάλωσης μιας μερίδας τηγανητών πατατών, η οποία μπορεί να περιέχει μέσες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου, το ποσοστό έκθεσης στα όρια καρκινογένεσης είναι 26%. Παράλληλα συμπεραίνουμε ότι σε περίπτωση καθημερινής κατανάλωσης αρτοσκευασμάτων τα οποία μπορεί να περιέχουν μέσες συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου (335ppb), το ποσοστό έκθεσης στα όρια καρκινογένεσης είναι 44%. Επισημαίνουμε λοιπόν ότι προκειμένου να εκδηλωθεί καρκινογένεση πρέπει να έχουμε έκθεση στο κίνδυνο πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια για δυο χρόνια τουλάχιστον.

Καταλήγοντας λοιπόν, διαπιστώνουμε ότι τα τρόφιμα που περιέχουν τη μεγαλύτερη ποσότητα ακρυλαμιδίου είναι τα τηγανητά προϊόντα πατάτας (πατάτες τηγανητές και σνακ πατάτας) καθώς και πολλά αμυλούχα αρτοσκευάσματα τα οποία ψήνονται στο φούρνο σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για τους λόγους αυτούς, συνίσταται η ενημέρωση των καταναλωτών ως προς τον τρόπο επεξεργασίας και μαγειρέματος αυτών των ομάδων τροφίμων, ώστε να μειωθούν όσο είναι εφικτό τα επίπεδα του ακρυλαμιδίου σε αυτές τις ομάδες τροφίμων, ενώ ταυτόχρονα, είναι απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση του θέματος "ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα" ώστε να διαπιστωθεί αν τελικά υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης του ακρυλαμιδίου και της καρκινογένεσης στους ανθρώπους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahn J.S., Castle L., Clarke D.B., Lloyd A.S., Philo M.R., Speck D. R. (2002) Verification of the findings of acrylamide in heated foods pages Food Additives and Contaminants ,19 (12), pp 1116-1124
- 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. Food Chemistry Volume 119, Issue 3, Pages 929-934
- 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. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52 (7), pp. 1996-2002
- Ariseto A.P., de Figueiredo Toledo M.C., Govaertb Y., van Locob J., Frasselb S., Degrootb J.M., Rosseto Carobac D.C. (2009) Contribution of selected foods to acrylamide intake by a population of Brazilian adolescents. Food Science and Technology. V.42,Is.1. Pages 207-211
- Ariseto A.P., Toledo M.C., Govaert Y., Van Loco J., Fraselle S., Weverbergh E., Degrootd J.M. (2007) Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. Food Additives and Contaminants 24 (3), pp. 236-241
- Becalski A., Lau B.P.Y., Lewis D., Seaman S.W. (2003) Acrylamide in Foods: Occurrence, Sources, and Modeling. J. Agric. Food Chem., 51 (3), pp 802–808
- 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. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2010 Sep; 27(9):1193-8.
- 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), pp. 389-394
- Bermudo E., Núñez O., Puignou L., Galceran M.T. (2006) Analysis of acrylamide in food products by in-line preconcentration capillary zone electrophoresis. Journal of Chromatography A 1129 (1), pp. 129-134
- Besaratinia A., Pfeifer G.P. (2004) Genotoxicity of Acrylamide and Glycidamide. Journal of the National Cancer Institute (JNCI). 96 (13), pp 1023-1029
- Biedermann M., Biedermann-Brem S., Noti A., Grob K. (2002) Two GC-MS Methods for the Analysis of Acrylamide in Foodstuffs. Official Food Control Authority of the Canton of Zürich. (http://www.acrylamid.ch/downloads/acrylamid_1.pdf)
- Blank I., Robert F., Goldmann T., Pollien P., Varga N., Devaud S., Saucy F., Huynh-Ba T., Stadler RH (2005) "Mechanisms of acrylamide formation: Maillard-induced transformation of asparagine", Advances in Experimental Medicine and Biology, 561:171-189, (PubMed)

- Boroushakia M.T., Nikkhahb 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
- Boskou G., Andrikopoulos N.K., (2010) Chapter 11: Food hazards associated with frying, in: Frying of food (Oxidation, Nutrient and Non-Nutrient Antioxidants, Biologically Active Compounds and High Temperatures). Second Edition, Edited by Dimitrios Boskou and Ibrahim Elmedfa) CRC press, pp 265-310
- 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
- Bull R.J., Robinson M., Laurie R.D., Stoner G.D., Greisiger E., Meier J.R.J., Stober J. (1984) Carcinogenic effects of acrylamide in Sencar and A/J mice. Cancer Res. 44, pp 107-111
- Castle L., Campos M.J., Gilbert J., (1991) Determination of acrylamide monomer in hydroponically grown tomato fruits by capillary gas chromatography-mass spectrometry. Journal of the Science of Food and Agriculture, 54 pp 549-555
- Castle L. (1993) Determination of acrylamide monomer in mushrooms grown on polyacrylamide gel. J. Agric. Food Chem., 41 (8), pp 1261–1263
- Chenabc F., Yuanad Y., Liuabc J., Zhaoabc G., Huabc X. (2008) Survey of acrylamide levels in Chinese foods. Food Additives and Contaminants: Part B, 1: 2, 85 — 92
- 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. Molecular Nutrition and Food Research 49 (10), pp. 918-925
- Collings B. A., Polanyi J. C., Smith M. A., Stelow A., Tarr A.W. (1989) Observation of the Transition State HD_2^{**} in Collisions, $\text{H}+\text{D}_2$. Physical Review Letters, 63, pp 2160–2160
- 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
- Daniali G., Jinap S., Zaidul S.I.M., Hanifah N.L. (2010) Determination of acrylamide in banana based snacks by gas chromatography-mass spectrometry. International Food Research Journal.17, (2), pp 433-439
- Data from BVL-Federal Office of Consumer Protection and Food Safety (2003)
- Dearfield K., Abernathy C., Ottley M., Brantner J., Hayes P. (1988) Acrylamide: its metabolism, developmental and reproductive effects, genotoxicity, and carcinogenicity, Mutation Res. 195, pp 45-77
- Dearfield K.L., Douglas G.R., Ehling U., Moore M.M., Sega G.A., Brusick D.J. (1995) [Acrylamide: a review of its genotoxicity and an assessment of heritable genetic risk](#). Mutat. Res., 330 pp 71-99

- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52 (15), pp. 4625-4631
- Eerola S., Hollebekkers K., Hallikainen A., Peltonen K. (2007) Acrylamide levels in Finnish foodstuffs analysed with chromatography tandem mass. *Molecular Nutrition & Food Research* 51 (2), pp 239–247
- 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. *American Journal of Food Technology* 4 (5), pp 177-191
- 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.
- Fauhl C., Klaffke H., Mathar W., Palvinskas, Wittkowski R. (2002) Acrylamide interlaboratory study 2002
(http://www.bfr.bund.de/cm/343/acrylamide_interlaboratory_study_2002.pdf)
- Friedman M., (2003) Chemistry, Biochemistry, and Safety of Acrylamide. A Review. *J. Agric. Food Chem.*, 51 (16), pp 4504–4526
- 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
- 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 *Analytica Chimica Acta* 556 (2), pp. 275-280
- Hashimoto, K., Ando. K. (1971). Studies on acrylamide neuropathy. Effects on the permeability of amino acid into nervous tissue. distribution and metabolism. *Proc. Osaka Pref. Inst. Public Health* 9. pp 1-4
- Hoenicke K., Gattermann R., Harder W., Hartig L. (2004) Analysis of acrylamide in different foodstuffs using liquid chromatography-tandem mass spectrometry and gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 520 (1-2), pp. 207-215
- Hogervorst J.G., Schouten L.J., Konings E.J., Goldbohm R.A., van den Brandt P.A. (2007) A Prospective Study of Dietary Acrylamide Intake and the Risk of Endometrial, Ovarian, and Breast Cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 16, pp 2304
- Hogervorst J.G.F., Schouten L.J., Konings E.J.M., Goldbohm R.A., van den Brandt P.A. (2008) Dietary acrylamide intake and the risk of renal cell, bladder, and prostate cancer.), 87 (5) pp 1428-1438
- Hogervorst J.G.F., Schouten L.J., Konings E.J.M., Goldbohm R.A., van den Brandt P.A. (2009) Lung Cancer Risk in Relation to Dietary Acrylamide Intake. *American Journal of*

- 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*, 21 pp 564– 568
- 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. *Journal of Chromatography A* 1099 (1-2), pp. 198-202
- Johnson K., Gorzinski S., Bodner K., Campelli R., Wolf C., Freidman M., Mast R. (1986) Chronic toxicity and oncogenicity study on acrylamide incorporated in the drinking water of Fischer 344 rat. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 85 pp 154-168
- 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. *Microchemical Journal* 93 (2), pp. 173-179
- Kim C.T., Hwang E.S., Lee H.J. (2006) An improved LC-MS/MS method for the quantitation of acrylamide in processed foods. *Food Chemistry* 101 (1), pp. 401-409
- Koh B.K.(2006) Determination of acrylamide content of food products in Korea *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86 (15), pp. 2587-2591
- 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. *Food and Chemical Toxicology*, Volume 41, Issue 11, Pages 1569-1579
- 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. *Molecular Nutrition and Food Research* 50 (11), pp. 1039-1046
- Larsson S.C., Åkesson A., Wolk A. (2009) Long-Term Dietary Acrylamide Intake and Risk of Epithelial Ovarian Cancer in a Prospective Cohort of Swedish Women. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 18, pp 994
- Lauzurica L.Z., Fayos J.G. (2007) Acrylamide in potato crisps and snack foods produced in the autonomous Community of Valencia [Spain] *Gaceta Sanitaria* 21 (4), pp. 334-337
- 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
- Loeb A.L., Anderson R.J. (1981) Detection of acrylamide neurotoxicity by behavioral but not electrophysiological methods. *Federation Proceedings*, 40 (31) pp 2567
- Mestdagh F., Maertens J., Cucu T., Delporte K., Peteghem C.V., Meulenaer B.D. (2008) Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through pH reduction and other mechanisms. *Food Chemistry Volume*, 107 (1) pp 26-31

- Mojska H., Gielecińska I., Szponar L. (2007) Acrylamide content in heat-treated carbohydrate-rich foods in Poland. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 58 (1), pp. 345-349
- Mojska H., Gielecińska I., Szponara L., Ołtarzewskia M. (2010) Estimation of the dietary acrylamide exposure of the Polish population. National Food and Nutrition Institute, 48 (8-9) pp 2090-2096
- Murkovic, M. Acrylamide in Austrian foods. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods* 61 (1-2 SPEC. ISS.), pp. 161-167
- Na Jom K., Jamnong P., Lertsiri S. (2008) Investigation of acrylamide in curries made from coconut milk *Food and Chemical Toxicology* 46 (1), pp. 119-124
- Nemoto S., Takatsuki S., Sasaki K., Maitani T. (2002) Determination of acrylamide in foods by GC/MS using ¹³C-labeled acrylamide as an internal standard. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 43 pp 371-376
- Olesen P.T., Olsen A., Frandsen H., Frederiksen K., Overvad K., Tjønneland A. (2008) Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish Diet, Cancer and Health Study. *International Journal of Cancer*, 122 (9), pp 2094–2100
- 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):215-20
- Ötles S. and Ötles S. (2004). Acrylamide in food: chemical structure of acrylamide. *The Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 3(5):1–8
- Ötles S., Ötles S. (2004) Acrylamide in food-Formation of acrylamide and its damages to health. *EJPAU*, 7 (2) #02
- Palazoğlu K.T., Savran D., Gökmen V. (2009) Effect of Cooking Method (Baking Compared with Frying) on Acrylamide Level of Potato Chips. *Journal of Food Science*, 75 (1) pp 25-29
- 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
- Pelucchi C., La Vecchia C., Bosetti C., Boyle P., Boffetta P. (2011) Exposure to acrylamide and human cancer—a review and meta-analysis of epidemiologic studies. *Annals of Oncology*, 22 (7) pp 1487-1499
- 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 Additives and Contaminants* 23 (3), pp. 228-236
- Reynolds T., (2002) Acrylamide and Cancer: Tunnel Leak in Sweden Prompted Studies.

Oxford Journals Medicine, JNCI (Journal of the National Cancer Institute), 94 (12), pp 876-878

- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (26), pp. 7547-7554
- Romani S., Bacchiocca M., Rocculi P., Rosa M.D. (2008) Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries. *European Food Research and Technology*, 226 (3) pp 555-560
- Rosén J., Hellenäs K.E. (2002) Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst*, 127 pp 880-882
- Rufian-Henares J.A., Arribas-Lorenzo G., Morales F.J. (2007) Acrylamide content of selected Spanish foods: Survey of biscuits and bread derivatives. *Food Additives and Contaminants* 24 (4), pp. 343-350
- Sadd P., Hamlet C. (2005) The formation of acrylamide in UK cereal products *Advances in Experimental Medicine and Biology* 561, pp. 415-429
- Saleh S.I., El-Okazy A.M. (2007) Assessment of the mean daily dietary intake of acrylamide in Alexandria. *The Journal of the Egyptian Public Health Association* 82 (3-4), pp. 331-345
- Schaller U. (2003) Experiences with acrylamide determination-view from a retailer's laboratory. Presentation at the workshop 'Analytical Methods for Acrylamide Determination in Food', Out-Turnhout, Belgium
- Schouten A.P., van der Velden, Boetes C., Bult P., Wobbes T. (2009) Magnetic resonance imaging in size assessment of invasive breast carcinoma with an extensive intraductal component. *BMC Medical imaging*, 9 (5)
- 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
- 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 2003-2006
- Seal C.J., de Mul A., Eisenbrand G., Haverkort A.J., Franke K., Lalljie S.P.D., Mykkanen H., Reimerdes E., Scholz G., Somoza V., Tuijtelars S., van Boekel M., van Klaveren J., Wilcockson S.J., Wilms L. (2008) Risk-benefit considerations of mitigation measures on acrylamide content of foods - A case study on potatoes, cereals and coffee. *British Journal of Nutrition*. 99 (2), pp 1-46
- Şenyuva H.Z., Gökmen V., (2005). Study of acrylamide in coffee using an improved liquid chromatography mass spectrometry method: Investigation of colour changes and acrylamide formation in coffee during roasting. *Food Additives and Contaminants* 22 (3), pp. 214-220
- Şenyuva H.Z., Gökmen V. (2005) Survey of acrylamide in Turkish foods by an in-house

validated LC-MS method. Food Additives and Contaminants 22 (3), pp. 204-209

- Skog K., Viklund G., Olsson K., Sjöholm I. (2008) Acrylamide in home-prepared roasted potatoes. Molecular Nutrition & Food Research. Volume 52, Issue 3, pages 307–312
- 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 Additives and Contaminants 23 (12), pp. 1276-1282
- Sobel W., Bond G.G., Parsons T.W., Brenner F.E. (1986) Acrylamide cohort mortality study. British journal of industrial medicine , 43 (11) 785-788
- Svensson K., Abramsson L., Becker W., Glynn A., Hellenäs K. -E., Lind Y., Rosén J. (2003) Dietary intake of acrylamide in Sweden. Food and Chemical Toxicology, 41 (11), Pages 1581-1586
- Swedish National Food Administration: Information about acrylamide in food (www.slv.se/Download/Document/approvedDocs/enginformationakryl.htm)
- Takatsuki S., Nemoto S., Sasaki K., Maitani T. (2003) Determination of acrylamide in processed foods by LC/MS using column switching. Journal of the Food Hygienic Society of Japan, 44, pp 89-95
- Tareke E., Rydberg P., Karlsson P., Eriksson S., Törnqvist M. (2000) “Acrylamide: a cooking carcinogen?” Chemical Research in Toxicology, 13 (6), pp 517–522
- Tareke E., Rydberg P., Karlsson P., Eriksson S., Törnqvist M. (2002) Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50 (17), pp 4998–5006
- Tateo F., Bononi M. (2003) A GC/MS method for the routine determination of acrylamide in food. Italian journal of food science, 15 (1), pp. 149-151
- Tateo F., Bononi M., Andreoli G. (2007) Acrylamide levels in cooked rice, tomato sauces and some fast food on the Italian market. Journal of Food Composition and Analysis 20, pages 232–235
- 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
- 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. American Journal of Food Technology V.3, Is.6 Page No.: 347-353
- Viklund G., Mendoza F., Sjöholm I., Skog K. (2007) An experimental set-up for studying acrylamide formation in potato crisps. LWT - Food Science and Technology 40 (6), pp. 1066-1071
- Wenzl T., Beatriz de la Calle M., Anklam E. (2003) Analytical methods for the determination of acrylamide in food products: a review. Food Additives and Contaminants,

20 (10), pp 885-902

- 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. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 561, pp. 405-413
- 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. *Food Additives and Contaminants* 23 (3), pp. 237-244
- 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. *Analytica Chimica Acta* 551 (1-2), pp. 150-158
- 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 *Analytica Chimica Acta* 584 (2), pp. 322-332
- Zyzac D. (2002) "Acrylamide: Mechanism of formation in heated foods" (Procter and Gamble)

INTERNET LINKS

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <http://www.fao.org/>
- World Health Organization (WHO), <http://www.who.int/en/>
- U.S. Food and Drug Administration (FDA), <http://www.fda.gov/>
- European Food Safety Authority (EFSA), <http://www.efsa.europa.eu/>
- Wikipedia: "[Acrylamide](http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylamide)" (<http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylamide>)
- Wikipedia: "[Polyacrylamide](http://en.wikipedia.org/wiki/Polyacrylamide)" (<http://en.wikipedia.org/wiki/Polyacrylamide>)
- http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_acrylamide.htm
- http://acswebcontent.acs.org/landmarks/landmarks/soh/soh_process.html
- http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry
- http://en.wikipedia.org/wiki/Gas_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry
- www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/fasm_org/Chapter_12.pdf
- <http://www.cyprusfoodndrinks.com/cgi-bin/hweb?-A=5358&-V=news>
- http://www.fooddrinkurope.eu/uploads/publications_documents/AC_french_fries-EN-final.pdf
- http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf
- <http://www.scopus.com/home.url>

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
 - <http://www.heal-link.gr/>
 - <http://scholar.google.gr/schhp?hl=el&tab=ss>
 - <http://www.google.gr/webhp?hl=el&tab=sw>
 - www.acrylamidefacts.org, <http://www.acrylamidefacts.org/FAQs.aspx>
 - <http://greek.acrylamidefacts.org/>
 - http://www.fooddrinkeurope.eu/uploads/publications_documents/Toolboxfinal260911.pdf
 - <http://www.foodstandards.gov.au/consumerinformation/acrylamideandfood.cfm>
 - http://www.cdc.gov/exposurereport/Acrylamide_FactSheet.html
 - http://www.epa.gov/chemfact/s_acryla.txt
 - <http://www.who.int/topics/acrylamide/en/>
 - http://www.foodinsight.org/Newsletter/Detail.aspx?topic=Acrylamide_A_Natural_Process_in_Cooking
 - <http://www.cancer.org/Cancer/CancerCauses/OtherCarcinogens/AtHome/acrylamide>
 - www.efet.gr
http://www.efet.gr/portal/page/portal/efetnew/consumers/food_security/consumers_info/acrylamide
 - http://www.fooddrinkeurope.eu/documents/brochures/ac_toolbox_20090216.pdf
 - <http://www.acrylamide-food.org/events.htm>
-