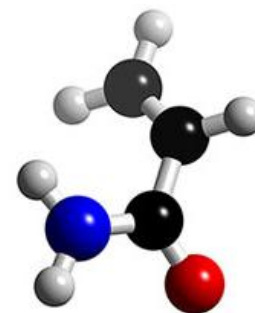




ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ
ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ
ΤΡΟΦΙΜΑ

ΦΑΣΟΥΛΑ ΕΥΔΟΞΙΑ





Θερμικά Επεξεργασμένα τρόφιμα:

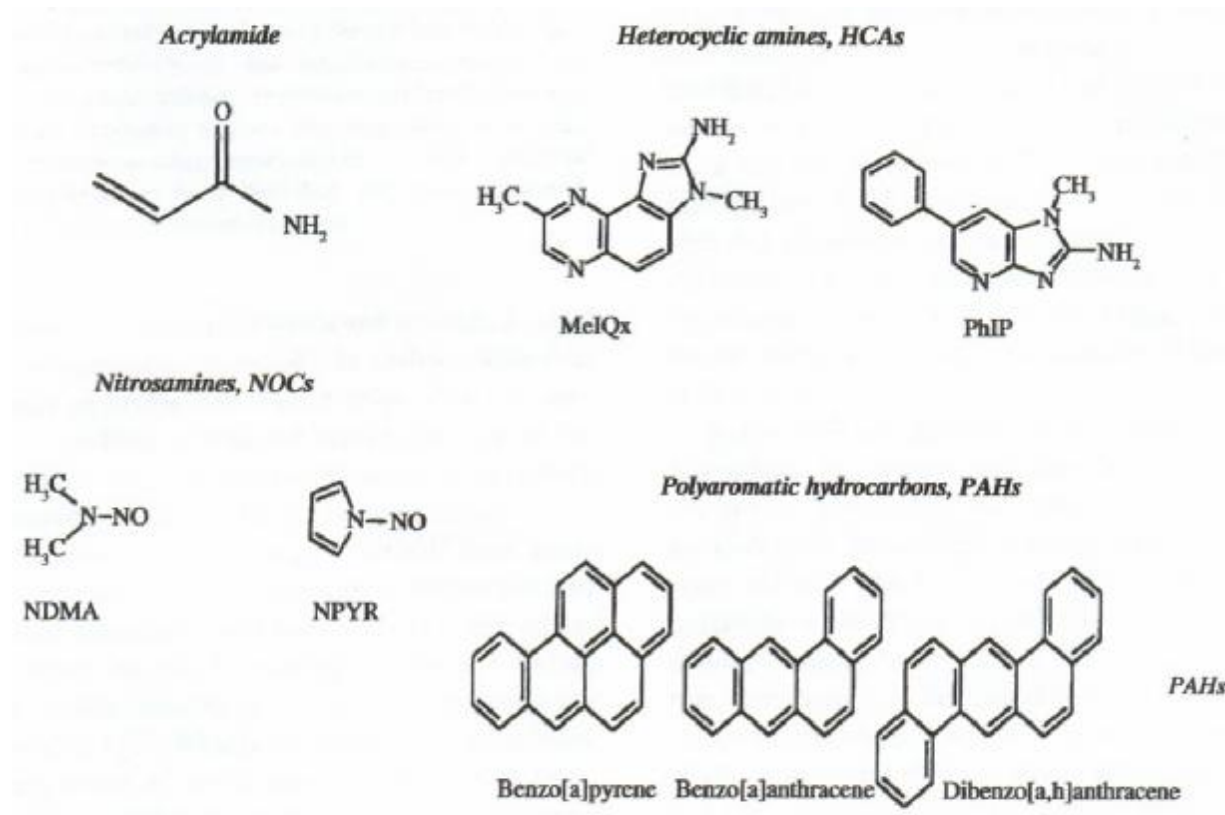
Τρόφιμα τα οποία για να καταναλωθούν απαιτείται η θερμική κατεργασία τους σε υψηλή θερμοκρασία για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα

Ø Ψήσιμο

Ø Τηγάνισμα

Στόχος της θερμικής επεξεργασίας των τροφίμων είναι η παραγωγή μικροβιολογικά ασφαλών προϊόντων, με τις βέλτιστες ιδιότητες και την ελάχιστη περιεκτικότητα σε πιθανές βλαβερές ουσίες για τον ανθρώπινο οργανισμό.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΞΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ



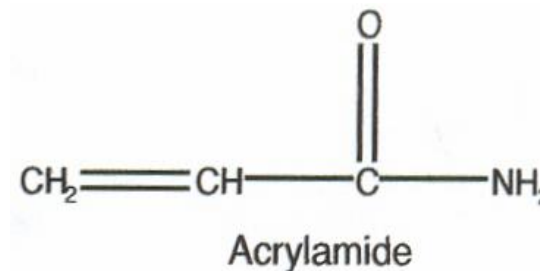
§ Πολυαρωματικοί Υδρογονάνθρακες

§ Νιτρώδεις αμίνες

§ Ετεροκυκλικές Αμίνες

§ **Ακρυλαμίδιο**

ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ



- n Μονομερές.
- n Λευκή κρυσταλλική ένωση.
- n Περιέχει ένα δραστικό ηλεκτρόφιλο διπλό δεσμό και μία αμινομάδα.
- n 2 – προπεναμίδιο.
- n Ασθενώς όξινες και βασικές ιδιότητες.
- n Ικανότητα πολυμερισμού και συμπολυμερισμού.

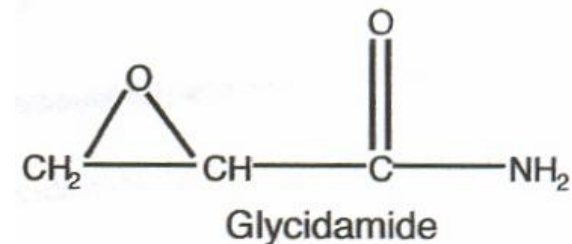
n Διαλυτότητα

Διάλυμα	g/100mL (30°C)
Νερό	215,5
Μεθανόλη	155
Αιθανόλη	86,2
Ακετόνη	63,1
Ακετονιτρίλιο	39,6
Χλωροφόρμιο	2,66
Βενζόλιο	0,35
Εππάνιο	0,0068

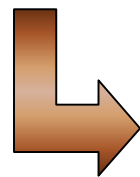
ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ

ü Η Διεθνής Επιτροπή Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) έχει κατατάξει από το 1994 το ακρυλαμίδιο στην ομάδα επικινδυνότητας 2^A, ως πιθανώς καρκινογόνο για τον άνθρωπο.

ü Ο κύριος μεταβολίτης του στον ανθρώπινο οργανισμό είναι το γλυκιαμίδιο, το οποίο εμφανίζει υψηλότερη δραστικότητα.



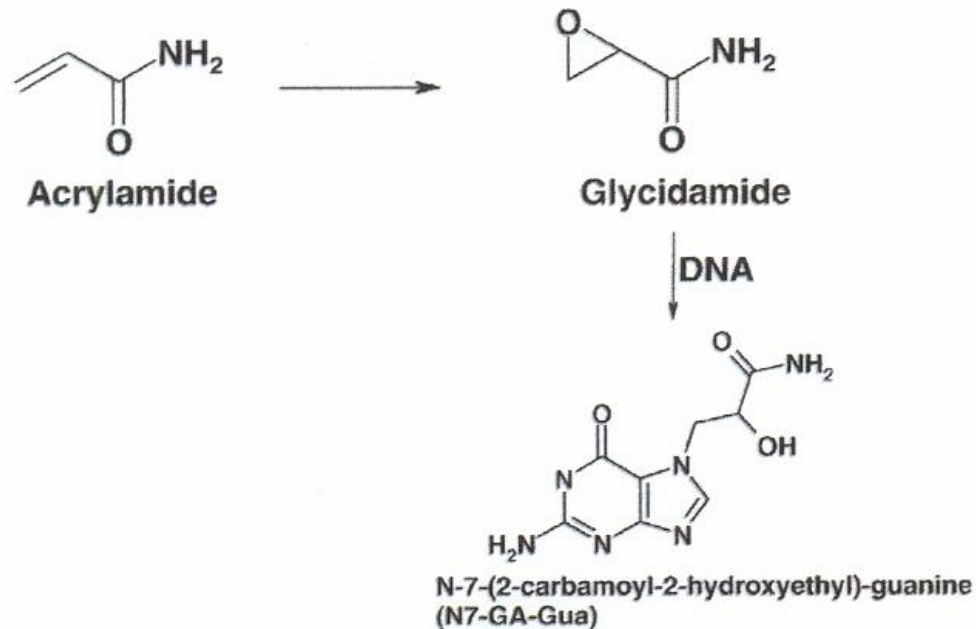
ü Δημιουργία συμπλόκων ακρυλαμιδίου και γλυκιαμιδίου με την αιμοσφαιρίνη και το DNA



Πρόκληση μεταλλάξεων και καρκίνου

Συμπλοκοποίηση με βάσεις του DNA

Ø Σειρά δραστηριότητας: γουανίνη>κυτοσίνη>αδενίνη>ουρακίλη



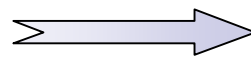
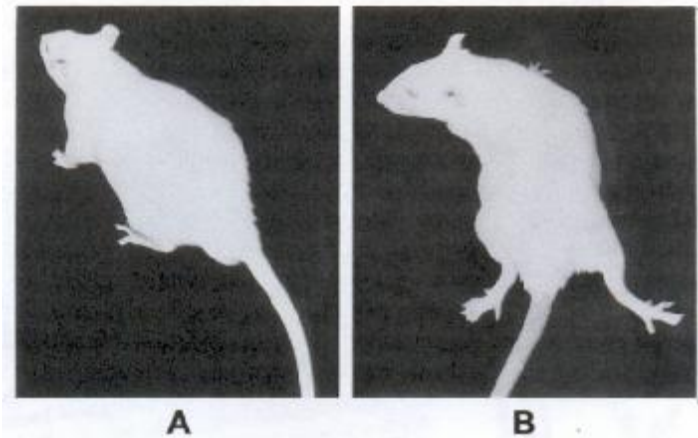
Ø Πρόκληση μεταλλάξεων σε κρίσιμα γονίδια, που κωδικοποιούν πρωτεΐνες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τον έλεγχο και την ανάπτυξη των κυττάρων.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ & ΤΗΝ ΕΓΚΕΦΑΛΟΠΑΘΕΙΑ

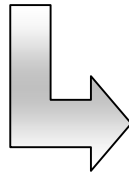
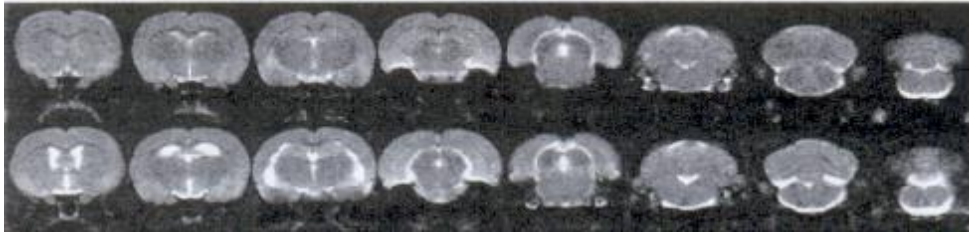
Δυσμενείς επιπτώσεις στο περιφερειακό νευρικό σύστημα.

Μελέτες σε ζώα

Χορήγηση 50 mg/kg καθημερινά σε αρουραίους για οχτώ συνεχόμενες ημέρες:



Αταξία και
αδυναμία στα
κάτω άκρα τους



Μεγέθυνση της αμυγδαλής & της
κύστης του εγκεφάλου τους

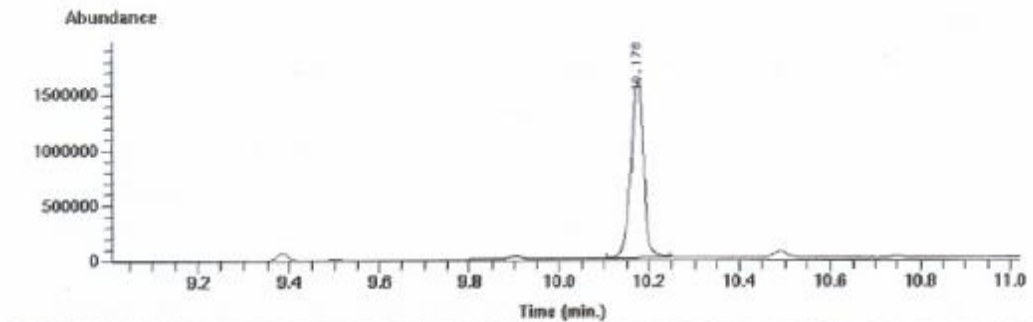
Μελέτες στον άνθρωπο

Συμπτώματα 42 εργαζομένων που εκτίθονταν καθημερινά σε ακρυλαμίδιο:

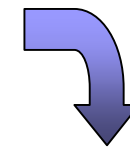
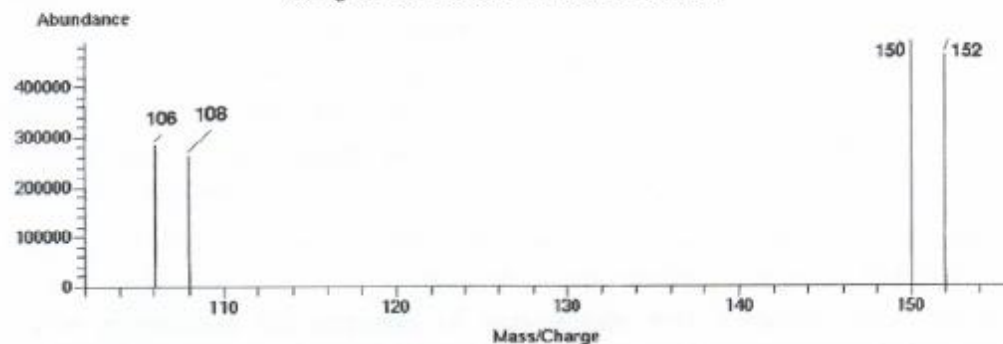
- Αδυναμία στα πάνω και κάτω άκρα
- Αστάθεια
- Διαταραχή των αισθήσεων

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

- n Ανιχνεύτηκε για πρώτη φορά το 2000 από το Πανεπιστήμιο της Στοκχόλμης σε πατάτες τηγανητές.
- n Πρώτα χρωματογραφήματα των ερευνών μέσω GC - MS



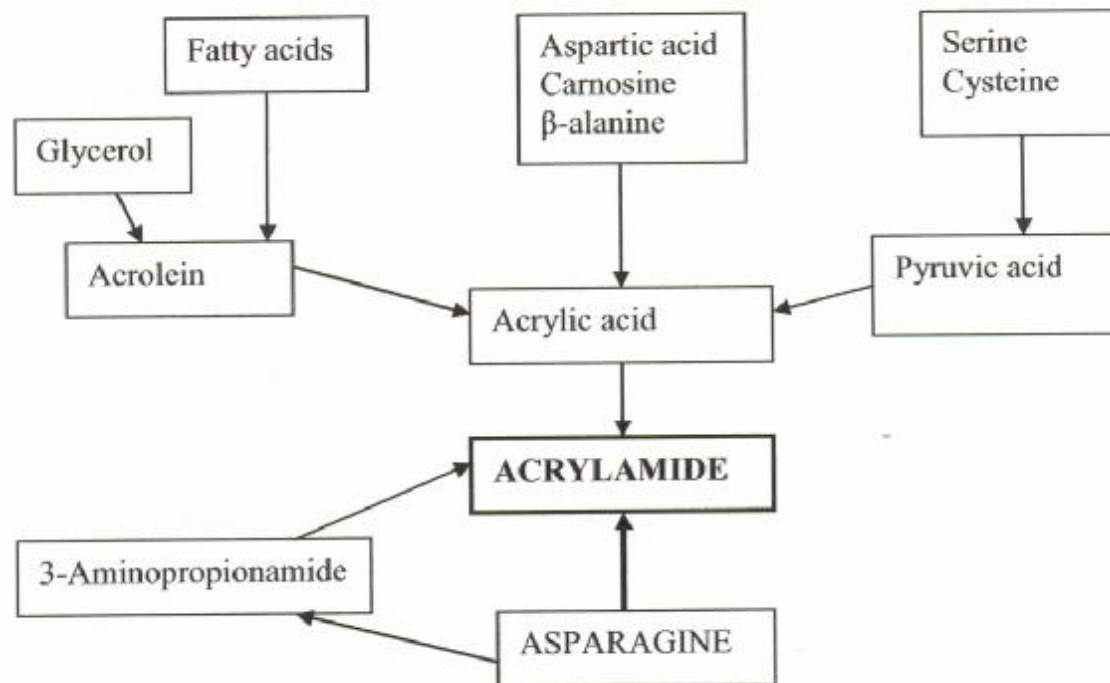
Average of 10.169 to 10.186 min. from 05JAN1901024.d



*Χρόνος ανάκτησης:
10,178 min*

Βασικότεροι τρόποι σχηματισμού

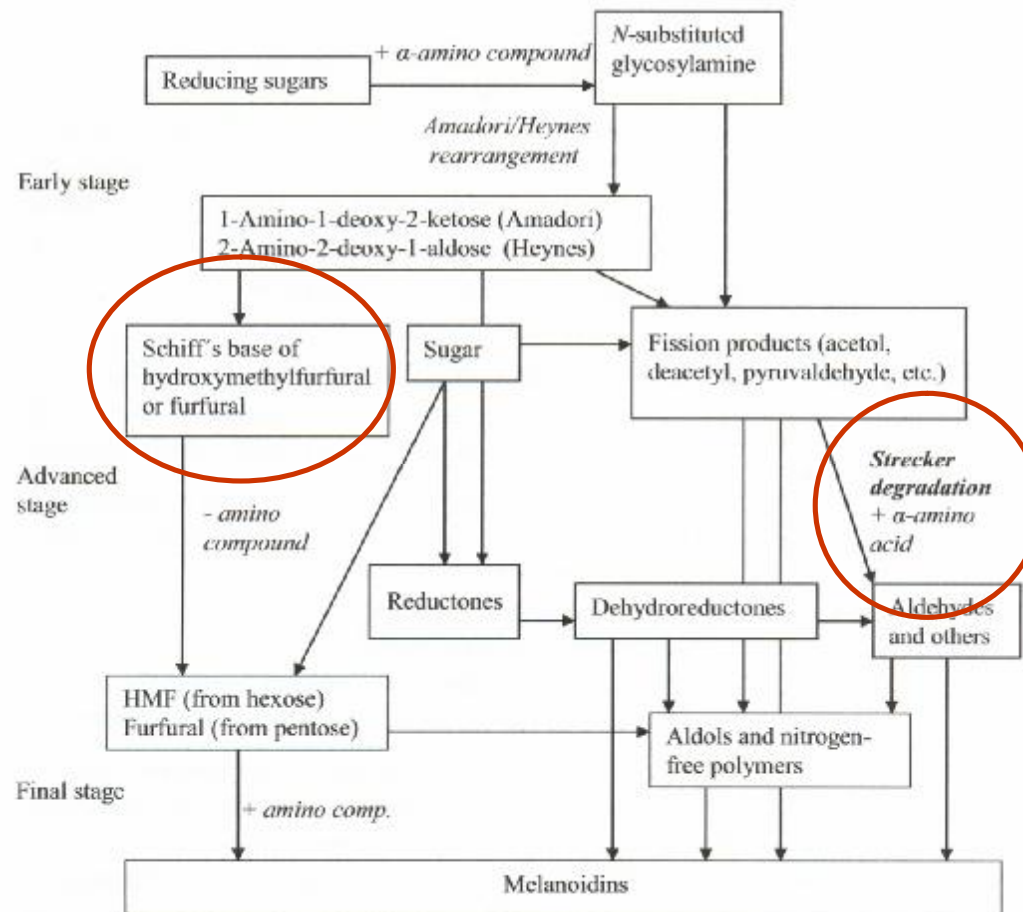
- 1) Σχηματισμός μέσω αντίδρασης Maillard.
- 2) Σχηματισμός μέσω ακρολεΐνης.
- 3) Σχηματισμός μέσω ακρυλικού οξέος.



A. Σχηματισμός μέσω αντίδρασης Maillard

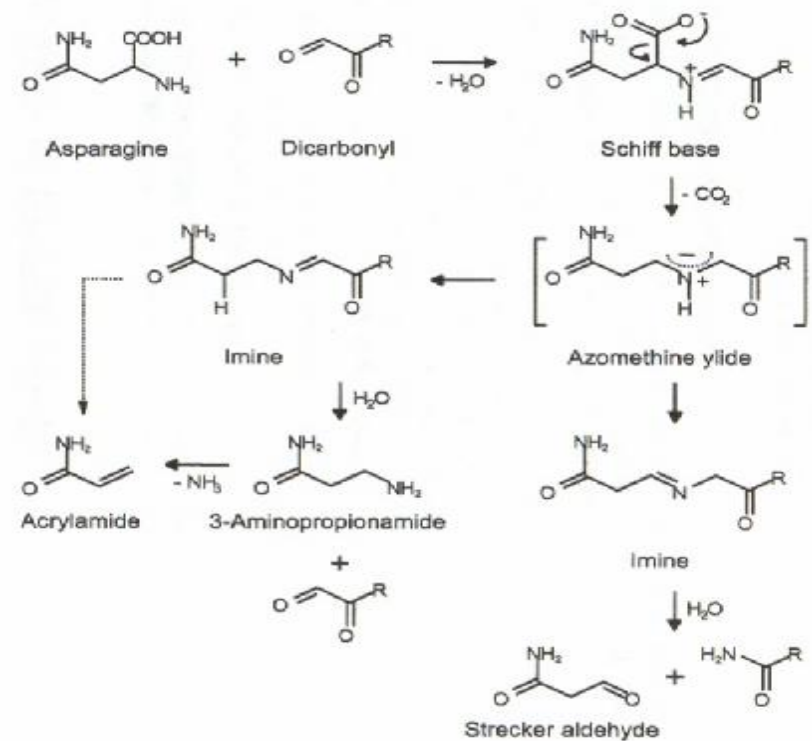
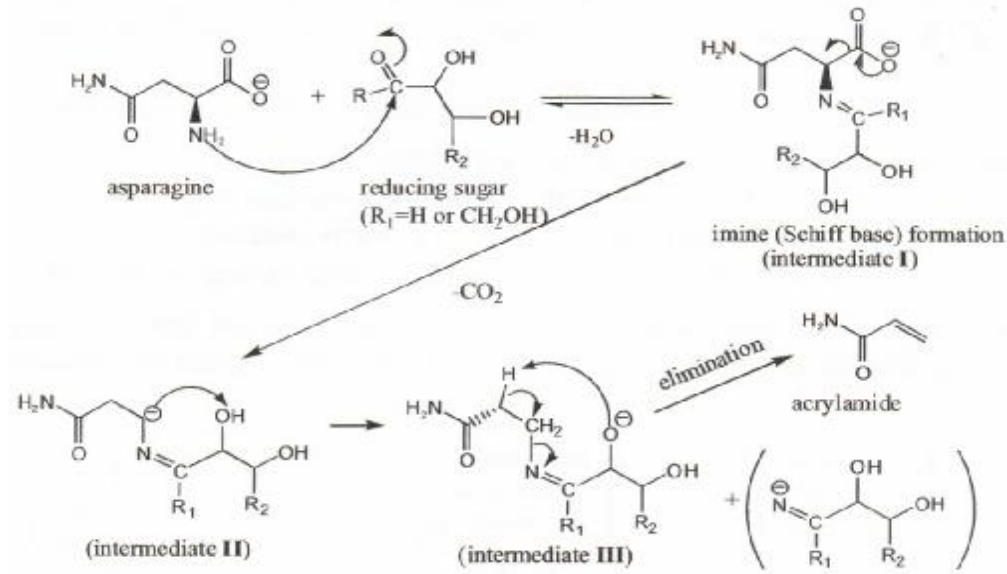
ΠΡΟΪΠΟΘΕΣΕΙΣ:

- 1) Παρουσία αμινοξέων και αναγωγικών σακχάρων.
- 2) Επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες : $> 140^{\circ}\text{C}$

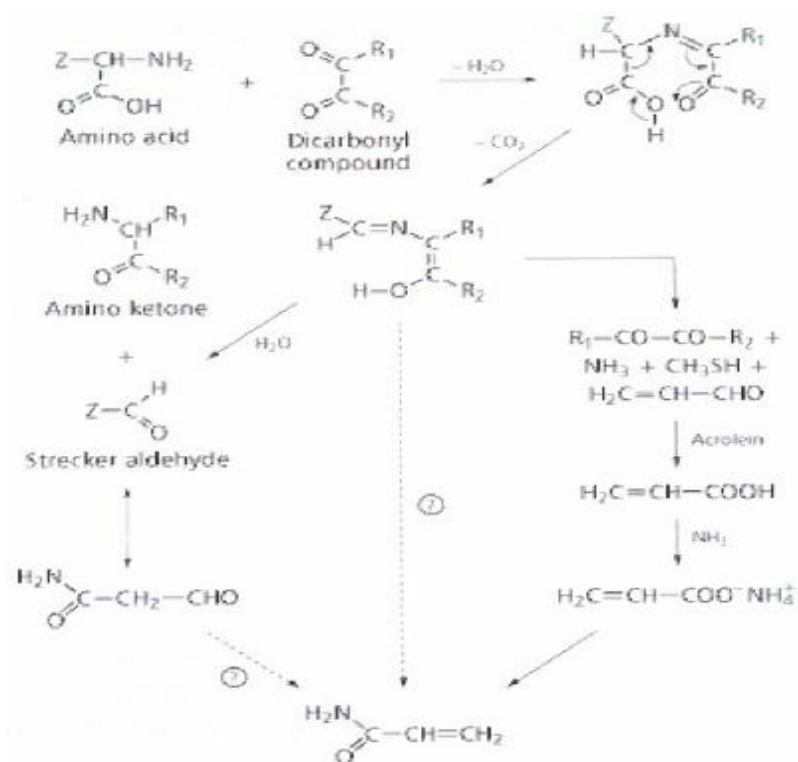


ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ:

- Σχηματισμός βάσης Schiff:



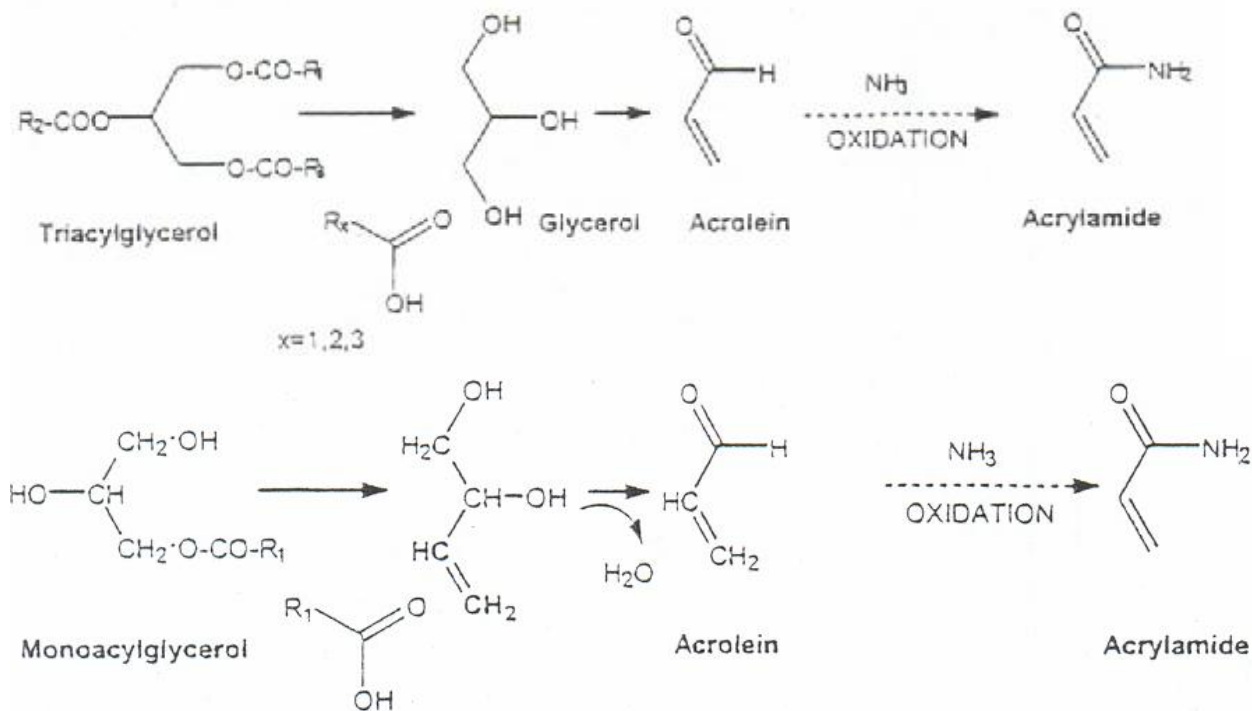
η Αποικοδόμηση Strecker:



Οι α - υδρόξυ καρβονυλικές ενώσεις (γλυκόζη, φρουκτόζη) είναι πιο αποτελεσματικές από τις α - δικαρβονυλικές ενώσεις στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου.

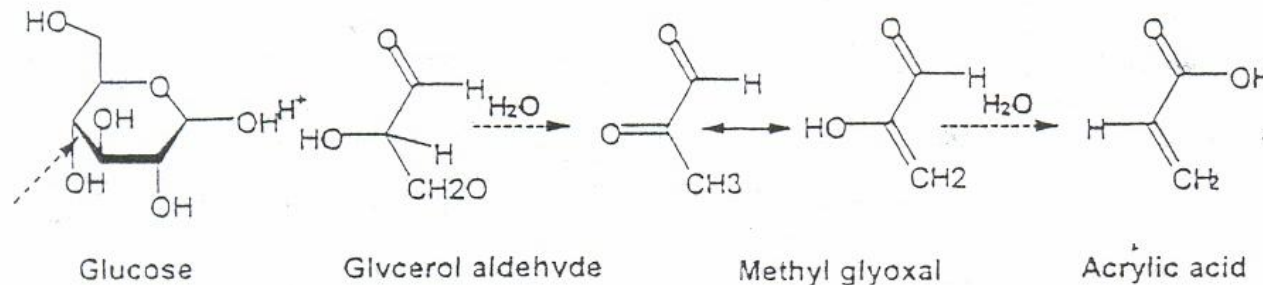
B. Σχηματισμός μέσω ακρολεΐνης

- n Η ακρολεΐνη είναι μία ακόρεστη αλδεΐδη, η οποία σχηματίζεται με την αφυδάτωση της γλυκερόλης όταν τα ζωικά ή φυτικά λίπη υποστούν θερμική επεξεργασία ή με την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων.
- n Η ακρολεΐνη μετατρέπεται σε ακρυλαμίδιο παρουσία αμμωνίας.



Γ. Σχηματισμός μέσω ακρυλικού οξέος

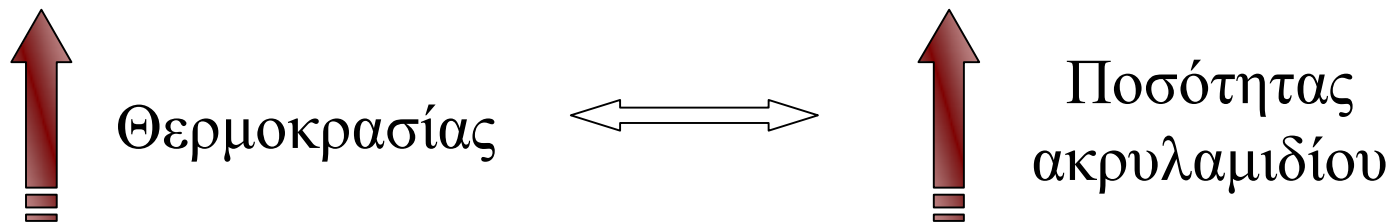
- n Το ασπαρτικό οξύ, η β – αλανίνη, το γαλακτικό οξύ, η κυστεΐνη είναι ορισμένα βασικά συστατικά των τροφίμων από τα οποία είναι δυνατός ο σχηματισμός ακρυλικού οξέος.
- n Το ακρυλικό οξύ μετατρέπεται σε ακρυλαμίδιο παρουσία αμμωνίας και υπό την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας.
- n Το άμυλο των τροφίμων, όταν μετατραπεί σε σάκχαρα (γλυκόζη) μπορεί να σχηματίσει ακρυλικό οξύ και εν συνεχεία ακρυλαμίδιο.



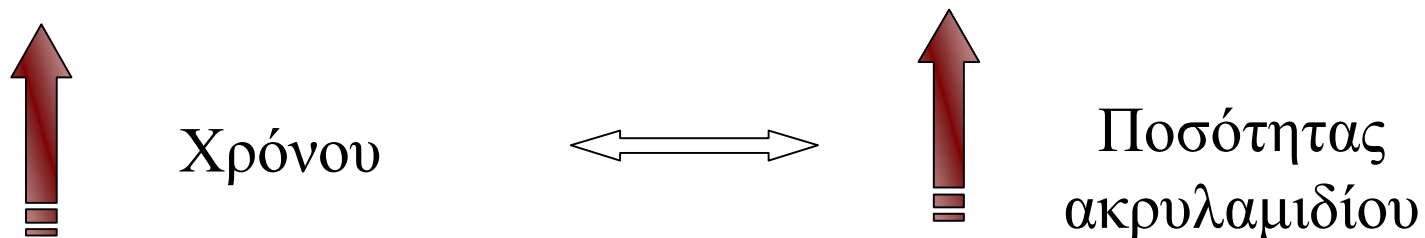
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ

+ Θερμοκρασία

- ü Σε ωμά ή βραστά τρόφιμα δεν εμφανίζεται ποσότητα ακρυλαμιδίου.
- ü Σχηματισμός ακρυλαμιδίου πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 140°C.



+ Χρόνος επεξεργασίας



Περιεκτικότητα σακχάρων και αμινοξέων

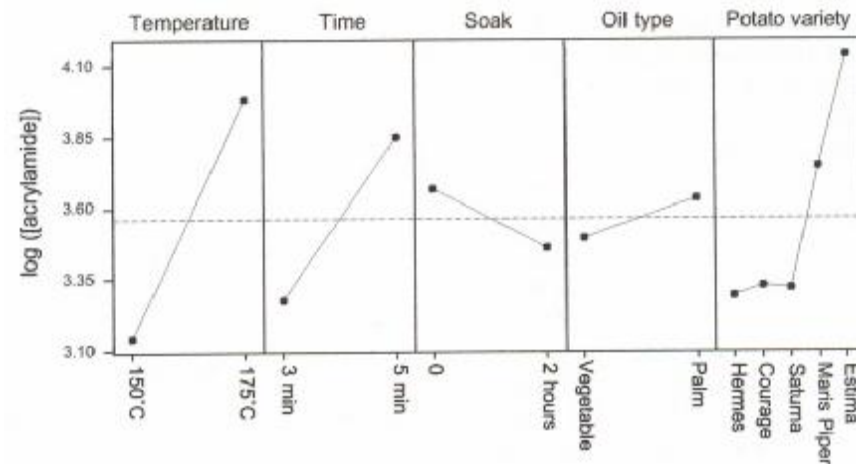
- ü Η ασπαραγίνη απαντάται στα περισσότερα τρόφιμα και είναι το πιο αποτελεσματικό αμινοξύ στο σχηματισμό ακρυλαμιδίου.
- ü Η γλυκόζη και η φρουκτόζη είναι αναγωγικά σάκχαρα που συμμετέχουν στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου.
Η φρουκτόζη είναι πιο δραστική από την γλυκόζη, ενδεχομένως διότι διαθέτει δύο α – υδροξύλια στο μόριό της.

Άλλοι παράγοντες

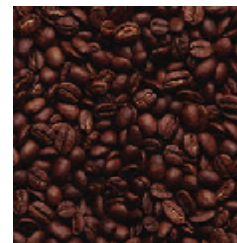
pH, Συνθήκες αποθήκευσης, Ποικιλία προέλευσης τροφίμου

Παράδειγμα:

Πατάτες Τηγανητές



ΤΡΟΦΙΜΑ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ



Πίνακας I: Επίπεδα ακρυλαμιδίου

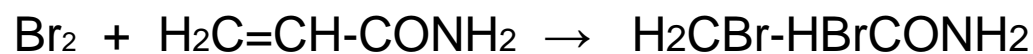
- Πατάτες τηγανητές
- Ψωμί
- Δημητριακά
- Καφές
- Αμύγδαλα

<i>Τρόφιμα</i>	<i>Ακρυλαμίδιο (ppb)</i>
Αμύγδαλα	260
Αρτοσκευάσματα (ψωμί, κέικ, μπισκότα)	70 - 430
Μπύρα, βύνη	30 - 70
Δημητριακά	30 - 1346
Σοκολάτα (σκόνη)	15 - 90
Καφές (σκόνη)	170 - 351
Προϊόντα θαλασσινίων	30 - 39
Πατάτες (τσιπς)	170 - 3700
Πατάτες (τηγανητές)	200 - 12000
Σνακς	30 - 1915

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

q GC/MS

Παραγωγοποίηση με Βρώμιο



(2,3 διβρωμοπρωπιοναμίδιο)



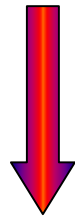
q LC-MS/MS

Η πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδος

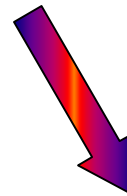
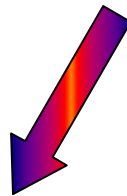
q HPLC

ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ & ΧΡΩΜΑ ΤΡΟΦΙΜΟΥ

Αντιδράσεις μη ενζυμικού μαυρίσματος



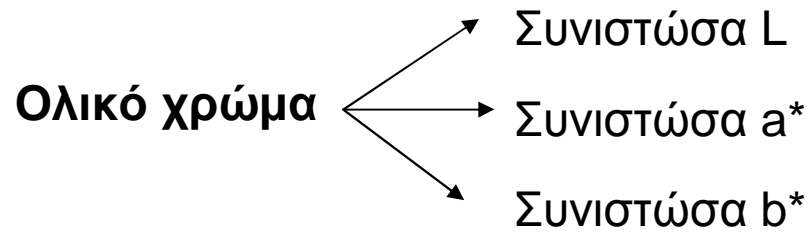
Αντίδραση Maillard



Μελανοειδίνες

Ακρυλαμίδιο

∅ Το χρώμα του τροφίμου ενδεχομένως να αποτελεί ποιοτική ένδειξη του σχηματιζόμενου ακρυλαμιδίου.

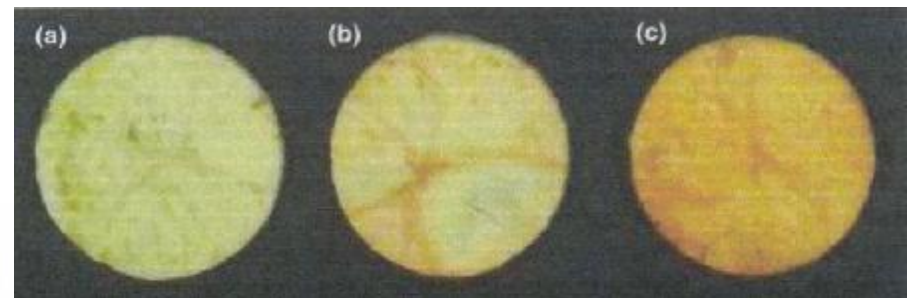
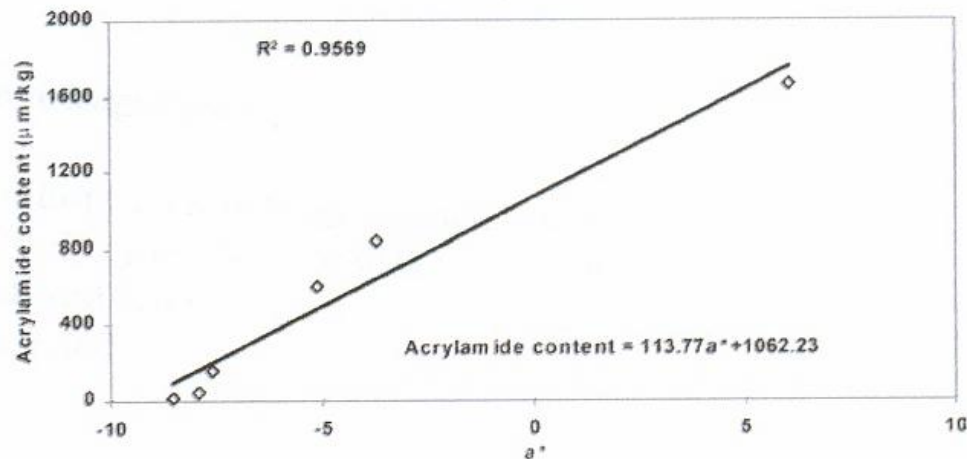


● Ψωμί → Συνιστώσα L

● Πατάτες τηγανητές → Συνιστώσα a*

Παράδειγμα:

Πατάτες Τηγανητές



Εικόνα 1: Μεταβολή χρώματος σε δείγματα πατάτας (1,8% υγρασία σε υγρή βάση)
(a) 120°C, (b) 150°C, (c) 180°C