



# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΤΗΓΑΝΙΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ  
ΔΙΣΚΙΩΝ ΠΑΤΑΤΑΣ (C.V. HERMES ) ΣΤΗΝ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ  
ΚΑΡΑΜΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

ΜΑΡΙΑ ΧΡ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ



**Επόπτης Καθηγητής:** Άννα Σκουλή

**Μονάδα Εκτέλεσης:** Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών, Λευκωσία, Κύπρος

**Εκπαιδευτής Μονάδας:** Μ.Κ. Κυριάκου, Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
SUMMARY .....	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	6

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:</b> .....	<b>8</b>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1.1. ΠΑΤΑΤΑ .....	8
1.1.1. Καταγωγή – ιστορικό .....	8
1.1.2. Η καλλιέργεια πατάτας στην Κύπρο .....	8
1.1.3. Βιομηχανικές ποικιλίες .....	9
1.1.4. Βιομηχανοποίηση της πατάτας .....	10
1.2. ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ .....	11
1.3. ΚΑΡΑΜΕΛΟΠΟΙΗΣΗ .....	12
1.3.1. Τι είναι καραμελοποίηση .....	12
1.3.2. Η χημεία της αντίδρασης .....	14
1.4. ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ Maillard .....	16
1.4.1. Τι είναι αντίδραση Maillard .....	16
1.4.2. Η χημεία της αντίδρασης .....	16
1.4.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία της αντίδρασης .....	18
1.5. ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ .....	20
1.5.1. Τι είναι ακρυλαμίδιο .....	20
1.5.2. Πως σχετίζεται το ακρυλαμίδιο με τα τρόφιμα .....	21
1.5.3. Ποιες είναι οι τοξικές επιπτώσεις του ακρυλαμιδίου στον οργανισμό .....	22
1.5.4. Ποιοι είναι οι μηχανισμοί σχηματισμού του ακρυλαμιδίου .....	23
1.5.5. Τι μπορεί να προταθεί στους καταναλωτές αναφορικά με τους τρόπους μείωσης σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα διάφορα είδη τροφών .....	24

1.5.6. Τρόποι μείωσης σχηματισμού ακρυλαμιδίου κατά την παρασκευή φαγητού στο σπίτι .....	25
1.6. ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ chips ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ .....	26
1.7. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	27

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:</b> .....	29
--------------------------	----

2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ .....	29
2.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	30
2.3. ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟ MINOLTA .....	31
2.3.1. Προετοιμασία δειγμάτων για λήψη μετρήσεων με χρωματόμετρο Minolta .....	31
2.3.2. Λειτουργία χρωματόμετρου Minolta .....	32
2.4. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ .....	33
2.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	34
2.5.1. Αφυδάτωση .....	34
2.5.2. Καραμελοποίηση – χρώμα .....	36
2.6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	40

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:</b> .....	43
--------------------------	----

3.1. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....	43
3.2. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....	45
3.3. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ .....	47
3.4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ .....	49

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	51
---------------------------	----

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Μελετήθηκε η επίδραση του χρόνου τηγανίσματος στους 180° C σε σπορέλαιο και η επίδραση του πάχους των δισκίων πατάτας στην υγρασία και το χρώμα του μεταποιημένου προϊόντος ως αποτέλεσμα της καραμελοποίησης. Η κύρια μεταβολή υγρασίας σημειώνεται κατά τα πρώτα 180 δευτερόλεπτα τηγανίσματος, επιβραδύνεται σημαντικά μεταξύ 180-240 δευτερολέπτων και οδηγείται σε ολοκλήρωση και σταθεροποίηση μετά τα 240 δευτερόλεπτα. Ο ρυθμός μεταβολής της υγρασίας επηρεάζεται σημαντικά από το πάχος των δισκίων. Για πάχος 1.25mm η υγρασία μειώνεται κάτω από το όριο του 2% σε χρόνο 240-260 δευτερόλεπτα, για πάχος 1.50mm σε 280-300 δευτερόλεπτα ενώ για τα πάχη 1.75mm και 2.00mm ο απαιτούμενος χρόνος υπερβαίνει τα 300 δευτερόλεπτα. Το χρώμα αρχίζει να διαφοροποιείται ανάμεσα στα πάχη δισκίων μετά τα 160 δευτερόλεπτα τηγανίσματος. Η καραμελοποίηση εντείνεται καθώς μειώνεται η υγρασία του προϊόντος στο χρόνο τηγανίσματος και επιβραδύνεται με την αύξηση του πάχους των δισκίων.

## **SUMMARY**

The effects of frying time at 180° C in vegetable oil and of potato slice (cv. Hermes) thickness on crisp moisture content and fry color resulting from caramelization were studied. The main decrease in crisp moisture content was observed during the first 180 seconds of frying while dehydration was concluded and moisture content stabilized after 240 seconds of frying. The rate of dehydration is significantly affected by the thickness of the potato slices. At 1.25mm slice thickness moisture content drops below the 2% margin in 240-260 seconds, at 1.50mm in 280-300 seconds while for thickness 1.75mm and 2.00mm the corresponding frying time exceeds 160 seconds. Caramelization intensifies as moisture content decreases during frying, while it appears delayed as slice thickness increases.

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η εργασία "Επίδραση του χρόνου τηγανίσματος και του πάχους δισκίων πατάτας (c.v. Hermes) στην αφυδάτωση και καραμελοποίηση του μεταποιημένου προϊόντος", έχει γραφτεί για να αξιολογηθεί ο ρόλος δύο βασικών παραμέτρων. Πρώτον, το πάχος δισκίων πατάτας και δεύτερον, τον χρόνο τηγανίσματος, της διαδικασίας μεταποίησης στο βαθμό καραμελοποίησης του παραγόμενου προϊόντος.

Το τηγάνισμα αποτελεί την κύρια μέθοδο βιομηχανικής μεταποίησης της πατάτας. Η διαδικασία αυτή συνίσταται στην αφυδάτωση του προϊόντος, σε συνθήκες βρασμού του λαδιού που χρησιμοποιείται, και μερική αντικατάσταση της υγρασίας του προϊόντος με λάδι. Οι μεταποιητικές βιομηχανίες που παρασκευάζουν πατατάκια (chips) λαμβάνουν ως σημείο ολοκλήρωσης της μεταποίησης τη μείωση της περιεκτικότητας υγρασίας του προϊόντος κάτω από το 2%, προσεγγίζοντας το 1.8%. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του πάχους των δισκίων πατάτας και του χρόνου τηγανίσματος στην αφυδάτωση και καραμελοποίηση του μεταποιημένου προϊόντος.

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. ΠΑΤΑΤΑ

#### 1.1.1. ΚΑΤΑΓΩΓΗ - ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) είναι ενδημικό φυτό της Νότιας Αμερικής και αποτελούσε τη βασική τροφή για τους κατοίκους των υψιπέδων του Περού και της Βολιβίας για χιλιάδες χρόνια. Στην Κύπρο αναφέρεται πως η πατάτα έφθασε με Άραβες έμπορους κατά τον 16<sup>ο</sup> αιώνα. Το 1878, όταν η Κύπρος περιήλθε στη διοίκηση των Άγγλων, η πατάτα καλλιεργούνταν σε περιορισμένη έκταση (N. Γενναίος, 2004). Στις αρχές όμως του 20<sup>ου</sup> αιώνα, εμφανίζεται σημαντική αύξηση της καλλιέργειας πατάτας και σταδιακά καταλαμβάνει προεξάρχουσα θέση στις γεωργικές καλλιέργειες του νησιού. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η πατάτα καθίσταται το κυριότερο εξαγωγικό γεωργικό προϊόν της Κύπρου και αποκτά ιδιαίτερη εκτίμηση στις ευρωπαϊκές αγορές. Ενδεικτικά, η συνολική ετήσια παραγωγή πατατών στην Κύπρο ανήλθε κατά το 2004 στους 200,000 τόνους ενώ κατά τα τελευταία δύο χρόνια κυμαίνεται γύρω στους 140,000 τόνους (N. Γενναίος, 2006).

#### 1.1.2. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΑΤΑΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Η καλλιέργεια πατάτας στην Κύπρο, γίνεται κυρίως στην περιοχή των Κοκκινοχωρίων, δηλαδή στη νοτιοανατολική περιοχή της Κύπρου μεταξύ της κατεχόμενης πόλης της Αμμοχώστου και της πόλης της Λάρνακας. Επίσης καλλιέργειες πατάτας γίνονται και στην περιοχή μεταξύ Λευκωσίας και κατεχόμενης Μόρφου καθώς επίσης και στην Πάφο. Ανάλογα με το ανάγλυφο και την τοπογραφία στην Κύπρο μπορούν να καλλιεργηθούν πατάτες σχεδόν σε



ολόκληρη τη διάρκεια του χρόνου (N. Γενναίος 2003). Δύο όμως αποτελούν τις κύριες εσοδείες:

- Η Ανοιξιάτικη (ή Εαρινή) που φυτεύεται από αρχές Νοεμβρίου μέχρι και το Φεβρουάριο και εξάγεται από το τέλος Φεβρουαρίου ή αρχές Μαρτίου μέχρι τα μέσα Ιουνίου.
- Η Χειμωνιάτικη (ή Χειμερινή) εσοδεία που φυτεύεται τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο και συγκομίζεται από το τέλος Οκτωβρίου αρχές Νοεμβρίου μέχρι και τον Φεβρουάριο ή και Μάρτιο αν ο Χειμώνας είναι βροχερός.

Εκ των δύο, κατά πολύ σημαντικότερη σε όγκο, είναι η ανοιξιάτικη εσοδεία καθώς η φθινοπωρινή καλλιέργεια χαρακτηρίζεται από αυξημένες αρδευτικές ανάγκες και μειωμένη κονδυλοποίηση.

Πέραν του 80% της παραγωγής πατάτας προορίζεται για εξαγωγή. Το υπόλοιπο καλύπτει της ανάγκες της εγχώριας αγοράς σε νωπές πατάτες καθώς και τις ανάγκες της εγχώριας βιομηχανίας μεταποίησης (N. Γενναίος, 1998). Η βιομηχανία εξασφαλίζει τον μεγαλύτερο όγκο των αναγκών της σε πατάτες στο τέλος της ανοιξιάτικης εσοδείας, δηλαδή Μάιο – Ιούλιο. Τις διατηρεί σε ψυκτικούς θαλάμους, σε θερμοκρασία 8.5° βαθμών Κελσίου και σχετική υγρασία 90-92%, τοποθετημένες είτε χύμα είτε σε πλαστικά κιβώτια χωρητικότητας ενός ή ενάμισι τόνου, μέχρι και την έναρξη της ανοιξιάτικης εσοδείας του επόμενου έτους. Κατά την τοποθέτηση τους στους θαλάμους οι πατάτες ψεκάζονται με αντιφυτρωτικά για να έχουμε μείωση της βλάστησης των φύτρων.

### **1.1.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ**

Οι κυριότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Κύπρο για σκοπούς βιομηχανικής μεταποίησης είναι οι Hermes, Lady Rosetta, Diamant, Donald και Remarka. Ο κύριος όγκος μεταποίησης αφορά στην παραγωγή «chips» (πατατάκια) και δευτερευόντως στην παραγωγή προτηγανισμένης πατάτας (N. Γενναίος 1998). Οι ποικιλίες που προορίζονται για βιομηχανική μεταποίηση χαρακτηρίζονται από ψηλή περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία, συνήθως πάνω από 20% και χαμηλή συγκέντρωση αναγωγικών σακχάρων.

#### 1.1.4. ΒΙΟΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΤΑΤΑΣ

Οι βιομηχανίες μεταποίησης απορροφούν ετησίως μεγάλες ποσότητες πατατών εαρινής εσοδείας. Οι πατάτες αυτές διατηρούνται για περίοδο που φτάνει μέχρι και τους 8 μήνες από τη συγκομιδή. Ένα από τα κύρια ποιοτικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία είναι η καραμελοποίηση της πατάτας κατά το τηγάνισμα. Η καραμελοποίηση οφείλεται στην αντίδραση Maillard ανάμεσα σε αναγωγικά σάκχαρα (γλυκόζη και φρουκτόζη) και σε ελεύθερα αμινοξέα των κονδύλων όταν οι θερμοκρασίες μεταποίησης υπερβαίνουν τους 180° C (Weaver and Timm, 1983; Herrman et al., 1996) και έχει σαν συνέπεια τη σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας του μεταποιημένου προϊόντος με αλλοίωση του χρώματος και της γεύσης (Mackey et al., 1990; 1990a). Η ένταση της καραμελοποίησης όπως αποτυπώνεται στο χρώμα των μεταποιημένων προϊόντων καθορίζεται από διάφορους παράγοντες με κυριότερο την περιεκτικότητα των κονδύλων σε σάκχαρα. Επηρεάζεται επίσης από τη θερμοκρασία μεταποίησης και τη διάρκεια εφαρμογής της.

Σύμφωνα με μελέτες που έγιναν τα τελευταία χρόνια, το αυξημένο ποσοστό καραμελοποίησης κατά την μεταποίηση αμυλούχων τροφών σε ψηλές θερμοκρασίες συνεπάγεται την παραγωγή μιας ουσίας, γνωστής ως ακρυλαμίδιο, που θεωρείται καρκινογόνος για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η διαπίστωση αυτή καθιστά αναγκαία την μείωση του βαθμού καραμελοποίησης στα αμυλούχα βιομηχανικά μεταποιημένα προϊόντα, όπως για παράδειγμα τα πατατάκια.

## 1.2. ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

Οι υδατάνθρακες είναι βασική πηγή ενέργειας για τον άνθρωπο και δίνουν 4 θερμίδες για κάθε γραμμάριο. Έχουν κεντρικό ρόλο στο μεταβολισμό των ζώων και των φυτών. Είναι επίσης απαραίτητοι για την καλή λειτουργία του εγκεφάλου και του νευρικό συστήματος. (Carbohydrates)

Το όνομά τους προέρχεται από το άνθρακας και νερό, επειδή τα φυτά συνθέτουν υδατάνθρακες από διοξείδιο του άνθρακα και νερό, με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στο μόριο τους περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο σε αναλογία 1:2:1. Οι υδατάνθρακες πρέπει να είναι η κύρια πηγή ενέργειας στη διατροφή του ανθρώπου. Όταν αναφερόμαστε στους υδατάνθρακες μιλάμε για ουσίες που έχουν ως βάση τη γλυκόζη δηλαδή το κύριο καύσιμο κάθε κύτταρου και οργανισμού. Οι υδατάνθρακες διακρίνονται σε:

- Μονοσακχαρίτες: γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη
- Δισακχαρίτες: σακχαρόζη, λακτόζη, μαλτόζη
- Πολυσακχαρίτες: άμυλο, αμυλοπεκτίνες.

Είναι πολυμερή της γλυκόζης και συντίθενται στα φυτά. (Λουλακάκης Κ.Α., 2004).

Οι μονοσακχαρίτες ή απλά σάκχαρα είναι ενώσεις που δεν μπορούν διασπαστούν σε απλούστερα σάκχαρα. Περιέχουν από 3 έως 8 άτομα άνθρακα και αντίστοιχα ονομάζονται τριόζες, πεντόζες κ.λ.π. στο μόριο τους περιέχουν πολλές υδροξυλομάδες και μια αλδεϋδική ( αλδόζες ) ή κετονική ( κετόζες ) ομάδα. Οι μονοσακχαρίτες είναι υδατοδιαλυτοί, έχουν γλυκιά γεύση και εμφανίζουν αναγωγική δράση. Οι πιο διαδεδομένοι μονοσακχαρίτες είναι οι τριόζες, πεντόζες και εξόζες. (Λουλακάκης Κ.Α., 2004)

Δυο μονοσακχαρίτες μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους με γλυκοζιτικό δεσμό, με την απόσπαση ενός μορίου νερού και να σχηματίσουν ένα δισακχαρίτη. Με την ένωση με γλυκοζιτικούς δεσμού ολίγων ή πολλών απλών σακχάρων σχηματίζονται οι ολιγοσακχαρίτες και πολυσακχαρίτες, αντίστοιχα. Οι πιο γνωστοί ολιγοσακχαρίτες είναι οι δισακχαρίτες σακχαρόζη (γλυκόζη και

φρουκτόζη), μαλτόζη (γλυκόζη και γλυκόζη) και λακτόζη (γλυκόζη και γαλακτόζη). (Λουλακάκης Κ.Α., 2004)

Οι πολυσακχαρίτες αποτελούνται από μεγάλο αριθμό μορίων μονοσακχαριτών, ενωμένα μεταξύ τους με γλυκοζιτικούς δεσμούς. Πολύ γνωστοί αντιπρόσωποι πολυσακχαριτών είναι το άμυλο και η κυτταρίνη που συναντώνται στα φυτά και το γλυκογόνο, είναι μεγάλο διακλαδισμένο πολυμερές, που συνθέτεται στα ζωικά κύτταρα. Δεν έχουν γλυκιά γεύση και είναι κυρίως αδρανή.

### **1.3. ΚΑΡΑΜΕΛΟΠΟΙΗΣΗ**

#### **1.3.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΑΡΑΜΕΛΟΠΟΙΗΣΗ**

Η καραμελοποίηση είναι ένας από τους σημαντικότερους τύπους κατά τη διαδικασία του καφετιάσματος στα τρόφιμα, μαζί με την αντίδραση Maillard και το ενζυματικό καφέτιασμα. Η καραμελοποίηση οδηγεί στο επιθυμητό χρώμα και γεύση σε προϊόντα άρτου, τον καφέ, τα ποτά, την μπίρα και τα φιστίκια. Τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα της καραμελοποίησης είναι παραδείγματος χάριν η μυρωδιά καμένου και το μαύρισμα της ζάχαρης. Επίσης, προκαλεί σημαντικές αλλαγές στα τρόφιμα, όχι μόνο στο χρώμα αλλά και στη γεύση. Δεδομένου ότι κανένα ένζυμο δεν περιλαμβάνεται στη διαδικασία, αποτελεί μια μη- ενζυματική αντίδραση καφετιάσματος. Η καραμελοποίηση εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης και του ψησίματος τροφίμων με υψηλή συγκέντρωση υδατανθράκων (σάκχαρα). Αποτελεί μια διαδικασία αφαίρεσης μορίων νερού από κάποιο υδατάνθρακα (όπως η σακχαρόζη ή η γλυκόζη) και στη συνέχεια ακολουθούν τα βήματα ισομερισμού και πολυμερισμού. Στην πραγματικότητα η διαδικασία είναι μια σύνθετη σειρά χημικών αντιδράσεων, η οποία είναι ακόμα ανεπαρκώς κατανοητή. Αρχίζει με την τήξη των υδατανθράκων σε υψηλές θερμοκρασίες. Σε αυτή τη φάση η σακχαρόζη αποσυντίθεται σε γλυκόζη και φρουκτόζη. Στη συνέχεια ακολουθεί συμπύκνωση, κατά την οποία οι υδατάνθρακες χάνουν νερό και αντιδρούν μεταξύ τους. Το επόμενο βήμα είναι ο ισομερισμός της αλτόζης σε

κετόζη και σε περαιτέρω αντιδράσεις αφυδάτωσης. Οι τελευταίες σειρές αντιδράσεων περιλαμβάνουν και τις αντιδράσεις διάσπασης (παραγωγή γεύσης) και τις αντιδράσεις πολυμερισμού (παραγωγή χρώματος). Η καραμελοποίηση αρχίζει σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες σε σύγκριση με τις άλλες αντιδράσεις καφετιάσματος, και εξαρτάται από τον τύπο του υδατάνθρακα. Ο πίνακας 1 παρακάτω, παρουσιάζει θερμοκρασίες καραμελοποίησης μερικών κοινών υδατανθράκων. Αυτός ο πίνακας είναι βασισμένος σε καθαρούς υδατάνθρακες. Στα τρόφιμα όμως συχνά εμφανίζονται διάφοροι και διαφορετικοί τύποι υδατανθράκων αλλά και άλλα συστατικά τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τη θερμοκρασία της καραμελοποίησης.

**Πίνακας 1:** Θερμοκρασίες καραμελοποίησης υδατανθράκων.

ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
ΦΡΟΥΚΤΟΖΗ	110° C
ΓΑΛΑΚΤΟΖΗ	160° C
ΓΛΥΚΟΖΗ	160° C
ΜΑΛΤΟΖΗ	180° C
ΣΑΚΧΑΡΟΖΗ	160° C

Η καραμελοποίηση λοιπόν, ορίζεται ως η θερμική αποικοδόμηση των υδατανθράκων που οδηγούν στο σχηματισμό πτητικών ουσιών (άρωμα καραμέλας) και καστανόχρωμων προϊόντων (χρώμα καραμέλας). Η διαδικασία καταλύεται από όξινο ή βασικό περιβάλλον και απαιτεί γενικά θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 120 βαθμών Κελσίου και σε  $9 < pH < 3$  σε αντίθεση με την

αντίδραση Maillard η οποία ευνοείται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 50 βαθμών Κελσίου και pH του τροφίμου μεταξύ 4-7.

### **1.3.2. Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ**

Η θερμική παραγωγή γεύσεων και χρωμάτων απαιτεί ότι οι υδατάνθρακες, μονοσακχαρικές δομές, υποβάλλονται αρχικά σε ενδομοριακές αποικοδομήσεις. Η αντίδραση προκαλεί την απελευθέρωση H<sup>+</sup>. Κατά συνέπεια το pH του διαλύματος που υποβάλλεται σε καραμελοποίηση μειώνεται με το χρόνο, και τελικά καταλήγει στην ελαφρώς όξινη περιοχή του pH 4-5.

Η διαδικασία της καραμελοποίησης εμφανίζεται με μια σειρά 6 βημάτων:

Η αρχική αντίδραση Epolization είναι ιδιαίτερα σημαντική επειδή αρχίζει την επόμενη αλυσίδα των αντιδράσεων. Αυτές οι αντιδράσεις παράγουν αλειφατικά προϊόντα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να αντιδράσουν περαιτέρω και να δώσουν ετεροκυκλικές και καρβοκυκλικές ενώσεις οξυγόνου.

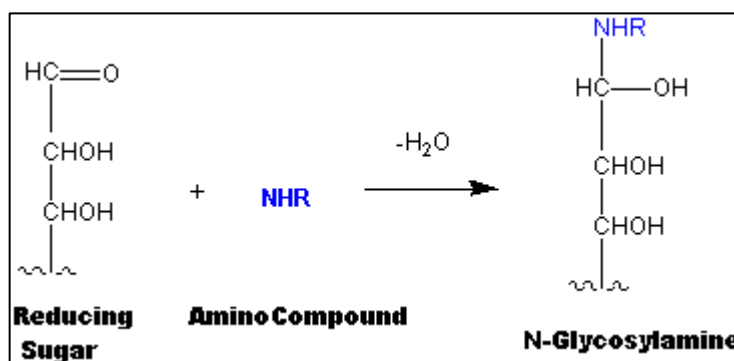
**Πίνακας 2:** Τα στάδια της καραμελοποίησης.

<p>Στάδιο 1: Enolization ή de Bruijn van Echenstein</p>	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ (\text{CHOH})_3 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{Aldose} \end{array} & \longleftrightarrow & \begin{array}{c} \text{H-C-OH} \\    \\ \text{C-OH} \\   \\ (\text{CHOH})_3 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{1,2-endiol} \end{array} & \longleftrightarrow & \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ (\text{CHOH})_3 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{ketose} \end{array}  \end{array}  $
<p>Στάδιο 2: Αφυδάτωση ή <math>\alpha</math>-Elimination</p>	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{H-C-OH} \\    \\ \text{C-OH} \\   \\ (\text{CHOH})_3 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{1,2-endiol} \end{array} & \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{C-OH} \\    \\ \text{CH} \\   \\ (\text{CHOH})_2 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & \longleftrightarrow & \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ (\text{CHOH})_2 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ \text{3-deoxyhexosulose} \end{array}  \end{array}  $
<p>Στάδιο 3: δικαρβοξυλική διάσπαση</p>	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{COOH} \\   \\ \text{CHO} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}  \end{array}  $
<p>Στάδιο 4: αντίδραση αλδόζης</p>	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{H-C-OH} \\    \\ \text{C-OH} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & \longrightarrow & \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CHO} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{C=O} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} & \longrightarrow & \begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}  \end{array}  $
<p>Στάδιο 5: συμπύκνωση αλδόζης</p>	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{H-C-OH} \\ (-) \end{array} & + & \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{R} \end{array} & \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} & \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{H-C-OH} \\   \\ \text{R} \end{array}  \end{array}  $
<p>Στάδιο 6: αντίδραση ριζών</p>	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ (\text{CHOH})_4 \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & \xrightarrow{(\text{OH}^-)} & \begin{array}{c} \text{H-C=O} \\   \\ \text{CHOH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} & + & \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C-O}^- \\    \\ \text{CHOH} \end{array} & \longrightarrow & \begin{array}{c} \text{H-C-O}^- \\    \\ \text{C-O}^- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} & \text{or} & \begin{array}{c} \text{H-C-O}^- \\    \\ \text{H-C-O}^- \end{array} & \text{etc.}  \end{array}  $

## 1.4. ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ Maillard

### 1.4.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ Maillard

Η αντίδραση **MAILLARD** είναι μια χημική αντίδραση ανάμεσα σε αμινοξέα και αναγωγικά σάκχαρα η οποία συνήθως συμβαίνει με τη παρουσία της θερμότητας. Όπως και η καραμελοποίηση, ανήκει στη κατηγορία των μη ενζυματικών αντιδράσεων, οι οποίες οδηγούν στο καφέτισμα των προϊόντων (non enzymatic browning).



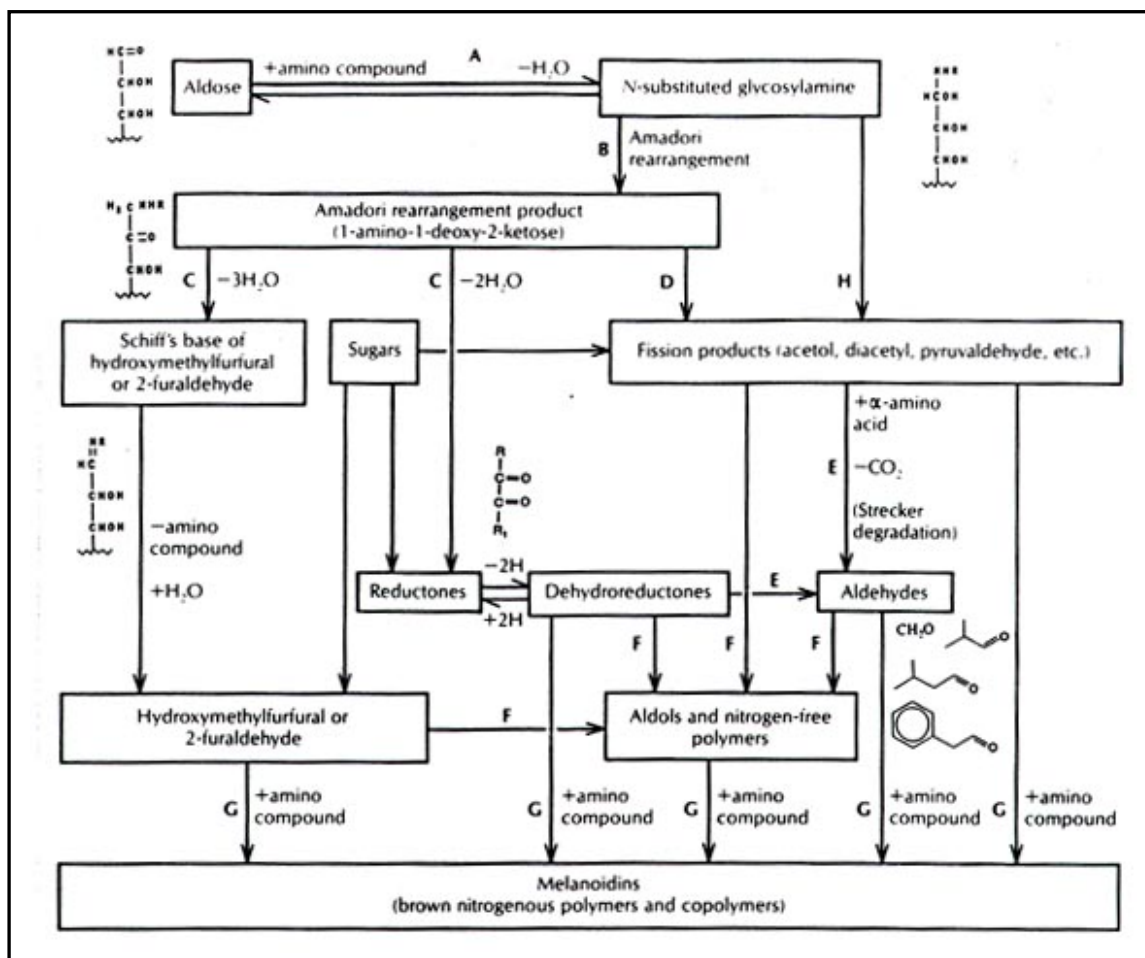
### 1.4.2. Η χημεία της αντίδρασης

Η πορεία της αντίδρασης Maillard δίνεται στην εικόνα 1. και εμφανίζεται σε τρεις βασικές φάσεις:

Η αρχική αντίδραση περιλαμβάνει τη συμπύκνωση της καρβονυλικής ομάδας των αναγωγικών σακχάρων (αλδόζη- aldose) με την ομάδα των ελεύθερων αμινοξέων μιας πρωτεΐνης ή ενός αμινοξέος, το οποίο χάνει ένα μόριο νερού για να διαμορφώσει μόριο γλυκοσυλαμίνης. (βήμα Α). Το μόριο της γλυκοσυλαμίνης είναι ασταθές και ανασχηματίζεται σύμφωνα με την αντίδραση Amadori" για να



δημιουργηθούν κετόζες (γνωστές ως "κετοζαμίνες") (βήμα Β). Τα προϊόντα αυτά, της αντίδρασης Amadori αντιδρούν με τρεις τρόπους στη δεύτερη φάση. Κατά την πρώτη αντίδραση η οποία είναι και η περισσότερο απλή, πραγματοποιείται υδρόλυση (απώλεια δύο μορίων νερού) και σχηματίζονται βασικά προϊόντα καραμελοποίησης (βήμα C) τα οποία σε αυτή την αναγωγική φάση της αντίδρασης, είναι ισχυρά αντιοξειδωτικά. Η δεύτερη αντίδραση που μπορεί να συμβεί, είναι η παραγωγή μικρών αλυσίδων υδρολυτικών προϊόντων όπως διακετόλη, ακετόλη κ.λ.π... (βήμα D). Τα προϊόντα αυτά στη συνέχεια αντιδρούν με τα αμινοξέα σύμφωνα με την αντίδραση "Strecker" σε αλδεύδες (βήμα E), ή μπορούν να αντιδράσουν απουσία των αμινο ενώσεων, για να δώσουν αλδεύδες και ψηλού μοριακού βάρους, ελευθέρως άζωτο πολυμερή (βήμα F). Μια τρίτη πορεία είναι η πορεία των αντιδράσεων του Schiff. Αυτή περιλαμβάνει την απώλεια 3 μορίων νερού (βήμα C), και στη συνέχεια αντίδραση των αμινοξέων με νερό. Όλα αυτά τα προϊόντα αντιδρούν περαιτέρω με τα αμινοξέα στην τρίτη φάση για να σχηματίσουν αζωτούχα πολυμερή καφέ χρώματος αποκαλούμενα ως μελανοειδή (βήμα G). Τα μελανοειδή είναι υπεύθυνα για τις άσχημες γεύσεις (πικρές) και τις δυσάρεστες οσμές (καμένα τρόφιμα) ή τα θετικά αρώματα (κρούστα του ψωμιού, καραμέλα, καφές). Το βήμα H στην εικόνα 1 παρουσιάζει μια άμεση διαδρομή στα προϊόντα διάσπασης από τις γλυκοσυλαμίνες, χωρίς το σχηματισμό ενδιάμεσων προϊόντων με βάση την αντίδραση Amadori.



Εικόνα 1: Η πορεία της αντίδρασης.

### 1.4.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι αύξηση της θερμοκρασίας και ή του χρόνου θέρμανσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ανάπτυξης ανεπιθύμητου χρώματος, την αύξηση της αναλογίας άνθρακα – άζωτο καθώς και το βαθμό μη κορεσμού.

Σύμφωνα με την πορεία της αντίδρασης, όπως αυτή φαίνεται στη εικόνα 1, κατά τη διάρκεια της αντίδρασης παράγεται νερό. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με το νόμο της δράσης των μαζών, η αντίδραση συμβαίνει λιγότερο εύκολα σε τρόφιμα με υψηλή ενεργότητα νερού aw. Επιπλέον, τα αντιδρώντα στοιχεία διαλύονται σε

υψηλές τιμές της  $a_w$ , ενώ σε χαμηλές τιμές  $a_w$ , η κινητικότητα των αντιδρώντων περιορίζεται παρά το γεγονός ότι μπορεί να εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Στην πράξη η αντίδραση Maillard πραγματοποιείται γρηγορότερα σε ενδιάμεσες τιμές της  $a_w$  (0.5- 0.8). Έτσι, η τιμή της  $a_w$  είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση κυρίως σε αφυδατωμένα και με μέση περιεκτικότητα υγρασία τρόφιμα, των οποίων η  $a_w$  κυμαίνεται στις παραπάνω ενδιάμεσες τιμές.

Επιπροσθέτως, το χαμηλό pH (<6) ευνοεί το σχηματισμό των προϊόντων κατά την φάση της αντίδρασης Amadori, τα οποία στη συνέχεια ευνοούνται από υψηλό pH (>6). Όμως, στην πράξη η επίδραση των τιμών του pH δεν είναι ευδιάκριτη, και οι αντιδράσεις των τριών φάσεων λαμβάνουν χώρα με το pH του συστήματος να επηρεάζει την αναλογία των παραγόμενων προϊόντων. Έτσι, η σειρά της ανάπτυξης του χρώματος σε υποστρώματα με γλυσίνη και σε pH χαμηλότερο του έξι είναι η εξής : ξυλόζη>φρουκτόζη>γλυκόζη>λακτόζη>μαλτόζη ενώ σε pH έξι η σειρά είναι ξυλόζη> γλυκόζη> φρουκτόζη>λακτόζη>μαλτόζη. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι το καφέτιασμα των τροφίμων ως αποτέλεσμα της Maillard δεν συνδέεται άμεσα με τη δομική σταθερότητα των σακχάρων .

Εν κατακλείδι, οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση είναι:

1. Υψηλή θερμοκρασία
2. Υψηλή σχετική υγρασία
3. Αλκαλικές συνθήκες

## 1.5. ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ

### 1.5.1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ

Το ακρυλαμίδιο (χημικός τύπος) είναι μια άχρωμη, άοσμη κρυσταλλική ένωση, διαλυτή στο νερό, την αιθανόλη, τη μεθανόλη τον αιθέρα και την ακετόνη ενώ είναι αδιάλυτο στο επτάνιο και το βενζόλιο. Χρησιμοποιείται ως χημικό μέσο για την σύνθεση των πολύ-ακρυλαμιδίων, τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στον καθαρισμό του προς πόσιν ύδατος καθώς και στη βιομηχανική παραγωγή χαρτιού. Το ακρυλαμίδιο αποτελεί μια δημοφιλέστατη ουσία στη χημική βιομηχανία με ευρύτατη χρήση ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1950. Η κύρια μέθοδος παραγωγής του ακρυλαμιδίου είναι χημική και συνίσταται στην υδάτωση του ακρυλονιτριλίου από θειικό οξύ με παρουσία ανηγμένου χαλκού ως καταλύτη ενώ έχει αναφερθεί και βιοτεχνολογική παραγωγή ακρυλαμιδίου με τη χρήση στελεχών διαφόρων βακτηρίων (γένη *Rhodococcus sp.*, *Pseudomonas spp.*) (Food Standards Agency Report, 2002; Food Safety Authority of Ireland Report, 2002; Kim and Hyun 2002). Βέβαια, όπως αποδείχθηκε τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή ακρυλαμιδίου είναι δημοφιλής και επάνω στο μάτι της κουζίνας μας. Υπάρχουν διάφορες υποθέσεις σχετικά με τον μηχανισμό δημιουργίας ακρυλαμιδίου κατά το μαγείρεμα. Μια εξ αυτών αφορά την αντίδραση Maillard, σύμφωνα με την οποία κατά την διάρκεια της κατεργασίας του τροφίμου σε θερμοκρασίες ανώτερες των 180 βαθμών Κελσίου το άμυλο υδρολείεται και δημιουργεί γλυκόζη, η οποία αντιδρά με αμινοξέα (κυρίως ασπαραγίνη) ή πρωτεΐνες σχηματίζοντας ακρυλαμίδιο.(BHMASCIENCE, 2005) Ετησίως, με τη χρήση χημικών και βιοτεχνολογικών μεθόδων, σε επίπεδο Ε.Ε. υπολογίζεται η παραγωγή του ακρυλαμιδίου σε ένα ποσό της τάξης των 80000-100000 tn (Food Safety Authority of Ireland Report, 2002).

**1.5.2. ΠΩΣ ΣΧΕΤΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ ΜΕ ΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ;**

Σε πρόσφατη έρευνα του Πανεπιστημίου της Στοκχόλμης σε συνεργασία με το Σουηδικό Φορέα Ελέγχου Τροφίμων μετρήθηκαν πολύ υψηλές ποσότητες ακρυλαμιδίου (250-3900 µg ανά kg τροφίμου) σε δείγματα τροφίμων πλουσιών σε υδατάνθρακες, τα οποία και θεωρούνται ευρείας κατανάλωσης (π. χ. τηγανητές πατάτες, τσιπς, ψωμί, φρυγανιές) και είχαν υποστεί υψηλή θερμική επεξεργασία (τηγάνισμα ή ψήσιμο σε υψηλή θερμοκρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα) (Tareke et al. 2002). Οι ποσότητες αυτές είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από το ανώτατο ημερήσιο ανεκτό όριο το οποίο δύναται να προσλάβει ο άνθρωπος (κατά μέσο όρο οι ποσότητες αυτές είναι της τάξης των 15-50 μικρογραμµαρίων ( $\mu\text{g}=10^6 \text{ g}$ ) την ημέρα αναλόγως με το σωματικό βάρος του κάθε ανθρώπου). Αντίθετα μπισκότα, γλυκά και άλλα βραστά τρόφιμα εμφάνιζαν χαμηλές συγκεντρώσεις ακρυλαμιδίου (<30 µg/kg). Οι διάφοροι Ευρωπαϊκοί Φορείς Ελέγχου Τροφίμων (π. χ. Φινλανδικός, Ολλανδικός, Βρετανικός κλπ) έδωσαν αντίστοιχα αποτελέσματα με αυτά του Σουηδικού αναφορικά με τις τηγανητές πατάτες και τσιπς, αναφέροντας όμως ελαφρώς χαμηλότερες τιμές για το ψωμί (30-60 µg/kg) και τα διάφορα δημητριακά που χρησιμοποιούνται ως πρωινό (30-180 µg/kg). Παρόλα τούτα, και λόγω του Ευρωπαϊκού τύπου Διαιτολογίου και της αυξημένης κατανάλωσης του σε ημερήσια βάση, θεωρείται ότι το πιο σοβαρό πρόβλημα αναφορικά με την παρουσία ακρυλαμιδίου έγκειται σε αυτό το προϊόν (ψωμί) (SANCO/2002/999/2; SANCO/2002/03216/00/00).

### 1.5.3. ΠΟΙΕΣ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΤΟΞΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΟΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Το ακρυλαμίδιο, λόγω της χημικής του δομής, εμφανίζει δραστικότητα έναντι διαφόρων βιολογικών μορίων με απόρροια πρόκληση μεταλλάξεων στους οργανισμούς. Επίσης, ενώ το μόριο αυτό πιθανότατα δεν αντιδρά με το DNA, το μεταβολιζόμενο στον οργανισμό παράγωγο του, γλυσιδαμίδιο, όντας πολύ περισσότερο δραστικό, αντιδρά, με προφανείς αρνητικές επιδράσεις για τον οργανισμό. Πέρα των μεταλλαξιογόνων χαρακτηριστικών του, το ακρυλαμίδιο έχει αποδεδειγμένες καρκινογόνους ιδιότητες σε πειραματόζωα, αφού έχει δειχθεί ότι προάγει τη δημιουργία αδενωμάτων και αδενωκαρκινωμάτων στο θυρεοειδή καθώς και στα γεννητικά όργανα αρσενικών και θηλυκών ποντικών. Σε ό,τι αφορά τον άνθρωπο, το ακρυλαμίδιο θεωρείται πιθανός (probable) καρκινογόνος παράγοντας (έγγραφο SANCO/2002/999/1) και κατηγοριοποιείται στο Group 2A της IARC (International Agency for Research on Cancer), με το δεδομένο ότι ακόμη υπάρχουν ανεπαρκή δεδομένα για να καταταγεί η ουσία αυτή στο Group 1 (παράγοντας καρκινογόνος για τον άνθρωπο) αλλά αρκετά δεδομένα που δεικνύουν καρκινογένεση στα ζώα, ούτως ώστε να καταταγεί σε κατηγορία ανώτερη του Group 2B (δυνατός - possible καρκινογόνος παράγοντας για τον άνθρωπο). Τέλος πρόσληψη μεγάλων ποσών ακρυλαμιδίου, έχει άμεσα νευροτοξικά και ορμονολογικά αποτελέσματα, τα οποία είναι καλύτερα τεκμηριωμένα από τις μελέτες αναφορικά με την καρκινογένεση (FAO/WHO 2002, Final report. Acrylamide in food; EFSA 2003, White paper on acrylamide).

#### **1.5.4. ΠΟΙΟΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ;**

Αναφορικά με τους τρόπους σχηματισμού του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα, ήδη σε δημοσιεύματα στον διεθνή Επιστημονικό τύπο αποδεικνύεται ύπαρξη συσχετισμού της σύνθεσης του ακρυλαμιδίου με τα πρώτα στάδια της αντίδρασης μη-ενζυμικής αμαύρωσης των σακχαρούχων και αμυλούχων τροφίμων (αντίδραση Maillard) (Mottram et al. 2002; Stadler et al. 2002). Πιο συγκεκριμένα, ένα προτεινόμενο μονοπάτι συνθετικού μηχανισμού εμπλέκει την παρουσία ελευθέρων αμινοξέων (και κυρίως την ασπαραγίνη και τη μεθειονίνη) τα οποία αντιδρούν με διάφορα ενεργά ενδιάμεσα της αντίδρασης Maillard (Swedish Scientific Committee Acrylamide in Food, 5/2002; SANCO/2002/03288; Mottram et al. 2002). Παρόλα αυτά, και άλλοι εμπλεκόμενοι μηχανισμοί σύνθεσης ακρυλαμιδίου στα τρόφιμα είναι πιθανόν να υφίστανται και σχετικές μελέτες προς την κατεύθυνση αυτή ήδη λαμβάνουν χώρα. Αν και οι μηχανισμοί σύνθεσης του ακρυλαμιδίου δεν είναι ακόμη αποσαφηνισμένοι, τα πρώτα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να εξαχθούν, είναι τα εξής: Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της αντίδρασης και στην τελική συγκέντρωση των προϊόντων παίζει η θερμοκρασία της αντίδρασης, ο χρόνος κατά τον οποίο λαμβάνει χώρα αυτή καθώς και η αρχική συγκέντρωση και το profile των αναγωγικών σακχάρων και ελευθέρων αμινοξέων στο τρόφιμο, ενώ μέχρι της στιγμής αυτής παραμένουν άγνωστα τα στάδια τα οποία μπορούν να περιορίσουν την ταχύτητα της σύνθεσης του προϊόντος αυτού.

### **1.5.5. ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΤΑΘΕΙ ΣΤΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΤΡΟΠΟΥΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ;**

Μέχρι της στιγμής αυτής, παρότι η προβληματική αναφορά με το συγκεκριμένο θέμα είναι ιδιαίτέρως μεγάλη, δεν έχει προταθεί σε Ευρωπαϊκό Επίπεδο η θέσπιση ενός "μέγιστου προτεινόμενου ορίου" ("maximum suggested limit") τουλάχιστον για κάποια προϊόντα (π. χ. τσιπς, crispies κλπ) τα οποία σχετίζονται με την παρουσία ακρυλαμιδίου σε αυτά. Θα πρέπει επίσης να ειπωθεί ότι ήδη υπάρχουν κάποια δεδομένα τα οποία αποδεικνύουν ότι μείωση της συγκέντρωσης του ακρυλαμιδίου στα διάφορα τηγανητά τρόφιμα (π. χ. πατάτες, σνακς, τσιπς κλπ) είναι δυνατόν να επιτευχθεί εάν αυξηθεί ο λόγος πατάτες/λάδι τηγανίσματος από 1/10 σε 1/15 - 1/20, προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος τηγανίσματος. Περαιτέρω, προτείνεται στους καταναλωτές, οι πατάτες τις οποίες θα τηγανίσουν, πριν από το τηγάνισμα να τις έχουν εμβαπτιστεί για αρκετή ώρα σε νερό, προκειμένου να έχει μειωθεί η περιεκτικότητα των ιστών σε ελεύθερα σάκχαρα και αμινοξέα. Επίσης, θα ήταν καλό οι πατάτες αρχικά να βράζονται και κατόπιν να υφίστανται σύντομο τηγάνισμα, καθόσον στα διάφορα αμυλούχα βραστά τρόφιμα δεν έχει αναφερθεί σύνθεση ακρυλαμιδίου. Για την μείωση της έκθεσης σε ακρυλαμίδιο, πέρα από όλα τα άλλα, ο Ε.Φ.Ε.Τ. συνιστά την τήρηση των γενικών κανόνων της υγιεινής διατροφής και του "μέτρου" και της "μεσότητας", δηλαδή τον περιορισμό της υπερβολικής κατανάλωσης τροφίμων που έχουν υποστεί τηγάνισμα ή ψήσιμο για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, την προτίμηση νωπών φρούτων και λαχανικών, το βρασμό ως τρόπο μαγειρέματος ορισμένων τροφίμων και την εν γένει "Μεσογειακή διαίτα" ως τρόπο διατροφής. Οι επιστημονικές πληροφορίες οι οποίες ήδη υπάρχουν αναφορικά με την παρουσία ακρυλαμιδίου στα διάφορα τρόφιμα, τέλος, θα τύχουν περαιτέρω μελέτης από τα αρμόδια Κοινοτικά όργανα, ώστε να αξιολογηθεί ο ενδεχόμενος διατροφικός κίνδυνος της αθροιστικής έκθεσης του ανθρώπου στην πρόσληψη ακρυλαμιδίου και να παρθούν τα ανάλογα μέτρα.



#### **1.5.6. ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΦΑΓΗΤΟΥ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ:**

- Τα αμυλούχα τηγανιτά ή ψητά προϊόντα πρέπει να μην έχουν σκούρο καφέ χρώμα.
- Τηγάνισμα αμυλούχων τροφών σε θερμοκρασίες μικρότερες των 175 βαθμών Κελσίου.
- Περισσότερο λάδι στο τηγάνισμα της πατάτας. Έτσι μειώνεται ο χρόνος τηγανίσματος, γεγονός σημαντικό αφού ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου συνδέεται και με τη διάρκεια της παρασκευής του φαγητού.
- Οι πατάτες να παραμένουν για αρκετό χρονικό διάστημα σε νερό πριν από το τηγάνισμα προκειμένου να μειωθεί η περιεκτικότητα τους σε ελεύθερα σάκχαρα και αμινοξέα, που παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό του ακρυλαμιδίου.
- Οι πατάτες αρχικώς να βράζονται και κατόπιν να τηγανίζονται για μικρό χρονικό διάστημα, δεδομένου ότι τα αμυλούχα βραστά τρόφιμα δεν έχει αναφερθεί σύνθεση ακρυλαμιδίου, παρά σε μηδαμινές συγκεντρώσεις.

## 1.6. ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ CHIPS ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η διαδικασία που ακολουθείται για τη παραγωγή chips από την βιομηχανία είναι η εξής: πλένονται οι πατάτες σε δεξαμενές και ακολούθως μεταφέρονται σε ειδικούς φυγόκεντρους κάδους ξεφλουδίσματος που στο εσωτερικό τους φέρουν λεπίδια ώστε να γίνει το καθάρισμα των πατατών. Στην συνέχεια οι καθαρισμένες πατάτες τεμαχίζονται σε καθορισμένο πάχος γύρος στο 1.50 mm, ξεπλένονται και τέλος μεταφέρονται σε κλειστό σύστημα τηγανίσματος με διαρκή μηχανική ανάδευση για την ολοκλήρωση της μεταποίησης. Σε περίπτωση όμως που έχουμε αυξημένα ποσοστά σακχάρων στις πατάτες για αποφυγή αυξημένου ποσοστού καραμελλοποίησης, τα δισκία πατάτας πριν τοποθετηθούν στο τηγάνι περνούν από διαδικασία ζεματίσματος (blanching) σε νερό θερμοκρασίας 80 βαθμών Κελσίου για μέγιστο χρόνο τέσσερα λεπτά, για να μειωθούν τα ποσοστά σακχάρων με έκπλυση. Η βιομηχανία προτιμά να αποφεύγει όμως την διαδικασία αυτή γιατί το προϊόν χάνει ενέργεια και άμυλο καθώς επίσης καθυστερεί και η παραγωγή του.

## 1.7. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κυριότερο κριτήριο ποιοτικού ελέγχου αποτελεί για τη βιομηχανία μεταποίησης το χρώμα του παραγόμενου προϊόντος το οποίο επηρεάζεται σημαντικά από το επίπεδο καραμελοποίησης του. Η καραμελοποίηση οφείλεται στην αντίδραση Maillard ανάμεσα σε αναγωγικά σάκχαρα και αμινοξέα. Στην καραμελοποίηση οφείλεται η ανάπτυξη μελανού ή ερυθρού χρώματος κατά το τηγάνισμα, η οποία συνοδεύεται από αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του μεταποιημένου προϊόντος. Ο βαθμός καραμελοποίησης εξαρτάται πρωτίστως από την ίδια την ποικιλία, τις συνθήκες καλλιέργειας αλλά και τις συνθήκες μεταποίησης. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογηθεί ο ρόλος δύο βασικών παραμέτρων, το πάχος δισκίων πατάτας και τον χρόνο τηγανίσματος, της διαδικασίας μεταποίησης στο βαθμό καραμελοποίησης του παραγόμενου προϊόντος. Στόχος μας είναι τα επίπεδα υγρασίας να είναι κάτω από 2% κατά την διαδικασία βιομηχανικής μεταποίησης (κατά προτίμηση προσέγγιση τελικής υγρασίας 1.8%)



**Εικόνα 2:** Μια ολοκληρωμένη σειρά για συγκεκριμένο πάχος δισκίων πατάτας.

# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Για τους σκοπούς του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν πατάτες της ποικιλίας Hermes που είχαν συγκομιστεί από φυτεία του Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών Κύπρου (Ι.Γ.Ε.) στον πειραματικό σταθμό Ξυλοτύμπου στις 04.05.2006 και διατηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους στους 8.5 βαθμούς Κελσίου και σχετική υγρασία 90-92%, μέχρι τον Αύγουστο που ολοκληρώθηκε το πείραμα. Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούνταν από 6 κονδύλους διαμέτρου 50-65mm. Οι κόνδυλοι πλένονταν, καθαρίζονταν και πλένονταν ξανά προτού τεμαχιστούν σε δισκία ελεγχόμενου πάχους. Ο τεμαχισμός γινόταν με μηχανικό επεξεργαστή Affetta Trici, Sirman® (Padova, Italy) ο οποίος επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση του πάχους κοπής των δισκίων πατάτας.



**Εικόνα 3:** Ο μηχανικός κόπτης, Affetta Trici, Sirman® (Padova, Italy), για την ομοιόμορφη κοπή των δισκίων πατάτας.

Τα δισκία που παραλαμβάνονταν για τηγάνισμα προέρχονταν από το κέντρο των κονδύλων ώστε να αποφεύγεται η ψηλή συγκέντρωση σακχάρων που παρατηρείται στη βάση και την κορυφή των κονδύλων. Μετά την παραλαβή τους τα δισκία ξεπλένονταν σε νερό θερμοκρασίας δωματίου και αποθέτονταν σε πορώδες χαρτί για να στεγνώσουν. Κατόπιν, το πάχος τους ελεγχόταν ατομικά με χρήση παχυμέτρου και λαμβάνονταν δισκία συνολικού βάρους 100g, αντιπροσωπευτικά κάθε δείγματος, για τηγάνισμα. Εξετάστηκαν τα πάχη 1.25, 1.50, 1.75 και 2.00mm αντίστοιχα.

## 2.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Το τηγάνισμα διενεργήθηκε σε ηλεκτρική θερμοστατική φριτέζα με σταθερό όγκο 4L σπορέλαιου στους 180 βαθμούς Κελσίου. Για κάθε καθορισμένο πάχος δισκίων πραγματοποιήθηκαν 11 χρόνοι τηγανίσματος: 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280 και 300s. Για κάθε συνδυασμό πάχους-χρόνου διενεργήθηκαν 4 επαναλήψεις. Διενεργήθηκαν συνολικά τηγανίσματα 176 δειγμάτων.



**Εικόνα 4:** Ηλεκτρική θερμοστατική φριτέζα

## 2.3. ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟ MINOLTA

### 2.3.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟ MINOLTA

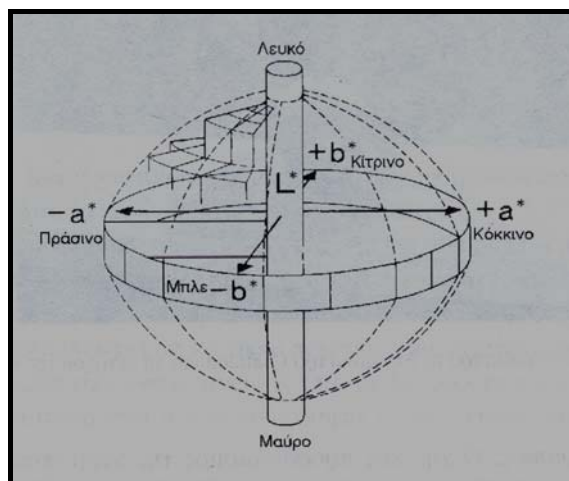
Στην ολοκλήρωση κάθε χρόνου τηγανίσματος το προϊόν παραλαμβάνεται και απλώνεται σε πορώδες χαρτί για να στραγγίσει. Ακολουθούσε καταρχήν αξιολόγηση του βαθμού καραμελοποίησης δια αντιπαραβολής με δείκτες χρώματος της βιομηχανίας, που αντιστοιχούν σε διαβαθμίσεις αυξημένης καθαρότητας του προϊόντος από 1 μέχρι 9. Έπειτα το προϊόν δεχόταν λιοτρίβισμα και το χρώμα αξιολογούνταν αναλυτικά σε κυψελίδα χρωματόμετρο MINOLTA® CR 410. Προσδιορίστηκαν οι παράμετροι  $L^*$  και  $a^*$  κάθε δείγματος. Η τιμή  $L^*$  χαρακτηρίζει τη φωτεινότητα ή καθαρότητα του χρώματος σε κλίμακα 0-100 όπου το 100 αντιστοιχεί στη μέγιστη φωτεινότητα (ελάχιστη καραμελοποίηση). Η τιμή  $a^*$  μας χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση χρώματος από πράσινο ( $<0$ ) έως κόκκινο ( $>0$ ). Η μέτρηση του χρώματος στα πατατάκια έγινε με χρωματόμετρο MINOLTA® CR 410, το οποίο μετρά και αναλύει τον ανακλώμενο φως.



**Εικόνα 5:** Χρωματόμετρο Minolta® CR 410 για λήψη των παραμέτρων  $L^*$  και  $a^*$ .

### 2.3.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟΥ MINOLTA

Η λειτουργία των οργάνων αυτών βασίζεται στην τριχρωματική ευαισθησία που παρουσιάζει το ανθρώπινο μάτι να συλλάβει το χρώμα με τρεις φωτοευαίσθητες ουσίες που αντιστοιχούν στα τρία βασικά χρώματα: κόκκινο, πράσινο και μπλε (RGB). Είναι γνωστό ότι από τα τρία αυτά χρώματα είναι δυνατό να παραχθούν κάτω από ορισμένες αναλογίες όλα τα χρώματα. Τα χρωματομέτρα εκπέμπουν ακτινοβολία από μια πηγή (xenon) και το ανακλώμενο φως από την επιφάνεια του δείγματος διέρχεται από τρία φίλτρα, κόκκινο, πράσινο και μπλε. Το διερχόμενο φως αναλύεται με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, συγκρίνεται με ορισμένα standards και το χρώμα δίνεται με τις τιμές X, Y και Z, όπου X αντιστοιχεί στο κίτρινο-πορτοκαλί, Y στο πράσινο και Z στο μπλε. Το χρώμα επίσης δίνεται σε τιμές  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  (Εικ.6), η τιμή  $L^*$  χαρακτηρίζει τη φωτεινότητα ή καθαρότητα του χρώματος σε κλίμακα 0-100 όπου το 100 αντιστοιχεί στη μέγιστη φωτεινότητα (ελάχιστη καραμελοποίηση). Η τιμή  $a^*$  μας χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση χρώματος από πράσινο ( $-a^*$ ) έως κόκκινο ( $+a^*$ ). Η τιμή  $b^*$  χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση από κίτρινο ( $+b^*$ ) σε μπλε ( $-b^*$ ). ( Σφακιωτάκης,2004, Σελ:114-115 )



**Εικόνα 6:** Σφαιρική αναπαράσταση των χρωμάτων με το σύστημα  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .



## 2.4. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Με την ολοκλήρωση της αξιολόγησης του χρώματος, δείγμα περίπου 10g του μεταποιημένου προϊόντος ζυγίζεται σε ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας και τοποθετούνται σε αλουμινένια δισκία. Ακολουθεί κλιβανισμός του προϊόντος στους 105 βαθμών Κελσίου για 48 ώρες (σταθεροποίηση βάρους) και επαναζυγίζεται για υπολογισμό της περιεκτικότητας υγρασίας του προϊόντος στον συγκεκριμένο συνδυασμό πάχους-χρόνου τηγανίσματος.



**Εικόνα 7:** Ζυγός για ζύγισμα δείγματος.



**Εικόνα 8:** Η πορεία αφύγρανσης των chips σε κλίβανο.

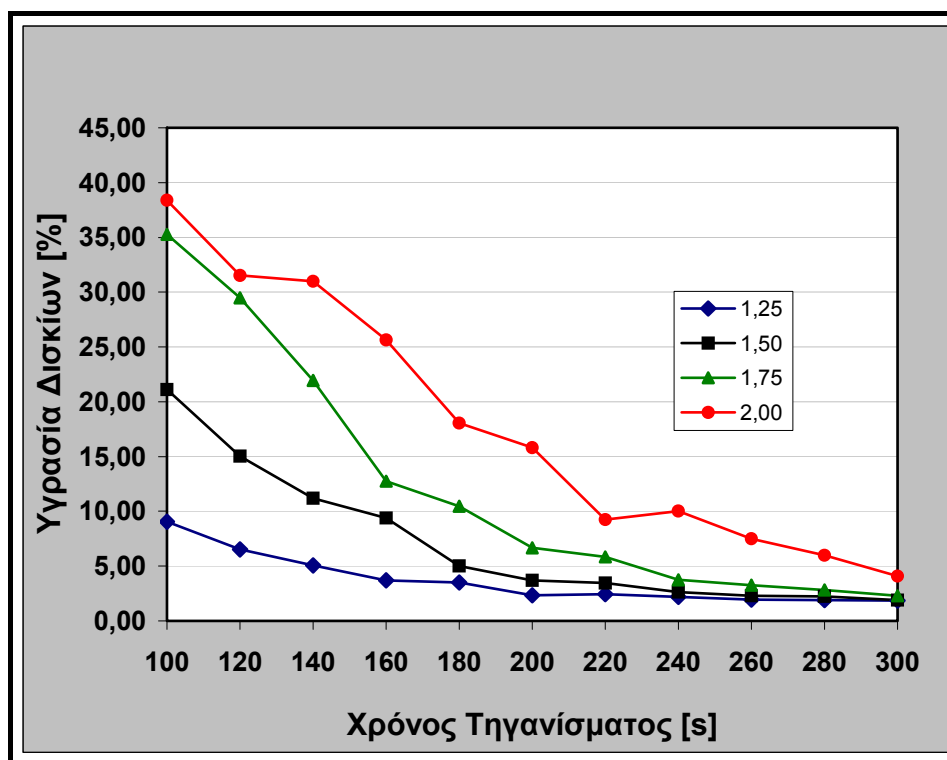
## 2.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 2.5.1. Αφυδάτωση

Η μεταβολή της υγρασίας παρουσιάζεται εντονότερη κατά τα πρώτα 180 δευτερόλεπτα τηγανίσματος, ακολούθως επιβραδύνεται μεταξύ 180-240 δευτερολέπτων και οδηγείται σε ολοκλήρωση και σταθεροποίηση μετά τα 240 δευτερόλεπτα (Γράφημα 1, Πίνακας 3). Ο ρυθμός μεταβολής της υγρασίας των δισκίων κατά το τηγάνισμα φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από το πάχος τους (Γράφημα 1, Πίνακας 3). Με δεδομένο το στόχο της αφυδάτωσης της πατάτας σε επίπεδα κάτω του 2% κατά τη διαδικασία βιομηχανικής μεταποίησης (κατά προτίμηση προσέγγιση τελικής υγρασίας 1.8%) μπορούμε, στους χρόνους που έχουμε εξετάσει, να διαχωρίσουμε τα πάχη ως ακολούθως: Για πάχος 1.25mm η υγρασία μειώνεται κάτω από το όριο του 2% σε χρόνο 240-260 δευτερόλεπτα. Για πάχος 1.50mm αντίστοιχη μείωση επιτυγχάνεται σε 280-300 δευτερόλεπτα ενώ για τα πάχη 1.75mm και 2.00mm ο απαιτούμενος χρόνος υπερβαίνει τα 300 δευτερόλεπτα. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το μοντέλο που έχει παραχθεί στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δύναται να παρουσιάζει απόκλιση από τα βιομηχανικά δεδομένα αφού το τηγάνισμα έγινε σε ανοικτή ηλεκτρική θερμοστατική φριτέζα με σπορέλαιο ενώ στη βιομηχανία χρησιμοποιείται κατά κανόνα κλειστό σύστημα τηγανίσματος σε φοινικέλαιο με διαρκή μηχανική ανάδευση που επιταχύνει την αφυδάτωση της πατάτας.

**Πίνακας 3:** Περιεκτικότητα υγρασίας (%) σε σχέση με το πάχος των δισκίων πατάτας και το χρόνο τηγανίσματος.

%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	Πάχος Δισκίου Πατάτας (mm)			
	1.25	1.50	1.75	2.00
ΧΡΟΝΟΣ (s)				
100	9.06	21.10	35.28	38.39
120	6.50	15.01	29.47	31.53
140	5.04	11.20	21.92	30.99
160	3.70	9.41	12.76	25.62
180	3.52	5.00	10.48	18.07
200	2.34	3.68	6.67	15.79
220	2.44	3.47	5.82	9.26
240	2.20	2.64	3.73	10.01
260	1.96	2.30	3.26	7.48
280	1.91	2.22	2.82	5.99
300	1.83	1.90	2.27	4.10



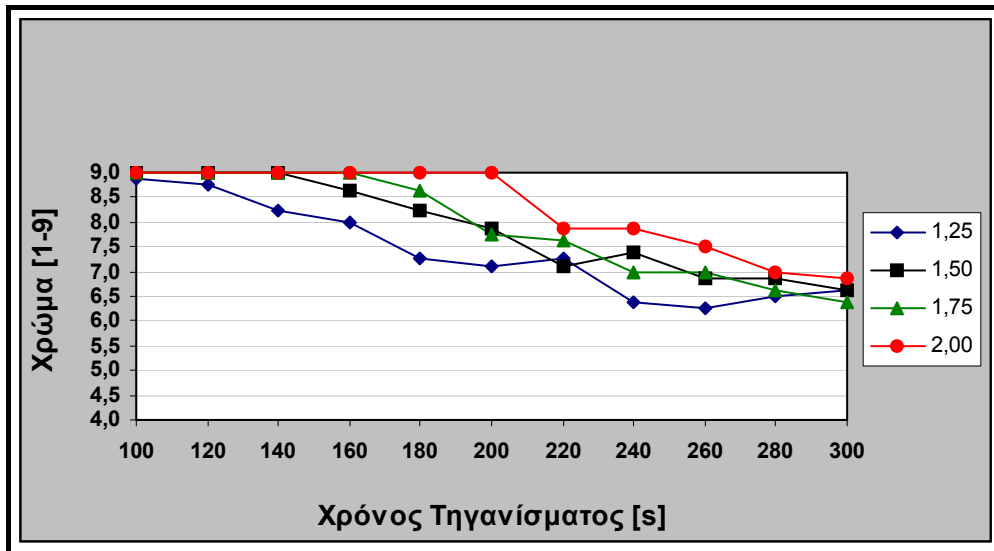
**Γράφημα 1:** Μεταβολή υγρασίας στο χρόνο τηγανίσματος στους 180°C

### 2.5.2. Καραμελοποίηση – Χρώμα

Η αξιολόγηση του χρώματος του μεταποιημένου προϊόντος δια αντιπαραβολής με δείκτες χρώματος της βιομηχανίας σε κλίμακα 1-9 (1=έντονα καραμελοποιημένο, 9=εντελώς καθαρό) και με χρωματόμετρο για τις παραμέτρους  $L^*$  (φωτεινότητα ή καθαρότητα του χρώματος σε κλίμακα 0-100 όπου το 100 αντιστοιχεί στη μέγιστη φωτεινότητα) και  $a^*$  (διαβάθμιση χρώματος από πράσινο (<0) έως κόκκινο (>0)) φαίνεται στα γραφήματα 2,3,4 και στους αντίστοιχους πίνακες. Είναι εμφανές ότι η καραμελοποίηση των δισκίων πατάτας όπως αξιολογείται σε σχέση με το παραγόμενο χρώμα εντείνεται με την αφυδάτωση του προϊόντος κατά το τηγάνισμα, δηλαδή με το χρόνο τηγανίσματος. Η αύξηση στο πάχος των δισκίων φαίνεται να επιβραδύνει τη μεταβολή του επιφανειακού χρώματος που οφείλεται στην καραμελοποίηση. Αυτό προκύπτει τόσο από τη συνολική αξιολόγηση με τους δείκτες χρώματος (Γράφημα 2, Πίνακας 4) όσο και από τη μείωση της φωτεινότητας του προϊόντος  $L^*$  (Γράφημα 3, Πίνακας 5) και την ένταση της ερυθρότητας του προϊόντος  $a^*$  (Γράφημα 4, Πίνακας 6). Ως προς την παράμετρο  $a^*$  οι διαφορές ανάμεσα στα πάχη δισκίων γίνονται εμφανείς από τον πρώτο χρόνο τηγανίσματος (100s) ενώ ως προς την παράμετρο  $L^*$  οι διαφορές διαμορφώνονται κυρίως μετά τα 220s. Η ένταση της καραμελοποίησης σύμφωνα με τους δείκτες χρώματος, οι οποίοι αποτυπώνουν μια συνολική αλλά και λιγότερο αντικειμενική εκτίμηση της, αρχίζει να διαφοροποιείται ανάμεσα στα πάχη δισκίων μετά τα 160 δευτερόλεπτα τηγανίσματος.

**Πίνακας 4:** Το χρώμα σε σχέση με το πάχος δισκίων και το χρόνο τηγανίσματος.

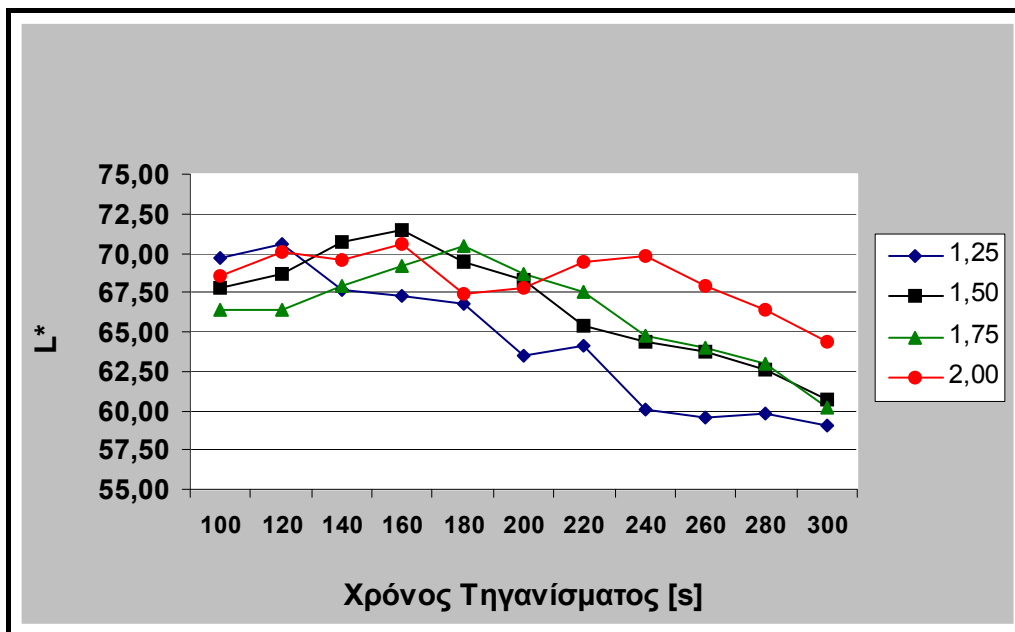
ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	Πάχος Δισκίου Πατάτας (mm)			
	1.25	1.50	1.75	2.00
ΧΡΟΝΟΣ (s)				
100	8.9	9.00	9.00	9.00
120	8.8	9.00	9.00	9.00
140	8.3	9.00	9.00	9.00
160	8.0	8.63	9.00	9.00
180	7.3	8.25	8.63	9.00
200	7.1	7.88	7.75	9.00
220	7.3	7.13	7.63	7.88
240	6.4	7.38	7.00	7.88
260	6.3	6.88	7.00	7.50
280	6.5	6.88	6.63	7.00
300	6.6	6.63	6.38	6.88



**Γράφημα 2:** Μεταβολή χρώματος στο χρόνο τηγανίσματος στους 180°C

**Πίνακας 5:** Η παράμετρος χρώματος L\* σε σχέση με το πάχος δισκίων και το χρόνο τηγανίσματος.

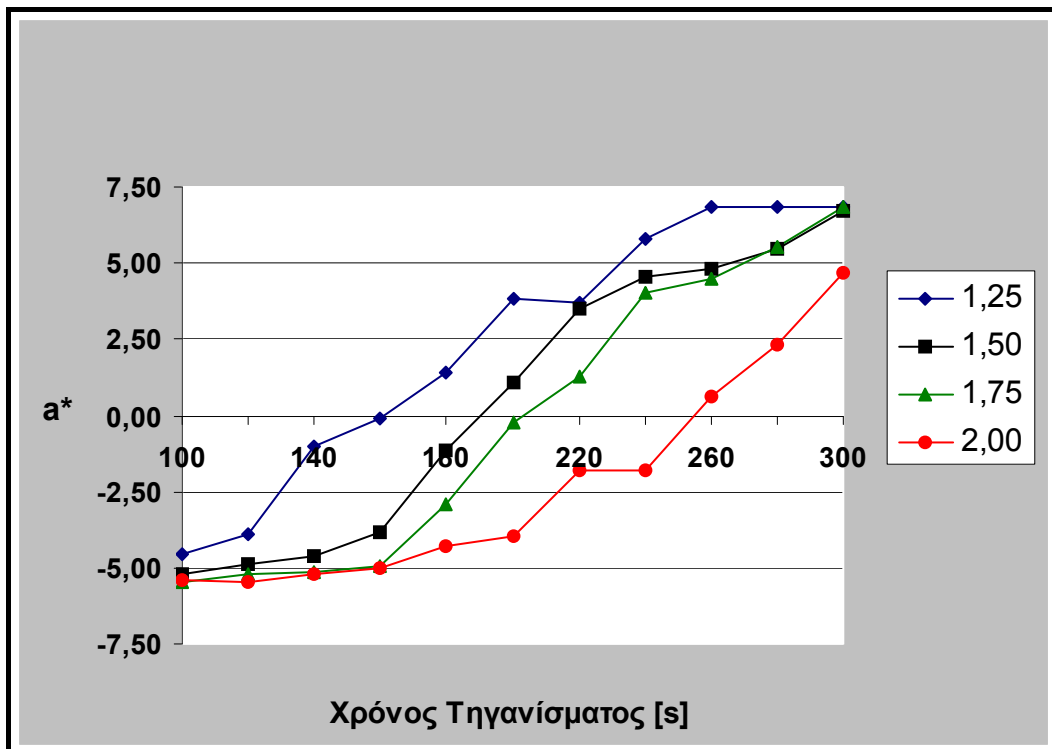
L*	Πάχος Δισκίου Πατάτας (mm)			
ΧΡΟΝΟΣ (s)	1.25	1.50	1.75	2.00
100	69.67	67.78	66.42	68.59
120	70.61	68.64	66.33	70.09
140	67.66	70.75	67.95	69.58
160	67.24	71.48	69.22	70.52
180	66.72	69.43	70.49	67.44
200	63.53	68.32	68.71	67.75
220	64.06	65.35	67.47	69.45
240	60.09	64.32	64.78	69.86
260	59.62	63.68	64.03	67.88
280	59.85	62.54	62.99	66.43
300	59.08	60.75	60.18	64.37



**Γράφημα 3:** Μεταβολή παραμέτρου χρώματος L\* στο χρόνο τηγανίσματος στους 180°C

**Πίνακας 6:** Η παράμετρος  $a^*$  σε σχέση με το πάχος δισκίων και το χρόνο τηγανίσματος

$a^*$	Πάχος Δισκίου Πατάτας (mm)			
ΧΡΟΝΟΣ (s)	1.25	1.50	1.75	2.00
100	-4.55	-5.20	-5.44	-5.41
120	-3.89	-4.90	-5.22	-5.50
140	-1.02	-4.64	-5.17	-5.19
160	-0.08	-3.82	-4.92	-5.03
180	1.39	-1.12	-2.90	-4.27
200	3.84	1.08	-0.23	-4.00
220	3.69	3.48	1.31	-1.82
240	5.80	4.57	4.01	-1.80
260	6.87	4.80	4.50	0.61
280	6.87	5.47	5.50	2.32
300	6.83	6.69	6.85	4.66



**Γράφημα 4:** Μεταβολή παραμέτρου χρώματος  $a^*$  στο χρόνο τηγανίσματος στους 180°C

## 2.6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η επιβράδυνση της καραμελοποίησης με την αύξηση του πάχους των δισκίων πατάτας ενδεχομένως να συνδέεται με την πορεία αφυδάτωσης των δισκίων κατά το τηγάνισμα. Στην έναρξη του τηγανίσματος οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας στην επιφάνεια των δισκίων είναι παρόμοιες. Η εξάτμιση της υγρασίας από την επιφάνεια των δισκίων κατά το τηγάνισμα καταπιέζει την επιφανειακή θερμοκρασία των δισκίων και περιορίζει το φαινόμενο της καραμελοποίησης. Με την πρόοδο του τηγανίσματος η υγρασία στην επιφάνεια των δισκίων αναπληρώνεται με μεταφορά υγρασίας από το εσωτερικό τους. Καθώς η εσωτερική υγρασία των δισκίων μειώνεται, η μεταφορά αυτή περιορίζεται με αποτέλεσμα η επιφανειακή θερμοκρασία των δισκίων να αυξάνεται εντείνοντας το φαινόμενο της καραμελοποίησης. Αυτό ενδεχομένως να εξηγεί την καθυστερημένη καραμελοποίηση με την αύξηση του πάχους των δισκίων παρόλο που η καραμελοποίηση λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια του προϊόντος.

Οι κόνδυλοι πατάτας, οι οποίοι προορίζονται για επεξεργασία και παραγωγή chips, πρέπει να περιέχουν χαμηλές ποσότητες αναγωγικών σακχάρων, έτσι ώστε να περιορίζεται και να αποφεύγεται ο σχηματισμός των ανεπιθύμητων μελανοειδών (σκούρου χρώματος), τελικά προϊόντα της μη – ενζυματικής αντίδρασης Maillard (Non-enzymatic Maillard reaction) (Danelly, 1986). Η αντίδραση Maillard ξεκινάει σε υψηλές θερμοκρασίες, με την αντίδραση των αναγωγικών σακχάρων και ελεύθερων αμινοξέων. Πρόσφατα, έρευνες έδειξαν ότι ένα βασικό συστατικό που είναι υπεύθυνο για καρκινογενέσεις, το ακρυλαμίδιο, σχηματίζεται κατά το τηγάνισμα της πατάτας σε υψηλές θερμοκρασίες. (Tareke et al., 2002). Επίσης, αναφέρεται σε επιστημονικά δημοσιεύματα ότι οι πρόδρομοι των μελανοειδών και το ακρυλαμίδιο ίσως να είναι το ίδιο (Motttram et al., 2002; Stadler et al., 2002).



Οι υδατάνθρακες συσσωρεύονται σε κόνδυλο πατάτας όταν υπάρχει μια ανισορροπία ανάμεσα στην αποικοδόμηση του αμύλου, τη σύνθεση του αμύλου και την αναπνοή των υδατανθράκων. Η θερμοκρασία αποθήκευσης και η φυσιολογική ηλικία των κονδύλων αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της γλυκόλυσης.

Ενώ πριν τη συγκομιδή, οι συγκεντρώσεις των αναγωγικών σακχάρων στους κονδύλους εμπορικών ποικιλιών, φυσιολογικά είναι χαμηλές, κατά την μεταφορά τους για αποθήκευση και με μια μείωση της θερμοκρασίας, οι συγκεντρώσεις αυξάνονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται χαμηλής θερμοκρασίας γλυκόλυσης (Sowokinos,2001) και είναι μια αντιστρέψιμη διαδικασία. Βραχυπρόθεσμα, με μια αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στους 15-20 βαθμούς Κελσίου ξεκινάει αντίδραση κατά την οποία μεταφέρονται υδατάνθρακες από την αναδόμηση του αμύλου (Isherwood, 1976). Για να αποφεύγετε η παραπάνω διαδικασία οι πατάτες που προορίζονται για επεξεργασία πρέπει να αποθηκεύονται στους 8 βαθμούς Κελσίου.

**Στόχος** μας είναι, το προϊόν να έχει τα εξής χαρακτηριστικά ως προς τις παραμέτρους που αξιολογούμε:

- Για την παράμετρο  $L^*$ , η κλίμακα να κυμαίνεται γύρω στο 65 για να μην υπερβούμε τα επιθυμητά χαρακτηριστικά.
- Για την παράμετρο  $a^*$ , μας είναι αδιάφορο πόσο θα είναι η τιμή της, γιατί δεν επηρεάζει καθόλου στην εμφάνιση της καραμελλοποίησης.
- Για τους δείκτες χρώματος, το κατάλληλο όριο είναι από το 7 και πάνω, δεν θέλουμε να είναι κάτω από το 7.

Τα δείγματα που χρησιμοποιήσαμε εξάχθηκαν όλα από το ίδιο χωράφι και την ίδια καλλιεργητική περίοδο και ανήκουν στην ίδια ποικιλία (Hermes). Επίσης κατά την διαδικασία του πειράματος, η πορεία ήταν η ίδια για όλα τα στάδια του. Πλένονταν με προσοχή και με αφθονία νερού τα δισκία για απομάκρυνση του αμύλου και έτσι να είναι μειωμένο το ποσοστό καραμελλοποίησης. Για όλα τα

δείγματα παίρναμε σταθερή ποσότητα, 100 γραμμάρια, και τα δείγματα αυτά τηγανίζονταν σε σταθερή ποσότητα ηλιελαίου, 4 λίτρα, για όσο χρόνο αντιστοιχούσε στο κάθε δείγμα.

Από τα πιο πάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι το καλύτερο πάχος δισκίων πατάτας που πρέπει να χρησιμοποιείται στη μεταποίηση είναι 1.50 mm και ιδανικός χρόνος τηγανίσματος είναι 280s - 300s. Ενδέχεται όμως κάτω από βιομηχανικές συνθήκες ο χρόνος τηγανίσματος να είναι μειωμένος γιατί η μεταποίηση γίνεται σε κλειστό σύστημα τηγανίσματος με συνεχή ανάδευση που συνεπάγεται γρηγορότερη αφυδάτωση του προϊόντος. Επιλέξαμε αυτό το πάχος και αυτούς τους χρόνους τηγανίσματος γιατί οι τιμές της παραμέτρου  $L^*$  είναι γύρω στο 65 και η υγρασία του προϊόντος είναι γύρω στο 2%, δηλαδή στα όρια που πρέπει να βρίσκεται το προϊόν μας.

Απορρίψαμε τα πάχη 1.75 mm και 2.00 mm γιατί έχουμε αυξημένο ποσοστό υγρασίας και για να πάμε στα επιθυμητά ποσοστά χρειαζόμαστε περισσότερο χρόνο τηγανίσματος κάτι που δεν θέλουμε. Το πάχος 1.25 mm απορρίπτεται γιατί έχουμε ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά στη παράμετρο  $L^*$ , που είναι κάτω από το 65.



**Εικόνα 9:** Το κατάλληλο στάδιο στα chips σύμφωνα με τα αποτελέσματα μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡΧ. ΒΑΡΟΣ (g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d1.25t100A	100	12.37	11.78	4.77	8.5	69.47	-2.87
d1.25t100B	100	9.53	8.62	9.55	9.0	71.46	-5.20
d1.25t100C	100	9.45	7.93	16.08	9.0	66.32	-5.22
d1.25t100D	100	11.05	10.23	7.42	9.0	71.41	-4.91
d1.25t120A	120	13.03	12.26	5.91	9.0	69.97	-4.07
d1.25t120B	120	9.34	8.69	6.96	8.5	69.29	-3.66
d1.25t120C	120	8.28	7.59	8.33	9.0	72.25	-5.17
d1.25t120D	120	11.68	11.04	5.48	8.5	70.91	-2.67
d1.25t140A	140	12.71	11.69	8.03	9.0	67.49	-3.91
d1.25t140B	140	11.92	11.52	3.36	8.0	67.71	0.02
d1.25t140C	140	10.62	9.99	5.93	9.0	72.23	-4.58
d1.25t140D	140	12.57	12.21	2.86	7.0	63.21	4.39
d1.25t160A	160	13.03	12.44	4.53	9.0	68.92	-2.90
d1.25t160B	160	11.57	11.29	2.42	6.5	62.87	4.42
d1.25t160C	160	11.12	10.69	3.87	9.0	71.23	-3.57
d1.25t160D	160	11.54	11.09	3.90	7.5	65.94	1.72
d1.25t180A	180	12.43	11.79	5.15	8.5	70.01	-2.82
d1.25t180B	180	9.65	9.37	2.90	7.0	65.57	2.95
d1.25t180C	180	10.64	10.33	2.91	7.0	67.94	0.58
d1.25t180D	180	12.77	12.40	2.90	6.5	63.36	4.84
d1.25t200A	200	12.04	11.71	2.74	8.5	67.40	0.65
d1.25t200B	200	10.89	10.63	2.39	7.0	64.79	2.80

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡΧ. ΒΑΡΟΣ (g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
<b>d1.25t200C</b>	200	10.76	10.51	2.32	7.0	64.12	3.88
<b>d1.25t200D</b>	200	11.15	10.94	1.88	6.0	57.79	8.03
<b>d1.25t220A</b>	220	11.79	11.45	2.88	8.0	66.42	2.37
<b>d1.25t220B</b>	220	11.89	11.60	2.44	7.0	64.75	2.78
<b>d1.25t220C</b>	220	10.49	10.20	2.76	7.0	63.04	4.54
<b>d1.25t220D</b>	220	14.52	14.25	1.86	7.0	62.02	5.05
<b>d1.25t240A</b>	240	12.70	12.39	2.44	7.5	63.06	3.55
<b>d1.25t240B</b>	240	13.03	12.77	2.00	6.0	58.58	6.21
<b>d1.25t240C</b>	240	12.67	12.39	2.21	6.0	59.71	5.77
<b>d1.25t240D</b>	240	12.91	12.63	2.17	6.0	59.00	7.67
<b>d1.25t260A</b>	260	13.42	13.13	2.16	7.0	61.06	6.03
<b>d1.25t260B</b>	260	13.98	13.69	2.07	6.0	59.40	6.33
<b>d1.25t260C</b>	260	13.28	13.06	1.66	6.0	58.48	7.66
<b>d1.25t260D</b>	260	13.88	13.61	1.95	6.0	59.54	7.45
<b>d1.25t280A</b>	280	15.50	15.19	2.00	7.0	59.63	7.59
<b>d1.25t280B</b>	280	14.26	14.01	1.75	6.5	57.58	7.25
<b>d1.25t280C</b>	280	10.70	10.52	1.68	6.5	63.71	4.65
<b>d1.25t280D</b>	280	13.44	13.15	2.16	6.0	58.46	7.98
<b>d1.25t300A</b>	300	15.17	14.90	1.78	7.5	58.85	7.15
<b>d1.25t300B</b>	300	12.97	12.69	2.16	6.5	58.26	6.74
<b>d1.25t300C</b>	300	12.85	12.65	1.56	6.5	62.50	5.26
<b>d1.25t300D</b>	300	12.44	12.21	1.85	6.0	56.72	8.18

**3.2. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡ. ΒΑΡΟΣ(g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d1.50t100A	100	8,77	7,50	14,48	9,0	68,08	-4,99
d1.50t100B	100	10,71	8,12	24,18	9,0	70,27	-5,35
d1.50t100C	100	11,03	8,13	26,29	9,0	66,47	-6,03
d1.50t100D	100	7,84	6,51	16,96	9,0	66,30	-4,43
d1.50t120A	120	6,87	6,17	10,19	9,0	69,84	-4,56
d1.50t120B	120	8,05	6,97	13,42	9,0	70,02	-4,75
d1.50t120C	120	9,89	7,93	19,82	9,0	69,32	-6,08
d1.50t120D	120	6,96	5,93	14,80	9,0	65,39	-4,20
d1.50t140A	140	8,67	8,13	6,23	9,0	70,42	-4,27
d1.50t140B	140	10,53	9,46	10,16	9,0	71,36	-3,83
d1.50t140C	140	9,10	7,39	18,79	9,0	68,90	-5,61
d1.50t140D	140	11,51	10,37	9,90	9,0	72,33	-4,85
d1.50t160A	160	9,04	8,29	8,30	9,0	72,94	-3,95
d1.50t160B	160	10,93	9,91	9,33	8,5	70,15	-3,13
d1.50t160C	160	8,16	7,06	13,48	8,5	71,20	-4,67
d1.50t160D	160	9,48	8,81	7,07	8,5	71,61	-3,52
d1.50t180A	180	8,42	7,99	5,11	8,5	69,79	-1,28
d1.50t180B	180	8,40	7,91	5,83	8,0	69,46	-2,03
d1.50t180C	180	9,27	8,83	4,75	8,0	68,72	-0,31
d1.50t180D	180	10,93	10,44	4,48	8,5	69,76	-0,87
d1.50t200A	200	10,00	9,70	3,00	8,0	66,95	1,75
d1.50t200B	200	10,22	9,80	4,11	7,5	68,51	0,87
d1.50t200C	200	10,96	10,54	3,83	8,0	68,11	1,15

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡ. ΒΑΡΟΣ(g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d1.50t200D	200	11,20	10,78	3,75	8,0	69,71	0,53
d1.50t220A	220	8,71	8,41	3,44	7,5	67,64	0,82
d1.50t220B	220	11,25	10,89	3,20	7,0	61,69	5,54
d1.50t220C	220	10,60	10,15	4,25	6,5	65,37	4,62
d1.50t220D	220	15,60	15,11	3,14	7,5	66,69	2,92
d1.50t240A	240	8,90	8,66	2,70	7,0	64,90	3,93
d1.50t240B	240	11,24	10,94	2,67	7,5	63,50	5,20
d1.50t240C	240	9,89	9,60	2,93	8,0	67,45	2,51
d1.50t240D	240	17,61	17,18	2,44	7,0	61,43	6,62
d1.50t260A	260	10,09	9,82	2,68	7,0	64,59	3,41
d1.50t260B	260	11,01	10,66	3,18	7,5	66,29	2,48
d1.50t260C	260	8,96	8,71	2,79	6,5	63,75	5,96
d1.50t260D	260	.	.	.	6,5	60,07	7,35
d1.50t280A	280	8,45	8,23	2,60	7,0	64,41	3,92
d1.50t280B	280	12,39	12,12	2,18	7,0	62,88	4,96
d1.50t280C	280	10,25	10,02	2,24	7,0	65,17	3,94
d1.50t280D	280	18,38	18,00	2,07	6,5	57,71	9,05
d1.50t300A	300	9,65	9,41	2,49	6,5	61,78	5,21
d1.50t300B	300	11,27	10,94	2,93	6,5	62,21	7,08
d1.50t300C	300	11,83	11,59	2,03	6,5	59,85	7,09
d1.50t300D	300	.	.	.	7,0	59,16	7,36

**3.3. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ**

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡ. ΒΑΡΟΣ(g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d1.75t100A	100	5,67	4,56	19,58	9,0		
d1.75t100B	100	16,52	12,41	24,88	9,0	68,48	-5,32
d1.75t100C	100	21,71	14,03	35,38	9,0	65,37	-4,92
d1.75t100D	100	22,20	11,78	46,94	9,0	65,42	-6,08
d1.75t120A	120	5,84	5,01	14,21	9,0		
d1.75t120B	120	12,26	9,29	24,23	9,0	63,87	-4,77
d1.75t120C	120	17,55	12,02	31,51	9,0	67,98	-5,21
d1.75t120D	120	15,63	9,85	36,98	9,0	67,14	-5,68
d1.75t140A	140	5,54	5,02	9,39	9,0		
d1.75t140B	140	17,11	13,36	21,92	9,0	67,87	-5,19
d1.75t140C	140	15,21	11,59	23,80	9,0	65,04	-4,61
d1.75t140D	140	11,22	8,35	25,58	9,0	70,95	-5,70
d1.75t160A	160	6,87	6,13	10,77	9,0	71,57	-4,31
d1.75t160B	160	18,63	16,33	12,35	9,0	67,87	-5,91
d1.75t160C	160	9,14	7,77	14,99	9,0	68,41	-4,58
d1.75t160D	160	9,80	8,54	12,86	9,0	69,01	-4,88
d1.75t180A	180	8,74	8,04	8,01	9,0	71,28	-2,89
d1.75t180B	180	17,00	15,32	9,88	8,5	70,13	-3,55
d1.75t180C	180	15,10	13,54	10,33	8,5	70,21	-2,12
d1.75t180D	180	16,50	14,43	12,55	8,5	70,34	-3,04
d1.75t200A	200	8,53	8,04	5,74	7,5	69,23	-0,28
d1.75t200B	200	17,00	15,64	8,00	8,5	70,76	-2,56
d1.75t200C	200	16,74	15,57	6,99	8,0	68,29	0,06

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡ. ΒΑΡΟΣ(g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d1.75t200D	200	15,91	15,05	5,41	7,0	66,55	1,85
d1.75t220A	220	8,83	8,49	3,85	7,0	65,91	3,96
d1.75t220B	220	17,92	16,90	5,69	8,0	69,69	-0,09
d1.75t220C	220	18,01	17,17	4,66	8,0	69,24	0,28
d1.75t220D	220	17,06	15,66	8,21	7,5	65,04	1,08
d1.75t240A	240	8,68	8,34	3,92	6,5	63,73	4,55
d1.75t240B	240	15,91	15,35	3,52	7,0	64,64	4,58
d1.75t240C	240	16,56	15,84	4,35	7,5	66,81	2,78
d1.75t240D	240	13,23	12,82	3,10	7,0	63,95	4,12
d1.75t260A	260	7,78	7,51	3,47	6,5	62,61	5,10
d1.75t260B	260	16,41	15,78	3,84	7,0	63,82	4,96
d1.75t260C	260	17,74	17,20	3,04	7,5	66,65	3,59
d1.75t260D	260	17,24	16,75	2,84	7,0	63,02	4,36
d1.75t280A	280	9,15	8,87	3,06	6,0	60,56	6,68
d1.75t280B	280	17,38	16,87	2,93	7,0	65,02	4,90
d1.75t280C	280	15,75	15,23	3,30	7,0	64,13	4,71
d1.75t280D	280	16,97	16,61	2,12	6,5	62,24	5,72
d1.75t300A	300	8,29	8,14	1,81	6,0	58,66	8,08
d1.75t300B	300	14,83	14,45	2,56	6,5	61,25	6,93
d1.75t300C	300	20,61	20,15	2,23	7,0	60,96	6,37
d1.75t300D	300	16,64	16,26	2,28	6,0	59,86	6,00



**3.4. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ**

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡΧ. ΒΑΡΟΣ (g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d2.00t100A	100	18,17	10,66	41,33	9,0	67,68	-5,56
d2.00t100B	100	19,91	12,86	35,41	9,0	68,33	-5,62
d2.00t100C	100	13,31	8,59	35,46	9,0	72,46	-5,30
d2.00t100D	100	15,22	8,93	41,33	9,0	65,87	-5,16
d2.00t120A	120	16,92	11,78	30,38	9,0	67,79	-5,59
d2.00t120B	120	17,10	12,12	29,12	9,0	71,78	-5,54
d2.00t120C	120	12,29	8,19	33,36	9,0	70,23	-5,34
d2.00t120D	120	13,99	9,20	34,24	9,0	70,57	-5,51
d2.00t140A	140	18,36	13,30	27,56	9,0	71,35	-5,48
d2.00t140B	140	16,80	11,28	32,86	9,0	68,63	-5,34
d2.00t140C	140	13,14	8,26	37,14	9,0	69,79	-4,98
d2.00t140D	140	10,36	7,64	26,25	9,0	68,53	-4,95
d2.00t160A	160	16,80	12,84	23,57	9,0	68,35	-4,36
d2.00t160B	160	15,62	10,92	30,09	9,0	70,83	-5,37
d2.00t160C	160	11,15	8,40	24,66	9,0	71,71	-5,05
d2.00t160D	160	9,74	7,49	23,10	9,0	71,20	-5,33
d2.00t180A	180	12,50	9,88	20,96	9,0	66,86	-3,72
d2.00t180B	180	8,62	7,32	15,08	9,0	68,04	-4,48
d2.00t180C	180	9,68	7,81	19,32	9,0	69,30	-4,43
d2.00t180D	180	5,95	5,10	14,29	9,0	65,56	-4,45
d2.00t200A	200	11,09	9,50	14,34	9,0	69,77	-3,23
d2.00t200B	200	8,72	7,40	15,14	9,0	68,13	-4,31

ΚΩΔ	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΑΡΧ. ΒΑΡΟΣ (g)	ΤΕΛ. ΒΑΡΟΣ(g)	%ΥΓΡΑΣΙΑΣ	ΧΡΩΜΑ ( 1-9 )	L*	a*
d2.00t200C	200	11,89	9,73	18,17	9,0	67,03	-3,59
d2.00t200D	200	5,99	5,11	14,69	9,0	66,08	-4,85
d2.00t220A	220	12,11	10,76	11,15	8,0	70,43	-2,57
d2.00t220B	220	10,79	10,24	5,10	7,5	68,22	-0,14
d2.00t220C	220	9,83	8,68	11,70	8,5	69,65	-3,25
d2.00t220D	220	10,15	9,23	9,06	7,5	69,49	-1,33
d2.00t240A	240	11,16	10,34	7,35	7,5	70,18	-0,92
d2.00t240B	240	12,05	10,85	9,96	8,0	69,21	-1,34
d2.00t240C	240	10,88	9,59	11,86	8,0	70,78	-3,16
d2.00t240D	240	11,15	9,93	10,94	8,0	69,26	-1,78
d2.00t260A	260	11,23	10,28	8,46	7,5	68,43	0,42
d2.00t260B	260	11,80	11,11	5,85	8,0	68,84	-0,45
d2.00t260C	260	10,34	9,44	8,70	7,0	66,13	1,72
d2.00t260D	260	12,34	11,46	7,13	7,5	68,11	0,75
d2.00t280A	280	12,38	11,65	5,90	7,0	65,75	3,73
d2.00t280B	280	10,76	10,19	5,30	7,0	68,29	0,98
d2.00t280C	280	11,26	10,37	7,90	7,0	65,95	0,91
d2.00t280D	280	11,50	10,94	4,87	7,0	65,73	3,67
d2.00t300A	300	12,57	12,01	4,46	7,0	64,11	5,63
d2.00t300B	300	11,99	11,57	3,50	6,5	61,39	6,76
d2.00t300C	300	10,99	10,39	5,46	7,0	66,45	2,55
d2.00t300D	300	11,71	11,35	3,07	7,0	65,53	3,70

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- An Expeditious, High-Yielding Construction of the Food Aroma Compounds 6-Acetyl-1,2,3,4-tetrahydropyridine and 2-Acetyl-1-pyrroline Tyler J. Harrison and Gregory R. Dake J. Org. Chem.; 2005; 70(26) pp 10872 - 10874
- B.Y. Kim, H.H. Hyun (2002) Production of acrylamide using immobilized cells of *Rhodococcus rhodochrus* M33. *Biotechnol Bioproc Eng* 7, 194-200
- Belitz Grosch, 1999. *Food Chemistry*. Second Edition. Caramelization:256-257
- Belitz Grosch, 1999. *Food Chemistry*. Second Edition. Carbohydrates:237
- Belitz Grosch, 1999. *Food Chemistry*. Second Edition. Initial Stages of the Maillard Reaction:259-261
- BHMASCIENCE, 2005, Ποιος είναι ο νέος διατροφικός εφιάλτης, madNutrition, 01/09/2005,  
[http://www.medNutrition.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=45&Itemid](http://www.medNutrition.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid)
- Carbohydrates, <http://www.geocities.com/nutripolis/ydatanthrakes.htm>
- Γενναίος Ν., 1998. Η παραγωγή πατατών στην Κύπρο. *Γεωργικά Νέα*.4, Σελ: 9-22
- Γενναίος Ν., 2003. Η φύτευση της πατάτας. *Γεωργικά Νέα*. 29, Σελ: 42-47
- Γενναίος Ν., 2004. Προέλευση και διαδοχή της πατάτας. *Γεωργικά Νέα*. 35, Σελ: 23-29
- Γενναίος Ν., 2006. Η παραγωγή πατατών. *Γεωργικά Νέα*. 45, Σελ: 23-26
- D. Mottram, B. Wedzicha, A. Dodson (2002) Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419, 448
- EFSA, 2003, White paper on acrylamide. pp 1-8

- E. Tareke, P. Rydberg, P. Karlsson, S. Eriksson, M. Torquist (2002) Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem* 50, 4998-5006
- FAO/WHO (2002) Final report. Acrylamide in food. pp 4-14
- Food Chemistry, Dennis D. Miller, 1993
- Food Standards agency (2002) Study of Acrylamide in Food. Background information and research findings. pp 3-7
- Food Safety Authority of Ireland Report (2002) Food safety authority comment on Swedish study into cancer chemicals in food. pp 1-2
- Herrman T.J., S.L. Love, B. Shafii and R.B. Dwelle, 1996. Chipping performance of three potato cultivars during long-term storage at two temperature regimes. *Amer. Potato J.* 73: 411-425
- Λουλακάκης Κ.Α., 2004, Σημειώσεις Φυσιολογία Φυτών, Σχολή τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Υδατάνθρακες, Σελ: 13-14.
- Mackey G.R., J. Brown and C.J.W. Torrance, 1990. The processing potential of tubers of the cultivated potato (*Solanum tuberosum* L.) after storage at low temperature. 1. Fry colour. *Potato Res.* 33: 211-218.
- Mackey G.R., J. Brown and C.J.W. Torrance, 1990a. The processing potential of tubers of the cultivated potato (*Solanum tuberosum* L.) after storage at low temperature. 2. Sugar concentration. *Potato Res.* 33: 219-227.
- R. Stadler, I. Blank, N. Varga, F. Robert, J. Hau, P. Guy, M.C. Robert, S. Riediker (2002) Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419, 449
- Weaver M.L. and H. Timm, 1983. Significance of the fructose/glucose ratio in screening potato breeding lines with processing potential. *Amer. Potato J.* 60: 329-338.

