

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τίτλος:

Επίδραση αμύλου και σακχάρων στην πήξη του γάλακτος.

Όνομα:

Τσιάτσικα Ναταλία

Επόπτης:

Γιαννούλη Περσεφόνη

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

Γιαννούλη Περσεφόνη

Σταθόπουλος Κωνσταντίνος

Μπαλατσός Νικόλαος



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 6585/1
Ημερ. Εισ.: 12-05-2009
Δωρεά: Π.Θ.
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΒΒ
2008
ΤΣΙ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000087298

Περίληψη	1
1. Εισαγωγή	1
1.1 Υδατάνθρακες.....	1
1.1.1 Μονοσακχαρίτες	5
1.1.2 Ολιγοσακχαρίτες.....	6
1.1.3 Δισακχαρίτες.....	7
1.1.4 Πολυσακχαρίτες.....	10
1.2 Χημικές.....	10
1.2.1 Οξείδωση.....	10
1.2.2 Αναγωγή.....	11
1.2.3 Σχηματισμός εστέρων.....	11
1.2.4 Ζύμωση.....	11
1.2.5 Επίδραση αλκαλίων.....	11
1.2.6 Επίδραση οξέων.....	11
1.2.7 Σχηματισμός υδραζονών και οξαζονών.....	12
1.2.8 Ανοικοδόμηση σακχάρων.....	12
1.2.9 Αποικοδόμηση.....	12
1.2.10 Ανυδρίτες σακχάρων	12
1.3 Άμυλο... ..	13
1.3.1 Δομή του αμύλου.....	13
1.3.2 Παραγωγή του αμύλου και προϊόντα του.....	14
1.3.3 Υδρόλυση αμύλου	15
1.3.4 Ζελατινοποίηση αμύλου.....	21
1.3.5 Αλλαγές κατά την ζελατινοποίηση αμύλου.....	21
1.3.6 Παράγοντες που επηρεάζουν το ιξώδες ή την συνεκτικότητα του gel.....	21
1.3.6.1 Επίδραση σακχάρων στην ζελατινοποίηση αμύλου.....	26
1.4.1 Πρωτεΐνες.....	28
1.4.2 Το Γάλα.....	29
1.4.3 Σύσταση νωπού γάλακτος.....	30
1.4.4 Συστατικά.....	33
1.4.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τα συστατικά.....	44
1.4.6 Φυσικές ιδιότητες του γάλακτος.....	45
1.4.7 Επεξεργασία γάλακτος.....	48
1.4.8 Πήξη γάλακτος.....	50
1.4.9 Προϊόντα γάλακτος.....	51
1.4.10 Σκόνη γάλακτος.....	52
1.5 Διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις βιοπολυμερών.....	55
1.5.1 Διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις πολυσακχαριτών και πρωτεϊνών	57
1.5.2 Αλληλεπιδράσεις αμύλου με πρωτεΐνες γάλακτος.....	60
2. Πειραματικό μέρος	66
2.1 Επεξεργασία δειγμάτων και οργανολογία	67
2.2 Όργανα που χρησιμοποιήσαμε	67
2.2.1 Φασματοσκοπικές τεχνικές.....	67
2.2.2 Θερμαινόμενος αναδευτήρας.....	71
2.2.3 Ιξωδόμετρο.....	71
2.2.4 Αναλυτής δομής.....	72

2.3 Υλικά που χρησιμοποιήσαμε.....	73
2.3.1 Άμυλο.....	73
2.3.2 Σκόνη γάλακτος.....	73
2.3.3 Κρυσταλλική ζάχαρη.....	73
2.3.4 Φρουκτόζη.....	73
2.4 Μεθοδολογία.....	74
2.4.1 Παρασκευή δειγμάτων 1 ^ο μέρος.....	74
2.4.2 Παρασκευή δειγμάτων 2 ^ο μέρος.....	76
3. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	77
3.1 Σχηματισμός πηκτών	77
3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων από ιξωδόμετρο.....	79
3.3 Αποτελέσματα μετρήσεων από φασματοφωτόμετρο	79
3.4 Αποτελέσματα μετρήσεων από αναλυτή δομής	80
3.5 Διαγράμματα	80
4. Συζήτηση.....	84
5. Συμπέρασμα και μελλοντικές προοπτικές	86
6. Ευχαριστίες.....	86
7. Βιβλιογραφία	86

Περίληψη

Σκοπός την εργασίας είναι η πήξη του γάλακτος υπό την επίδραση του πολυσακχαρίτη, αμύλου και διάφορων σακχάρων. Η τεχνική αυτή μπορεί να αντικαταστήσει τις παραδοσιακές τεχνικές πήξης, με την χρησιμοποίηση ρεννίνης και πυτιάς ή υπό όξινες συνθήκες.

Γενικά, τα τρόφιμα είναι πολυφασικά και πολυσύνθετα και κατά συνέπεια δεν μπορούν να μελετηθούν ως μια μεμονωμένη ουσία, αλλά βάσει των πολυάριθμων και πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων των συστατικών τους .

Στην εργασία αυτή μελετήσαμε ένα απλό σύστημα που αποτελείται από δυο βασικά συστατικά ,πιο συγκεκριμένα την αλληλεπίδραση αμύλου και καζεΐνης. Αρχικά μελετάμε την δομή, το φορτίο, την συμπεριφορά, τις φυσικοχημικές ιδιότητες κάθε συστατικού χωριστά. Με την προετοιμασία μεγάλου αριθμού δειγμάτων διαφορετικής αναλογίας συγκεντρώσεων αμύλου και καζεΐνης παρατηρήσαμε τη δημιουργία διφασικών συστημάτων, γεγονός που οφείλεται στις διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις. Με φασματοφωτομετρικό έλεγχο, έλεγχο δομής, ιξώδους και υφής κατανοήσαμε την αρχή που διέπει αυτού του είδους τις αλληλεπιδράσεις, καθώς και τους παράγοντες που τις επηρεάζουν α)θερμοκρασία, β)συγκεντρώσεις συστατικών, γ)χρόνος παρασκευής και αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης είναι πολύ σημαντικά, γιατί θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε πολυπλοκότερες αλληλεπιδράσεις σε μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα συστήματα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. 1 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες έχουν ευρεία διάδοση στη φύση, συνιστώντας τα 3/4 του βιολογικού κόσμου. Οι υδατάνθρακες σχηματίζονται στα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Υπό τη μορφή του αμύλου οι υδατάνθρακες αποτελούν το αποταμιευτικό υλικό στα φυτά. Είναι σώματα πολύ διαδομένα στη φύση και πολύ μεγάλης σπουδαιότητας, αφού αποτελούν μια από τις κυριότερες θρεπτικές ύλες για τον άνθρωπο και τα ζώα.

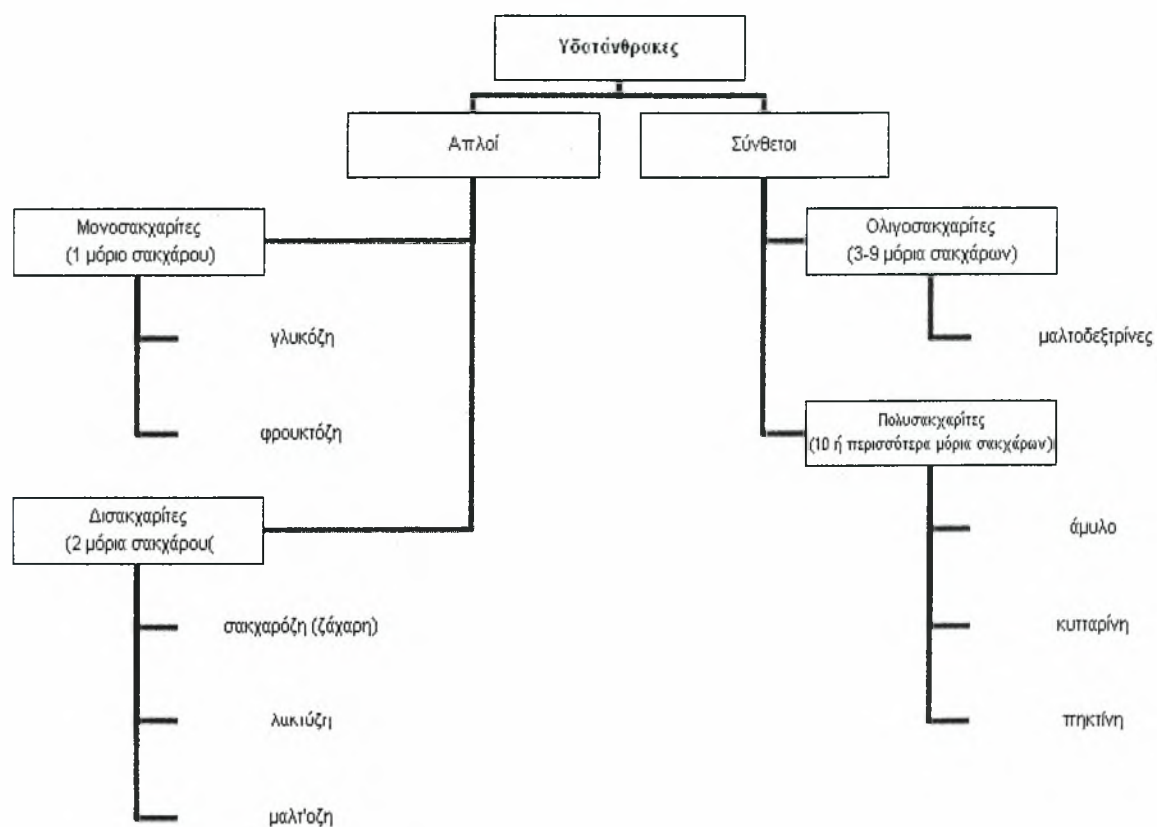
Ο όρος «υδατάνθρακας» χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να δείξει ότι αυτές οι ενώσεις στοιχειακά περιγράφονται από το γενικό τύπο $C_x (H_2O)_y$, πρόκειται δηλαδή για «ενυδατωμένο» άνθρακα, όπου το οξυγόνο και το υδρογόνο περιέχονται στην ίδια όπως και στο νερό αναλογία. Οργανικές ενώσεις, πολυυδροξυλιωμένα παράγωγα των αλδεϋδών και κετονών. Είναι δηλαδή ενώσεις που περιέχουν στο μόριό τους αλδεϋδική ή κετονική ομάδα και πολλά αλκοολικά υδροξύλια.

Υπάρχουν τριών ειδών υδατάνθρακες: τα σάκχαρα, το άμυλο και οι ίνες. Αυτά όλα φτιάχνονται από έναν αριθμό μονοσακχαριτών, που ενώνονται μεταξύ τους με διαφορετικούς τρόπους. Οι υδατάνθρακες λοιπόν, ποικίλουν στην δομή τους και μπορεί να είναι συμπλέγματα απλών σακχάρων συνδεδεμένων με απλούς ή διπλούς δεσμούς, μέχρι μακριές αλυσίδες μορίων γλυκόζης, με ή χωρίς διακλαδώσεις. Εδώ θα επικεντρωθούμε στα σάκχαρα και στο άμυλο, εφ' όσον οι φυτικές ίνες περιέχουν ελάχιστα ποσοστά ενέργειας.

Το όνομα σάκχαρα προήλθε από ορισμένους απλούς αντιπροσώπους, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από γλυκιά γεύση. Σάκχαρα ονομάζονται συχνά οι απλοί υδατάνθρακες, που αποτελούνται από ένα ή δύο μόρια μονοσακχαριτών. Βρίσκονται φυσιολογικά στις τροφές, όπως σε φρούτα και λαχανικά, ή προστίθενται τεχνητά στις τροφές για να προκύψουν τα γλυκά, οι σοκολάτες ή τα διάφορα επιδόρπια. Όλα τα σάκχαρα επηρεάζουν με κάποιο τρόπο τα επίπεδα γλυκόζης του αίματος. Στις τροφές ανευρίσκονται έξι τύποι σακχάρων.

Η κατηγορία αυτή των οργανικών ουσιών περιλαμβάνει τα απλά σάκχαρα και τα πολυμερή τους. Οι **μονοσακχαρίτες** είναι οι πιο απλοί υδατάνθρακες και η γλυκόζη κατέχει κεντρικό ρόλο στη χημεία της ζωής. Οι **δισακχαρίτες** είναι διπλά σάκχαρα γιατί

αποτελούνται από δύο συνδεδεμένους μονοσακχαρίτες, ενώ οι **πολυσακχαρίτες** είναι μακρομόρια που αποτελούνται από πολλά μονομερή.



Τα σάκχαρα διαιρούνται σε διάφορες μεγάλες κατηγορίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 Οι κυριότεροι υδατάνθρακες που απαντούν στα τρόφιμα

Είδος	Μονοσακχαρίτες από τους οποίους αποτελείται	Πηγές
Μονοσακχαρίτες		
Γλυκόζη Φρουκτόζη		Φρούτα, φυτικά μέρη, αίμα, γλεύκος, μέλι κ.λ.π Χυμοί φρούτων, μέλι, αίμα
Δισακχαρίτες		
(Καλαμοσάκχαρο) Σακχαρόζη	D-γλυκόζη, D-φρουκτόζη	Σακχαροκάλαμο, τεύτλα, φρούτα, λαχανικά, μέλι.
Μαλτόζη	D-γλυκόζη	Προϊόντα υδρόλυσης αμύλου, μέλι
Λακτόζη	D-γαλακτόζη, D-γλυκόζη	Γάλα, τυρός, γαλακτοκομικά προϊόντα
Ολιγοσακχαρίτες		
Ραφινόζη, Σταχυόζη	D-γαλακτόζη, D-γλυκόζη, D-φρουκτόζη	Όσπρια, δημητριακά, βαμβακόσπορος, σακχαρότευτλα
Πολυσακχαρίτες		
Αμυλο, δεξτρίνες	D-γλυκόζη	Δημητριακά, όσπρια,

		βολβοί, ρίζες
Κυτταρίνη	D-γλυκόζη	Τοιχώματα κυττάρων φυτών
Γλυκογόνο	D-γλυκόζη	Συκώτι, ζωικοί ιστοί
Ημικυτταρίνες	L-αραβινόζη, D-ξυλόζη, L-ραμνόζη, D-γαλακτόζη, D-μανόζη, D-γλυκόζη, D-γλυκουρονικό οξύ, D-γαλακτουρονικό οξύ	Κυτταρικά τοιχώματα φυτών, δημητριακά, όσπρια, ξηροί καρποί, αλεύρι
Πεντοζάνες	L-αραβινόζη, D-ξυλόζη	όπου και οι ημικυτταρίνες
Πηκτικές ύλες	D-γαλακτουρονικό οξύ, L-αραβινόζη, D-γαλακτόζη, L-ραμνόζη, L-φουκόζη	Φρούτα, λαχανικά, σακχαρότευτλα
Ινουλίνη	D-φρουκτόζη	Αγκινάρα Ιερουσαλήμ
Καραγενάνες Αραβικό κόμμι	ετεροπολυσακχαρίτες	Σπόροι, εκκρίματα φυτών, φύκη

1.1.1 Μονοσακχαρίτες

Είναι σώματα κρυσταλλικά, άχρωμα και διαλυτά στο νερό. Οι μονοσακχαρίτες δεν μπορούν να διασπαστούν σε άλλα πιο απλά σώματα, τα οποία ανήκουν στην τάξη των

σακχάρων. Παρουσιάζουν αναγωγικές ιδιότητες. Είναι πολυδροξυαλδεΐδες (αλδόζες) ή αλειφατικές πολυδροξυκετόνες (κετόζες):



Οι μονοσακχαρίτες ταξινομούνται σύμφωνα με τον αριθμό των ατόμων του άνθρακα στο μόριό τους. Έτσι έχουμε τριόζες, τετρόζες, πεντόζες, εξόζες, από τις οποίες οι περισσότερες ενδιαφέρουσες στη χημεία των τροφίμων είναι ορισμένες εξόζες (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη, μανόζη) και πεντόζες (αραβινόζη, ξυλόζη).

Οι μονοσακχαρίτες, και ιδιαίτερα η γλυκόζη, αποτελούν κυρίαρχες θρεπτικές ουσίες για τα κύτταρα. Στην κυτταρική αναπνοή τα κύτταρα εξασφαλίζουν ενέργεια, η οποία είναι αποθηκευμένη στα μόρια της γλυκόζης. Η ραχοκοκαλιά του μορίου της γλυκόζης, δηλαδή ο σκελετός άνθρακα, χρησιμεύει ως πρώτη ύλη στη σύνθεση άλλων μικρών οργανικών μορίων, όπως είναι τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα. Τα μονομερή που δε χρησιμοποιούνται για σκοπούς ελευθέρωσης ενέργειας μετατρέπονται σε δισακχαρίτες και πολυσακχαρίτες.

Μονοσακχαρίτες είναι:

Γλυκόζη: η πιο συνηθισμένη μορφή σακχάρου

Φρουκτόζη: βρίσκεται φυσιολογικά στα φρούτα, σε μερικά λαχανικά και στο μέλι

Γαλακτόζη: βρίσκεται μόνο συνδεδεμένη με άλλους μονοσακχαρίτες

1.1.2. Ολιγοσακχαρίτες

Οι ολιγοσακχαρίτες είναι χημικές ενώσεις που προέρχονται από την ένωση δύο, τριών, τεσσάρων κ.ο.κ. μορίων μονοσακχαριτών και χαρακτηρίζονται αντίστοιχα ως *δισακχαρίτες*, *τρισακχαρίτες*, *τετρασακχαρίτες* κ.ο.κ. Είναι σώματα κρυσταλλικά, άχρωμα, με γλυκιά γεύση, διαλυτά στο νερό. Μερικοί από αυτούς παρουσιάζουν τις αναγωγικές ιδιότητες των μονοσακχάρων, ενώ άλλοι όχι.

Ολιγοσακχαρίτες είναι το καλαμοσάκχαρο, το γαλακτοσάκχαρο κ.α.

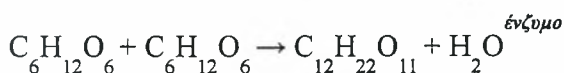
1.1.3 Δισακχαρίτες

Κάθε δισακχαρίτης αποτελείται από δύο απλά σάκχαρα ενωμένα με **γλυκοσιδικό** δεσμό, που είναι βέβαια ομοιοπολικός δεσμός.

Σύνθεση μαλτόζης και ζαχαρόζης με συμπύκνωση

Η μαλτόζη σχηματίζεται από δύο μόρια γλυκόζης, η λακτόζη από ένα μόριο γλυκόζης ενωμένο με ένα μόριο γαλακτόζης, ενώ η σακχαρόζη (κοινή ζάχαρη) από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο φρουκτόζης (όπως φαίνεται πιο κάτω).

ενέργεια



Άλλοι σημαντικοί δισακχαρίτες:

- **Σακχαρόζη = Γλυκόζη + Φρουκτόζη :** α (1→2) γλυκοζιτικός δεσμός ή β (2→1) φρουκτοζιτικός δεσμός.

Είναι ευρύτατα διαδεδομένη στη φύση ιδιαίτερα στο σακχαροκάλαμο και τα σακχαρότευτλα.

Τα καλλιεργούμενα σακχαρότευτλα περιέχουν 16- 20% σακχαρόζη.

- **Λακτόζη = Γαλακτόζη + Γλυκόζη:** β (1→4) γαλακτοζιτικός δεσμός

Είναι το μοναδικό σάκχαρο του γάλακτος των θηλαστικών. Βιομηχανικά παρασκευάζεται από τον ορό της τυροκομίας δηλαδή το τυρόγαλα, που παραμένει μετά την πήξη του γάλακτος. Η λακτόζη δεν ζυμώνεται από όλα τα είδη ζυμομυκήτων, αλλά μόνο από ορισμένους με σχηματισμό οиноπνεύματος. Τα γαλακτικά βακτήρια ζυμώνουν τη λακτόζη προς γαλακτικό οξύ.

Παραδείγματα δισακχαριτών γλυκόζης

Δισακχαρίτες γλυκόζης:

- Μαλτόζη: α (1 \rightarrow 4) γλυκοζιτικός δεσμός
- Ισομαλτόζη: α (1 \rightarrow 6) γλυκοζιτικός δεσμός
- Κελλοβιόζη: β (1 \rightarrow 4) γλυκοζιτικός δεσμός
- Γεντοβιόζη: β (1, \rightarrow 6) γλυκοζιτικός δεσμός
- Τρεχαλόζη: α,α (1 \rightarrow 1) γλυκοζιτικός δεσμός

Πίνακας 1.2. Σχετική γλυκύτητα σακχάρων σε σύγκριση με τη σακχαρόζη.

ΣΑΚΧΑΡΟ		ΣΑΚΧΑΡΟ	
Σακχαρόζη	100	Γαλακτόζη	63
Φρουκτόζη	115	Λακτόζη	39
Γλυκόζη	65	Σορβιτόλη	54
Μαλτόζη	46	Ξυλιτόλη	100

Ποια είναι τα φυσικά γλυκαντικά?

Οι φυσικές γλυκαντικές ουσίες προέρχονται από την επεξεργασία φυσικών προϊόντων, όπως είναι το ζαχαροκάλαμο, το καλαμπόκι και τα φρούτα.

Άσπρη ζάχαρη: Είναι το πλέον επεξεργασμένο σάκχαρο από το οποίο έχει αφαιρεθεί κάθε ίχνος ανόργανων στοιχείων και βιταμινών. Η άσπρη ζάχαρη είναι το δεύτερο σε βαθμό γλυκύτητας σάκχαρο (το πρώτο είναι η φρουκτόζη και το τρίτο η γλυκόζη). Χρησιμοποιείται στα γλυκά ζαχαροπλαστικής, στα γλυκά του κουταλιού, στις μαρμελάδες, στα ζελέ, στις κονσέρβες λαχανικών (π.χ. καλαμποκιού) και στα ντρέσινγκ (π.χ. στο κέτσαπ). Ένα κουταλάκι ζάχαρη παρέχει 15 θερμίδες.

Ξανθιά ζάχαρη: Αυτή η μορφή ζάχαρης έχει υποστεί λιγότερη βιομηχανική επεξεργασία σε σύγκριση με την άσπρη ζάχαρη. Περιέχει ίχνη από ανόργανα στοιχεία (κάλιο, ασβέστιο, νάτριο, σίδηρο, μαγνήσιο, φώσφορο). Συνήθως χρησιμοποιείται στα είδη (μαρμελάδες, μπισκότα κτλ.) που πωλούνται στα καταστήματα υγιεινών τροφίμων. Ένα κουταλάκι ξανθιά ζάχαρη παρέχει 11 θερμίδες.

Μαύρη ζάχαρη: Έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την ξανθιά ζάχαρη, απλώς έχει λίγο περισσότερη μελάσα, γεγονός που της προσδίδει μια κολλώδη υφή. Ένα κουταλάκι μαύρη ζάχαρη παρέχει 17 θερμίδες.

Φρουκτόζη: Είναι το πιο γλυκό σάκχαρο, γι' αυτό και απαιτείται μικρότερη ποσότητα σε σχέση με τη ζάχαρη, ώστε να δώσει την ίδια γλυκιά γεύση. Προέρχεται από την επεξεργασία των φρούτων. Είναι λευκή, σε μορφή κρυστάλλων. Συνήθως χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική για την παρασκευή γλυκών που χαρακτηρίζονται σαν «λάιτ» ή «για διαβητικούς». Ένα κουταλάκι φρουκτόζη παρέχει 20 θερμίδες.

1.1.4 Πολυσακχαρίτες

Όλοι οι πολυσακχαρίτες είναι μακρομοριακές ουσίες που διαθέτουν 7 και πάνω μονομερή, τα οποία είναι ενωμένα μεταξύ τους. Ορισμένοι είναι αποταμιευτικοί και υδρολύονται, όταν βρεθούν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, για να προσφέρουν απλά σάκχαρα στα κύτταρα. Ορισμένοι πολυσακχαρίτες έχουν στηρικτικό ρόλο και προστατεύουν τα κύτταρα ή ολόκληρους οργανισμούς.

Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση οι πολυσακχαρίτες διακρίνονται σε *ομοπολυσακχαρίτες* (άμυλο, κυτταρίνη, γλυκογόνο), όταν το μόριό τους αποτελείται από ένα είδος απλού σακχάρου, και σε *ετεροπολυσακχαρίτες* (ημικυτταρίνες, πηκτικές ύλες, κόμμεα), όταν το μόριό τους αποτελείται από δύο ή περισσότερα συστατικά. Οι πολυσακχαρίτες είναι πολύ διαφορετικοί από τις βασικές δομικές μονάδες που τους αποτελούν. Μακροσκοπικά και μικροσκοπικά εμφανίζονται άμορφοι, αλλά εξεταζόμενοι με ακτίνες Χ αποκαλύπτουν μικροκρυσταλλική δομή. Δεν έχουν γλυκεία γεύση και δεν ανάγουν το φελίγγειο υγρό. Με όξινη ή ενζυμική υδρόλυση οι πολυσακχαρίτες διασπώνται στα βασικά δομικά τους συστατικά.

1.2 Χημικές ιδιότητες

1.2.1 Οξείδωση

Η αλδεϋδική ομάδα και η πρωτοταγής αλκοολική ομάδα μπορούν να οξειδωθούν ή χωριστά ή και οι δύο μαζί. Αν οξειδωθεί η αλδεϋδική ομάδα, παράγονται αλδονικά οξέα. Αν οξειδωθεί η πρωτοταγής αλκοολική ομάδα, παράγονται ουρονικά οξέα. Αν οξειδωθούν και οι δύο ταυτόχρονα, παράγονται σακχαρικά οξέα.

1.2.2 Αναγωγή

Αν η αλδεϋδική ομάδα ενός απλού σακχάρου αναχθεί, τότε παράγεται η αντίστοιχη πολυσθενής αλκοόλη. Ο σχηματισμός λιπών από σάκχαρα στο σώμα αποτελεί αναγωγή των σακχάρων.

1.2.3 Σχηματισμός εστέρων

Εφόσον τα σάκχαρα περιέχουν ομάδες υδροξυλίου, συνεπάγεται ότι με οξέα θα σχηματίζουν εστέρες. Ο σπουδαιότερος από τους εστέρες αυτούς από βιομηχανική άποψη είναι αυτός που σχηματίζουν με το φωσφορικό οξύ.

1.2.4 Ζύμωση

Τα σάκχαρα με την επίδραση διάφορων μικροοργανισμών και βακτηριδίων μεταβάλλονται σε οξικό, γαλακτικό, βουτυρικό οξύ κλπ. κατά την αλκοολική, γαλακτική και βουτυρική ζύμωση αντίστοιχα.

1.2.5 Επίδραση αλκαλίων

Αν σε ένα σάκχαρο επιδράσει πυκνό αλκάλι, τότε το σάκχαρο αλλοιώνεται, παίρνει καστανοκίτρινο χρώμα και παράγεται γαλακτικό οξύ. Αν όμως επιδράσει ασθενές αλκάλι σε κανονική θερμοκρασία σε διάλυμα γλυκόζης ή φρουκτόζης ή μανόζης, τότε το διάλυμα μετατρέπεται μετά από λίγο χρόνο σε διάλυμα που περιέχει και τις τρεις εξόζες (ενολική μορφή τω τριών σ.).

1.2.6 Επίδραση οξέων

Οι δισακχαρίτες με την επίδραση οξέων υδρολύονται, δηλαδή διασπώνται σε μονοσακχαρίτες. Με επίδραση θερμών οξέων οι εξόζες μετατρέπονται σε ω-υδροξυ-μεθυλοφουρφουρόλη, ενώ οι πεντόζες σε φουρφουρόλη.

1.2.7 Σχηματισμός υδραζονών και οξαζονών

Είναι σώματα τα οποία παράγονται από τα σάκχαρα και τη φαινυλδραζίνη. Αν σε διάλυμα εξόζης προσθέσουμε φαινυλδραζίνη, τότε σχηματίζεται υδραζόνη. Με επίδραση δεύτερου μορίου φαινυλδραζίνης οξειδώνεται το υδροξύλιο που βρίσκεται μετά την αλδεϋδομάδα ή την κετονομάδα. Με το τρίτο μόριο φαινυλδραζίνης σχηματίζεται οξαζόνη.

1.2.8 Ανοικοδόμηση σακχάρων

Σάκχαρα με ορισμένο αριθμό ατόμων άνθρακα μετατρέπονται με την επίδραση υδροκυανίου σε σάκχαρα με μεγαλύτερο αριθμό ατόμων άνθρακα.

1.2.9 Αποικοδόμηση

Τα σάκχαρα με επίδραση υδροξυλαμίνης μετατρέπονται στα αμέσως κατώτερα.

1.2.10 Ανυδρίτες σακχάρων

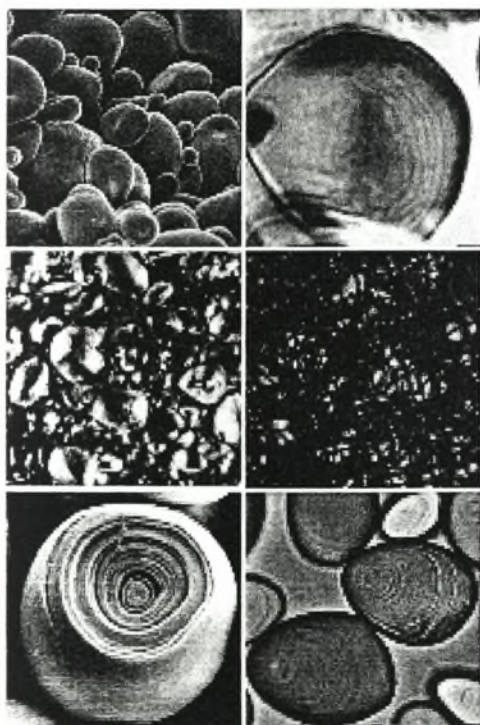
Σχηματίζονται με θέρμανση μονοσακχαριτών με ειδικές συνθήκες. Οι ανυδρίτες χρησιμεύουν ως φαρμακευτικές ουσίες, αλλά και για την παρασκευή δισακχαριτών και άλλων σακχάρων.

Το σάκχαρο που υπάρχει στο αίμα της γενικής κυκλοφορίας είναι η γλυκόζη και ελάχιστες μόνο ποσότητες άλλων σακχάρων, όπως φρουκτόζη και γαλακτόζη. Συνήθως το εύρος τιμών κυμαίνεται μεταξύ 70-110 mg γλυκόζης /100ml αίματος, είναι η γλυκαιμία. Πάνω από 120 mg/100ml αίματος θεωρείται ως υπεργλυκαιμία και κάτω από τα 70 mg/100ml αίματος ως υπογλυκαιμία.

1.3 Άμυλο

Το άμυλο είναι ο σπουδαιότερος υδατάνθρακας των φυτών. Είναι σώμα λευκό, χωρίς γλυκιά γεύση, αδιάλυτο στο κρύο νερό. Στο ζεστό όμως μετατρέπεται σε μια κολλώδη μάζα, που λέγεται αμυλόκολλα και χρησιμοποιείται σαν συγκολλητική ουσία. Το άμυλο βρίσκεται στα διάφορα μέρη των φυτών με τη μορφή αμυλόκοκκων, που ανάλογα με το φυτό διαφέρουν στο μέγεθος και στο σχήμα. Με το μικροσκόπιο μπορούμε να καταλάβουμε σε ποιο φυτό ανήκει ο κόκκος. Η δομή του κόκκου είναι ψευδοκρυσταλλική, δεν υπάρχει δηλαδή μια σαφής επαναλαμβανόμενη συμμετρία αλλά εμφανίζει περισσότερο τη μορφή ενός θυσάνου από στενά «πλεγμένες» έλικες αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης με ένα κεντρικό σημείο έναρξης.

1.3.1 Δομή του αμύλου



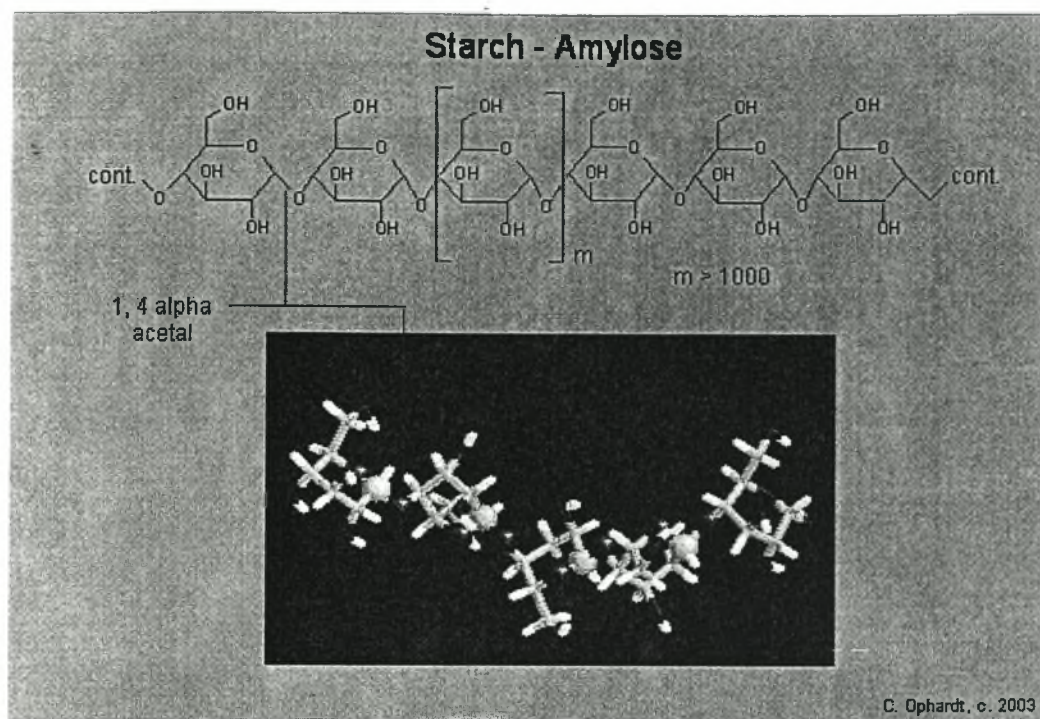
Εικόνα 1: Διάφορες δομές αμύλου.

Το άμυλο σχηματίζεται στα φυτά με το φαινόμενο της αφομοίωσης ή φωτοσύνθεσης των φυτών, κατά το οποίο τα φυτά, με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός και της χλωροφύλλης (της πράσινης χρωστικής ουσίας των πράσινων φύλλων τους) μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας σε άμυλο, ενώ συγχρόνως

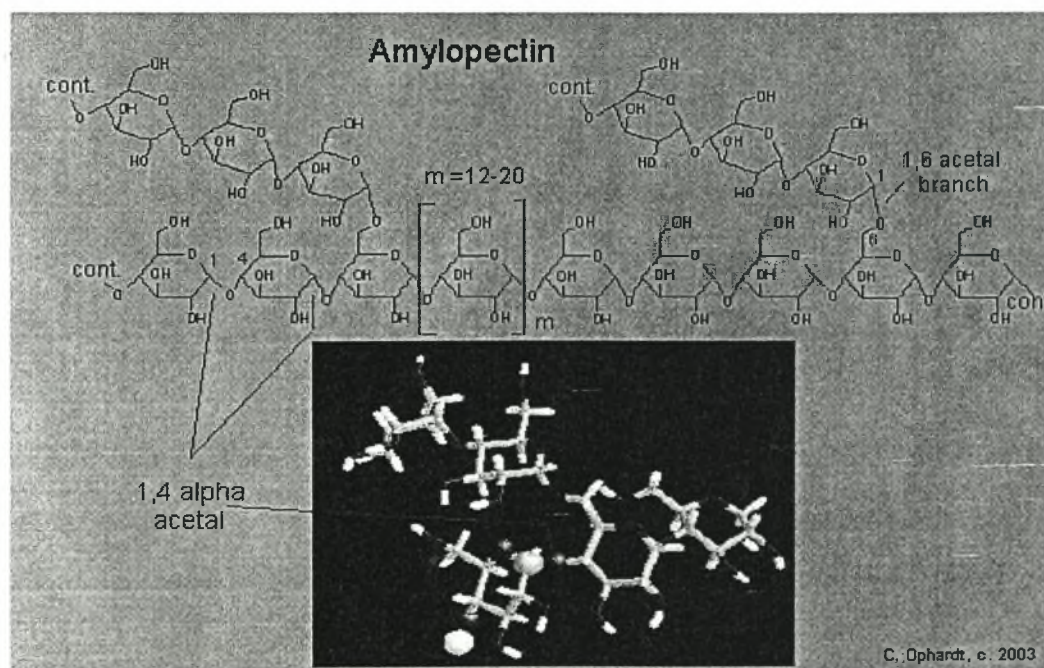
ελευθερώνεται οξυγόνο. Αν υπάρχει περίσσεια αμύλου στο φυτό, τότε αυτό αποθηκεύεται στις ρίζες, στους κονδύλους και στα σπέρματα. Πλουσιότερα σε άμυλο είναι τα δημητριακά και οι πατάτες.

Οι αμυλόκοκκοι αποτελούνται από δύο ουσίες:

- την αμυλόζη, που βρίσκεται στο εσωτερικό του κόκκου και αποτελεί τα 10-20% του βάρους του ($MW=50,000-200,000$). Είναι ευθύγραμμη αλυσίδα 350-1000 μορίων γλυκόζης, διαλυτή στο νερό χωρίς διόγκωση. Τα μόρια γλυκόζης είναι ενωμένα με $\alpha(1-4)$ δεσμούς, σε ευθεία δομή (διαμόρφωση α έλικα σε διάλυμα). Έχει την ικανότητα φυσικού εγκλεισμού άλλων μορίων π.χ. ιώδιου.
- την αμυλοπηκτίνη, που βρίσκεται στο περίβλημα και αποτελεί το 80- 90% του βάρους του. Η αμυλοπηκτίνη είναι διακλαδισμένη αλυσίδα, με πλευρικές αλυσίδες 20-30 μορίων γλυκόζης και βαθμό πολυμερισμού (DP) = χιλιάδες γλυκόζες ($MW = 1-10$ εκατομμύρια), ανάλογα με το είδος των φυτών. Έχει $\alpha(1-4)$ δεσμούς και $\alpha(1-6)$ δεσμούς (διακλαδώσεις). Δε διαλύεται στο νερό αλλά διογκώνεται και με θέρμανση δίνει αμυλόκολλα.

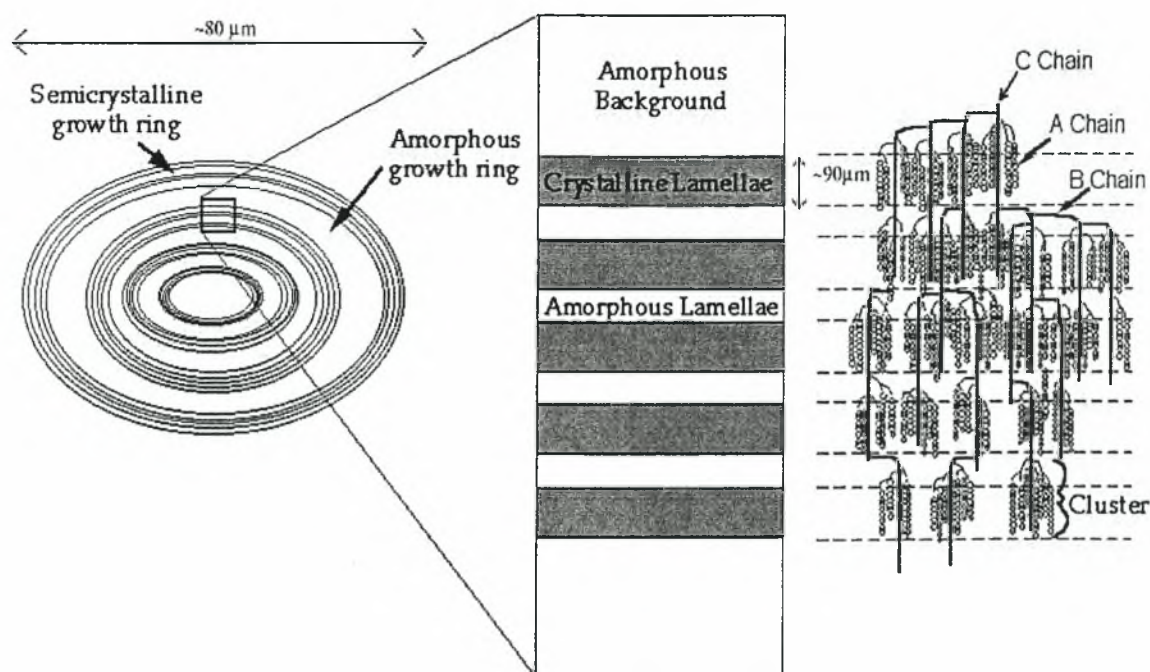


Εικόνα 2-Στην αμυλόζη συνδέεται ο 4C_1 με $-(1 \rightarrow 4)-$, με τα άτομα οξυγόνου του δακτύλιου, όλα στην ίδια πλευρά



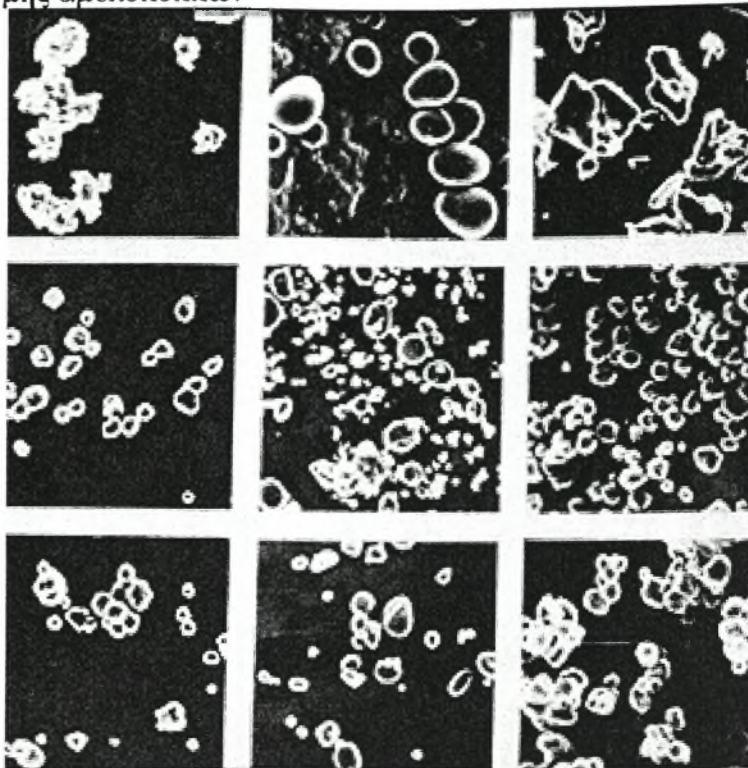
Εικόνα 3- Στην αμυλοπηκτίνη σε ένα κατάλοιπο κάθε 20 συνδέεται μια αλυσίδα με $\alpha(1-6)$, δημιουργώντας σημεία διακλάδωσης.

Πολλές έρευνες διεξαχθήκαν για να καθορίσουν το επίπεδο οργάνωσης των αμυλόκοκκων. Οι έρευνες στηρίχτηκαν σε τεχνικές, όπου πραγματοποιήθηκαν πειράματα διάθλασης ακτινών X στην ατομική δυναμική μικροσκοπία (AFM) και ηλεκτρονική μικροσκοπία μετάδοσης (TEM). Στη φυσική δομή του άμυλου, τα μόρια αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης είναι οργανωμένα σε κοκκία ως εναλλαγή ημι-κρυσταλλικών και άμορφων επιπέδων που οργανώνονται σε αυξητικούς δακτύλιους, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Το ημι-κρυσταλλικό επίπεδο αποτελείται από περιοχές συγκροτημένες σε διπλές έλικες, σχηματιζόμενες από μικρές διακλαδώσεις αμυλοπηκτίνης, οι περισσότερες από τις οποίες είναι διατεταγμένες σε κρυσταλλικές δομές. Οι άμορφες περιοχές των ημι-κρυσταλλικών επιπέδων και τα άμορφα επίπεδα αποτελούνται από αμυλόζη και διακλαδώσεις αμυλοπηκτίνης.



Εικόνα 4 – Σχηματική παρουσίαση της δομής των αμυλόκοκκων, με εναλλασσόμενες άμορφες και ημι-κρυσταλλικές ζώνες, σχηματίζοντας τους αναπτυσσόμενους δακτύλιους.

Ποικιλία δομής αμυλόκοκκων



Εικόνα 5-Ποικίλλες δομές αμύλου βάσει βιολογικής προέλευσης.

Οι αμυλόκοκκοι υπάρχουν σε πολλά σχήματα και δομές, γεγονός που εξαρτάται από την βιολογική προέλευση. Οι αμυλόκοκκοι δομούνται στο εσωτερικό των αμυλοπλαστών των φυτικών κυττάρων. Έχουν πραγματικά μια μοναδική δομή. Αν και γνωρίζουμε πολλά για αυτή την περίπλοκη δομή δεν γνωρίζουμε αρκετά. Συγκροτούνται από ομοκεντρικούς δακτυλίους αμύλου διατεταγμένοι από ευθύγραμμα πολλαπλά blocklets. Κάθε blocklet συγκροτείται από μόρια αμυλοπηκτίνης. Η αμυλόζη παρουσιάζεται μέσα σε αυτήν την δομή αμυλοπηκτίνης. Αν και γνωρίζουμε τη δομή αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης, γνωρίζουμε ελάχιστα για το τι καθορίζει την δομή των αμυλόκοκκων.

1.3.2 Παραγωγή αμύλου και προϊόντα του

- Πρώτη ύλη: καλαμπόκι
- Διαβροχή με νερό και 0,2% SO_2 στους 15°C για 35-45 h.
- Άλεση, αποφλοίωση. Πολτός.
- Προσθήκη SO_2 και αύξηση της θερμοκρασίας σε $29-33^\circ\text{C}$.

- Διαχωρισμός κόκκων αμύλου με φυγοκέντρωση, φιλτράρισμα.
- Ξήρανση.

Το άμυλο είναι ένας υδατάνθρακας που απαντάται στη φύση και που εξάγεται από φυτικές πηγές (σπόρους, ρίζες, όσπρια). Προϊόντα που παράγονται από τα φυσικά άμυλα είναι:

- Η δεξτρίνη και η μαλτοδεξτρίνη είναι ελαφριοί υδατάνθρακες (ολιγοσακχαρίτες) που παράγονται από την κατατομή του αμύλου κατά τη διαδικασία της υδρόλυσης. Οι δεξτρίνες παράγονται γενικά από το άμυλο (από καλαμπόκι, σιτάρι ή πατάτα) και χρησιμοποιούνται ως υλικά πληρώσεως και πύκνωσης σε γλυκά, στα εύκολα τρόφιμα (π.χ. στιγμιαίες σούπες) για διαιτητική χρήση, καθώς και ως μεταφορείς γεύσης.
- Τα σιρόπια γλυκόζης είναι γλυκά υδατικά διαλύματα σακχαριτών, που παράγονται από τη μερική υδρόλυση του αμύλου από τα οξέα ή/ και τα ένζυμα των τροφίμων. Ανάλογα με το βαθμό υδρόλυσης, περιέχουν διάφορα ποσά γλυκόζης. Το σιρόπι γλυκόζης χρησιμοποιείται ιδιαίτερα ως γλυκαντική ουσία για τα προϊόντα ζαχαροπλαστικής και τα μη αλκοολούχα ποτά και είναι επίσης ένα φυσικό υπόστρωμα για την παραγωγή οινοπνεύματος.
- Τα τροποποιημένα άμυλα τροφίμων είναι προϊόντα που παράγονται από άμυλα (π.χ. από τον αραβόσιτο, το σίτο και την πατάτα), τα οποία έχουν υποστεί κατεργασία με χημικά, φυσικά ή βιολογικά μέσα (π.χ. με προμαγείρεμα) ώστε να παραχθούν οι επιθυμητές ιδιότητες. Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων ως πυκνωτικές, σταθεροποιητικές, πηκτικές ουσίες, ως σύνδεσμοι ή γαλακτωματοποιητές, π.χ. στις σάλτσες, τον ζωμό, τις σούπες, τα κατεψυγμένα πιάτα και στη βιομηχανία παραγωγής ζαχαρωδών προϊόντων. Μια άλλη μορφή τροποποίησης είναι η «προζελατινοποίηση» του αμύλου, που του επιτρέπει να διαμορφώσει ένα πήκτωμα σε κρύο νερό, όπως συμβαίνει σε πολλά στιγμιαία επιδόρπια.

1.3.3 Υδρόλυση αμύλου

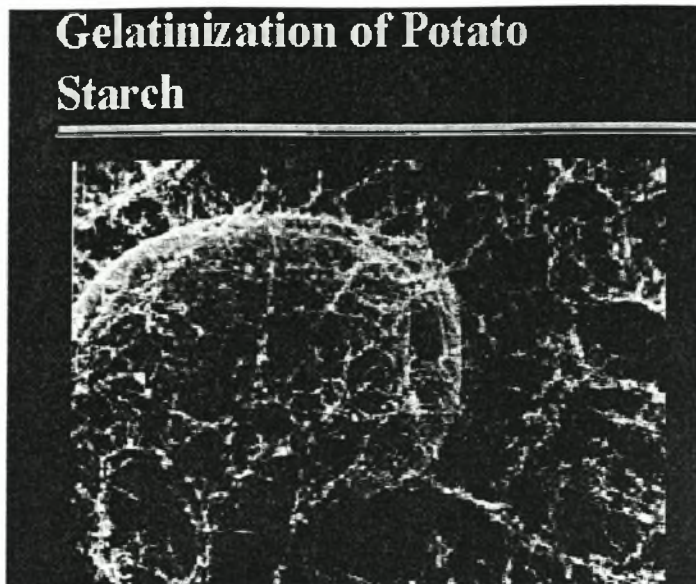
Όπως προανέφερα, το άμυλο είναι αδιάλυτο στο ψυχρό νερό και στην αλκοόλη. Στο ζεστό νερό, εξ αιτίας της περιεχόμενης αμυλοπηκτίνης το άμυλο διογκώνεται, οι κόκκοι του διαρρηγνύονται και λαμβάνεται ιξώδες υγρό, που κατά την ψύξη γίνεται ζελατινώδες και αποτελεί την κοινή αμυλόκολλα.

Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να γίνει με οξέα ή ενζυμικά..

Κατά την ενζυμική υδρόλυση του αμύλου με διάφορες αμυλάσες (α-αμυλάση, β-αμυλάση, γλυκοαμυλάση) σχηματίζονται ανάλογα με την περίπτωση: μαλτόζη, γλυκόζη και *οριοδεξτρίνες* (που ονομάζονται έτσι γιατί βρίσκονται στο όριο της υδρολυτικής ικανότητας του χρησιμοποιούμενου ενζύμου).

Κατά την όξινη υδρόλυση του αμύλου λαμβάνεται, ως τελικό προϊόν σχεδόν ποσοτικά η γλυκόζη, που αποτελεί το απλούστερο δομικό τμήμα του μορίου του αμύλου. Κατά την όξινη υδρόλυση του αμύλου σχηματίζονται μερικά ενδιάμεσα προϊόντα με κομμώδη σύσταση και χωρίς καθορισμένη σύνθεση, που ονομάζονται *δεξτρίνες*. Οι δεξτρίνες είναι ένας γενικός όρος για τα προϊόντα αποικοδομήσεως του αμύλου, με μικρό μοριακό μέγεθος ενδιάμεσου αυτού του αμύλου και των ολιγοσακχαριτών. Οι δεξτρίνες είναι διαλυτές στο νερό και αδιάλυτες στο οινόπνευμα. Οι δεξτρίνες δεν έχουν γλυκιά γεύση ούτε ζυμώνονται κατ' ευθείαν από τους ζυμομύκητες. Με πλήρη υδρόλυση μετατρέπονται τελικά σε γλυκόζη. Κατά την όξινη υδρόλυση του αμύλου λαμβάνεται πρώτα το *διαλυτό άμυλο* ή *αμυλοδεξτρίνη*. Καθώς προχωρεί η υδρόλυση σχηματίζονται οι *ερυθροδεξτρίνες*. Στη συνέχεια της υδρόλυσης σχηματίζονται οι *μαλτοδεξτρίνες*, κατόπιν σχηματίζεται μαλτόζη και τελικά γλυκόζη.

Ευρεία χρήση στη βιομηχανία τροφίμων έχουν τα σιρόπια γλυκόζης που παράγονται από την υδρόλυση αμύλου, κυρίως από καλαμπόκι. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα σιρόπια υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη (High Fructose Corn Syrup- HFCS) που παράγονται με περαιτέρω ενζυμική κατεργασία των σιροπιών γλυκόζης με το ένζυμο ισομεράση της φρουκτόζης.



Εικόνα 6-Παράδειγμα ζελατινοποίησης αμύλου προερχόμενου από πατάτα.

1.3.4 Ζελατινοποίηση αμύλου (gelatinization):

Η τεχνολογική χρησιμότητα του αμύλου στα συστήματα τροφίμων προκύπτει από την ιδιότητα του να ζελατινοποιείται.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Ως ζελατινοποίηση ορίζεται η μη αντιστρεπτή διόγκωση των κόκκων του αμύλου με νερό κατά την θέρμανση του πάνω από μια κρίσιμη θερμοκρασία. Παρ' όλον ότι αναφερόμαστε στην θερμοκρασία ζελατινοποίησης, T_z , στην πραγματικότητα το φαινόμενο συμβαίνει σε ένα εύρος περίπου 10°C . Κάθε είδος αμύλου χαρακτηρίζεται από την θερμοκρασία ζελατινοποίησης του, η οποία μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα των συνθηκών επεξεργασίας και της σύνθεσης του τροφίμου.

Θερμοκρασία ζελατινοποίησης:

Καλαμπόκι $61-72^{\circ}\text{C}$

Πατάτα $62-68^{\circ}\text{C}$

Σίτος $53-64^{\circ}\text{C}$

Ρύζι $65-73^{\circ}\text{C}$

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το Τζ είναι το pH, ο ρυθμός θέρμανσης (dQ/dt), και η παρουσία σακχάρων και λιπαρών.

Στάδια ζελατινοποίησης:

α) Κρύο νερό. Κόκκοι αδιάλυτοι. Απορροφούν νερό αντιστρεπτά (μέχρι 25%) και διογκώνονται ελαφρά (9-20%).

β) Με την αύξηση της θερμοκρασίας η δομή του κόκκου σταδιακά μειώνεται, μέχρι το σημείο ζελατινοποίησης Τζ. Στο Τζ έχουμε απώλεια «κρυσταλλικότητας», αύξηση ιξώδους, ταχεία διόγκωση, μεγάλη συγκράτηση νερού. Διαλυτά μόρια αμυλόζης διαρρέουν από τον κόκκο. Στο σημείο αυτό το φαινόμενο της ζελατινοποίησης είναι μη αντιστρεπτό.

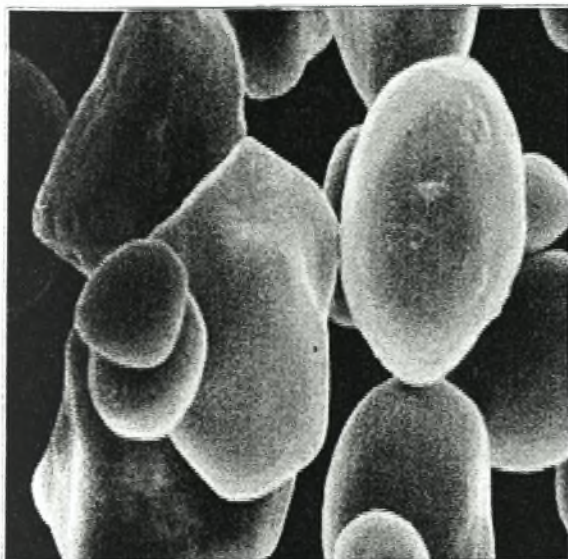
γ) Με συνέχιση της θέρμανσης έχουμε αύξηση διόγκωσης και το διαλυτό άμυλο αυξάνει. Τελικά οι κόκκοι διαρρηγνύονται, το ιξώδες μειώνεται απότομα και οι κόκκοι «συγκολλούνται» μη αντιστρεπτά. Στο σημείο αυτό έχουμε σχηματισμό πηγματος (gel).

Τα πηγματα του αμύλου διασπώνται εύκολα με μεγάλες διατμητικές τάσεις και «υγροποιούνται». Το φαινόμενο είναι εν μέρει αντιστρεπτό δηλαδή το πήγμα «επανέρχεται». Με παλαιώση προκαλείται έντονη συναίρεση του πηγματος (gel).

Όταν το ζελατινοποιημένο άμυλο ψυχθεί, με τον χρόνο γίνεται συσσωμάτωση και καθίζηση: *αναδιαμόρφωση* (retrogradation). Η αναδιαμόρφωση οφείλεται κυρίως στην αμυλόζη.

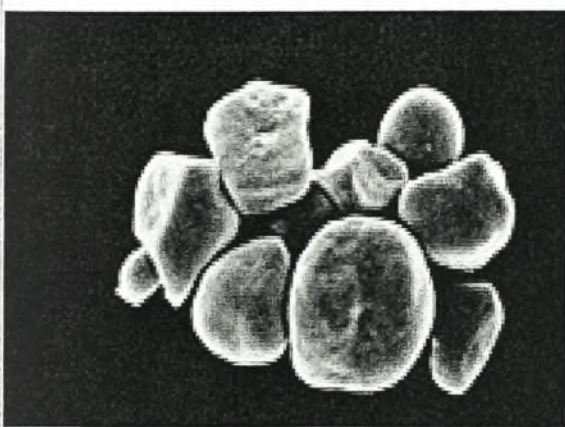
1.3.5 Αλλαγές κατά την ζελατινοποίηση του αμύλου

Από τις αλλαγές που προκαλούνται σε αυτή τη διαδικασία, η αύξηση του ιξώδους μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία gel, εφόσον οι συνθήκες είναι ευνοϊκές



Ακατέργαστο άμυλο που δεν έχει προστεθεί υγρασία δεν υφίσταται ζελατινοποίηση. Η ζελατινοποίηση είναι ένα φαινόμενο, το οποίο πραγματοποιείται παρουσία θέρμανσης και υγρασίας. Το ξηρό ακατέργαστο άμυλο, εάν θερμανθεί μπορεί να πραγματοποιηθεί δημιουργία δεξτρίνης. Αυτό σίγουρα θα επηρεάσει το ιξώδες του διαλύματος και την σταθερότητα του gel. Και τα δυο θα μειωθούν.

Εάν μια οριακή ποσότητα υγρασίας προστεθεί στο ακατέργαστο άμυλο μπορεί να πραγματοποιηθεί μερική ζελατινοποίηση. Αυτές οι συνθήκες απαιτούνται στα ψημένα προϊόντα.



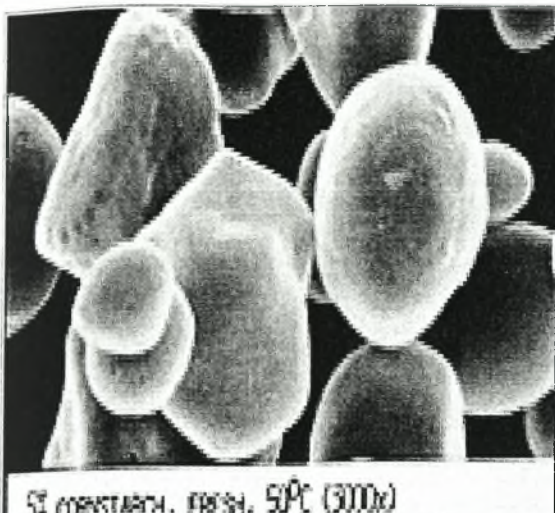
5% CORNSTARCH, ESEM, 30°C (300x)

Άμυλο καλαμποκιού 5% με 95% νερό μπορεί να παρουσιάσει μια μικρή αλλαγή, όταν εισάγεται η θέρμανση. Το νερό μπορεί ελαφρώς να προσροφηθεί στην επιφάνεια του κόκκου. Βασικά, στην έρευνα από την οποία προήλθαν αυτά τα αποτελέσματα, βρέθηκε ότι υπάρχει μια διαφορά στο ιξώδες της κόλλας και στην τελική βέλτιστη θερμοκρασία ζελατινοποίηση, όπως μετρήθηκε από το ιξώδες εάν διάλυμα αμύλου σε νερό βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου. Επομένως υπάρχει μια αρχική απορρόφηση στην επιφάνεια του κόκκου σε θερμοκρασία δωματίου(27C).



5% CORNSTARCH, ESEM, 40°C (300x)

Εάν αυτή η 5% διασπορά του αμύλου θερμανθεί στους 40C περισσότερο νερό απορροφάται στην επιφάνεια του κόκκου, και οι υδρογονικοί δεσμοί μεταξύ των πολυμερών του αμύλου μέσα στον κόκκο χαλαρώνουν ελάχιστα. Σε μερικούς τύπους αμύλου το νερό μπορεί ακόμα να αρχίσει να απορροφάται μέσα στον κόκκο.



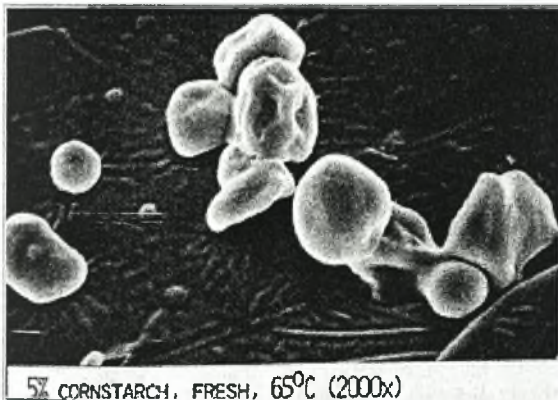
5% CORNSTARCH, FRESH, 50°C (3000x)

Με την αύξηση της θερμοκρασίας στους 50°C μερική από την αμυλόζη αρχίζει να αποβάλλεται από την επιφάνεια του κόκκου, και έτσι ανοίγει η δομή ακόμα περισσότερο.



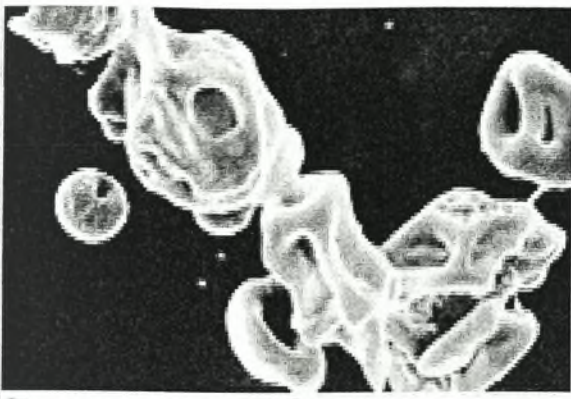
5% CORNSTARCH, FRESH, 60°C (3000x)

Επειτα, όταν η θερμοκρασία ανέλθει στους 60-65°C, περισσότερο νερό απορροφάται και περισσότερο αμυλόζη αποβάλλεται από τον κόκκο. Το μακρύ πολυμερές αμυλόζης είναι κολλοειδές σε χαρακτηριστικά.



5% CORNSTARCH, FRESH, 65°C (2000x)

Είναι στάδιο αλλαγών ενδιάμεσο μεταξύ 60° και 70° C. Οι καθορισμένες αλλαγές επηρεάζονται από τον ρυθμό θέρμανσης και από άλλους παράγοντες.

	<p>Σε κάποιες περιπτώσεις μεταξύ 60°-95° C πιθανόν να πραγματοποιηθεί ζελατινοποίηση. Αυτό μπορεί να μετρηθεί με την απουσία ανάκλασης μιας δέσμης σε 2 δέσμες, αύξηση ιξώδους, διαύγειας, αύξηση ευπάθειας στην ενζυμική δράση, περίθλασης ακτινών X ή από άλλα χημικά και φυσικά μέσα. Οι κόκκοι αμύλου διογκώνονται όσον είναι δυνατόν. Δημιουργείται ένα κολλοειδές διάλυμα αμύλου, το οποίο όταν απομακρυνθεί από την πηγή θέρμανσης επιτρέπει στην αμυλόζη και στην αμυλοπηκτίνη να επανακρυσταλλωθούν μερικώς.</p>
	<p>Όταν η θερμότητα είναι κοντά στους 90° C, οι αμυλόκοκκοι φτάνουν σε σημείο μέγιστης διόγκωσης και διαρρηγνύονται. Αυτό συνεπάγεται την έξοδο και αμυλοπηκτίνης από τον κόκκο καθώς οι υδρογονικοί δεσμοί δεν μπορούν να συγκρατήσουν τα συστατικά στο εσωτερικό του κόκκου.</p>

Εικόνα 7- Αλλαγές κατά την ζελατινοποίηση αμύλου.

Το άμυλο ξεκινάει να ζελατινοποιείται μεταξύ 60° και 70° C , η ακριβής θερμοκρασία εξαρτάται από το είδος του αμύλου. Διαφορετικά άμυλα παρουσιάζουν διαφορετική πυκνότητα κόκκων, η οποία επηρεάζει την ευκολία με την οποία αυτοί οι κόκκοι μπορούν να απορροφήσουν νερό. Από την στιγμή που επέρχεται ανάκλαση δέσμης σε δυο δέσμες στην αρχή της γρήγορης ζελατινοποίησης(διόγκωση του κόκκου), η έλλειψη της ανάκλασης είναι ένας καλός δείκτης της θερμοκρασίας αρχικής ζελατινοποίησης ενός δοσμένου αμύλου. Οι μεγαλύτεροι κόκκοι, οι οποίοι είναι λιγότερο συμπαγείς, αρχίζουν να διογκώνονται αρχικά. Ζελατινοποίηση των κόκκων πραγματοποιείται, ανώφελη όμως ανάδευση μπορεί να θρυμματίσει τους διογκωμένους αμυλόκοκκους και να προκαλέσει μείωση ιξώδους. Η έκταση ζελατινοποίησης εξαρτάται από την έκταση της θερμοκρασίας στην οποία όλοι οι κόκκοι είναι πλήρως διογκωμένοι. Αυτό διαφέρει στα διαφορετικά άμυλα. Ωστόσο, κάτι που μαρτυρά την ζελατινοποίηση είναι η αύξηση της διαύγειας και του ιξώδους. Αυτό οφείλεται στο νερό που απορροφάται στους αμυλόκοκκους.

1.3.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ
ΙΞΩΔΕΣ Ή ΤΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΗΚΤΗΣ

Πίνακας 1.3

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	ΖΕΛΑΤΙΝΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΜΥΛΟΚΟΛΛΑ	ΑΜΥΛΟ-GEL
Σύσταση κόκκου	Ένας μεγάλος κόκκος ζελατινοποιείται πιο γρήγορα από έναν μικρότερο.		
Σύσταση αμυλόζης/αμυλοπηκτίνης		Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε αμυλοπηκτίνη, τόσο πιο κολλώδες είναι το μίγμα	Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε αμυλόζη τόσο πιο σταθερό είναι το gel.
Ρυθμός θέρμανσης	Αυξανόμενης της ταχύτητας, υψηλότερη η θερμοκρασία ζελατινοποίησης	Αυξανόμενης της ταχύτητας υψηλότερο το ιξώδες	
Ποσοστό ανάδευσης		Ελαστική ευθραυστότητα από συμπλήρωση με σταγόνες νερού μπορεί να σπάσει και να μειώσει το ιξώδες	Παρεμπόδιση σχηματισμού του 3Dδικτυακού σχηματισμού και σταθεροποίησης του gel αν διαταραχθεί.
Ρυθμός ψύξης			Γρήγορα μπορεί να δημιουργηθεί ένα ασταθές gel με συναίρεση αλλά πολύ αργά μπορεί να δημιουργηθεί ένα σταθερό gel με δάκρυα
Συγκέντρωση αμύλου		Αυξάνοντας την συγκέντρωση αυξάνεται το ιξώδες	Αυξάνοντας την συγκέντρωση αυξάνει η σταθερότητα του gel
Ενζυμική δραστηριότητα		Η δράση αμυλάσης μειώνει το ιξώδες του διαλύματος	Αυξάνοντας την συγκέντρωση μειώνεται η σταθερότητα του gel

Συγκέντρωση σακχάρου	Αυξάνοντας την συγκέντρωση μειώνεται η ηρεμία της ζελατινοποίησης, μια υψηλότερη θερμοκρασία ζελατινοποίησης αποκτάται, καθυστερώντας την διόγκωση και επεκτείνοντας το ποσοστό ζελατινοποίησης		Αυξάνοντας την συγκέντρωση μειώνεται η σταθερότητα του gel
	Αυξάνοντας την οξύτητα μειώνεται το ιξώδες του διαλύματος εξαιτίας του υδρολυτικού μοριακού διαχωρισμού του αμύλου		Αυξάνοντας την οξύτητα μειώνεται η σταθερότητα του gel εξαιτίας του υδρολυτικού μοριακού διαχωρισμού του αμύλου
Λιπίδια/τριγλυκερίδια	Καμία επίδραση στο μέγιστο ιξώδες αλλά μειώνει την θερμοκρασία στην οποία το μέγιστο ιξώδες αποκτάται.		
Λιπίδια/μονογλυκερίδια	Μακριές αλυσίδες λιπιδιακών οξέων μπορούν να διαμορφώσουν ελικοειδή συμπλέγματα με αμυλόζη. Εξαρτάται από τις συνθήκες που επηρεάζουν την θερμοκρασία, καμία επίδραση σε υψηλό ιξώδες		Εμποδίζεται ο σχηματισμός του gel πιθανόν εξαιτίας της συμπλοκοποίησης με αμυλόζη
πρωτεΐνες	μετουσίωση	Μειωμένο ιξώδες	Μειωμένη σταθερότητα του gel

1.3.6.1.Επίδραση σακχάρων στην ζελατινοποίηση αμύλου.

Τα σάκχαρα επηρεάζουν την ζελατινοποίηση του αμύλου, με ποικίλη επίδραση μεταξύ σακχάρων. Καθώς πολλά προϊόντα τροφίμων περιέχουν μίγματα σακχάρων διαφορετικών πηγών , είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πως τα μίγματά τους επηρεάζουν την ζελατινοποίηση.

Τα σάκχαρα είναι σημαντικά συστατικά σε πολλά άμυλο-εξαρτώμενα τρόφιμα, επηρεάζοντας ιδιότητες όπως γεύση, δομή, χρώμα, ζελατινοποίηση. Το αποτέλεσμα ξεχωριστών σακχάρων σε αυτές τις ιδιότητες έχει ευρέως μελετηθεί με αποτελέσματα

που εξαρτώνται από τον συνδυασμό τύπου αμύλου και σακχάρου. Η αλληλεπίδραση μεταξύ σακχάρων και αμύλου είναι σημαντική καθώς τα σάκχαρα μπορούν να επηρεάσουν και την διαδικασία ζελατινοποίησης και τις δομικές αλλαγές στο ζελατινοποιημένο άμυλο. Η μελέτη της επίδρασης μεμονωμένων σακχάρων έχει πραγματοποιηθεί, η επίδραση συνδυασμών σακχάρων έχει λάβει λιγότερη προσοχή.

Μίγματα φρουκτόζης, γλυκόζης, μαλτόζης και σουκρόζης

Η ζελατινοποίηση αμύλου επηρεάζεται από τους τύπους και την συγκέντρωση σακχάρων που παρουσιάζονται στα δείγματα. Υπάρχουν διαφορές στην επίδραση των καθαρών σακχάρων, καθώς τα δυαδικά συστήματα σακχάρων παρουσιάζουν μια ενδιάμεση αντίδραση μεταξύ των δυο σακχάρων από τα οποία προέκυψαν. Η επίδραση των 4 μεμονωμένων σακχάρων στις ιδιότητες ζελατινοποίησης αμύλου ποικίλουν βάσει των παραμέτρων. Η τιμή του ενδιάμεσου και του τελικού ιξώδους μειώνεται, όταν προστίθενται διαφορετικά σάκχαρα. Αντικαθιστώντας καθαρά σάκχαρα με δυαδικά μίγματα τροποποιείται η διαδικασία της ζελατινοποίησης αμύλου, αποκτώντας ενδιάμεσες ιδιότητες μεταξύ των δύο απλών σακχάρων.

Γενικά:

Ιδιότητες αμύλου

- Πηκτική ουσία
- Ρεολογικός ενισχυτής
- Μορφοποιητής μεμβράνης
- Συγκολλητικό/συνεκτικό
- Σύνδεση νερού
- Συγκράτηση νερού
- κροκκυδωτής

Η χρησιμότητα και η αξία του αμύλου για τη ζωή είναι πολύ μεγάλη, γιατί είναι μια από τις σπουδαιότερες θρεπτικές ουσίες για τον άνθρωπο και τα ζώα. Το άμυλο

μεταφέρεται στο στομάχι και στα έντερα του οργανισμού και εκεί τα διάφορα υγρά το διαλύουν σε απλούστερα μέρη που απορροφούνται από τον οργανισμό, τον τρέφουν και τον αναπτύσσουν. Επίσης το άμυλο χρησιμοποιείται για το κολλάρισμα του χαρτιού και των υφασμάτων και σαν πρώτη ύλη στη βιομηχανία του ψωμιού, του οينوπνεύματος, της γλυκόζης, των δεξτρινών κ.α.

1.4.1. Πρωτεΐνες

Αμινοξέα

Στην φύση υπάρχουν γύρω στα 20 αμινοξέα τα οποία αποτελούν βασικές δομικές μονάδες των πρωτεϊνών. Ανάλογα με την αλληλουχία αμινοξέων στα μακρομόρια των πρωτεϊνών κάθε μια παρουσιάζει ένα μοναδικό σύνολο φυσικοχημικών ιδιοτήτων. Τα αμινοξέα αποτελούνται από μια τουλάχιστον άμινο-ομάδα και μια καρβοξυλική ομάδα στο μόριό τους και συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικό δεσμό ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον σχηματισμό της τρισδιάστατης διάταξης των μακρομορίων.

Τα πεπτίδια αποτελούνται από αμινοξέα τα οποία είναι ενωμένα μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό. Με την υδρόλυση πρωτεϊνών έχουμε τον φυσικό σχηματισμό πεπτιδίων.

Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικές ενώσεις που αποτελούν απαραίτητα συστατικά των ζώντων οργανισμών και εκτός του ότι αποτελούν απαραίτητα δομικά συστατικά, συμμετέχουν σχεδόν σε όλες τις λειτουργίες των οργανισμών. Οι πρωτεΐνες είναι χημικές ενώσεις που αποτελούνται από δομικές ομάδες, τα αμινοξέα.

Ο ρόλος των πρωτεϊνών είναι πολύ σημαντικός για τους ζωντανούς οργανισμούς καθώς αποτελούν δομικά υλικά των έμβιων όντων και συμμετέχουν σε όλες τις λειτουργίες των οργανισμών. Για παράδειγμα ορισμένες πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται στο σώμα ως βιοκαταλύτες και άλλες ως αντισώματα. Τα φυτά μπορούν να

συνθέσουν πρωτεΐνες, που είναι απαραίτητες για τη ανάπτυξή τους, ενώ αντίθετα ο άνθρωπος και τα ζώα παραλαμβάνουν τις απαραίτητες για αυτούς πρωτεΐνες από τα φυτά.

Κατηγορίες πρωτεϊνών στα τρόφιμα

- Πρωτεΐνες κρέατος και ψαριών(πρωτεΐνες μυών, δομικές πρωτεΐνες, μεταφέρουσες πρωτεΐνες).
- Πρωτεΐνες αυγών(στο ασπράδι του αυγού, πχ λυσοζύμη και στον κρόκο κυρίως 2 λιποπρωτεΐνες:λιποβιτελίνη, λιποβιτελελίνη).
- Πρωτεΐνες φυτών)Πρωτεΐνες δημητριακών, β)πρωτεΐνες ελαιούχων σπόρων, γ)πρωτεΐνες λαχανικών.
- Πρωτεΐνες γάλακτος: Καζεΐνες και πρωτεΐνες ορού.

Οι πρωτεΐνες των τροφίμων παρέχουν στον οργανισμό μας τα απαραίτητα αμινοξέα ώστε το σώμα μας να συνθέσει μόνο του τις πρωτεΐνες των ιστών του. Η δράση των υδρολυτικών ενζύμων στο στομάχι όπως και στο παχύ έντερο υδρολύει τις πρωτεΐνες σε αμινοξέα. Βασική πηγή πρωτεϊνών στην διατροφή του ανθρώπου από την αρχαιότητα είναι το γάλα.

1.4.2 Το Γάλα

«Γάλα είναι το απαλλαγμένο από πρωτόγαλα προϊόν του ολοσχερούς χωρίς διακοπή αρμέγματος, υγιούς γαλακτοφόρου ζώου, που ζει και τρέφεται υπό υγιεινούς όρους και που δεν βρίσκεται σε κατάσταση υπερκόπωσης. Το γάλα περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό συστατικών από τα οποία τα κύρια είναι το νερό, λίπος, πρωτεΐνες, η λακτόζη και τα άλατα. Οι κυριότερες φυσικές ιδιότητες του γάλακτος είναι η οσμή, η γεύση, το χρώμα, το ειδικό βάρος, οξύτητα του γάλακτος, το ιξώδες. Το γάλα αποτελεί τροφή πλήρης γιατί περιέχει τα περισσότερα θρεπτικά συστατικά σε καλή αναλογία, όπως πρωτεΐνες, ασβέστιο, νάτριο, κάλιο και βιταμίνες. Από ιστορική

άποψη δεν είναι γνωστό πότε ο άνθρωπος χρησιμοποίησε για πρώτη φορά το γάλα των ζώων ως τροφή. Από κείμενα των Σουμέριων προκύπτει ότι ήδη και πριν το 6.000 π.Χ. ο άνθρωπος εκμεταλλευόταν το γάλα των ζώων, ενώ στη Βίβλο η «Γη της Επαγγελίας» είναι η γη στην οποία «ρέει μέλι και γάλα» (Πανέτσος 1969, Lampert 1970).

Το **γάλα** είναι θρεπτικό υγρό, λευκό η ελαφρώς κιτρινωπό, εκκρινόμενο από τους μαστούς των θηλυκών θηλαστικών συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου είδους.

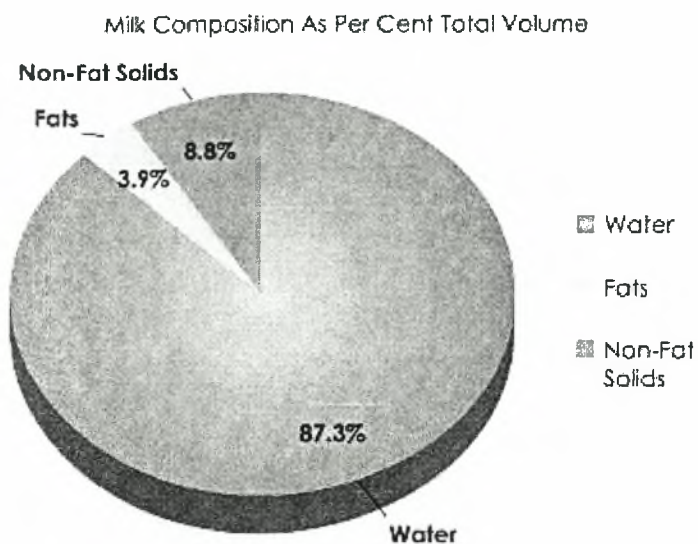
1.4.3. Σύσταση νωπού γάλακτος

Το γάλα είναι πλούσια και υψηλής θρεπτικής αξίας τροφή. Περιέχει θρεπτικά συστατικά μερικά από τα οποία είναι σπάνια και δεν συναντιόνται αλλού στη φύση. Το γάλα είναι ένα γαλάκτωμα σφαιρικού φυσικού λίπους μέσα σε ένα υγρό, αποτελούμενο κυρίως από νερό. Κάθε σφαιρικό λιπίδιο περιβάλλεται από μια μεμβράνη που αποτελείται από φωσφολιπίδια και πρωτεΐνες. Αυτοί οι γαλακτωματοποιητές κρατούν μεμονωμένες τις σφαιρίνες από την συνένωση και προστατεύουν από την πεπτική δράση ενζύμων από το υγρό μέρος του γάλακτος.

Τυρόγαλα (whey) είναι το υδαρές τμήμα του γάλακτος που λαμβάνεται μετά τον τεμαχισμό του τυροπήγματος (ενζυμικού ή όξινου) κατά την τυροκόμηση ή κατά την παραγωγή καζεΐνης με τη χρήση οξέων, πυτιάς και (ή) φυσικοχημικών μεθόδων, σύμφωνα με τον κανονισμό 625/30-3-1978 της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι πρασινοκίτρινο υγρό και περιέχει το ήμισυ σχεδόν των στερεών συστατικών του γάλακτος (52% του αγελαδινού & 42 % του πρόβειου). Τα στερεά συστατικά του κυμαίνονται μεταξύ 6,0 - 8,0%. Στην ελληνική βιβλιογραφία και στην ύπαιθρο χρησιμοποιούνται και οι ονομασίες ορός, ορόγαλα, και σίρος.

Το γάλα δεν είναι ομοιογενές, αλλά είναι μείγμα διάφορων ουσιών και αποτελείται από νερό, λίπος, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, ένζυμα, άλατα και βιταμίνες. Μερικά από τα συστατικά αυτά, όπως το λίπος, είναι δυνατό να χωριστούν από το υπόλοιπο γάλα με μηχανικό τρόπο. Το γάλα περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό συστατικών από τα οποία μερικά υπάρχουν σε σημαντική ποσότητα και χαρακτηρίζονται σαν κύρια συστατικά

του γάλακτος, ενώ άλλα περισσότερα σε αριθμό απαντούν σε πολύ μικρές ποσότητες και ονομάζονται δευτερεύοντα.



Εικόνα 9- Επί τοις % σύσταση του γάλακτος

Αναλυτική σύσταση γάλακτος

(10)Α.Καζεΐνες (~80% συνολικής ποσότητας πρωτεϊνών γάλακτος-TMP)

1. άλφα s1 [30.6%]
- 2.άλφα s2 [8.0%]
- 3.βήτα [28.4%]
4. κάπα [10.1%]

Β. Πρωτεΐνες ορού (~20% του TMP)

1. Άλφα λακταλβουμίνη [3.7%]
- 2.Βήτα λακτογλοβουλίνη [9.8%]
- 3.Αλβουμίνη αγελαδινού ορού (BSA) [1.2%]
4. Ανοσογλοβουλίνες[2.1%]
5. Πρωτεάση πεπτόνη [2.4%]

Σάκχαρο γάλακτος (λακτόζη) 4.6%

Μέταλλα 0.65%

Ca, P, Mg ,K, Na, Zn, Cl, Fe, Cu, Σουλφίδια, Ιχνοστοιχεία ,Διττανθρακικά

Οξέα 0.18%

κιτρικό, Formic, ακετικό, λακτικό, οξαλικό.

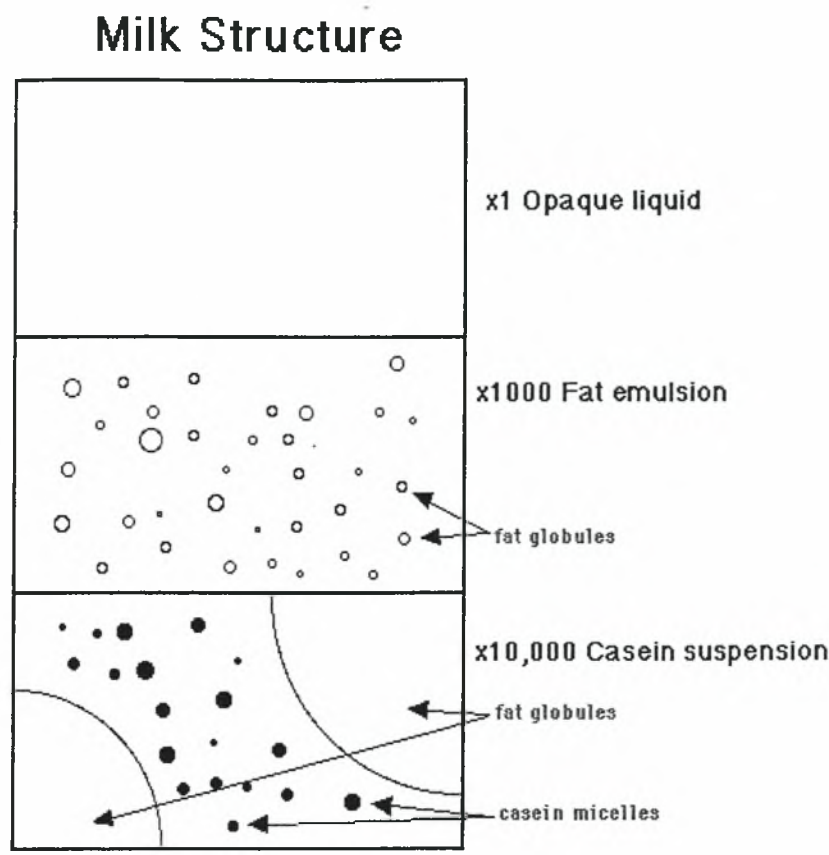
Βιταμίνες/Ενζυμα 0.12%

Λιπίδια ακατέργαστου γάλακτος: Butyric Acid 4 (# of Carbon atoms), Caproic Acid 6, Caprylic Acid 8, Capric Acid 10, Lauric Acid 12, Myristic Acid 14, Palmitic Acid 16, Stearic Acid 18, Oleic Acid 18:1 (one double bond), CLA 18:2 (two double bonds)

Μέταλλα στο ακατέργαστο γάλα: Sodium__330-850mg, Potassium__1040-1600mg, Chloride__850-1040mg, Calcium__1040-1225mg, Magnesium__85-130mg, Phosphorus__850-940mg, Iron__280-570ug, Zinc__1880-5660ug, Copper__95-570ug, Manganese__19-47ug, Iodine__~245ug, Fluoride__28-207ug, Selenium__4.7-63ug, Cobalt__0.47-1.23ug, Chromium__7.5-12.3ug, Molybdenum__17-113ug, Nickel__0-47ug, Silicon__700-6600ug, Vanadium__trace-290ug, Tin__38-470ug, Arsenic__19-57ug.

Βιταμίνες στο ακατέργαστο γάλα: A__375ug, C__19mg, D__38IU, E__940ug, K__47ug, B1__425ug, B2__1650ug, Niacin__850ug, B6__470ug, Pantothenic acid__3300ug, Biotin__33ug, Biotin__33ug, Folic acid__52ug, B12__4.25ug.

Ενζυμα στο ακατέργαστο γάλα: Αμυλάση, Καταλάση, Λακτάση-(through bacterial synthesis), Λακτοπεροξειδάση, Λιπάση, Φωσφατάση.



Εικόνα 10- Κατανομή συστατικών στο γάλα βάσει μικροσκοπικής ανάλυσης.

1.4.4. Συστατικά του γάλακτος

Το γάλα από τα διάφορα είδη ζώων (αγελαδινό, πρόβειο, γιδινό) παρουσιάζει μόνο ποσοτικές διαφορές ως προς τη σύσταση. Τα συστατικά(κύρια) που βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες είναι:

Πίνακας 1.5

Συστατικό	Περιεκτικότητα
Νερό	88,00%
Λίπος	3,70%
Πρωτεΐνες	3,20%
Λακτόζη	4,70%
Ανόργανα άλατα	0,75%

Δευτερεύοντα συστατικά: αέρια ένζυμα, υδατοδιαλυτές βιταμίνες ,ίχνη μετάλλων, ορμόνες, αντιβακτηριακές πρωτεΐνες, σωματικά κύτταρα και βακτηρία

Το γάλα παρουσιάζεται ως πλούσιο σε βιταμίνες Α, Β2 (ριβοφλαβίνη) και Β1 (Θειαμίνη) και φτωχό σε βιταμίνη C. Όμως δεν τονίστηκε όσο έπρεπε ότι το γάλα είναι εξαιρετικά πλούσιο σε βιταμίνη Β12, αντιαναιμική, αφού μισό χιλιόγραμμα καλύπτει το 2 / 3 των ημερησίων αναγκών του ανθρώπου. Αξιοσημείωτο είναι ότι η βιταμίνη Α ως λιποδιαλυτή πηγαίνει μαζί με το λίπος στην κρέμα, στο βούτυρο, στο τυρί και δεν υπάρχει στα άπαχα γαλακτοκομικά προϊόντα όπως το άπαχο γάλα και τα προϊόντα του. Επίσης παρ' όλων ότι η βιταμίνες Β είναι υδατοδιαλυτή και κατά την παραγωγή τυριών χάνεται στο τυρόγαλα εν τούτοις τα τυριά έχουν σημαντικές ποσότητες από τις βιταμίνες Β2 και Β12 διότι βρίσκονται στο γάλα σε αφθονία (Γρηγόριος Κ. Ζερφυρίδης, 1994 & 1998).

Κύρια συστατικά του γάλακτος:

Νερό

Το νερό είναι το συστατικό που απαντά στη μεγαλύτερη αναλογία και είναι το μέσο διαλύσεως ή διασποράς των άλλων. (Εμμ. Μιχ. Ανυφαντάκη, 1994).

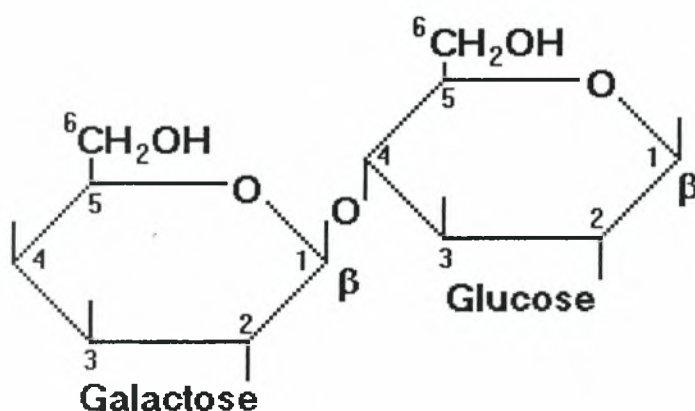
Λίπος

Το λίπος του γάλακτος υπερέχει σε πάρα πολλά σημεία σε σύγκριση με τα άλλα ζωικά λίπη. Συγκεκριμένα περιέχει ακόρεστα οξέα σε μεγάλη αναλογία, έχει χαμηλό σημείο τήξεως και για αυτό είναι περισσότερο εύπεπτο και τέλος περιέχει τα απαραίτητα για τον οργανισμό λιπαρά οξέα, λινελαϊκό και λινολενικό. Βέβαια περιέχει και χοληστερόλη, η οποία δεν είναι επιθυμητό να υπάρχει σε μεγάλα ποσά στη διαίτα του ενήλικα ανθρώπου. Όμως 500 ml γάλακτος δεν περιέχουν περισσότερα από 50 mg χοληστερόλης, ποσό που δεν συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της χοληστερόλης του αίματος. (Αντωνίου Ι. Μάντη, 2000).

Ποσοτικά το λίπος κυμαίνεται περισσότερο από τα άλλα συστατικά του γάλακτος. Το αποτελούν τριγλυκερίδια κατά 98%-99%, με ιδιαίζουσα σύσταση. Το 1-2% του λίπους αποτελούν, φωσφολιπίδια, στερόλες καροτινοειδή, λιποδιαλυτές βιταμίνες και ίχνη λιπαρών οξέων (Εμμ. Μιχ. Ανυφαντάκη, 1994).

Λακτόζη

Πρακτικά είναι ο μόνος υδατάνθρακας που υπάρχει στο γάλα. Συντίθεται από ένα μόριο D- γλυκόζης και ένα D- γαλακτόζης. Κατά τη ζύμωσή της από τα οξυγαλακτικά βακτήρια παράγεται κατά κύριο λόγο γαλακτικό οξύ, που ευθύνεται για το ξίνισμα του γάλακτος. Ποσοτικά κυμαίνεται λιγότερα από τα άλλα συστατικά του γάλακτος (Εμμ. Μιχ. Ανυφαντάκη, 1994). Δίνει στο γάλα γλυκιά γεύση και αποτελεί το 40% των ολικών θερμίδων.



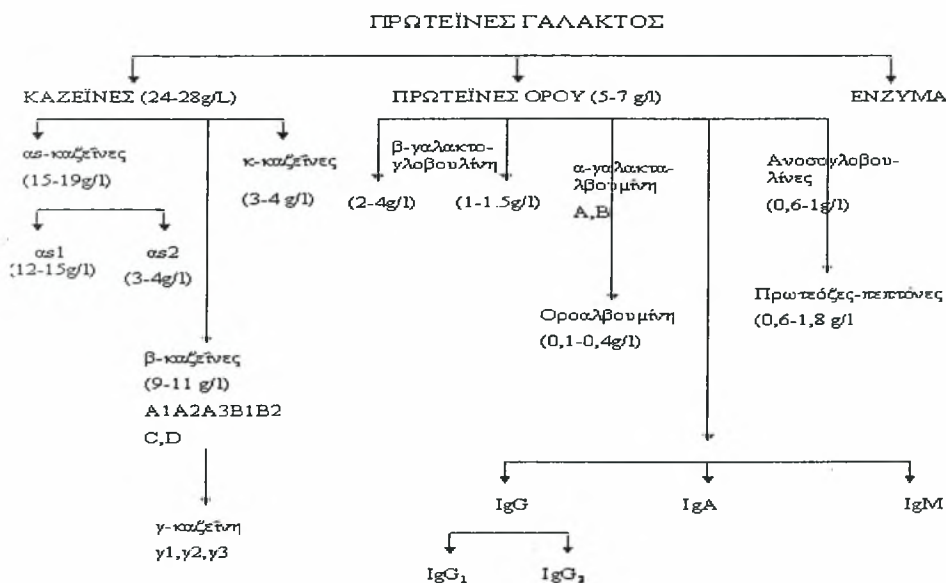
Σχήμα 11- Λακτόζη

Ανόργανα άλατα

Το γάλα και τα προϊόντα του παρουσιάζονται ως πλούσια σε ασβέστιο και φτωχά σε σίδηρο. Μεταξύ των δύο όμως αυτών άκρων υπάρχει πλήθος άλλων αλάτων στο γάλα και μάλιστα σε σημαντικές ποσότητες όπως φώσφορος, κάλιο, ιώδιο και μαγνήσιο. Η έλλειψη ιωδίου, μαγνησίου και ψευδαργύρου στα διαιτολόγια των ανθρώπων είναι αρκετά συχνή και η κάλυψη των ημερησίων αναγκών κατά 15-25% από μισό χιλιόγραμμα γάλα πρέπει να θεωρηθεί ως πολύ σημαντική. Το ασβέστιο του γάλακτος έχει μεγαλύτερη βιοδιαθεσιμότητα από ότι το ασβέστιο φυτικών τροφίμων και ότι η αξιοποίησή του χρειάζεται και την παρουσία βιταμίνης D η οποία όμως στο γάλα δεν βρίσκεται σε σημαντικές ποσότητες.

Πρωτεΐνες του γάλακτος

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος είναι υψηλής βιολογικής αξίας (πεπτικότητα μεγαλύτερη του 96%). Περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα και είναι πλούσιες σε ιστιδίνη, αμινοξύ που χρειάζεται ιδιαίτερα ο οργανισμός των νεαρών ατόμων. (Θωμά Αλεξανδρόπουλου, 1993). Το γάλα αποτελεί μια πηγή πρωτεϊνών για τον άνθρωπο. Έχουν μελετηθεί κυρίως οι πρωτεΐνες του γάλακτος της αγελάδας ενώ λιγότερο οι πρωτεΐνες του γάλακτος άλλων θηλαστικών. Οι κύριες πρωτεΐνες σε όλα τα είδη γάλακτος δηλαδή το αγελαδινό, το πρόβειο και το κατσικίσιο, αλλά και στο τυρόγαλα είναι οι καζεΐνες, η β-λακτογλοβουλίνη, η α-λακταλβουμίνη, η αλβουμίνη ορού και οι ανοσογλοβουλίνες. Όλες οι κύριες πρωτεΐνες (εκτός της αλβουμίνης και τις ανοσογλοβουλίνες) συντίθεται στα επιθηλιακά κύτταρα στο μαστικό αδένα από αμινοξέα που προέρχονται στο αίμα .



Οι πρωτεΐνες του γάλακτος είναι:

- Καζεΐνες(24-28g/L)
- Πρωτεΐνες ορού(5-7g/L)
- Ένζυμα, πρωτεΐνες μεταφοράς θρεπτικών ουσιών , παράγοντες αύξησης, αντισώματα.

Επιπρόσθετα, οι πρωτεΐνες του γάλακτος χωρίζονται σε 2 κατηγορίες ανάλογα με το αν καταβυθίζονται σε $pH=4.6$ (ισοηλεκτρικό σημείο):

- 1.Οι πρωτεΐνες που δεν καταβυθίζονται ονομάζονται πρωτεΐνες ορού(20%)
- 2.Οι πρωτεΐνες που καταβυθίζονται ονομάζονται καζεΐνες(80% πρωτεϊνών γάλακτος)

Πίνακας 1.4- Χαρακτηριστικές ιδιότητες καζεΐνης & πρωτεϊνών ορού

Χαρακτηριστικά	Καζεΐνη	Πρωτεΐνες ορού
Διαλυτότητα σε pH4.6	Όχι	Ναι
Σχηματισμός πηκτής	Ναι	Όχι
Θερμική σταθερότητα	Υψηλή	Χαμηλή
Μέγεθος σωματιδίων	Μεγάλο	Μικρή

Πρωτεΐνες ορού του γάλακτος

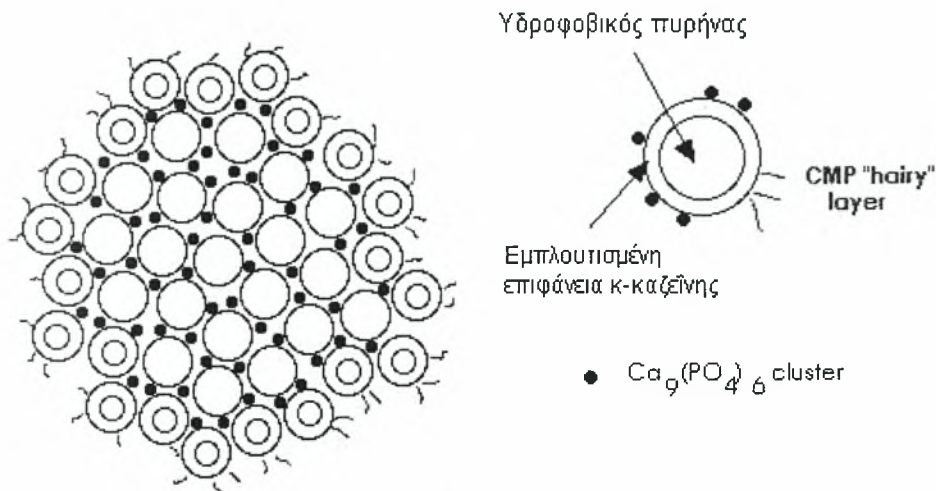
Ορός του γάλακτος ή τυρόγαλα ονομάζεται το θολό υποκίτρινο υγρό που παραμένει μετά την απομάκρυνση από το γάλα του λίπους και της καζεΐνης. Η καζεΐνη απομακρύνεται είτε με οξίνιση, είτε με την επίδραση πυτιάς. Ο ορός αυτός περιέχει διάφορα θρεπτικά συστατικά όπως πρωτεΐνες, γαλακτοζάχαρο και υδατοδιαλυτές πρωτεΐνες. Τα κυριότερα πρωτεϊνικά συστατικά του γάλακτος είναι η γαλακταλβουμίνη και γαλακτογλοβουλίνη. Η γαλακταλβουμίνη λαμβάνεται από το τυρόγαλα με εξαλάτωση με θεικό μαγνήσιο. Η γαλακτογλοβουλίνη απαντά σε ελάχιστα ποσά στο γάλα (μερικά χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο γάλακτος) σε αντίθεση δε προς την καζεΐνη και τη γαλακταλβουμίνη, περιέχει γλυκίνη.

Με θέρμανση του γάλακτος επέρχεται καθίζηση τόσο της αλβουμίνης όσο και της γλοβουλίνης. Το λαμβανόμενο προϊόν αποτελεί την πρώτη ύλη της παρασκευής της μυζήθρας (Ηλιοπούλος, 1997).

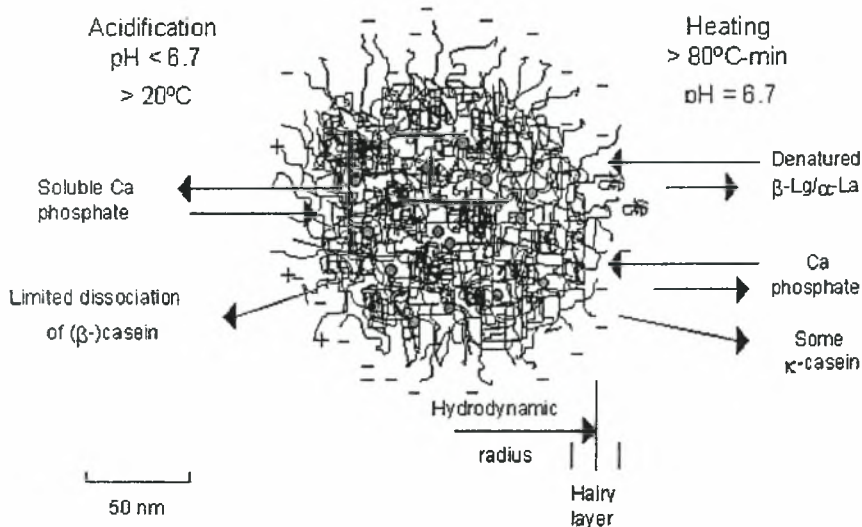
Καζεΐνη

Οι καζεΐνες (CN) είναι φωσφοπρωτεΐνες. Βρίσκονται στο γάλα με τη μορφή μικυλλίων (καζεϊνικά μικύλλια), δηλαδή ως μια μάζα πυκνών πρωτεϊνικών κόκκων. Οι φωσφορικές ομάδες που είναι δεσμευμένες στα μόρια των καζεϊνών, δεσμεύουν το ασβέστιο (Ca⁺²) σχηματίζοντας ιονικούς δεσμούς. Ακολούθως εφόσον οι καζεΐνες φωσφορυλιωθούν, δημιουργούνται οι δεσμοί του ασβεστίου με τις φωσφορούχες

ομάδες και αρχίζει ο πολυμερισμός των μορίων του μικυλλίου. Αυτή η δομή {καζεΐνη- PO_4 - Ca^{+2} - PO_4 -καζεΐνη} είναι σημαντική για τον σχηματισμό των μικυλλίων. Η μορφή και η δομή του μικυλλίου της καζεΐνης δίνεται στην εικόνα 12 .



Εικόνα 12. Καζεϊνικό μικύλλιο και δομή καζεϊνικού υπομικυλλίου (www.foodsci.uoguelph.ca)



Κλάσματα καζεΐνης

Αρχικά η καζεΐνη θεωρήθηκε ότι ήταν ομοιογενές σώμα, όπως ο Mellander επέτυχε, με την χρησιμοποίηση της ηλεκτροφόρησης, να την διαχωρίσει σε τρία κλάσματα που ονόμασε με ελληνικά γράμματα α, β, γ το πρώτο έχει και μεγαλύτερη ηλεκτροφορική κινητικότητα και το τελευταίο τη μικρότερη.

Εκτός από την διαφορετική ηλεκτροφορητική ικανότητα, που αντανακλά διαφορές στη δομή τους, τα κλάσματα αυτά διαφέρουν και στην συμπεριφορά τους απέναντι στην πυτιά.

Το 1956 διαπιστώθηκε ότι η α-καζεΐνη δεν είναι ομοιογενής ουσία αλλά σύμπλοκο καζεϊνών. Απομονώθηκαν αρχικά δυο κλάσματα της, η α_s και η κ-καζεΐνες, που αργότερα διαπιστώθηκε ότι και αυτά ήταν ετερογενή. Έτσι βρέθηκε ότι η α αποτελείται από α_{s1}-καζεΐνη αλλά και από άλλες σε μικρότερη αναλογία. Με την χρησιμοποίηση πλέον εξελιγμένων μεθόδων ηλεκτροφόρησης στην ταυτοποίηση, απομόνωση και καθαρισμό των κλασμάτων της καζεΐνης διαπιστώθηκε η ύπαρξη γενετικών παραλλαγών της. Στον Πίνακα 1.5 δίνονται τα διάφορα κλάσματα της καζεΐνης, η αναλογία του καθενός στην ολική καζεΐνη και οι γενετικές παραλλαγές τους (Ανυφαντάκης, 1994).

Πίνακας 1.5. Κλάσματα καζεΐνης (Ανυφαντάκης, 1994)

κλάσματα αναλογία % γενετικές παραλλαγές		
as1	40	A, B, C, D
as2	5	
κ	15	A, B
λ	5	
β	30	A ¹ , A ² , A ³ , B ₁ , B ₂ , C, D, E
γ	5	A ¹ , A ² , A ³ , B

Μικύλλια

Όπως αναφέρθηκε ήδη το μεγαλύτερο ποσοστό της καζεΐνης βρίσκεται στο γάλα υπό μορφή μικροτεμαχιδίων τα οποία καλούνται μικέλλες. Οι μικέλλες αποτελούνται από

μεγάλο αριθμό μορίων διαφόρων κλασμάτων καζεϊνών που ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν πολυμερή. Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 30 και 300nm, συνήθως όμως είναι 80-100nm (Ανυφαντάκης, 1994).

Τα μικύλλια αποτελούνται από τις α-, β- και κ- καζεΐνες. Οι α-καζεΐνες είναι σε πολυφωσφορυλιωμένη μορφή (α_{s1} -, α_{s2} -, α_{s3} -, α_{s4} -, α_{s5} - και α_{s6}), με κύριες πρωτεΐνες στο γάλα τις α_{s1} -, α_{s2} -. Η β-καζεΐνη είναι η κύρια πρωτεΐνη στο αγελαδινό γάλα, αλλά είναι δευτερεύουσα στο ανθρώπινο γάλα. Η κ-καζεΐνη (α-γλυκοπρωτεΐνη) υπάρχει σε όλο το Καζεϊνικό μικύλλιο και δρα ως σταθεροποιητής του μικυλλίου. Η γ-καζεΐνη προέρχεται από την πέψη των β-καζεϊνών.

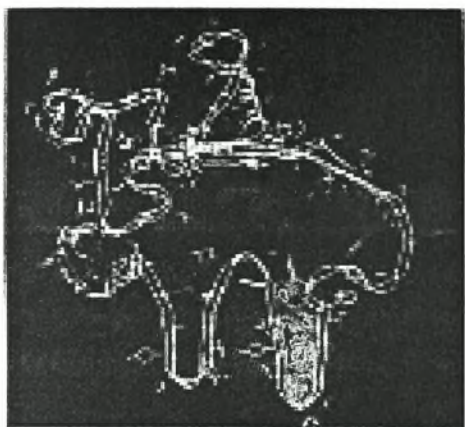
Η άλφα(s1)-καζεΐνη (μοριακό βάρος 23.000) έχει δυο υδροφοβικές περιοχές στο μόριο της, οι οποίες και περιέχουν όλα τα υπολείμματα της προλίνης. Οι περιοχές αυτές διαχωρίζονται από μια πολική περιοχή η οποία αποτελείται από 8 φωσφορικές ομάδες. Μπορεί να κατακρημνιστεί ως ίζημα σε χαμηλά επίπεδα ασβεστίου.

Η άλφα(s2)-καζεΐνη έχει μοριακό βάρος 25.000 και αποτελείται από 199 υπολείμματα αμινοξέων εκ των οποίων τα 10 είναι υπολείμματα προλίνης. Μπορεί να κατακρημνιστεί και αυτή σαν ίζημα σε χαμηλά επίπεδα ασβεστίου.

Η βήτα(β)-καζεΐνη έχει μοριακό βάρος 24.000 και αποτελείται από 209 υπολείμματα αμινοξέων εκ των οποίων τα 35 είναι υπολείμματα προλίνης. Αποτελείται από μια ισχυρά φορτισμένη περιοχή N και μια υδροφοβική περιοχή. Είναι αμφιλιτική πρωτεΐνη, η οποία δρα ως τασενεργό μόριο. Μπορεί να πολυμεριστεί ανάλογα με τη θερμοκρασία σε ένα μεγάλο πολυμερές στους 20°C αλλά δεν πολυμερίζεται στους 4°C. Είναι λιγότερο ευαίσθητη στην κατακρήμνιση με ασβέστιο.

Η κάπα(κ)-καζεΐνη (μοριακό βάρος 19.0000, 169 υπολείμματα, 20 υπολείμματα προλίνης) είναι πολύ ανθεκτική στην κατακρήμνιση με ασβέστιο, σταθεροποιώντας άλλες καζεΐνες. Κατά την τυροκόμιση, η πυτιά (χυμοσίνη) δρα στο δεσμό των υπολειμμάτων 105Phe-106Met (φαινυλαλανίνη-106μεθειονίνη) ελαχιστοποιώντας την σταθερότητά του, αφήνοντας ένα υδροφοβικό κομμάτι κ-καζεΐνης το οποίο καλείται παρά-κ-καζεΐνη και αντίστοιχα ένα υδροφιλικό κομμάτι το οποίο καλείται κ-καζεΐνο-γλυκομακροπεπτίδιο (GMP) ή πιο σωστά καζεΐνο-μακροπεπτίδιο (CMP).

Η ελεγχόμενη υδρόλυση της καζεΐνης είναι το μέσο παρασκευής τυριών και άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων. Η εκτεταμένη αποσταθεροποίηση της δομής των καζεϊνικών μικυλλίων και η μερική υδρόλυση των καζεϊνών, ελαττώνει την ποιότητα του γάλακτος και την απόδοση του γάλακτος σε τυρί. Η δομή της καζεΐνης του γάλακτος δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 13- Δομή καζεΐνης (courses.che.umn.edu)

Δομή μικυλλίων

Υπάρχουν πολλά πρότυπα αλλά και σοβαρές αντιγνώμεις πάνω στη δομή των μικυλλίων των καζεϊνών, όλες όμως συγκλίνουν στο γεγονός ότι η κ-καζεΐνη περιβάλλει τα μυκκήλια. Η κ-καζεΐνη φέρει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, με συνέπεια τα μυκκήλια να απωθούν το ένα το άλλο, κρατώνται χωριστά σε φυσιολογικές συνθήκες και σε μια σταθερή κολλοειδή εναιώρηση στο υγρό περιβάλλον.

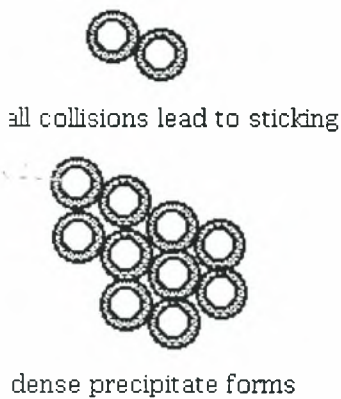
Κολλοειδικό φωσφορικό άλας ασβεστίου (CCP) δρα ως στοιχείο συνένωσης μεταξύ των εκατοντάδων ή ακόμα και των χιλιάδων υπομικκυλίων τα οποία δομούν τα καζεϊνικά μικύλλια. Η σύνδεση μπορεί να είναι ομοιοπολική ή ηλεκτροστατική. Τα υπομικκύλια πλούσια σε κ καζεΐνη περιέχουν μια επιφανειακή θέση, ενώ αυτά με λιγότερο κ καζεΐνη εντοπίζονται στο εσωτερικό. Το συνακόλουθο τριχωτό επίπεδο, τουλάχιστον 7 nm παχύ, δρα για να εμποδίσει την επιπλέον συσσωμάτωση των

υπομικκυλίων με χωρική απόθεση. Τα καζεϊνικά μικκύλια δεν είναι στατικά, υπάρχουν σε ισορροπία 3 δυναμικές καταστάσεις μεταξύ του μικκυλίου και του περιβάλλοντος χώρου:

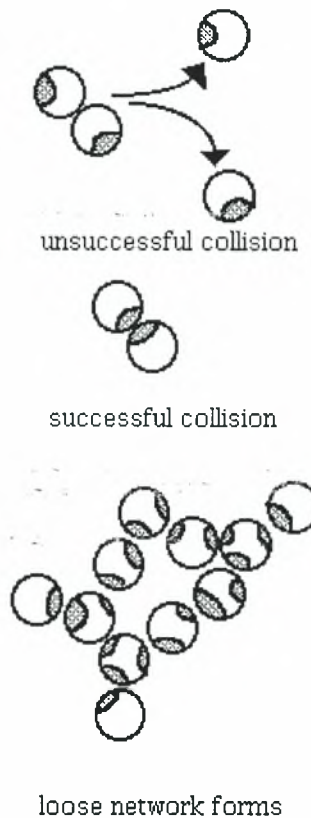
- Τα ελεύθερα μόρια καζεΐνης και τα υπομικκύλια
- Τα ελεύθερα υπομικκύλια και τα μικκύλια
- Το διαχωριζόμενο κολλοειδικό ασβέστιο και το φωσφορικό άλας

Συσσωμάτωση μικκυλίων καζεΐνης

Surface Completely Reactive



Surface Partly Reactive



Οι παρακάτω παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν μελετάται η σταθερότητα των καζεϊνικών μικκυλίων:

Ρόλος του Ca^{++} : Περισσότερο από 90% της περιεκτικότητας σε ασβέστιο του αποβουτυρωμένου γάλατος σχετίζεται κατά κάποιον τρόπο με τα καζεϊνικά μικκύλια. Η απομάκρυνση του Ca^{++} οδηγεί σε αντιστρεπτό διαχωρισμό της β

καζεΐνης χωρίς μικκυλιακή αποσύνδεση. Η προσθήκη Ca^{++} οδηγεί σε συσσωμάτωση.

Δεσμοί υδρογόνου: Μερικοί παρατηρούνται μεταξύ των ορατών καζεϊνών στα μικκύλια αλλά όχι πολλοί διότι δεν υπάρχει δευτεροταγής δομή στις πρωτεϊνικές καζεΐνες.

Δισουλφιδικοί δεσμοί: οι α_{-s1} και β καζεΐνες δεν παρουσιάζουν κυστεϊνικά κατάλοιπα. Αν παρατηρηθεί S-S δεσμός μέσα στο μικκύλιο, δεν αποτελεί την καθοριστική δύναμη της σταθεροποίησης.

Υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις: οι καζεΐνες είναι ανάμεσα στις πιο υδροφοβικές πρωτεΐνες και υπάρχουν στοιχεία που προτείνουν ότι παίζουν ένα ρόλο στην σταθερότητα του μικκυλίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι υδροφοβικές αλληλεπιδράσεις είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην θερμοκρασία.

Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις: Μερικές από τις αλληλεπιδράσεις των υπομονάδων μπορεί να αποτελούν αποτέλεσμα ιοντικών δεσμών, αλλά η συνολική δομή των μικκυλίων είναι πολύ ανοιχτή και χαλαρή.

Van der Waals Δυνάμεις: Η σταθερότητα των μικκυλίων δεν στηρίζεται σε αυτές τις δυνάμεις.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την σταθερότητα του συστήματος των καζεϊνικών μικκυλίων:

- Συγκέντρωση άλατος: επηρεάζει την δράση ασβεστίου στον ορό και την περιεκτικότητα σε φωσφορικό άλας ασβεστίου στα μικκύλια.
- pH: μείωση του pH οδηγεί σε διάλυση του φωσφορικού άλατος ασβεστίου μέχρι το ισοηλεκτρικό σημείο (pH 4.6), όλα τα φωσφορικά άλατα διαλύονται και η καζεΐνη καθιζάνει.
- Θερμοκρασία: στους 4°C , η β καζεΐνη αρχίζει να απομακρύνεται από το μικκύλιο, στους 0°C , δεν παρατηρείται συσσωμάτωση, η χαμηλή θερμοκρασία παράγει ένα ίζημα που ονομάζεται κρύο-καζεΐνη.

- Θερμική επεξεργασία: οι πρωτεΐνες του ορού γίνονται προσροφητικές, μεταβάλλοντας την συμπεριφορά του μικκυλίου.
- Αφυδάτωση με αιθανόλη για παράδειγμα, οδηγεί σε συσσωμάτωση των μικκυλίων.
- χυμοσίνη-πυτιά ή άλλα πρωτεολυτικά ένζυμα
- διαρκής ζελατινοποίηση

Όταν 2 ή περισσότεροι από αυτούς τους παράγοντες εφαρμόζονται μαζί, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι προσθετικό .

1.4.5. Παράγοντες που επηρεάζουν τα συστατικά του γάλακτος

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν ποσοτικά ή ποιοτικά τα συστατικά του γάλακτος είναι (Κεχαγιάς, 1997):

1. Το είδος και η φυλή του ζώου
2. Το κληρονομικό δυναμικό του ζώου
3. Ο αριθμός των αμέλξεων ανά εικοσιτετράωρο
4. Η περίοδος της ηρέρας
5. Η σωματική κατάσταση του ζώου
6. Η διάρκεια της ξηρής περιόδου
7. Η συχνότητα των τοκετών
8. Ο οργανισμός
9. Η ηλικία του ζώου
10. Η κόπωση και η συμπεριφορά του ανθρώπου στα ζώα
11. Η υγιεινή κατάσταση του ζώου
12. Οι συνθήκες διατροφής
13. ο στάδιο της γαλακτικής περιόδου
14. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος
15. Ο τρόπος άμελξης

1.4.6. Φυσικές ιδιότητες του γάλακτος

Το γάλα από φυσική άποψη παρουσιάζεται ως:

- α) Αραιό γαλάκτωμα της λιπαρής φάσεως.
- β) Κolloειδής διασπορά των μικκυλίων καζεΐνης.
- γ) Μοριακό διάλυμα των υδατοδιαλυτών συστατικών του.

Ετσι μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ψευδοδιάλυμα. Οι φυσικές του ιδιότητες είναι αυτές του νερού, που αποκλίνουν ανάλογα με τη συγκέντρωση και την κατάσταση διασποράς των στερεών συστατικών του.

Η γνώση των φυσικών ιδιοτήτων του γάλακτος δίνει χρήσιμες πληροφορίες για την κανονικότητα του προϊόντος και βοηθά στο σχεδιασμό των μεθόδων επεξεργασίας του (Αντωνίου Ι. Μάντη, 2000).

Οι κυριότερες φυσικές ιδιότητες του γάλακτος είναι:

Γεύση

Το γάλα όταν λαμβάνεται από το μαστό υγιών ζώων, έχει ευχάριστη υπόγλυκη γεύση. Προς το τέλος της γαλακτικής περιόδου και σε περιπτώσεις που τα ζώα έχουν προσβληθεί από μαστίτιδα επειδή η περιεκτικότητα του γάλακτος σε άλατα αυξάνει, η γεύση του γίνεται υφάλμυρη.

Το βρασμένο γάλα έχει ιδιάζουσα γεύση η οποία οφείλεται στην ελαφρά καραμελλοποίηση του περιεχομένου γαλακτοσακχάρου.

Όταν το γάλα παραμένει στον αέρα ορισμένο χρόνο και μάλιστα όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλή, αρχίζει να αποκτά όξινη γεύση και οσμή. (Γιάννη Β. Ζαρμπούτη, 1994).

Οσμή

Φρεσκοαρμεγμένο γάλα έχει ασθενή οσμή, παρόμοια με εκείνη της επιδερμίδας των ζώων που το παράγουν, η οποία όμως αποβάλλεται γρήγορα, ιδιαίτερα αν ψυχθεί το γάλα αμέσως μετά το άρμεγμα.

Η χορήγηση στις αγελάδες τροφίμων με έντονες οσμές είναι δυνατόν να επηρεάσει δυσμενώς την οσμή του γάλακτος, γεγονός που αποφεύγεται αν αυτές χορηγηθούν αμέσως με το άρμεγμα των ζώων (Εμμ. Μιχ. Ανυφαντάκη, 1994).

Χρώμα

Το νωπό γάλα έχει λευκοκίτρινο χρωματισμό. Το λευκό του χρώμα οφείλεται στη διάθλαση του φωτός που προκαλείται από τα λιποσφαίρια και τα κolloειδή τεμαχίδια του φωσφοροκαζεϊνικού ασβεστίου που περιέχει, ενώ το κίτρινο στις λιποδιαλυτές χρωστικές, καροτίνη και ξανθοφύλλη.

Η ένταση του κίτρινου χρώματος προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο από την ποσότητα του λίπους και της καροτίνης του γάλακτος και εξαρτάται από τη φυλή και τη διατροφή των ζώων.

Το ειδικό βάρος

Το γάλα είναι βαρύτερο από το νερό.

Το ειδικό βάρος του αγελαδινού γάλακτος είναι κατά μέσο όρο 1.032. Γάλα νοθευμένο με νερό έχει ειδικό βάρος μικρότερο του κανονικού, ενώ αποβουτυρωμένο γάλα έχει μεγαλύτερο. Το ειδικό βάρος του πρόβειου γάλακτος κυμαίνεται από 1.035 – 1.036.

Οξύτητα του γάλακτος

Η οξύτητα αποτελεί μία από τις ιδιότητες του γάλακτος που ελέγχεται πάντοτε από τις γαλακτοβιομηχανίες.

Η οξύτητα κανονικού αγελαδινού γάλακτος είναι 0,16% σε γαλακτικό οξύ ή 16 Dornic, ενώ στο πρόβειο γάλα λόγω που είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες η οξύτητά του είναι 0,22% σε γαλακτικό οξύ.

Μειωμένη οξύτητα γάλακτος κάτω από 14 °D μπορεί να οφείλεται στη νοθεία του γάλακτος με νερό, το γάλα να προέρχεται από ζώο που είναι προσβλημένο από το μικρόβιο της μαστίτιδας ή στο γάλα έχουν προστεθεί αλκαλικές ουσίες (σόδα). Επίσης και η υψηλή οξύτητα του γάλακτος είναι μη επιθυμητή διότι δημιουργεί πολλά προβλήματα στις γαλακτοβιομηχανίες.

Οξύτητα αγελαδινού γάλακτος 0,22% σε γαλακτικό οξύ την στιγμή που παστεριώνεται, οδηγεί σε πήξη. Η υψηλή οξύτητα στο αγελαδινό γάλα άνω το 18 °Dornic, οφείλεται στην ανάπτυξη της μικροχλωρίδας του γάλακτος η οποία μετατρέπει μέρος της λακτόζης σε γαλακτικό οξύ και αυξάνει η οξύτητα.

Για τον προσδιορισμό της οξύτητας του γάλακτος χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι. Καταρχήν με την οσμή και την βοήθεια της γεύσεως, έμπειρος γαλακτοκόμος διαπιστώνει αύξηση της οξύτητας. Επίσης, συνηθίζεται ο προσδιορισμός του pH του γάλακτος που μας δείχνει την ένταση της οξύτητας, ενώ η ογκομετρική μέθοδος μέτρησης της οξύτητας μας καθορίζει την ποσότητα αυτής.

Μια άλλη μέθοδος που επίσης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της οξύτητας του γάλακτος είναι η δοκιμή της αλκοόλης ή δοκιμή του Σαλούτ.

Ιξώδες

Η έννοια του ιξώδους στο γάλα (όπως και σε άλλα ρευστά) εκφράζει την αντίσταση που παρουσιάζει στη ροπή ή την παραμόρφωση.

Το ιξώδες μετριέται σε poise. Το poise εκφράζει τη δύναμη σε dynes/cm² που απαιτείται για να διατηρηθεί μία ροή σχετικής ταχύτητας 1 cm/sec μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων που απέχουν μεταξύ του 1 cm. Στο γάλα χρησιμοποιείται συνήθως το centipoises (1/100 poise) και μετριέται με ειδικά όργανα (ιξωδόμετρα).

Το ιξώδες του γάλακτος κυμαίνεται μεταξύ 0,9 και 2,1 (μ.ο. 2,0) centipoises και επηρεάζεται κυρίως από τη συγκέντρωση και τη διασπορά των κolloειδών (μικκυλίων καζεΐνης) και τον αριθμό των λιποσφαιρίων. (Αντωνίου Ι. Μάντη, 2000).

Γενικά οι ιδιότητες του γάλατος. Το γάλα είναι άσπρο υγρό, του οποίου το χρώμα οφείλεται στο λίπος. Αν αφαιρεθεί το λίπος, προκύπτει υγρό με χρώμα υποκόανο που λέγεται πλάσμα του γάλατος. Αν αφαιρεθεί το βούτυρο και η καζεΐνη, προκύπτει διαυγές υποκίτρινο υγρό, που λέγεται ορός του γάλατος. Υποκίτρινο χρώμα έχει και το γάλα που προέρχεται από ζώα που τρέφονται κυρίως με χλωρή τροφή. Η μυρωδιά του γάλατος είναι χαρακτηριστική και μπορεί να γίνει δυσάρεστη, αν τα ζώα δεν τρέφονται κανονικά. Η γεύση του κανονικού γάλατος είναι υπόγλυκη και οφείλεται στο γαλακτοσάκχαρο. Όταν αυτό βράσει, έχει ιδιαίτερη γεύση που οφείλεται στην καραμελοποίηση του γαλακτοσακχάρου και στο σχηματισμό ενώσεων από την αντίδραση σακχάρου και πρωτεϊνών.

Όταν το γάλα παραμένει σε ηρεμία, σχηματίζεται στην επιφάνειά του υποκίτρινη στιβάδα, πλούσια σε λίπος η οποία λέγεται αφρόγαλα. Ο σχηματισμός της στιβάδας αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι το λίπος είναι πιο ελαφρύ από το νερό και γι' αυτό ανεβαίνει στην επιφάνεια, το γάλα υποβάλλεται σε κατάληξη επεξεργασία που εμποδίζει το σχηματισμό του αφρογάλατος και τότε αυτό λέγεται ομογενοποιηθέν. Στην ομογενοποίηση τα λιποσφαιρίδια, με ειδική φυγόκεντρη συσκευή, θραύονται σε μικρά τεμαχίδια, που δεν ανεβαίνουν στην επιφάνεια.

1.4.7. Επεξεργασία γάλακτος

Το γάλα είναι τροφή που μολύνεται εύκολα από παθογόνους μικροοργανισμούς που το προσβάλλουν είτε πριν είτε μετά το άρμεγμα. Γι'αυτό για να είναι δυνατή η διάθεσή του στο εμπόριο πρέπει να υποστεί κατάλληλες κατεργασίες, ώστε να εξασφαλίζεται η συντήρησή του. Αυτές οι κατεργασίες είναι κυρίως:

- Η παστερίωση που συνιστάται στη θέρμανση του γάλακτος και ακολούθως στην ταχύτατη ψύξη του. Με αυτή τη διαδικασία καταστρέφονται όλα τα παθογόνα μικρόβια, αλλά παραμένουν ενεργά όλα τα σημαντικά μη παθογόνα βακτηρίδια και έχουμε και μια απώλεια βιταμίνης C, B1 και B12. Το παστεριωμένο γάλα διατηρείται στο ψυγείο και καταναλώνεται χλιαρό ή σε

θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ πρέπει να αποφεύγεται το βράσιμό του γιατί χάνεται και ένα ποσοστό λιπών, πρωτεϊνών αλλά και ασβεστίου.

- Η αποστείρωση που είναι εντονότερη θερμική κατεργασία και καταστρέφει όλη την βακτηριακή χλωρίδα του γάλακτος. Κατά αυτή την κατεργασία η περιεκτικότητα του γάλακτος σε βιταμίνες A,B1,B6,B12 και C μειώνεται κατά 30-100%, οι πρωτεΐνες πήζουν, λακτόζη καραμελοποιείται εν μέρει και τα ένζυμα και τα αντισώματα εξαφανίζονται.
- Η ομογενοποίηση που στηρίζεται στο πέρασμα του γάλακτος υπό πίεση, ώστε τα λιποσφαιρίδια μεγαλύτερου μεγέθους να διασπώνται σε μικρότερα και να γίνεται έτσι το γάλα πιο εύπεπτο.
- Η αποβουτύρωση που συνιστάται στην αφαίρεση των λιπαρών που υπερβαίνουν το νόμιμο ποσοστό. Κατά αυτήν την κατεργασία όμως χάνεται σημαντικό ποσοστό των βιταμινών A,D,E και K.

Παστερίωση

Με την παστερίωση σαν θερμική επεξεργασία αποβλέπουμε στις όσο το δυνατόν μικρότερες χημικές, φυσικές και οργανοληπτικές μεταβολές. Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι αν και η παστερίωση μπορεί να μην καταστρέψει όλους του παθογόνους μικροοργανισμούς που πιθανά υπάρχουν, ωστόσο ελαττώνει τον αριθμό των επικίνδυνων μικροοργανισμών σε τέτοιο επίπεδο που δεν αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την υγεία.

Η παστερίωση επίσης επιμηκύνει την διάρκεια ζωής των προϊόντων, ελαττώνοντας τον αριθμό μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις σε αυτούς. Ορισμένα άλλα στοιχεία που δίδονται και συνοδεύουν τον ορισμό είναι τα εξής: Από τα ανωτέρω γίνεται προφανές ότι για την παρασκευή παστεριωμένου γάλακτος γίνεται η ελάχιστη δυνατή θερμική επεξεργασία για να καταστεί το γάλα ακίνδυνο για τους καταναλωτές. Με την ελάχιστη αυτή θερμική επεξεργασία γίνονται πολύ μικρές χημικές, φυσικές και οργανοληπτικές μεταβολές στο προϊόν.

Η παστερίωση επίσης επιμηκύνει την διάρκεια ζωής γάλακτος, αφού μαζί με τους παθογόνους καταστρέφεται και ένα μέρος από σαπροφυτικούς μικροοργανισμούς που θα το αλλοιώσουν. Ωστόσο, είναι προφανές ότι με την παστερίωση σε αντίθεση με

την αποστείρωση, παραμένουν ζωντανοί μικροοργανισμοί και ένζυμα που προκαλούν μεταβολές στο προϊόν, για αυτό έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής.

Για να αυξηθεί επομένως η διάρκεια ζωής του παστεριωμένου γάλακτος είναι αναγκαία η ταχεία ψύξη του γάλακτος αμέσως μετά την παστερίωση και η διατήρηση αυτού σε χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω των 10°C) κατά τη διάρκεια της διακίνησης και συντήρησης μέχρι την κατανάλωση αυτού.

Η παστερίωση του γαλακτός είναι πολύ σημαντική για να απομακρύνονται οι μικροοργανισμοί από το γάλα. Υπάρχουν τρία είδη παστερίωσης:

1] Υψηλή παστερίωση, κατά την οποία το γάλα θερμαίνεται στους 85°C για 10 δευτερόλεπτα.

2] Χαμηλή παστερίωση, κατά την οποία το γάλα θερμαίνεται στους 65°C για μισή ώρα.

3] Στιγμιαία παστερίωση κατά την οποία το γάλα θερμαίνεται στους 75°C για 15-20 δευτερόλεπτα.

Όταν πρέπει να διατηρηθεί το γάλα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, πρέπει να καταστραφούν εκτός από τους μικροοργανισμούς και τα σπόρια τους και τα ένζυμα. Αυτό πετυχαίνεται με την αποστείρωση, στην οποία το γάλα θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία βρασμού του για 20-50 λεπτά. Οι θερμοκρασίες αποστείρωσης κυμαίνονται μεταξύ 100°C - 135°C .

1.4.8. Πήξη του γάλακτος

Η κ-καζεΐνη του γάλακτος έχει πολύ σημαντικές ιδιότητες. Τα πρώτα $2/3$ του μορίου αυτής της πρωτεΐνης είναι υδρόφοβα ενώ το τελευταίο $1/3$ υδρόφιλο και περιέχει σάκχαρα. Υπάρχουν πολλά ένζυμα που χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την πήξη του γάλακτος. Η κ-καζεΐνη διασπάται πολύ εύκολα από τα ένζυμα τα οποία διασπούν λευκώματα, με αποτέλεσμα να οδηγηθεί το γάλα σε πήξη. Η διαδικασία αυτή αποτελείται από 2 στάδια: α) Το πρώτο είναι η ενζυμική διάσπαση της κ-καζεΐνης και β) η συσσωμάτωση των μικκυλίων που συνεπάγεται των σχηματισμό πηκτής. Οι ουσίες που περιέχουν αυτά τα ένζυμα καλούνται πυτιές. (Η χρησιμοποίηση πυτιάς στην τυροκομεία είναι πολύ σημαντική για τους εξής κυρίως λόγους: α) Πήξη του

γάλακτος β) Σταθεροποίηση του γάλακτος γ)Ωρίμανση του τυριού δ)Διάσπαση καζεΐνης

Η πήξη του γάλακτος γίνεται σε 2 φάσεις:

- Στην ενζυμική φάση η ρεννίνη ή πυτιά (ένζυμα πρωτεάσες ρεννίνη και τυροσίνη)δρα επιλεκτικά πάνω στο μόριο της κ- καζεΐνης, στο αμινοξύ φαινυλαλανίνη που βρίσκεται στη θέση 106 και παράγει παρά-κ- καζεΐνη (αδιάλυτη) και είναι ένα διαλυτό γλυκομακροπεπτίδιο.
- Στη δεύτερη φάση που είναι μη ενζυμική επέρχεται κροκίδωση των μικκυλίων παρουσία ιόντων ασβεστίου.

1.4.9.Τα προϊόντα του γάλακτος διακρίνονται σε

1. Μακράς χρονικής περιόδου διατηρούμενα προϊόντα δηλ. γάλα εβαπορέ (συμπυκνωμένο), σακχαρούχο γάλα, γάλα σκόνης.
2. Όξινα προϊόντα γάλακτος
3. Διάφορα άλλα προϊόντα, όπως σοκολατούχο γάλα ή κακάο – γάλα, γαλακτούχα αλεύρα κ.α.
4. Προϊόντα από το ορό του γάλακτος
5. Παγωτό
6. Βούτυρο, μαργαρίνη
7. Τυρί (Κωνσταντίνου Σ. Μανωλκίδης 1983)

Το γάλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υγρή κατάσταση, μπορεί όμως να επεξεργαστεί και σε διάφορες άλλες μορφές. Μια από τις πιο γνωστές είναι και το συμπυκνωμένο γάλα με ζάχαρη ή χωρίς ζάχαρη. Το γάλα αυτό έχει περάσει από μια ειδική διαδικασία και συγκεκριμένα από κλίβανο υπό πίεση, στη διάρκεια της οποίας εξατμίστηκε ένα μέρος από το νερό που περιείχε. Η σκόνη γάλακτος είναι και αυτή γάλα, μόνο που έχει εξατμιστεί όλο το νερό που περιείχε. Η εξάτμιση γίνεται με το ράντισμα του γάλακτος πάνω σε πολύ ζεστές επιφάνειες.

Ακόμη, το γάλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παρασκευή διάφορων γαλακτοκομικών προϊόντων. Τέτοια γαλακτοκομικά προϊόντα είναι το γιαούρτι, τα τυριά κλπ. Η παρασκευή του γιαουρτιού και των τυριών γίνεται με τη βοήθεια ειδικών ένζυμων, που προκαλούν την πήξη των πρωτεϊνών που περιέχει το γάλα.

Τόσο το γάλα, όσο και τα προϊόντα του είναι πρώτης τάξης τροφές για τον άνθρωπο. Εξασφαλίζουν τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες, όπως είναι το λίπος, το γαλακτικό ζάχαρο και οι πρωτεΐνες, αλλά περιέχουν και μεγάλη ποσότητα από ασβέστιο και φώσφορο, που είναι πολύ απαραίτητα για τη δημιουργία του σκελετού. Περιέχει ακόμη και αρκετή ποσότητα από βιταμίνες Α και D.

1.4.10 Σκόνη γάλακτος(SMP)

Ένα από αυτά τα προϊόντα γάλακτος είναι και η σκόνη γάλακτος ή παρασκευή ξηρού γάλακτος, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί με αυτό τον τρόπο μεγάλες ποσότητες γάλακτος μπορούν να συντηρηθούν, να αποθηκευτούν και να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις.

Σκόνη γάλακτος παράγεται από την απομάκρυνση νερού από μη-λιπαρό γάλα. Παρασκευάζεται με ξήρανση σε ειδικές εγκαταστάσεις όπου διασφραγίζεται και συμπυκνώνεται στο κενό μέχρις ότου τα στερεά του να γίνουν 45-50%. Μετά με αντλία υψηλής πίεσης διοχετεύεται στον κατοϊονιστήρα ή στα περιστρεφόμενα τύμπανα. Για να πάρουμε πάλι γάλα (100 γρμ.) προσθέτουμε 12 γρμ. σκόνη σε 100 γρμ. νερό.

Περιεκτικότητα

1)	Λίπος	27,5%
2)	Πρωτεΐνες	25%
3)	Λακτόζη	37,5%
4)	Τέφρα	6%
5)	Νερό	3%

Διατηρείται περισσότερο από τα άλλα γάλατα.

Το προϊόν είναι ελεύθερο από συντηρητικά, χημικά προσθετικά και άλλες προσμίξεις. Η σκόνη είναι υψηλά θρεπτική και πολυλειτουργική και δύναται να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή πολλών εμπορεύσιμων τροφίμων. Τα διάφορα είδη σκόνης γάλακτος που κυκλοφορούν στο εμπόριο παρουσιάζουν μεταξύ τους πολύ μεγάλες διαφορές ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους.

Τα γνωρίσματα που χαρακτηρίζουν μια σκόνη γάλακτος καλής ποιότητας είναι:

- Η καλή διαλυτότητα.
- Η ευχάριστη γεύση.
- Η διατηρημένη θρεπτική αξία.
- Η εξασφαλισμένη υγιεινή κατάσταση.

Φυσικές ιδιότητες

Εμφάνιση	Λευκή ή ελαφρώς κρεμμώδης σε χρώμα, ελεύθερη από κόκκους
Γεύση/άρωμα	Καθαρή γλυκιά γεύση ελεύθερη από ανεπιθύμητες άλλες γεύσεις

Αναλυτικές ιδιότητες

Υγρασία	4.0%
Λίπος	1.25%
Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	0.15%
Βιολογική διαλυτότητας	1.25ml

Η ξήρανση του γάλακτος γίνεται σε δύο φάσεις. Αρχικά το γάλα παστεριώνεται και συμπυκνώνεται στο $\frac{1}{4}$ του αρχικού και κατόπιν γίνεται η ξήρανση από την οποία λαμβάνεται το τελικό προϊόν με περιεκτικότητα σε νερό 3-4%. Υπάρχουν οι εξής τύποι σκόνης γάλακτος:

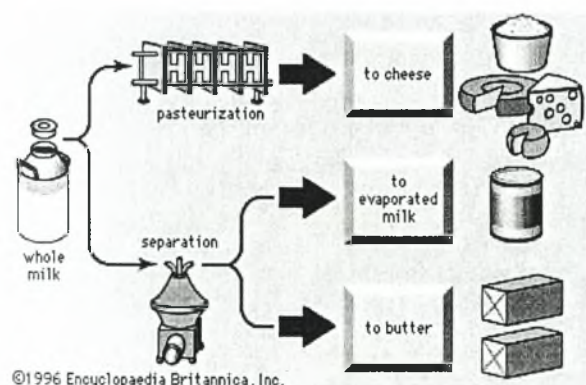
- Σκόνη γάλακτος μειωμένου λίπους.
- Σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος.

Το λίπος στη σκόνη γάλακτος δημιουργεί προβλήματα γιατί οξειδώνεται και παρουσιάζει ταγγή γεύση. Το γάλα που προορίζεται για την παραγωγή σκόνης γάλακτος πρέπει να είναι άριστης ποιότητας, όχι ξινό και προηγουμένως πρέπει να

τυποποιείται, ώστε το τελικό προϊόν να έχει σταθερή σύνθεση. Με τη συμπύκνωση πετυχαίνεται σημαντική μείωση του όγκου του γάλακτος και με την αποστείρωση του συμπυκνώματος ή την προσθήκη ζάχαρης αυξάνεται σημαντικά ο χρόνος διατήρησης των προϊόντων αυτών. Το αποξηραμένο γάλα περιέχει μόνο 2,5-4% νερό και έτσι τα έξοδα μεταφοράς, συσκευασίας και αποθήκευσης μειώνονται πολύ και επιμηκύνεται ο χρόνος διατήρησης.

Τύποι σκόνης γάλακτος

- Σκόνη από ακέραιο ή πλήρες γάλα : παράγεται από γάλα με κανονικό ποσοστό λίπους με τη μέθοδο της εκνέφωσης.
- Σκόνη κρέμας γάλακτος : παράγεται με τη μέθοδο της εκνέφωσης.
- Σκόνη από αποβουτυρωμένο γάλα : μπορεί να παραχθεί με όλες τις μεθόδους ξήρανσης.
- Σκόνη βουτυρογάλακτος: συνήθως παράγεται σε ξηραντήρα με τύμπανα.



Εικόνα 14- Προϊόντα γάλακτος

1.5 Διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις βιοπολυμερών

Όταν αναμειγνύονται διάφορες ουσίες που δεν αντιδρούν μεταξύ τους, μπορεί να προκύψουν μίγματα, διαλύματα και κολλοειδή συστήματα. Στα μίγματα τα επιμέρους σωματίδια είναι ευδιάκριτα και μπορούν να διαχωριστούν μεταξύ τους με μηχανικά μέσα, ενώ στα διαλύματα που είναι ομογενή συστήματα, τα συστατικά τους δεν διαχωρίζονται με μηχανικά μέσα αλλά με κάποια φυσική ή χημική διεργασία. Τα κολλοειδή(διασπορές, μικκύλια και διαλύματα μακρομορίων) είναι ετερογενή διαλύματα που αποτελούνται από 2 φάσεις.

Μερικά υγρά μίγματα αναμειγνύονται πλήρως σε όλες τις θερμοκρασίες και συγκεντρώσεις, άλλα δεν αναμειγνύονται καθόλου και τέλος άλλα αναμειγνύονται μερικά και η αμοιβαία διαλυτότητα μεταβάλλεται με την θερμοκρασία. Υγρά που αναμειγνύονται πλήρως έχουν την ίδια πολικότητα. Υγρά που έχουν διαφορετική πολικότητα αναμειγνύονται κατά κανόνα μερικά, δηλαδή σχηματίζουν δύο υγρές στιβάδες και καθένα από αυτά διαλύεται στο άλλο σε ορισμένη έκταση. Όταν όμως αυτά τα υγρά θερμανθούν, τότε η αμοιβαία διαλυτότητά τους επηρεάζεται από την θερμοκρασία. Πάνω από μια ορισμένη θερμοκρασία οι 2 στιβάδες έχουν την ίδια σύσταση και τα 2 υγρά αναμειγνύονται πλήρως σε όλες τις αναλογίες. Αυτή η θερμοκρασία ονομάζεται κρίσιμη θερμοκρασία διάλυσης.

Γενικές παρατηρήσεις όσων αφορά την ισορροπία φάσεων σε σχέση με την θερμοκρασία οδηγεί στα παρακάτω συμπεράσματα. Στα στερεά η ενθαλπία είναι σχετικά μεγάλη και αρνητική, επειδή οι δομικές μονάδες συνδέονται με σταθερές δυνάμεις, αντίθετα, η εντροπία είναι μικρή, επειδή τα μόρια έχουν μικρή ελευθερία κίνησης. Επομένως, σε χαμηλές θερμοκρασίες, η στερεά κατάσταση είναι η πιο σταθερή. Στα αέρια, η ενθαλπία προσεγγίζει το 0, επειδή δεν υπάρχουν σταθερές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μορίων, ενώ η εντροπία είναι μεγάλη λόγω ελευθερίας κίνησης των μορίων. Σε υψηλές θερμοκρασίες η αέρια κατάσταση είναι η σταθερότερη. Μεταξύ των δυο ακραίων καταστάσεων υπάρχει η υγρή φάση, η οποία είναι σταθερότερη σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες.

Όπως προανέφερα η ανάμιξη 2 μη αντιδρώντων ουσιών μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό κολλοειδών συστημάτων. Τα κολλοειδή διαλύματα είναι ετερογενή συστήματα που αποτελούνται από 2 φάσεις. Τα συστατικά ενός κολλοειδούς διαλύματος είναι γνωστά ως μέσο διασποράς και διεσπαρμένη ουσία. Το γάλα είναι ένα γαλάκτωμα του βουτύρου(διεσπαρμένη ουσία) σε νερό(μέσο διασποράς) με το υδρόφιλο κολλοειδές καζεΐνη να δρα ως γαλακτωματοποιητής. Επιπρόσθετα, η ζελατινοποίηση του αμύλου προς σχηματισμό πηκτής είναι ένα παράδειγμα σχηματισμού κολλοειδούς διαλύματος, με το άμυλο να αποτελεί την διεσπαρμένη ουσία και το νερό το μέσο διασποράς. Τα διαλύματα των μακρομορίων που προανέφερα, συμπεριφέροντε ως λύοφιλα sols, δηλαδή τα σωματίδια της διεσπαρμένης ουσίας προσροφούν μόρια του μέσου διασποράς. Οι φυσικές ιδιότητές τους είναι κατά κανόνα διαφορετικές από αυτές του διαλύτη. Παρουσιάζουν μεγάλο ιξώδες σε υψηλές συγκεντρώσεις. Κύρια ιδιότητα τους που μελετάται είναι η οσμωτική πίεση. Σκεδάζουν επίσης το φως και καθιζάνουν με υπερφυγοκέντριση.

Τα κολλοειδή διαλύματα παρουσιάζουν το φαινόμενο της διάχυσης, της μεταφοράς, δηλαδή, μιας ουσίας από μια περιοχή με μεγάλη σε μια περιοχή με μικρότερη συγκέντρωση. Επιπρόσθετα, τα διεσπαρμένα σωματίδια παρουσιάζουν την τάση να καθιζάνουν, εξαιτίας της βαρύτητας. Επιπλέον, όπως προανέφερα τα διαλύματα των μακρομορίων συμπεριφέροντε όπως τα λύοφιλα sols. Η σταθερότητα των λύοφιλων κολλοειδών προσδιορίζεται από το ηλεκτρικό τους φορτίο και από το βαθμό ενυδάτωσης. Αν η ενυδάτωση ελαττωθεί το κολλοειδές γίνεται ευαίσθητο στους ηλεκτρολύτες. Όταν το ηλεκτρικό τους φορτίο εξουδετερωθεί, η καταβύθιση επιτυγχάνεται με την προσθήκη αφυδατικών μέσων.

Τα αιωρήματα(διασπορά στερεού σε υγρό μέσο διασποράς), όπως και οι κολλοειδείς διασπορές είναι θερμοδυναμικά ασταθή, αλλά η ταχύτητα συσσωμάτωσης ελαττώνεται με την προσθήκη σταθεροποιητών διασποράς. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις η μερική συσσωμάτωση των σωματιδίων επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση υδρόφιλων sols, που τα μεγάλα μόρια τους προσροφώνται σε περισσότερα από ένα σωματίδια και σχηματίζουν έτσι γέφυρες μεταξύ τους. Τα συνδεδεμένα σε γέφυρες σωματίδια προσροφώνται σε διάφορες θέσεις κατά μήκος των πολυμερών αλυσίδων και δεν σχηματίζουν εύκολα συσσωματώματα. Μεταξύ των προσροφημένων και των ελεύθερων σωματιδίων υπάρχει μια δυναμική ισορροπία, που περιγράφει το φαινόμενο της πολυμερούς συσσωμάτωσης. Τα

συσσωματώματα πρέπει να έχουν κατάλληλο μέγεθος και σταθερότητα. Αν είναι πολύ μικρά καθιζάνουν πολύ αργά, αλλά σχηματίζουν ένα σταθερό ίζημα, που δύσκολα επαναδιασπείρεται ενώ αν είναι πολύ μεγάλα σχηματίζουν εύκολα ένα σταθερό ίζημα, που εύκολα επαναδιασπείρεται.

1.5.1 Διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις πολυσακχαριτών και πρωτεϊνών

Τα προϊόντα τροφίμων είναι πολύπλοκα συστήματα αποτελούμενα από πολλά συστατικά, τα οποία μπορεί να περιέχουν μίγματα πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών, είτε ως δομικά συστατικά τροφίμων είτε ως προστιθέμενοι παράγοντες, όπως πηκτικοί, σταθεροποιητές, παράγοντες ζελατινοποίησης, γαλακτωματοποιητές. Ως επακόλουθο, τα προϊόντα συχνά συμπεριλαμβάνουν το λιγότερο δυο διαφορετικά δομικά βιοπολυμερή. Καθώς, αυτά τα πολυμερή είναι υπεύθυνα για την φυσική δομή των τροφίμων, η κατανόηση του μηχανισμού αλληλεπίδρασης μεταξύ τους είναι απαραίτητη, διότι οι συνολικές δομικές ιδιότητες του προϊόντος θα επηρεαστούν από την φύση και την δύναμη αυτών των αλληλεπιδράσεων.

Υδάτινα μίγματα δυο διαφορετικών πολυμερών υπήρξαν το αντικείμενο έρευνας τα τελευταία 20 με 30 χρόνια και κάποιες βασικές αρχές έχουν καλά τεκμηριωθεί.

Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε δυο πολυμερή τρεστούνται, έχουν ταξινομηθεί ως συνδετικές ή διαχωριστικές, εξαρτώμενες αν είναι ενθαλπικά πιο ευνοούμενες(συνδετικές) ή λιγότερο ευνοούμενες (διαχωριστικές) αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών πολυμερών ίδιου τύπου.

Συνδετικές αλληλεπιδράσεις συμβαίνουν φυσικά, αλλά όχι αποκλειστικά, από την ηλεκτροστατική έλξη, πχ, μεταξύ αρνητικά φορτισμένου πολυσακχαρίτη και θετικά φορτισμένης πρωτεΐνης. Τα συμπλέγματα μπορεί να είναι διαλυτά ή αδιάλυτα, εξαρτώμενα από τους παράγοντες όπως ιοντικό περιβάλλον και τις σχετικές και απόλυτες συγκεντρώσεις των δύο πολυμερών. Ο σχηματισμός ευδιάλυτων συμπλόκων(συσσωματώματα) είναι το πιο σύνηθες αποτέλεσμα.

Οι διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις, συνήθως γνωστές και ως θερμοδυναμική ασυμβατότητα, είναι πιο κοινές, και επαρκώς υψηλές συγκεντρώσεις των πολυμερών μπορούν να οδηγήσουν στην επαναδιάλυση του συστήματος σε δυο υγρές στιβάδες, εξαιτίας των διαφορετικών πυκνοτήτων των συστατικών των δύο φάσεων. Σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, τα πολυμερή αν και ασύμβατα, μπορούν να παραμείνουν σε μια φάση. Διαχωρισμός φάσης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ενίσχυση της συνεκτικότητας του gel των ζελατινοποιημένων πολυμερών (καθώς ο διαχωρισμός αυξάνει την συγκέντρωση και των δυο, περιορίζοντας τα σε ένα τμήμα του συνολικού όγκου). Μεγάλες ενισχύσεις μπορούν να παρατηρηθούν αναμειγνύοντας ένα πολυμερές που δύναται να ζελατινοποιηθεί με ένα που δεν μπορεί να παρουσιάσει αυτήν την ιδιότητα. Περιορισμός των μορίων σε μοναδικό τμήμα του συνολικού όγκου προκαλεί σημαντική μείωση της εντροπίας, και ο διαχωρισμός προκαλείται μόνο όταν η απώλεια της εντροπίας υπερέχει του ενθαλπικού πλεονεκτήματος ξεχωριστών μορίων, που περιβάλλονται από άλλα μόρια του ίδιου τύπου.

Πολλές μελέτες έδειξαν ότι οι προστιθέμενοι διαλυτοί πολυσακχαρίτες που προκαλούν αταξία, οδηγούν σε ενίσχυση της συσσωμάτωσης άλλων ζελατινοποιημένων βιοπολυμερών σε συστήματα που δημιουργούν μια φάση κατά την ανάμιξη. Επιπλέον αυξήσεις στην συγκέντρωση των διαλυτών πολυσακχαριτών, ωστόσο, προκαλούν την ελάττωση των gel συμπλόκων.

Μίγματα πρωτεϊνών/σακχάρων

Οι πρωτεΐνες και οι πολυσακχαρίτες παίζουν ένα ρόλο κλειδί στην σχηματιζόμενη δομή και στην σταθερότητα των τροφικών συστημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, οι πρωτεΐνες αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ως παράγοντες γαλακτοματοποίησης και οι πολυσακχαρίτες ως παράγοντες σταθεροποίησης. Μίγματα και των 2 βιοπολυμερών μπορούν να βρεθούν στα συστατικά μιας τεράστιας ποικιλίας κολλοειδών τροφίμων. Η συνολική δομή και σταθερότητα των τροφικών κολλοειδών που περιλαμβάνουν μίγματα βιοπολυμερών δεν εξαρτάται μόνο από τις λειτουργικές ιδιότητες των ξεχωριστών συστατικών, αλλά και από την φύση και την δύναμη των αλληλεπιδράσεων πρωτεΐνης-πολυσακχαρίτη. Όταν εκδηλώνονται δυνάμεις έλξης, με αποτελέσματα συμπλοκοποίησης, μέσω των οποίων τα σύμπλοκα πρωτεΐνης-πολυσακχαρίτη μπορεί να είναι διαλυτά ή να οδηγήσουν σε αθροιστικό διαχωρισμό

φάσεων. Από την άλλη πλευρά, θερμοδυναμική ασυμβατότητα πραγματοποιείται αν και η πρωτεΐνη και ο πολυσακχαρίτης φέρουν το ίδιο φορτίο, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε διαχωρισμό φάσεων, εφόσον η συγκέντρωση των βιοπολυμερών είναι υψηλότερη από το όριο συνδιαλυτότητας. Η θερμοδυναμική αστάθεια είναι ένα από τα πιο κοινά φαινόμενα στα διαλύματα βιοπολυμερών. Καθορίζει την δομή των συστημάτων βιοπολυμερών και τις λειτουργικές ιδιότητες των μακρομορίων. Εξαρτάται από την εξειδικευμένη δομή και τα χαρακτηριστικά σύστασης, επίσης και από το μοριακό βάρος και τη διαμόρφωση των βιοπολυμερών.

Παραδείγματα μιγμάτων:

- Η πηκτίνη είναι ένα πολυγαλακτουρονικό οξύ, του οποίου το φυσιολογικό pK ποικίλει από 2.9-3.3. Μια αυξανόμενη ποσότητα πηκτίνης χρησιμοποιείται για την σταθεροποίηση των οξινισμένων ποτών γάλακτος και του γιαουρτιού. Η πηκτίνη αλληλεπιδρά με την καζεΐνη και έτσι παρεμποδίζεται η απομόνωση των καζεϊνικών τμημάτων σε pH μικρότερο από το ισοηλεκτρικό σημείο και επιτρέπεται η παστερίωση. Ο μηχανισμός σταθεροποίησης με πηκτίνη του οξινισμένου γάλακτος μπορεί είτε να ερμηνευτεί από την αυξανόμενο ιξώδες της συνεχόμενης φάσης εξαιτίας της αδέσμευτης πηκτίνης είτε από την αυξανόμενη ηλεκτροστατική και στερική απόθεση επί της προσροφημένης πηκτίνης. Η απορρόφηση πηκτίνης από τις καζεΐνες πραγματοποιείται σε ή κάτω από pH 5.0 έτσι φαίνεται ότι η αλληλεπίδραση είναι κυρίως στην φύση της ηλεκτροστατική. Παρομοίως, αλληλεπιδράσεις μεταξύ λακτογλοβουλίνης με υψηλής και χαμηλής μεθωλιωμένης πηκτίνης κυρίως προκαλούνται από ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις

- Ακατέργαστο γάλα-Guar Gum-σουκρόζη

Τα διαλυτά μίγματα SMP και Guar Gum σε 20% σουκρόζη(w/w) σε pH 6.8 και στους 58C οδηγεί σε υγρό-υγρό διαχωρισμό φάσεων με τα μακρομοριακά συστατικά να συγκεντρώνονται σε διαφορετικές φάσεις εξαιτίας της θερμοδυναμικής ασυμβατότητας. Αυτή η ασυμβατότητα ερμηνεύει και την χρησιμοποίηση παλιότερα του Guar Gum για την συμπύκνωση των πρωτεϊνών γάλακτος.

Η στιβάδα καζεΐνης ζελατινοποιείται εξαιτίας μιας μεγάλης αύξησης της συγκέντρωσης της καζεΐνης και των ιόντων ασβεστίου. Μετά τον σχηματισμό, η συγκέντρωση του πρωτεϊνικού gel δεν αλλάζει με αύξηση της συγκέντρωσης του

πολυσακχαρίτη. Θεωρείται ότι η διαφορά της υδροφιλικότητας της πρωτεΐνης και του πολυσακχαρίτη και/ή το μοριακό βάρος είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την συμπεριφορά φάσεων τέτοιων βιοπολυμερών.

1.5.2 Αλληλεπιδράσεις αμύλου με πρωτεΐνες γάλακτος

Όταν τρόφιμα ή συστατικά τροφίμων συνδυάζονται, οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες και τα λίπη ανασυνδιάζονται για να δώσουν νέα προϊόντα. Οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες χρησιμοποιούνται για τις καθιερωμένες τους λειτουργίες. Ο πιο κοινός υδατάνθρακας για κατανάλωση από τον άνθρωπο είναι το άμυλο, το οποίο χρησιμοποιείται ως πηκτική ουσία και ως συνδετικός παράγοντας σε διάφορα τρόφιμα. Ελλείψεις των κύριων λειτουργικών ιδιοτήτων, όπως το άφρισμα και η σταθεροποίηση γαλακτώματος, περιορίζουν την χρησιμότητά του. Φυσική και χημική τροποποίηση του αμύλου έχει πραγματοποιηθεί για να επιδράσουμε στις ιδιότητές του.

Το άμυλο χρησιμοποιείται για την βελτίωση των ιδιοτήτων του αποβουτυρωμένου γάλακτος, αυξάνοντας την σταθερότητα του αφρού. Προκειμένου να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών γάλακτος αυτό οφείλει να είναι διογκωμένο καθώς αυξάνει το pH.

Άμυλο χρησιμοποιείται στην παραγωγή ενός ξηρού προϊόντος πρωτεΐνης γάλακτος. Από τις συνθήκες διεργασίας και το ποσοστό βάρους των συστατικών αναγνωρίζεται ότι οι φυσιολογικές ιδιότητες διόγκωσης αμύλου είναι υπεύθυνες για την βελτίωση των ιδιοτήτων των πρωτεϊνών γάλακτος.

Τροποποιημένα προϊόντα αμύλου προετοιμάστηκαν με σύνδεση του αμύλου με πρωτεΐνη οποιασδήποτε πηγής(καζεΐνη/καζεϊνικά άλατα) ώστε να δημιουργηθούν σύμπλοκα. Τέτοια σύμπλοκα προετοιμάζονται με θέρμανση του αμύλου με πρωτεΐνη που έχει διασπαρθεί σε υδατικό διάλυμα, σε θερμοκρασία πέραν της θερμοκρασίας ζελατινοποίησης αμύλου. Ο χρόνος αντίδρασης εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη

θερμοκρασία και σε κάποιο βαθμό από την σχετική συγκέντρωση των αντιδρώντων. Ο χρόνος αντίδρασης είναι μικρότερος από 1' μέχρι 45' αλλά μπορεί να επεκταθεί. Το τροποποιημένο άμυλο παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες με το μη τροποποιημένο εκτός από την πηκτική ικανότητα και το κολλώδες. Επιπλέον είναι χρήσιμο για την σταθεροποίηση του γαλακτώματος και μπορεί να προετοιμαστεί σε ποικίλλα ιξώδη.

Τα χαρακτηριστικά του συμπλόκου πρωτεΐνης/αμύλου εξαρτώνται από το βαθμό σχηματισμού του συμπλόκου, από την αναλογία πρωτεΐνης:αμύλου, τον χρόνο αντίδρασης, την θερμοκρασία και την παρουσία ιόντων. Η φύση του τροποποιημένου αμύλου είναι σχεδόν ανεξάρτητη από τη μορφή της καζεΐνης, από την προέλευση του αμύλου και από το pH.

Αύξηση της ποσότητας της πρωτεΐνης από μηδενική σε μια ποσότητα (κατά βάρος) ίση με εκείνη του αμύλου, μειώνει την ικανότητά του αμύλου να ζελατινοποιηθεί.

Αν και η θερμοκρασία αντίδρασης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την θερμοκρασία ζελατινοποίησης, η αντίδραση διεξάγεται σε οποιαδήποτε θερμοκρασία μικρότερη από το κατώτερο όριο.

Ο χρόνος όπως προαναφέραμε εξαρτάται από την θερμοκρασία αντίδρασης. Σε χαμηλές θερμοκρασίες ο χρόνος μπορεί να επεκταθεί σε μια ώρα ή ακόμα περισσότερο χωρίς κανένα βλαπτικό αποτέλεσμα.

Με την διαφοροποίηση των κρίσιμων παραμέτρων της αντίδρασης ελέγχονται οι ιδιότητες του τροποποιημένου αμύλου και ο βαθμός σχηματισμού του συμπλέγματος, έτσι ώστε καθιστά ικανή την χρήση αμύλου για σκοπούς που δεν ήταν προηγουμένως δυνατή η επίτευξή τους λόγω του περιορισμού της θιξοτροπίας, διόγκωσης, ζελατινοποίησης από ανασταλτικούς παράγοντες. Σε σύγκριση με τις ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου άμυλου, το σύμπλοκο στερείται ή έχει σε μειωμένο βαθμό την ικανότητα πήξης και ζελατινοποίησης. Οι ικανότητες αυτές μεταβάλλονται λόγω της ρήξης των αμυλόκοκκων και τον σχηματισμό συσσωματώματος κάτω από τις συνθήκες της αντίδρασης.

Όταν το σύμπλοκο αναμιχθεί με άλλο υλικό τα συνολικά σύνθετα στερεά μπορούν να αυξηθούν περισσότερο από 100%, ακόμα και αν το ιξώδες του μίγματος ταυτόχρονα μειώνεται δραματικά και δεν παρουσιάζεται ζελατινοποίηση. Τέτοιο χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για προϊόντα τα οποία πρέπει να είναι αποστειρωμένα και ημι-υγροποιημένα.

Η συνεκτικότητα και οι ιδιότητες ροής του συμπλόκου διαφέρει από εκείνη του αμύλου από το οποίο προετοιμάστηκε, είναι λιγότερο κολλώδες. Η συνεκτικότητα εξαρτάται από τους κρίσιμους παράγοντες. Γενικά, αυξάνοντας την αναλογία πρωτεϊνών, εισάγοντας ιόντα στο μίγμα αντίδρασης ή αυξάνοντας την ποσότητα τέτοιων ιόντων, αυξάνοντας τον χρόνο ή την θερμοκρασία της αντίδρασης μειώνεται η κολλώδης φύση των συμπλόκων. Ελέγχοντας την πήξη το τροποποιημένο άμυλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί π.χ. για συγκόλληση μορίων, όπου το μη τροποποιημένο προσφέρει μια συνοχή όταν υπάρχει υψηλό κολλώδες.

Η παρουσία του τροποποιημένου αμύλου δεν αφορά μόνο την μείωση ή την εξάλειψη των ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών αλλά και την καθιέρωση των επιθυμητών του παραγόμενου προϊόντος όπως η ικανότητα σταθεροποίησης γαλακτώματος. Επιπλέον, δεν παρουσιάζει υπολειμματική γεύση με αποτέλεσμα να μην αλλάζει την γεύση των παραγόμενων προϊόντων.

Η χρησιμοποιούμενη πρωτεΐνη είναι η καζεΐνη ή τα καζεϊνικά άλατα, όπως καζεϊνικό ασβέστιο, καζεϊνικό ή νάτριο. Εναλλακτικά οι πρωτεΐνες είναι με την μορφή παράγωγου καζεΐνης, κατακρήμνισα με οξύ καζεΐνη. Οι ιδιότητες του συμπλόκου είναι ανεξάρτητες από την χρησιμοποιούμενη καζεΐνη. Με την χρήση γάλακτος ελεύθερου καζεΐνης, η ζελατινοποίηση του αμύλου μπορεί να παρεμποδιστεί. Αυτό δεν είναι δυνατόν όταν χρησιμοποιείται καζεΐνη ως συστατικό γάλακτος ή σε γάλα σκόνη. Αν και η καζεΐνη δεν χρησιμοποιείται απαραίτητα σε καθαρή μορφή ή διαχωρισμένη από τα άλλα συστατικά, υπάρχουν ορισμένα συστατικά, όπως τη λακτόζη, τα οποία παρεμποδίζουν τον σχηματισμό των συμπλόκων. Το αποτέλεσμα δημιουργίας συμπλόκων παρουσία τέτοιων ανασταλτικών συστατικών είναι επιθυμητό.

Αν και τα άμυλα διαφέρουν σε μοριακή δομή και στις ιδιότητες, ανάλογα με την βοτανική προέλευση, όλα έχουν κοινές βασικές λειτουργίες που τροποποιούνται, ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης. Ο βαθμός πήξης διαφέρει από άμυλο σε

άμυλο με αποτέλεσμα η μέγιστη ποσότητα αμύλου σε κάθε μίγμα εξαρτάται από την προέλευση του.

Αρχικά πραγματοποιείται ζελατινοποίηση του αμύλου με την διεργασία που αναφέραμε στην παράγραφο 3.5. Έπειτα, προστίθεται η καζεΐνη, η οποία σχηματίζει με τα συστατικά του αμύλου σύμπλοκα τα οποία δημιουργούν σωματίδια διαφόρων μεγεθών. Όταν σχηματιστεί ένα αδιάλυτο(αλλά σταθερό κolloειδές) σωματίδιο συμπλόκου καζεΐνης/αμύλου, η ισορροπία μεταξύ διαλυτών συστατικών αμύλου εντός και εκτός των κόκκων επηρεάζεται. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερο διαλυτό άμυλο θα αφήσει τους κόκκους και όταν η αντίδραση επιτρέπεται να προχωρήσει αρκετά, οι κόκκοι αδειάζουν εντελώς. Με τον έλεγχο των αλληλεπιδράσεων μεταξύ συμπλόκων, αμυλόκοκκων και διαλυτοποιημένου αμύλου διάφοροι τύποι δομών δύνανται να σχηματισθούν. Οι δυνάμεις που συμμετέχουν είναι ηλεκτροστατιστικές, υδρόφοβοι δεσμοί, υδρογονικές γέφυρες και van der Waals's δυνάμεις έλξης. Ο σχηματισμός του συμπλόκου ξεκινάει ταυτόχρονα με τη διόγκωση των αμυλόκοκκων. Ο αριθμός και το μέγεθος των συμπλόκων αυξάνουν με την πάροδο του χρόνου. Το σύμπλοκο σχηματίζεται σε ένα ευρύ φάσμα τιμών pH, 2-12. Δεν απαιτείται ιδιαίτερη αύξηση του pH.

Μόλις η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη συγκρουστούν με το καζεϊνικό μόριο, ξεκινάει ο σχηματισμός του συμπλόκου. Η σχέση χρόνου-θερμοκρασίας καθορίζει τις ιδιότητες του συμπλόκου καθώς και τις ιδιότητες των τροποποιημένων αμυλόκοκκων. Με την αύξηση της θερμοκρασίας και του χρόνου η ταυτότητα των αρχικών αμυλόκοκκων σταδιακά χάνεται. Η περιεκτικότητα σε νερό πρέπει να είναι αρκετά υψηλή για διόγκωση και διάχυση των μακρομορίων. Η αναλογία πρωτεΐνης/αμύλου κυμαίνεται από 1:20-4:1 αλλά και από 1:16 -4:3. Το pH μπορεί να είναι από 2-4 και από 5-10. Κοντά στο ισοηλεκτρικό σημείο 4.5 η καζεΐνη παρουσιάζει μικρή διαλυτότητα.

Όταν επιθυμείται να αποφευχθεί ζελατινοποίηση και πήξη, το μεγαλύτερο μέρος του αμύλου πρέπει να σχηματίσει σύμπλοκα. Σε αυτήν την περίπτωση, η συγκέντρωση καζεΐνης είναι υψηλή. Η προσθήκη άλατος διευκολύνει τον σχηματισμό συμπλόκου. Καλές επιδράσεις για μείωση του ιξώδους έχουν ληφθεί σε αναλογίες καζεΐνης/αμύλου που κυμαίνονται από 1:4 και 4:3.

Το κολλώδες είναι μεγαλύτερο για ακατέργαστο άμυλο και μειώνεται με την αύξηση του βαθμού σχηματισμού συμπλόκων. Μειώνεται με την αύξηση προσθήκης καζεΐνης και άλατος. Χάριν στις καλές ελεγχόμενες ικανότητες, τα αμυλούχα προϊόντα που έχουν διαφορετικούς βαθμούς πήξης μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορες περιοχές ζήτησης.

Συστήματα αμύλου-γάλακτος-σακχάρων

Μελέτες έχουν διεξαχθεί για να ερευνήσουν την επίδραση των σακχάρων στις ρεολογικές ιδιότητες δειγμάτων αμύλου-γάλακτος. Οι πάστες αμύλου-γάλακτος-σακχάρων θερμάνθηκαν στους 95° C. Η επίδραση του τύπου και συγκέντρωσης σακχάρου καθώς και το περιεχόμενο λίπος γάλακτος διαχωρίστηκαν από τις διαφορές στα παρατηρούμενα ιξώδη. Τα σάκχαρα παρατηρήθηκε ότι αύξαναν το ιξώδες της πάστας με την παρακάτω σειρά: γλυκόζη<σουκρόζη<φρουκτόζη. Αντικατάσταση αποβουτυρωμένου γάλακτος με νερό δεν άλλαξε την σειρά επίδρασης των σακχάρων στο ιξώδες των παστών. Από την άλλη πλευρά, η πάστα αμύλου-γάλακτος παρουσίασε μεγαλύτερο ιξώδες από την πάστα αμύλου-νερού. Η επίδραση του γάλακτος στο ιξώδες της πάστας αμύλου έγινε μεγαλύτερη με την αύξηση του περιεχόμενου λίπους.

Το άμυλο, ένα υδατικό πολυσάκχαρο, είναι ένας ιηκτικός και gelling παράγοντας που χρησιμοποιείται ευρέως στην βιομηχανία τροφίμων. Επίσης χρησιμοποιείται και με αυτές τις ιδιότητες και στην παραγωγή προϊόντων γάλακτος. Ωστόσο, οι ρεολογικές ιδιότητες του αμύλου δεν εξαρτώνται μόνο από την προέλευσή του αλλά και από την παρουσία και άλλων συστατικών, π.χ. σακχάρων και υδροκολλοειδών, και από την θερμική επεξεργασία.

Αν και η μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων του θερμαινόμενου αμύλου σε νερό έχει λάβει μεγάλη προσοχή, η ρεολογία των παστών αμύλου-γάλακτος παρουσία σακχάρων δεν έχει μελετηθεί εκτενώς.

Έγιναν μελέτες για την επίδραση των σακχάρων στις θερμικές και ρεολογικές ιδιότητες υδατινού διαλύματος αμύλου. Τα σάκχαρα βρέθηκε να αυξάνουν την

θερμοκρασία και ενθαλπία ζελατινοποίησης με την ακόλουθη σειρά: μόνο νερό<ριβόζη<φρουκτόζη<γλυκόζη<μαλτόζη<σουκρόζη. Οι παράγοντες διόγκωσης παρουσία σακχάρων ήταν μεγαλύτεροι συγκριτικά με τα διαλύματα με νερό παρουσία σακχάρων συγκεντρώσεων κάτω από 25% αλλά ήταν χαμηλότεροι σε συγκέντρωση σακχάρων μεγαλύτερη από 25%.

Όταν σταθερή ποσότητα αμύλου αναμειγνύονταν με κορεσμένα υδάτινα διαλύματα φρουκτόζης, γλυκόζης, ή σουκρόζης σε θερμοκρασία δωματίου, αποκοπή πήγματος, ημισυμπαγούς συνεχούς ροής σχηματιζόταν. Η ποσότητα του απαιτούμενου αμύλου για την πρόκληση αυτής της ρεολογικής ιδιότητας εξαρτώταν τουλάχιστον από την ποικιλία αμύλου.

Σε πάστες αμύλου-γάλακτος-σακχάρων μεταβάλλοντας την συγκέντρωση του αμύλου παρατηρήθηκε, ότι αυξάνοντας την συγκέντρωση αμύλου, όπως αναμένονταν, αυξάνεται το παρατηρούμενο ιξώδες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι περισσότεροι ζελατινοποιημένοι κόκκοι προστίθενται στο σύστημα, αυξάνοντας την συγκέντρωση. Η μορφή της πάστας μεταβάλλεται από ένα λεπτό gel υγρού τύπου σε gel μεσαίου ιξώδους και έπειτα σε ένα πολύ δυνατό gel. Παρατηρήθηκε ότι το ιξώδες μειώνεται με την αποκοπή πήγματος.

Μελέτες που αφορούν την επίδραση σακχάρων στο παρατηρούμενο ιξώδες της πάστας, διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας διαφορετικές συγκεντρώσεις και τύπους σακχάρων (φρουκτόζη, σουκρόζη, γλυκόζη). Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση της συγκέντρωσης προστιθέμενης φρουκτόζης αυξάνει το ιξώδες της πάστας, γεγονός που αποτελεί ένδειξη ότι το ποσοστό των ζελατινοποιημένων αμυλόκοκκων αυξάνει. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρήθηκε και με την προστιθέμενη σουκρόζη και γλυκόζη. Πολλές εξηγήσεις έχουν προταθεί όσον αφορά την επίδραση σακχάρων στο ιξώδες της πάστας. Τα μόρια σακχάρων με ισημερινές υδροξυλικές ομάδες (ριβόζη) παρουσιάζουν αναδιάταξη αλυσίδας ελαττώνοντας το ιξώδες της πάστας, ενώ αυτά με αξονικές υδροξυλικές ομάδες (φρουκτόζη) έχουν το αντίθετο αποτέλεσμα.

Ανεξάρτητα από την συγκέντρωση σακχάρου που χρησιμοποιείται, το παρατηρούμενο ιξώδες της πάστας μειώνεται αλλάζοντας τον τύπο από φρουκτόζη σε σουκρόζη και έπειτα σε γλυκόζη. Αυτή η σειρά επίδρασης είναι ανεξάρτητη από την

συγκέντρωση σακχάρου και αμύλου αλλά γίνεται πιο ξεκάθαρη αυξάνοντας την συγκέντρωση αμύλου.

Η διαφορά στην επίδραση σακχάρων μπορεί να αποδοθεί στην διείσδυση της διαλυτής ουσίας(γάλα) και στην μεταφορά σακχάρου στο εσωτερικό του αμυλόκοκκου. Τέτοια διείσδυση προκαλεί διαταραχή στο εσωτερικό του αμυλόκοκκου. Ο τύπος του αμύλου και σακχάρου παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διείσδυση.

Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι πάστες αμύλου-γάλακτος-σακχάρου παρουσίαζαν μεγαλύτερο ιξώδες από ότι αντικατάσταση του γάλακτος με νερό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παρουσία των τρισδιάστατων πολυμερών λίπους αυξάνουν την δύναξη του gel της πάστας. Θεωρείται ότι η αποκοπή του λίπους προκαλεί διάρρηξη της τρισδιάστατης δομής μέσω του σπασίματος των πρωτοταγών και δευτεροταγών δεσμών της δομής του λίπους. Αυτή η συμπεριφορά είναι ανεξάρτητη από τον τύπο σακχάρου.

Γενικέ αυξάνοντας την συγκέντρωση του αμύλου, σακχάρων αυξάνεται το ιξώδες της πάστας. Μεταβάλλοντας τον τύπο του σακχάρου μεταβάλλεται και το ιξώδες ανάλογα τον τύπο. Το ιξώδες πάστας αμύλου-γάλακτος-σακχάρου είναι μεγαλύτερο από το ιξώδες της πάστας αμύλου-νερού-σακχάρου.

2.Πειραματικό Μέρος

Προκειμένου να εξετάσουμε αν η προσθήκη αμύλου και σακχάρων επιδρά στην πήξη του γάλακτος διεξήγαμε μια σειρά από πειράματα. Προετοιμάσαμε μια σειρά δειγμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις συστατικών, δηλαδή αμύλου, σουκρόζης, φρουκτόζης και γάλακτος και έπειτα από αναλύσεις του κάθε δείγματος και από συγκρίσεις μεταξύ τους οδηγηθήκαμε στην διεξαγωγή των συμπερασμάτων μας.

2.2.1 Επεξεργασία δειγμάτων και οργανολογία

Μετά από χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας για κάθε σειρά δειγμάτων, ακολούθησαν οι κατάλληλες επεξεργασίες δομής και ποσοτικού προσδιορισμού. Σε αρκετά δείγματα παρατηρήσαμε το φαινόμενο της συναίρεσης, γεγονός που αναμένονταν για όλα τα δείγματα και πιθανόν κάποιοι παράγοντες δεν ευνόησαν την σωστή διεξαγωγή του πειράματος.

Με την λήψη του υπερκείμενου από ορισμένα δείγματα πραγματοποιήθηκε ποσοτικός προσδιορισμός με την χρησιμοποίηση της φασματοσκοπικής μεθόδου. Το φασματοφωτόμετρο ρυθμίστηκε στα 380nm.

2.2. Όργανα που χρησιμοποιήσαμε

2.2.1 Φασματοσκοπικές τεχνικές

- Υπεριώδους-ορατού(UV-VIS)

Φασματοσκοπία Υπεριώδους-ορατού(UV-VIS)

Το τμήμα του μορίου που είναι υπεύθυνο για την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καλείται χρωμοφόρο, αυτό μπορεί να είναι ένας πολλαπλός δεσμός, ένα σύστημα πολλαπλών δεσμών ή μια χαρακτηριστική ομάδα.

Εφαρμογές

- Προσδιορισμός δομής μιας ένωσης
- Ποιοτικός προσδιορισμός μιας ουσίας
- Ποσοτική ανάλυση μιας ουσίας ή μίγματος ουσιών

Φασματοσκοπία απορρόφησης

Αρχή της μεθόδου

Το φως αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα που όταν αλληλεπιδρούν με την ύλη απορροφούνται σκεδάζονται, ανακλώνται ή διαδίδονται μέσα σε αυτή. Μελετώντας την αλληλεπίδραση του φωτός, με την ύλη, μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με τη δομή της ύλης και γενικότερα την ποιότητα και την ποσότητα της. Για την ακριβέστερη ανάλυση της ύλης αναπτύχθηκαν κατάλληλα οπτικά συστήματα, οι **φασματογράφοι** (ή **φασματοσκόπια απορρόφησης**), που

μπορούν να κάνουν αυτόματα, γρήγορα και αξιόπιστα ανάλυση του φάσματος του φωτός αφού αλληλεπιδράσει με την ύλη. Μετρώντας την απορρόφηση μιας δέσμης φωτός συγκεκριμένου μήκους κύματος από ένα δείγμα και κατασκευάζοντας την καμπύλη απορρόφησης-συγκέντρωσης, μπορούμε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για το είδος, τη δομή και τη συγκέντρωση μιας ουσίας που περιέχεται στο δείγμα.

Τρόπος λειτουργίας

Για την απορρόφηση της μονοχρωματικής ακτινοβολίας σε ομογενή μέσο υπάρχουν δυο νόμοι, ο νόμος του Lambert, που δίνει την τελική ένταση του φωτός αφού περάσει από το δείγμα (συναρτήσει του πάχους του δείγματος), και ο νόμος του Beer, που δίνει την ένταση συναρτήσει της συγκέντρωσης του διαλύματος. Για να υπολογίσουμε την απορρόφηση ακτινοβολίας από τα διαλύματα χρησιμοποιούμε ένα συνδυασμό των δύο νόμων που ονομάζεται νόμος Lambert-Beer:

$$A = \log(P_0/P) = -\log T = \epsilon bc = abc$$

όπου

A =Απορρόφηση, καθαρός αριθμός

P_0 =ισχύς προσπίπτουσας ακτινοβολίας

P =ισχύς εξερχόμενης από το διάλυμα ακτινοβολίας

T =Διαπερατότητα= P_0/P που εκφράζεται συνήθως επί % T

c =συγκέντρωση διαλύματος σε mol/L ή g/L.

b = μήκος διαδρομής που διένυσε η δέσμη μέσα στο διάλυμα σε cm

ϵ = σταθερά αναλογίας που ονομάζεται μοριακή απορροφητικότητα όταν το c σε mol/L

a = σταθερά αναλογίας που ονομάζεται απορροφητικότητα όταν η c εκφράζεται σε g/L

Βάσει αυτού ορίζουμε την διαπερατότητα και την απορρόφηση, που αποτελεί την βάση της ποσοτικής ανάλυσης.

Η γραφική παράσταση απορρόφησης-συγκέντρωσης είναι κανονικά γραμμική για τα περισσότερα διαλύματα εάν έχει γίνει σωστά ο διαχωρισμός των ουσιών και οι κορυφές του φάσματος απέχουν μεταξύ τους αρκετά ώστε να είναι διακριτές. Οι μη γραμμικές περιοχές της καμπύλης οφείλονται κυρίως στα κατασκευαστικά στοιχεία της συσκευής, γι' αυτό χρησιμοποιούνται πρότυπα διαλύματα, όπως του χλωριούχου κοβαλτίου και άλλων, για την βαθμονόμηση της συσκευής.

Φασματοφωτόμετρο

Το φασματοφωτόμετρο που χρησιμοποιήσαμε ήταν το **10 GENESYS™ SPECTROPHOTOMETER** της Spectronic Unicam, Cambridge CB5 8HY, UK. Οι προδιαγραφές του είναι: το εύρος μήκους κύματος (325 έως 1100 nm), το φασματοφωτομετρικό εύρος (-0,1 – 2,5A ή 0 - 125%T), το πλάτος της ζώνης απομόνωσης της ακτινοβολίας (≤ 8 mm), η επαναληπτικότητα του μήκους κύματος ($\pm 0,5$ nm) και η ακρίβεια του μήκους κύματος ($\pm 2,0$ nm).

Η λειτουργία του φασματοφωτομέτρου αυτού βασίζεται στη *Φασματοσκοπία υπεριώδους – ορατού (UV – VIS)*. Η φασματοσκοπία UV – VIS αναφέρεται στην απορρόφηση μονοχρωματικής ακτινοβολίας από τα συστατικά του δείγματος στην περιοχή UV (190 - 400 nm) και την ορατή περιοχή (400 - 780 nm). Τα φάσματα UV – VIS δεν χαρακτηρίζουν συνολικά το μόριο, αλλά δίνουν πληροφορίες για ορισμένες μόνο ομάδες του μορίου (χρωμοφόρες ομάδες) που απορροφούν ακτινοβολία. Με την απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας προκύπτουν ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις σε μοριακά τροχιακά υψηλότερης ενέργειας.

Η κάθε ουσία απορροφά σε συγκεκριμένο μήκος κύματος, ενώ ο ανθρώπινος οφθαλμός ανιχνεύει την ακτινοβολία η οποία δεν απορροφάται (συμπληρωματικό χρώμα). Στη φασματοφωτομετρία απορρόφησης μετράται η απορρόφηση (A) ή η διαπερατότητα (T) του δείγματος και με βάση τις μετρήσεις αυτές επιτελείται η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Η επιλογή του μήκους κύματος έγινε στην υπεριώδη

περιοχή του φάσματος όπου η ουσία έχει τη μέγιστη απορρόφηση, δηλαδή, στο $\lambda_{\max} = 380 \text{ nm}$

2.2.1.1. Οργανολογία του φασματοφωτομέτρου

Πηγή ακτινοβολίας: Για την περιοχή του υπεριώδους χρησιμοποιούνται συνήθως *λυχνίες εκκένωσης υδρογόνου ή δευτερίου*.

Επιλογείς μήκους κύματος: Η απομόνωση της επιθυμητής στενής περιοχής μηκών κύματος, δηλαδή της μονοχρωματικής ακτινοβολίας, από τη συνεχή πολυχρωματική ακτινοβολία που εκπέμπει η πηγή, γίνεται ακριβέστερα (πλάτος ζώνης $0,01 \text{ nm}$) με *μονοχρωμάτορες πρίσματος ή φράγματος*.

Κυψελίδες: Οι κυψελίδες ήταν Dispolab Kartell, 1938 PS Microcuvettes. Έχουν ορθογώνιο σχήμα και είναι κατασκευασμένες από *χαλαζία*, εφόσον χρησιμοποιούνται στην υπεριώδη περιοχή.

Ανιχνευτές: Ως ανιχνευτές χρησιμοποιούνται *φωτολυχνίες, φωτοπολλαπλασιαστές και φωτοδιόδοι*. Η αρχή λειτουργίας των ανιχνευτών αυτών είναι η εξής: τα φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν ενέργεια ικανή να απελευθερώσει ηλεκτρόνια, όταν προσκρούουν σε επιφάνειες κατεργασμένες με ειδικές ενώσεις. Επίσης, μπορούν να προκαλέσουν τη μετακίνηση μη αγώγιμων ηλεκτρονίων σε ζώνες αγωγιμότητας. Και στις δύο περιπτώσεις παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα που είναι ανάλογο με την ισχύ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

2.2.2. Θερμαινόμενος αναδευτήρας

Ο θερμαινόμενος αναδευτήρας ήταν **IKA RH basic** από τη Γερμανία. Εμείς ρυθμίσαμε τη θερμοκρασία της θερμαινόμενης πλάκας στους 85 °C και την ταχύτητα ανάδευσης στα 240 t/min.

2.2.3 Ιξωδόμετρο

Ιξώδες και ιξωδόμετρο

Γενικά όμως με τον όρο **ιξώδες** στη Χημεία και στη Φυσική χαρακτηρίζεται μία από τις ιδιότητες της ύλης, ιδίως των υγρών, αλλά και των αερίων, και συγκεκριμένα η αντίσταση που παρουσιάζουν κατά τη ροή τους. Για παράδειγμα, διαφορετικά ρέουν το μέλι, το λάδι και το νερό.

Η αντίσταση αυτή που παρουσιάζουν τα ρευστά οφείλεται στις εσωτερικές τριβές των μορίων τους από δυνάμεις συνοχής, σε βαθμό που το ίδιο το ιξώδες να αποτελεί μέτρο αντίστασης του υγρού στη ροή και που εξετάζεται ιδιαίτερα από την Υδροδυναμική.

- Το μέτρο του ιξώδους είναι ο συντελεστής συνεκτικότητας ή συντελεστής εσωτερικής τριβής ή συντελεστής ιξώδους του υγρού. Όσο πιο παχύρρευστο είναι ένα υγρό, τόσο μεγαλύτερο ιξώδες λέμε ότι έχει, π.χ. το μέλι έχει μεγαλύτερο ιξώδες από το λάδι.

Το ιξώδες μετριέται με ειδικό όργανο που λέγεται **ιξωδόμετρο**. Η μέτρηση γίνεται σε βαθμούς, που σήμερα σε χρήση είναι οι "βαθμοί Engler", ή "βαθμοί Redwood", ή "βαθμοί Saybolt", κλπ, που παρέχονται από το εγχειρίδιο του, κατά περίπτωση χρήσης τύπου, ομώνυμου οργάνου.

Αντίθετος όρος του ιξώδους, κατά έννοια και κατά μέτρο είναι η ρευστότητα, έτσι ένα υγρό που παρουσιάζει μεγάλο ιξώδες έχει μικρή ρευστότητα, και αντίστροφα. Τα μόνα υγρά που παρουσιάζουν μεταβλητό ιξώδες είναι τα θιζότροπα μετά την ανάδυσή τους.

Το **ιξωδόμετρο** είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για την μέτρηση του ιξώδους ενός υγρού. Για υγρά με ιξώδη που ποικίλουν ανάλογα τις συνθήκες ροής, ένα όργανο που καλείται ροόμετρο χρησιμοποιείται. Τα ιξωδόμετρα μετρούν μόνο κάτω από μια συνθήκη ροής.

Γενικώς, είτε το υγρό παραμένει στάσιμο και ένα αντικείμενο μετακινείται προς αυτό, ή συμβαίνει το αντίθετο. The drag προκαλείται από την σχετική κίνηση του υγρού και μια επιφάνεια είναι μια μέτρηση του ιξώδους. Οι συνθήκες ροής πρέπει να έχουν πολύ μικρή τιμή αριθμού Reynolds για να είναι στρωτή η ροή.

Στους 20.00 βαθμούς Κελσίου το ιξώδες του νερού είναι $1.002 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ και το κινηματικό ιξώδες (αναλογία ιξώδους ως προς πυκνότητα) είναι $1.0038 \text{ mm}^2/\text{s}$. Αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση κύριων τύπων ιξωδομέτρων.

Διάφοροι τύποι ιξωδομέτρων:

- Στανταρισμένα ιξωδόμετρα εργαστηριακά για υγρά (U-tube, Falling sphere)
- Παλμικά
- Περιστρεφόμενα (Storner, Stabinger)
- Ποικίλλα

Το ιξωδόμετρο που χρησιμοποιήσαμε ήταν το Haake Viscometer, κυλινδρικό περιστροφικό.

2.2.4 Αναλυτής δομής-Instron

Για την ανάλυση δομής και πιο συγκεκριμένα για την εύρεση του κατά πόσο ελαστικό είναι το δείγμα μας χρησιμοποιήσαμε τον αναλυτή δομής eP Digital Controller-Instron.

Το eP Digital Controller-Instron χρησιμοποιεί έναν 32bit μικροεπεξεργαστή το οποίο το καθιστά δυνατό για γρήγορη και δυνατή απόκτηση δεδομένων και αυτόματο έλεγχο, τα οποία εφαρμόζονται σε υλικά και εξαγόμενα test.

Για την λήψη των μετρήσεων ακολουθούμε την εξής σειρά: Αρχικά τοποθετήσαμε το δείγμα μας(το οποίο είχε διάμετρο 5cm και ύψος 7,5 cm) στην συσκευή και επιλέγουμε το επιθυμητό τεστ ανάλυσης δομής. Το δείγμα συμπίεστηκε κατά 75%. Η ταχύτητα με την οποία κινούνταν το έλασμα ήταν 1mm/sec. Έπειτα τα αποτελέσματα μεταφέρονται στον υπολογιστή, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με το κατάλληλο λογισμικό. Με την επιλογή εμφάνισης των δεδομένων με τη μορφή γραφήματος, όπου στον άξονα των ψ τοποθετήσαμε την δύναμη, με την οποία εφαρμόστηκε το έλασμα, με μονάδα μέτρησης το Newton και στον άξονα των χ την απόσταση από την θέση 0(θέση όπου γίνεται η πρώτη επαφή του ελάσματος με το δείγμα) με μονάδα μέτρησης το mm, προέκυψαν αρκετά συμπεράσματα σχετικά με τη δομή του υπό μελέτη δείγματος.

2.3. Υλικά που χρησιμοποιήσαμε

2.3.1. Άμυλο

Τροποποιημένο άμυλο ταπιόκας της εταιρίας Σίγμα.

2.3.2. Σκόνη γάλακτος

Σκόνη γάλακτος της εταιρίας Quest International.

2.3.3. Κρυσταλλική ζάχαρη

Η κρυσταλλική ζάχαρη με την επωνομασία «ο Σέφ» ήταν ψιλή συσκευασίας 1 kg, Sugar extra fine, από τη Σέφ A.B.E.E. του Τυρνάβου.

2.3.4. Φρουκτόζη

Η φρουκτόζη που χρησιμοποιήσαμε ήταν άνυδρη (< 1 % υγρασία) από την εταιρία BDH.

Η φρουκτόζη και η ζάχαρη λειτουργούν ως αφυδατικό μέσο. Αυξάνουν επομένως τις παρατηρούμενες συγκεντρώσεις του αμύλου και των καζεϊνών, από αυτές τις συγκεντρώσεις που θα παρατηρούσαμε σε διαλύματα απουσία των προαναφερθέντων σακχάρων. Αυτό συνεπάγεται την συσσωμάτωση των καζεϊνών σε μυκήλλια μεγάλου μοριακού βάρους και την καθίζησή τους παρουσία μικρότερης συγκέντρωσης αμύλου. Επομένως, μικρότερη ποσότητα αμύλου παραμένει στο gel και μεγαλύτερη στο υπερκείμενο, γεγονός που παρατηρείται και από την αύξηση της απορρόφησης με την αύξηση του προστιθέμενου σακχάρου. Με την διείσδυση του σακχάρου στον αμυλόκοκκο, παρατηρείται και αύξηση του ιξώδους του υπερκείμενου.

2.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1ο Μέρος

2.4.1. Παρασκευή δειγμάτων

Προετοιμάσαμε 2 σειρές δειγμάτων. Στην μια σειρά η συγκέντρωση του SMP παρέμεινε σταθερή και μεταβάλλαμε την συγκέντρωση του αμύλου, ενώ, στην δεύτερη σειρά η συγκέντρωση του αμύλου παρέμεινε σταθερή και μεταβάλλαμε την συγκέντρωση του SMP (table 1).

Η κάθε σειρά δειγμάτων προετοιμάστηκε με τη βοήθεια ενός μηχανήματος, στην μια σειρά να γίνεται η μέτρηση του pH και στην άλλη σειρά όλες οι άλλες αναλύσεις.

Για την παρασκευή όλων των δειγμάτων ακολουθήσαμε την ίδια ακριβώς διαδικασία:

1) Ζυγίσαμε ένα ποτήρι ζέσεως των 100 mL μαζί με ένα μαγνητάκι και προσέξαμε το σύστημα (ποτήρι ζέσεως – μαγνητάκι) να μην είναι σε απευθείας επαφή με τον ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας, έτσι ώστε το μαγνητάκι να μην επηρεάζει με το μαγνητικό του πεδίο τις μετρήσεις του ζυγού.

2) Προσθέσαμε στο σύστημα τα gr του αποσταγμένου νερού.

3) Ζυγίσαμε στο αλουμινόχαρτο την ποσότητα του αμύλου που χρειαστήκαμε και κατόπιν προσθέσαμε στο αποσταγμένο νερό, ώστε κάθε φορά το τελικό βάρος να είναι 50gr.

4) Ζυγίσαμε στο αλουμινόχαρτο την ποσότητα του SMP ,50 γρ.

5)Ακολούθησε η ανάμειξη των συστατικών, με την βοήθεια του θερμαινόμενου αναδευτήρα και έπειτα , τα δείγματα τα αφήσαμε να ηρεμήσουν σε θερμοκρασία δωματίου για μια εβδομάδα.

Ακριβώς τα ίδια βήματα ακολουθήσαμε για την προετοιμασία των δειγμάτων της Β σειράς.

Μετά την πάροδο μιας εβδομάδας παρατηρήσαμε τον σχηματισμό πηκτών σε όλα τα δείγματα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η αναλυτική σύσταση των δειγμάτων

Table 1 Composition of SMP/Starch mixtures					
Series A:		Stock solutions: Concentration (wt%)		Starch 20	SMP 18.0
Amounts used (g/100g)					
Sample	Starch Solution	SMP Solution	Water	Starch wt%]	[SMP wt%]
9% SMP	0.0	50	50	0,00	9.00
A1	0.5	50	45	1,00	9.00
A2	10.0	50	40	2,00	9.00
A3	15.0	50	35	3,00	9.00
A4	20.0	50	30	4,00	9.00
A5	25.0	50	25	5,00	9.00
A6	37.5	50	12.5	7,50	9.00
A7	50.0	50	0.0	10,00	9.00
Series B:		Stock solutions: Concentration (wt%)		Guar 10	SMP 40.0
Amounts used (g/100g)					

Sample	Starch Solution	SMP Solution	Water	[Starch wt%]	[SMP wt%]
0.1% Guar	50.0	0.0	50.0	5	0.0
B1	50.0	5.0	45.0	5	2.0
B2	50.0	10.0	40.0	5	4.0
B3	50.0	15.0	35.0	5	6.0
B4	50.0	22.5	27.5	5	9.0
B5	50.0	30.0	20.0	5	12.0
B6	50.0	40.0	10.0	5	16.0
B7	50.0	50.0	0.00	5	20.0

2.4.2. Παρασκευή δειγμάτων

2^ο Μέρος

Βάσει των δειγμάτων που προετοιμάσαμε στο πρώτο μέρος , προετοιμάσαμε και μια σειρά δειγμάτων με σταθερή συγκέντρωση αμύλου και SMP και μεταβαλλόμενη συγκέντρωση κρυσταλλικής ζάχαρης και φρουκτόζης με σκοπό να παρατηρήσουμε την επίδραση των σακχάρων στις διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις αμύλου-καζεϊνών. Ωστόσο, λόγω κάποιου σφάλματος, κατορθώσαμε να πάρουμε ελάχιστα αποτελέσματα τα οποία όμως συμφωνούν με κάποια ήδη τεκμηριωμένα συμπεράσματα.

Η προετοιμασία των δειγμάτων έγινε βάσει του παρακάτω πίνακα, στον οποίο αναγράφονται τα συστατικά των δειγμάτων. Και αυτά τα δείγματα προετοιμάστηκαν εις διπλούν για μέτρηση και του pH, το οποίο ήταν αρκετά υψηλό, 6.5.

SMP	Άμυλο	Φρουκτόζη
	wt%	
50	12	0
50	12	10
50	12	20
50	12	30
50	12	40
SMP	Άμυλο	Ζάχαρη
	wt%	
50	12	0
50	12	10
50	12	20
50	12	30

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Σχηματισμός των πηκτών

Τι είναι πηκτή?

Τα τρόφιμα είναι πολύπλοκα συστήματα τα οποία αποτελούνται από συστατικά όπως σταγόνες, φυσαλίδες, κόκκους κ.α. καθώς και από μεγάλες ποσότητες νερού(50-90%). Ο σχηματισμός πηκτωμάτων είναι μια από τις σημαντικές ιδιότητες πολυσακχαριτών και γενικά των βιοπολυμερών, καθώς ακινητοποιούνται σημαντικοί όγκοι νερού σε πολύ μικρές ποσότητες μακρομορίων. Η μελέτη του σχηματισμού αυτών των πηκτών είναι πολύ σημαντική γιατί μας δίνει πολύ σημαντικές για τις αλλαγές της δομής των τροφίμων κατά την επεξεργασία τους και αποθήκευσή τους.

Πηκτή ορίζεται το δίκτυο βιολογικών μακρομορίων, το οποίο μπορεί να παγιδέψει υγρό χαμηλού μοριακού βάρους όπως είναι το νερό, μεταμορφώνοντας το υγρό διάλυμα σε στερεό.

Κατηγορίες πηκτών

Υπάρχουν 3 βασικές κατηγορίες απλών πηκτών στα τρόφιμα τις οποίες θα πρέπει να εξετάσουμε: α)Χημικές β)Φυσικές και γ)Ειδικού τύπου.

α)Χημικές πηκτές: Αυτού του τύπου οι πηκτές είναι οι απλούστερες και σχηματίζονται από διασταυρούμενους δεσμούς στις αλυσίδες των μακρομορίων. Οι δεσμοί αυτοί είναι του τύπου "σημείου διασταύρωσης" ή ομοιοπολικοί δεσμοί ανάμεσα σε καθορισμένα άτομα της κάθε αλυσίδας. Οι δεσμοί αυτοί είναι ιδιαίτερα σταθεροί και η πηκτή δεν λιώνει με αύξηση της θερμοκρασίας.

β)Φυσικές πηκτές: Οι πηκτές αυτής της κατηγορίας έχουν "ζώνες διασταύρωσης". Οι έλξεις ανάμεσα στις αλυσίδες οφείλονται σε ασθενείς δεσμούς τύπου van der Waals ,διπόλου-διπόλου, ανιόν-κατιόν, υδροφοβικούς ή δεσμούς υδρογόνου. Οι φυσικές πηκτές λιώνουν γιατί οι δεσμοί ανάμεσα στις αλυσίδες είναι ασθενέστεροι των ομοιοπολικών δεσμών που αναπτύσσονται στις χημικές πηκτές.

Ειδικού τύπου πηκτή: Όταν τα μόρια των μακρομορίων είναι συμπαγή και μερικά άκαμπτα, σχηματίζουν συσσωματώματα σε σφαιρικούς λοβούς και αλυσίδες και το δίκτυο που σχηματίζουν χαρακτηρίζεται ως ειδικού τύπου πηκτή.

Με βάση τη βιολογική λειτουργία των βιοπολυμερών, οι πηκτές μπορούν να διακριθούν με τέτοιο τρόπο που να χαρακτηρίζει και τον μηχανισμό πήξης τους:

α) Πηκτές αποθήκευσης και β) Δομικές πηκτές.

α) Πηκτές αποθήκευσης: Τα μακρομόρια που σχηματίζουν αυτού του είδους τις πηκτές έχουν πολύ υψηλή διάταξη και είναι συμπαγή ακόμα και μετά τα στάδια εξαγωγής και καθαρισμού τους από τα φυτά από τα οποία προέρχονται. Πηκτές από υλικά αυτού του τύπου σχηματίζονται με θέρμανση των διαλυμάτων των βιοπολυμερών. Η θέρμανση διαταράσσει την διατεταγμένη δομή των μακρομορίων, τα οποία αρχίζουν να αλληλεπιδρούν με αποτέλεσμα τον σχηματισμό πηκτής κατά την διάρκεια ψύξης των θερμών διαλυμάτων. Οι πηκτές που σχηματίζονται είναι θερμικά μη αναστρέψιμες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το άμυλο.

β) Δομικές πηκτές

Το pH, η θερμοκρασία, το είδος των ιόντων και η παρουσία άλλων ουσιών είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το είδος των πηκτών και τον μηχανισμό σχηματισμού τους.

Όπως προανέφερα, τα δείγματα προετοιμάστηκαν διπλή φορά έτσι ώστε στη μια σειρά να γίνει μέτρηση του pH. Με την χρήση πεχαμετρου παρατηρήσαμε ότι το pH των δειγμάτων ήταν το επιθυμητό, περίπου 6.5.

3.2. Αποτελέσματα μετρήσεων από ιξωδόμετρο και αναλογία των δυο στιβάδων.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	SMP soln	[SMP]	[Άμυλο]	Phase Volume		η (mPas)
				Lower	Upper	
A1	50	9,00	0,00	0,000	1,000	1,79
A2	50	9,00	1,00	0,005	0,995	2,03
A3	50	9,00	2,00	0,005	0,995	2,36
A4	50	9,00	3,00	0,005	0,995	3,52
A5	50	9,00	4,00	0,220	0,780	5,97
A6	50	9,00	5,00	0,250	0,750	7,07
A7	50	9,00	7,50	0,250	0,750	14,21
A8	50	9,00	10,00	0,240	0,760	32,84

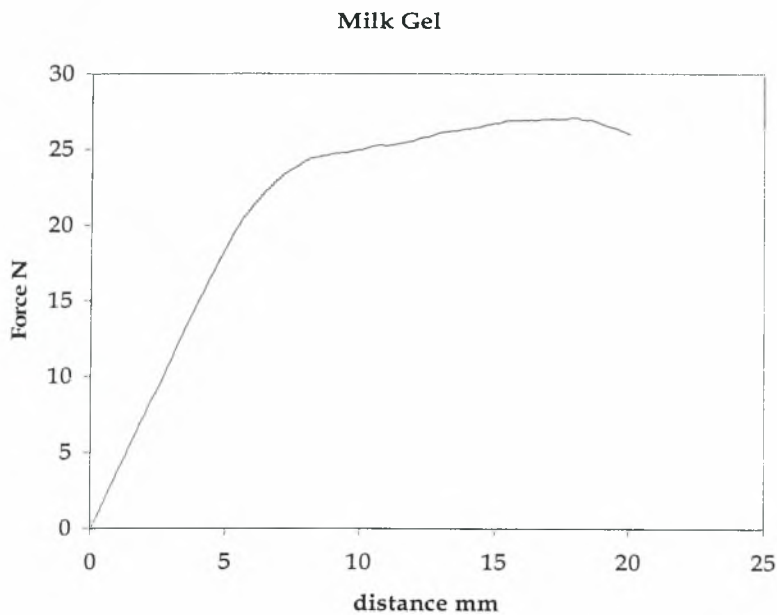
ΔΕΙΓΜΑΤΑ	Guar soln	Water	SMP soln	[Άμυλο]	[SMP]	layer (ml/50 ml)	Phase volumes		η (mPas)
							Lower	Upper	
B1	50,0	50,0	0,0	5,00	0,0	0,00	0,000	1,000	4,42
B2	50,0	45,0	5,0	5,00	2,0	0,00	0,000	1,000	4,72
B3	50,0	40,0	10,0	5,00	4,0	0,25	0,005	0,995	5,17
B4	50,0	35,0	15,0	5,00	6,0	1,80	0,036	0,964	6,18
B5	50,0	27,5	22,5	5,00	9,0	13,0	0,260	0,740	9,10
B6	50,0	20,0	30,0	5,00	12,0	19,5	0,390	0,610	14,25
B7	50,0	10,0	40,0	5,00	16,0	24,0	0,480	0,520	25,94
B8	50,0	0,0	50,0	5,00	20,0	29,0	0,580	0,420	38,02

3.3. Αποτελέσματα μετρήσεων από φασματοφωτόμετρο

SMP	Άμυλο	Φρουκτόζη	A380nm
	wt%		
50	12	0	1,61
50	12	10	1,806
50	12	20	1,665
50	12	30	1,174
50	12	40	1,86

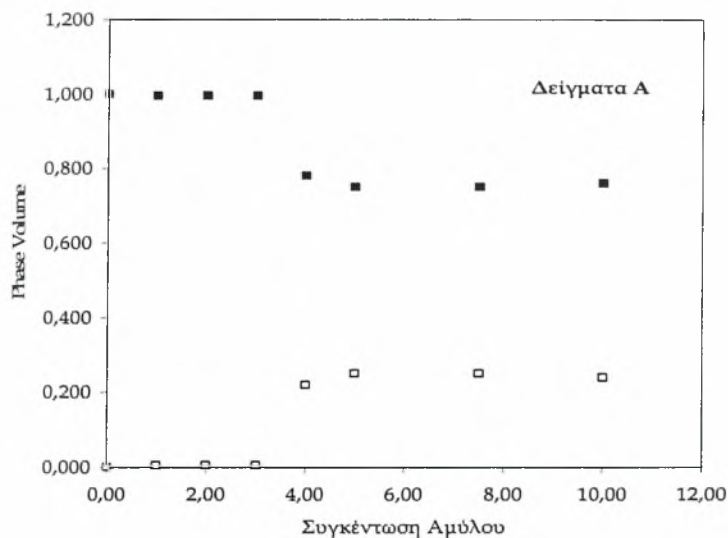
SMP	Άμυλο	Ζάχαρη	A380nm
	wt%		
50	12	0	1,61
50	12	10	1,86
50	12	20	1,643
50	12	30	2,403

3.4. Αποτελέσματα μετρήσεων από αναλυτή δομής

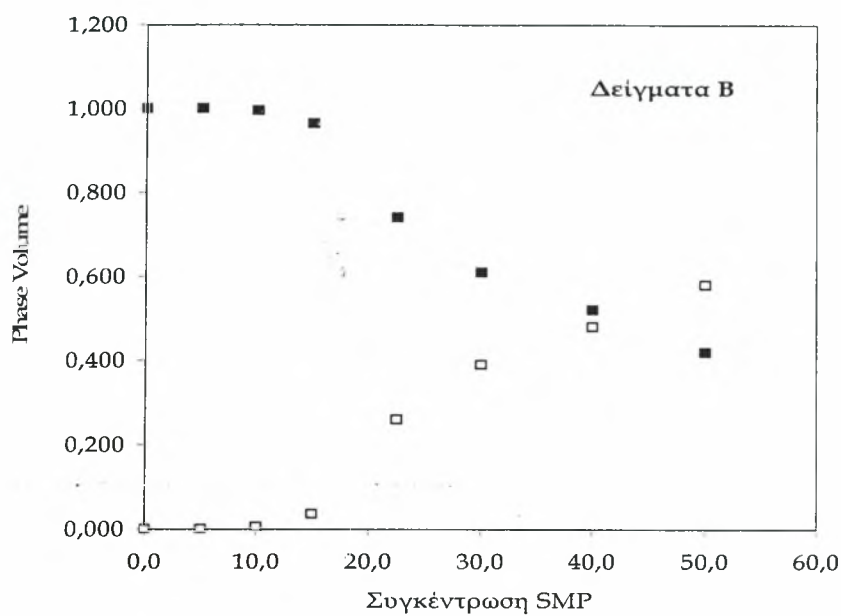


Γράφημα 1: Στο διάγραμμα παρατηρούμε τα αποτελέσματα ενός δείγματος από τον αναλυτή δομής. Στον άξονα των x τοποθετούμε την απόσταση που πραγματοποιείται η εφαρμογή του αναλυτή στο δείγμα, και στον άξονα των y την δύναμη εφαρμογής. Δεν παρουσιάζεται κάποιο ιδιαίτερο σπάσιμο γεγονός που αποδεικνύει την ιδιαίτερη ελαστικότητα του συγκεκριμένου δείγματος.

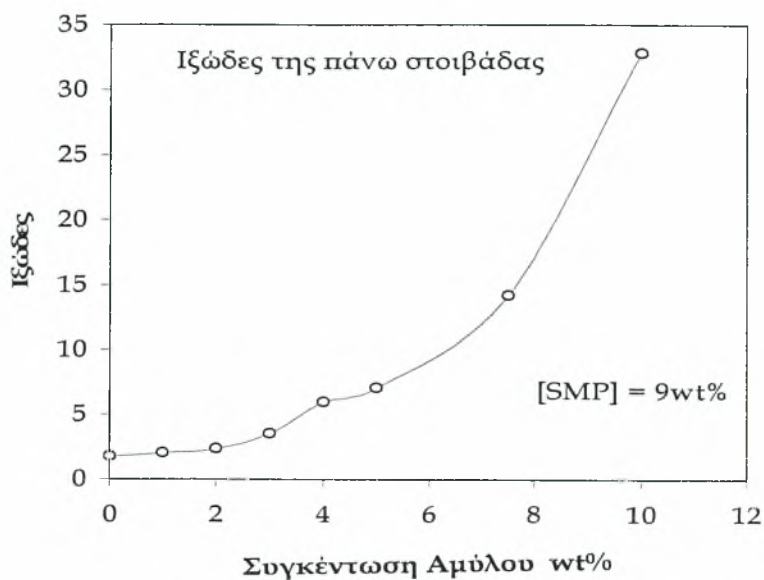
3.5 Διαγράμματα



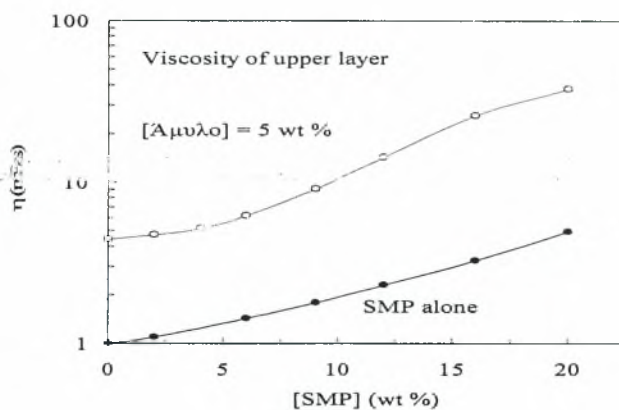
Γράφημα 2: Διατηρώντας σταθερή την συγκέντρωση του SMP 9%w/w και αυξάνοντας την συγκέντρωση του αμύλου, παρατηρείται σταδιακή αύξηση της αναλογίας κάτω στιβάδας προς υπερκείμενο.



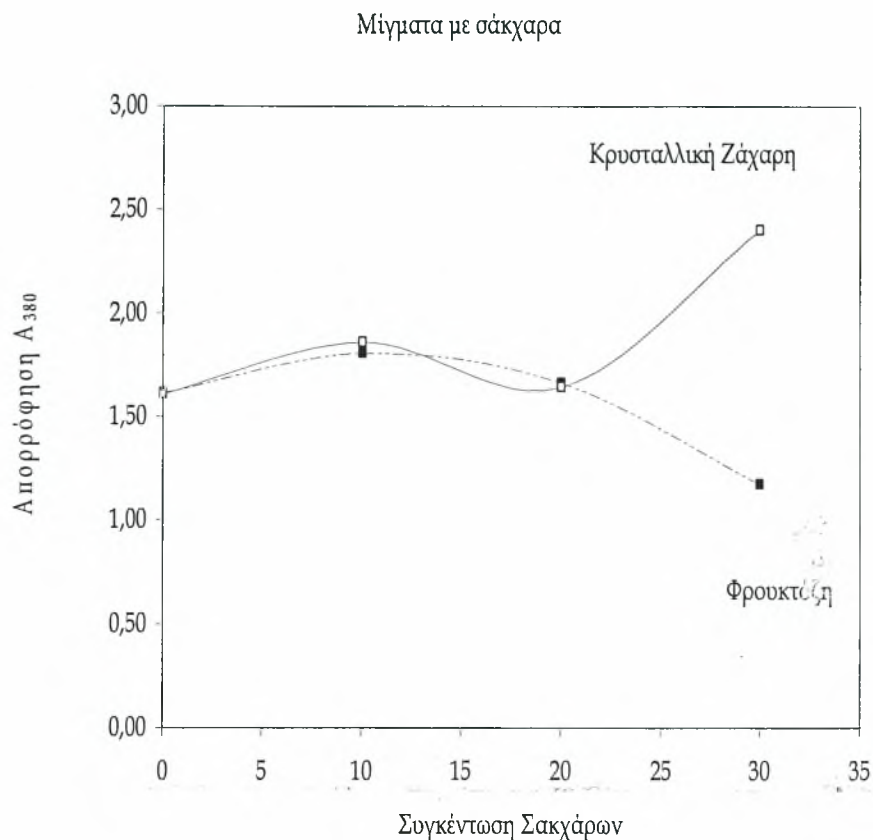
Γράφημα 3 : Διατηρώντας σταθερή την συγκέντρωση αμύλου 5%w/w και μεταβάλλοντας την συγκέντρωση του SMP παρατηρείται αύξηση του λόγου κάτω στιβάδα προς υπερκείμενο.



Γράφημα 4: Αυξάνοντας την συγκέντρωση του αμύλου και διατηρώντας σταθερή την συγκέντρωση SMP παρατηρείται αύξηση του ιξώδους.



Γράφημα 5: Διατηρώντας σταθερή τη συγκέντρωση αμύλου και αυξάνοντας την συγκέντρωση SMP παρατηρείται αύξηση του ιξώδους.



Γράφημα 6: Αυξάνοντας την συγκέντρωση της κρυσταλλικής ζάχαρης παρατηρείται αύξηση της απορρόφησης, μια μικρή ελάττωση και σε μεγαλύτερη συγκέντρωση ακόμα μεγαλύτερη αύξηση απορρόφησης.

Αυξάνοντας την συγκέντρωση της φρουκτόζης παρατηρούμε αύξηση της απορρόφησης, και με ακόμα μεγαλύτερη προστιθέμενη συγκέντρωση παρατηρείται πτώση της απορρόφησης. Αυτή η συμπεριφορά φρουκτόζης και ζάχαρης, που χρησιμοποιούνται ως αφυδατικά μέσα είναι γνωστή, ωστόσο μη έχοντας κατορθώσει να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις σε δείγματα μάρτυρες, ώστε να συγκρίνουμε τις μετρήσεις δεν θα αναφερθούμε παραπέρα σε αυτό το πειραματικό τμήμα της εργασίας.

4. Συζήτηση

Όπως ήταν αναμενόμενο, η ανάμιξη σκόνης γάλακτος και αμύλου σε διάφορες αναλογίες είχε ως αποτέλεσμα την πήξη του γάλακτος λόγω συσσωμάτωσης των καζεϊνών στηριζόμενη διαδικασία στις διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις βιοπολυμερών.

Σκοπός του συγκεκριμένου πειράματος ήταν η εύρεση της κατάλληλης αναλογίας συγκεντρώσεων αμύλου: SMP, ώστε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Γενικά είναι σαν ένα παιχνίδι μεταβολής είτε της συγκέντρωσης αμύλου, είτε της συγκέντρωσης SMP.

Αρχικά παρατήρησα (διάγραμμα 2), ότι αυξάνοντας την συγκέντρωση του αμύλου και διατηρώντας σταθερή την συγκέντρωση του SMP, 9% w/w, η αναλογία κάτω στιβάδας, δηλαδή η πηκτή, προς το υπερκείμενο αυξάνει σταδιακά. Με την αρχική προσθήκη 3%wt αμύλου δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή, μια μόνο φάση ανάμιξης χωρίς σχηματισμό στιβάδων. Αυξάνοντας όμως την συγκέντρωση αμύλου σε 4%, παρατηρείται ο σχηματισμός δυο στιβάδων, λόγω των διαχωριστικών αλληλεπιδράσεων βιοπολυμερών και των διαφορετικών πυκνοτήτων των συστατικών στις δυο στιβάδες. Επιπρόσθετος παράγοντας είναι και οι συνδετικές αλληλεπιδράσεις, οι οποίες οδηγούν στη δημιουργία αδιάλυτων συσσωματωμάτων καζεϊνών, τα οποία καθιζάνουν λόγω του βάρους και δημιουργείται κατά αυτόν τον τρόπο η πηκτή. Ωστόσο, με την μετέπειτα προσθήκη αμύλου, παρατηρείται ότι η αναλογία των δυο στιβάδων παραμένει σταθερή, γεγονός που συνεπάγεται ότι οι καζεΐνες έχουν καθιζάνει ως συσσωματώματα, και παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης του αμύλου στο υπερκείμενο. Αυτή η αύξηση της συγκέντρωσης του αμύλου στο υπερκείμενο μπορεί να παρατηρηθεί και βάσει του διαγράμματος 4, όπου μετράται το ιξώδες του υπερκείμενου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το άμυλο, ως παράγοντας πήξης, με αύξηση της συγκέντρωσης μεγαλύτερη αυτής που απαιτείται για τη δημιουργία των δυο στιβάδων, προκαλεί μια γραμμική αύξηση του ιξώδους του υπερκείμενου.

Στη συνέχεια, (διάγραμμα 3) κρατήσαμε σταθερή την συγκέντρωση του αμύλου σε 5%wt, βάσει του προηγούμενου σκέλους του πειράματος όπου παρατηρήσαμε διαχωρισμό δυο στιβάδων, και αυξήσαμε την συγκέντρωση του SMP.

Αρχικά με την προσθήκη 10gr SMP δεν παρατηρείται η δημιουργία δυο στιβάδων γεγονός που σημαίνει ότι η συγκέντρωση καζεϊνών δεν επαρκεί για την εκδήλωση αυτού του φαινομένου. Έπειτα, με την αύξηση της προστιθέμενης ποσότητας SMP, παρατηρείται η αρχή δημιουργίας των δυο στιβάδων που σταδιακά η αναλογία της κάτω στιβάδας ως προς υπερκείμενο αυξάνει, αλλά παραμένει μικρότερη από 1, ως την προσθήκη 40gr SMP όπου παρατηρείται ότι τα ποσοστά των δυο στιβάδων είναι ίσα, και με την μετέπειτα προσθήκη SMP η αναλογία πηκτής προς υπερκείμενο γίνεται μεγαλύτερη από 1. Και ίσως με ακόμα μεγαλύτερη προσθήκη SMP να δημιουργηθεί πάλι μια στιβάδα, αυτή της πηκτής. Επιπλέον, (διάγραμμα 5), με την αύξηση της συγκέντρωσης των καζεϊνών παρατηρείται αύξηση του ιξώδους του υπερκείμενου. Πιο συγκεκριμένα, όπως προανέφερα μεταξύ των βιοπολυμερών εκδηλώνονται διαχωριστικές αλληλεπιδράσεις, οι οποίες εμφανίζονται όταν η συγκέντρωση αμύλου είναι 5%wt και αυτή του SMP 9%wt, αλλά επιπρόσθετα παρατηρείται και διαφορετική κατανομή των συστατικών στις δυο στιβάδες γεγονός που παρουσιάζεται με μεταβολές του ιξώδους του υπερκείμενου. Εφόσον οι καζεΐνες αυξάνονται στην κάτω στιβάδα, η δημιουργία των συσσωματωμάτων της πάνω στιβάδας διαρκώς αυξάνει, λόγω της παρουσίας του αμύλου σε αυτή την φάση, γεγονός που οδηγεί στην παραπέρα καθίζηση τους και στην αύξηση της πηκτής.

Στο δεύτερο πειραματικό μέρος, παρατηρήσαμε μια χαρακτηριστική ιδιότητα της κρυσταλλικής ζάχαρης και της φρουκτόζης. Αυξάνοντας την συγκέντρωση της κρυσταλλικής ζάχαρης, παρατηρείται αύξηση της απορρόφησης του υπερκείμενου, μια μικρή ελάττωση και σε μεγαλύτερη συγκέντρωση ακόμα μεγαλύτερη αύξηση απορρόφησης.

Αυξάνοντας την συγκέντρωση της φρουκτόζης παρατηρούμε αύξηση της απορρόφησης, και με ακόμα μεγαλύτερη προστιθέμενη συγκέντρωση παρατηρείται πτώση της απορρόφησης. Αυτή η συμπεριφορά φρουκτόζης και ζάχαρης, που χρησιμοποιούνται ως αφυδατικά μέσα είναι γνωστή. Ωστόσο, για να καταλήξουμε σε πιο ολοκληρωμένα συμπεράσματα, απαιτείται περαιτέρω έρευνα.

5. Συμπέρασμα και μελλοντικές προοπτικές

Ο καλύτερος διαχωρισμός των βιοπολυμερών και η δημιουργία στιβάδων παρατηρείται σε συγκέντρωση αμύλου 5%wt και SMP 9%wt και πάνω, ανάλογα με την αναλογία πηκτής προς υπερκείμενο που επιθυμούμε.

Επιπλέον μελέτες και αναλύσεις είναι απαραίτητες για να καθορίσουν την επίδραση και άλλων παραγόντων στην εκδήλωση αυτών των αλληλεπιδράσεων, και επιπλέον να καταστήσουν την τεχνική πήξης με χρήση τροποποιημένου αμύλου εφάμιλλη της χρησιμοποίησης των ήδη γνωστών παραδοσιακών τεχνικών. Αυτές οι προϋποθέσεις πρέπει να επιτελεσθούν, ώστε η εφαρμογή της στον τομέα παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων να καταστεί δυνατή και τα παραγόμενα τρόφιμα να φέρουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, που να τα καθιστά προσιτά στο καταναλωτικό κοινό.

6. Ευχαριστίες

Τέλος, θέλω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην καθηγήτρια Γιαννούλη Περσεφόνη, που μου έδωσε την ευκαιρία να επιτελέσω μια εργασία συσχετιζόμενη με τον τομέα των τροφίμων και να κατανοήσω την σπουδαιότητα και την πολυπλοκότητα των τροφών, και για την υποστήριξη της κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

7.Βιβλιογραφία

- 1.Ανυφαντάκης Εμ.(1988), Γάλα καλής ποιότητας, παραγωγή και έλεγχος Β' Έκδοση <<Εθνική επιτροπή γάλακτος>>, Αθήνα σελ.45, 49-50.
2. Ανυφαντάκης Εμ.(1994), Χημεία και Ανάλυση του Γάλακτος, Εκδόσεις Α.Σταμούλης, Πειραιάς.
- 3.Μανωλίδης Κ.(1983), Γαλακτοκομία II, Τεχνολογία των προϊόντων του Γάλακτος, Εκδόσεις Αδερφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- 4.Μάντης Α.(2000), Υγιεινή και Τεχνολογία του γάλακτος και των προϊόντων του, Γ' Έκδοση, εκδόσεις Αδερφών Κυριακίδη α.ε., Αθήνα.
- 5.Κεχαγιάς Χ.(1997), Ποιότητα Γάλακτος και Γαλακτοκομικών προϊόντων, εκδόσεις <<ΙΩΝ>>, Στέλλα Παρίκου και ΣΙΑ ο.ε.,Αθήνα.
- 6.Αλεξανδρόπουλος Θ.(1993). Θέματα Υγιεινής Τροφίμων και Διατροφής, Εκδόσεις <<ΙΩΝ>>, Αθήνα, σελ. 21-22.

7. Ζερφυρίδης Γ. (2000), Γαλακτοκομία, Εκδόσεις <<ΙΩΝ>>, Στέλλα Παρίκου και ΣΙΑ ο.ε., Αθήνα.

8. Γιαννούλη Π. (2005-6), Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας Τροφίμων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

9. Basim Abu-Jdayil, Hazim A. Mohameed, Ammar Eassa, <<Rheology of wheat starch-milk-sugar systems>>, Journal of Food Engineering 64(2004) 207-212, Elsevier.

10. Καραϊσκής Γ., Φυσικοχημεία, Εκδοτικός Οίκος Π. Τραυλός

11. The greek health and diet Vortal-Ναταλία Τσουμάνη.

12. [www.chemistry.uoc.gr/food chemistry](http://www.chemistry.uoc.gr/food_chemistry)

13. [http://medlab.cs.uo.gr/dairy zoom/ind.htm](http://medlab.cs.uo.gr/dairy_zoom/ind.htm)

14. www.efet.gr/prostheta.html

15. www.eufic.org/article/el/nutrition/food-labelling-claims/acid/ingredients/-52k-

16. www.foodsci.uoguelph.ca/deacon/casein.html

17. www.public.iastate.edu/pkeeling/ktmstarchgr.htm

18. [www.vitalus.com/products/milk products/skim milk powder.php](http://www.vitalus.com/products/milk_products/skim_milk_powder.php)

19. www.livepedia.gr

