



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

<http://agriculturaltechnology.teithe.gr/>  
<http://www.ap.teithe.gr/>



---

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: «Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ»



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΜΠΙΑΔΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

---

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2019



<b>Κεφ.</b>	<b>Περιεχόμενα</b>	<b>Σελ.</b>
1.	<b>Πρόλογος</b>	5
2.1.	<b>Περίληψη</b>	7
2.2.	<b>Abstract</b>	8
3.	<b>Εισαγωγή</b>	9
3.1	<b>Ιστορία της ενσίρωσης</b>	9
3.2	<b>Σημασία της ενσίρωσης</b>	9
4.	<b>Μηχανισμοί συντήρησης</b>	10
5.	<b>Παράγοντες της καλλιέργειας που επηρεάζουν την ενσίρωση</b>	11
5.1	<b>Υδατάνθρακες</b>	11
5.2	<b>Αντίσταση στην μείωση του pH</b>	11
5.3	<b>Υγρασία</b>	12
5.4	<b>Διαφορές ανάμεσα στα είδη φυτών</b>	12
6.	<b>Παράγοντες που επηρεάζουν την ενσίρωση κατά την συγκομιδή</b>	14
6.1	<b>Υγρασία</b>	14
6.2	<b>Μήκος κοπής</b>	15
6.3	<b>Ειδική επεξεργασία σπόρου καλαμποκιού</b>	15
7.	<b>Φάσεις της ζύμωσης</b>	16
7.1	<b>Αερόβια φάση</b>	16
7.2	<b>Αναερόβια φάση</b>	16
7.3	<b>Φάση αποθήκευσης</b>	17
7.4	<b>Φάση ταΐσματος</b>	17
8.	<b>Μικροβιακή χλωρίδα του ενσιρώματος</b>	18
8.1	<b>Ωφέλιμοι μικροοργανισμοί</b>	18
8.2	<b>Ανεπιθύμητοι μικροοργανισμοί</b>	18
8.2.1	<b>Ζυμομύκητες ή ζύμες</b>	18
8.2.2	<b>Εντεροβακτήρια</b>	19
8.2.3	<b>Κλωστρίδια</b>	19
8.2.4	<b>Βακτήρια οξικού οξέος</b>	20
8.2.5	<b>Βάκιλλοι</b>	20
8.2.6	<b>Μύκητες</b>	21
8.2.7	<b>Λιστέρια</b>	21
9.	<b>Τύποι σιρών</b>	22
9.1	<b>Ταφροειδείς σιρός</b>	22
9.2	<b>Κατακόρυφος σιρός</b>	23
9.3	<b>Pressed bag</b>	24
9.4	<b>Δέματα</b>	24
10.	<b>Παράγοντες που επηρεάζουν τις απώλειες κατά την φάση αποθήκευσης/ταΐσματος</b>	25

10.1	<b>Διατήρηση της αεροστεγούς σφράγισης</b>	25
10.2	<b>Ρυθμός ταΐσματος</b>	26
10.3	<b>Επιφάνεια ταΐσματος</b>	26
11.	<b>Πρόσθετα ενσίρωσης</b>	27
11.1	<b>Εμβολιαστές</b>	27
11.2	<b>Ένζυμα</b>	28
11.3	<b>Πηγές αζώτου</b>	28
11.4	<b>Οξέα</b>	29
12	<b>Εκτίμηση ενσιρώματος</b>	30
13	<b>Διαχείριση υγρών αποβλήτων</b>	32
14	<b>Επικίνδυνα αέρια κατά την ενσίρωση</b>	33
15	<b>Απόδοση των ζώων</b>	34
	<b>Συμπεράσματα</b>	35
	<b>Βιβλιογραφία</b>	36

## 1. Πρόλογος

Η πτυχιακή διατριβή αυτή διενεργήθηκε στην Κατεύθυνση Ζωικής Παραγωγής του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση της μεθόδου συντήρησης χλωρών νομών που ονομάζεται ενσίρωση. Αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία της απο το στάδιο πριν την συγκομιδή μέχρι και το στάδιο της χορήγησης του τελικού προϊόντος στα ζώα και οι πρακτικές που θα πρέπει να ακολουθούνται έτσι ώστε το αποτέλεσμα να είναι ένα εύγεστο ενσίρωμα με ελάχιστες απώλειες σε ξηρή ουσία και ενέργεια. Επίσης, αναλύονται τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ζύμωσης και η μικροβιακή χλωρίδα του ενσιρώματος, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στην ζύμωση και τη διατήρησή του. Τέλος, αναπτύσσονται οι τύποι σιρών που χρησιμοποιούνται, η εκτίμηση της ποιότητας του ενσιρώματος και η επίδραση στην απόδοση των ζώων.

Κωνσταντίνος Παπανικολάου  
Μάιος 2019



## 2.1. Περίληψη

Παπανικολάου, Κ., 2019. Η μέθοδος της ενσίρωσης των ζωοτροφών. Πτυχιακή Διατριβή, Κατεύθυνση Ζωικής Παραγωγής, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη, σελ. 1–40.

Η ενσίρωση είναι μέθοδος διατήρησης νομευτικών φυτών σε χλωρή κατάσταση έτσι ώστε να υπάρχει καλής ποιότητας ζωοτροφή όλο τον χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με την ζύμωση των φυτικών σακχάρων από τα οξυγαλακτικά βακτήρια και την παραγωγή γαλακτικού οξέος, με αποτέλεσμα να μειωθεί το pH του ενσιρώματος και να ανασταλλεί η ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ζύμωση του ενσιρώματος, με τους κυριότερους να είναι το αναερόβιο περιβάλλον, η επάρκεια σε υδατοδιαλυτούς υδατάνθρακες και το ποσοστό υγρασίας που έχουν τα φυτά κατά την ενσίρωση. Σημαντικό ρόλο έχει και η μικροβιακή χλωρίδα στην επιτυχία του ενσιρώματος λόγω των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών που μπορούν να αναπτυχθούν και να αλλοιώσουν την ποιότητα του ενσιρώματος. Για ευκολότερη ζύμωση και διατήρηση του ενσιρώματος χρησιμοποιούνται επίσης πρόσθετα ενσίρωσης όπως εμβολιαστές, ένζυμα, ουρία και οργανικά οξέα. Τέλος, γίνεται η εκτίμηση του ενσιρώματος μέσω της ανάλυσης των προϊόντων της ζύμωσης για να διαπιστωθεί η ζύμωση ήταν επιτυχής και το αποτέλεσμα είναι ένα θρεπτικό και εύγεστο ενσίρωμα.

**2.2. Abstract**

Papanikolaou, Konstantinos, 2019. The method of ensiling animal feed. Diploma Thesis, Division of Animal Production, Department of Agricultural Technology, School of Agricultural Technology, Food Technology and Nutrition, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki. Thessaloniki, Greece, pp. 1–40.

Ensiling is the method of preserving forages in a moist state in order to have good quality feed all year long. This is achieved with the fermentation of plant sugars by lactic acid bacteria and the production of lactic acid, resulting in a drop in pH and the inhibition of undesirable microorganisms. There are a lot of factors affecting silage fermentation but the most important ones are the anaerobic environment, the sufficiency of water-soluble carbohydrates and the moisture percentage of the forage during ensiling. The silage microflora also plays a significant role in the success of ensiling due to the undesirable microorganisms that can grow and deteriorate silage quality. So, to ensure a good fermentation and preservation of the silage additives like bacterial inoculants, enzymes, urea and organic acids. Finally, evaluating silage through analysing the end products of fermentation helps us understand if the fermentation was successful and the end product is a nutritious and palatable silage.



### 3. Εισαγωγή

#### 3.1 Ιστορία της ενσίρωσης

Η ενσίρωση, τα τελευταία χρόνια, είναι μια αναπτυσσόμενη τεχνική διατήρησης ζωοτροφών. Παρ'όλα αυτά υπάρχουν αποδείξεις ότι η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται εδώ και 3000 χρόνια (McDonald et al., 1991; Woolford, 1984). Τοιχογραφίες στην Αίγυπτο από το 1000 με 1500 π.Χ. δείχνουν την ενσίρωση δημητριακών καρπών. Έχουν βρεθεί επίσης σιροί από το 1200 π.Χ. στα ερείπια της Καρχηδόνας.

Μέχρι το 1800 η ενσίρωση ήταν σχετικά τοπικό φαινόμενο. Το 1842 εκδόθηκαν οι πρώτες προτάσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα όπως: το γρήγορο γέμισμα του σιρού, η καλή συμπίεση της βοσκής και το αποτελεσματικό αεροστεγές σφράγισμα. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε περαιτέρω όταν το 1889 εφευρέθηκε ο κατακόρυφος σιρός από τον F.H. King στο Ουισκόνσιν των ΗΠΑ (Woolford, 1984).

Από το 1900 και μετά η ενσίρωση είναι από τις πιο κοινές τεχνικές διατήρησης χλωρών χόρτων.

#### 3.2 Σημασία της ενσίρωσης

Οι αγρότες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν δυο τρόπους συντήρησης: την ξήρανση και την ενσίρωση. Η τεχνική που υπερισχύει σε κάθε περιοχή εξαρτάται από το κλίμα και σε μικρότερο βαθμό, από την διαθέσιμη τεχνολογία, την παράδοση και την χρήση. Στην ξήρανση οι μεγαλύτερες απώλειες συμβαίνουν κατά την συγκομιδή και λίγες κατά την αποθήκευση αν η σοδειά είναι αρκετά στεγνή. Ενώ στην ενσίρωση οι απώλειες κατά την συγκομιδή μειώνονται και αυξάνονται κατά την αποθήκευση. Χώρες με ξηρό κλίμα όπως η ΗΠΑ και η Αυστραλία προτιμούν ξήρανση ενώ οι περισσότερες χώρες στην Βόρεια Ευρώπη που έχουν υγρό κλίμα προτιμούν την ενσίρωση.

Σε πολλές χώρες η χρήση της ενσίρωσης αυξάνεται σε σχέση με τη ξήρανση. Στην δυτική Ευρώπη το 1975, το ενσίρωμα κατείχε το 40% της συνολικής συγκομιδής ενώ το 2007 κατείχε το 67%. Στις ΗΠΑ το ποσοστό ενσίρωματος(κυρίως καλαμποκιού)-άχυρου έχει μείνει σταθερό αλλά έχει αυξηθεί το ποσοστό ενσίρωσης ψυχανθών κατά 50% μεταξύ 1984 και 2000 (Wilkinson and Toivonen, 2003).

Η επιτυχία της ενσίρωσης βασίζεται σε πέντε βασικές κατηγορίες: την καλλιέργεια, την διαχείριση της συγκομιδής, τον τύπο σιρού, τον χειρισμό του σιρού και τα πρόσθετα ενσίρωσης.

#### 4. Μηχανισμοί συντήρησης

Η ενσίρωση χρησιμοποιεί δύο βασικούς μηχανισμούς για να διατηρήσει χλωρές τις νομές: το αναερόβιο περιβάλλον και την ζύμωση των φυτικών σακχάρων προς γαλακτικό οξύ με αποτέλεσμα την μείωση του pH. Το αναερόβιο περιβάλλον είναι απαραίτητο για την πρόληψη της ανάπτυξης αερόβιων μικροοργανισμών (μούχλα, ζύμες, βακτήρια). Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορούν να αναπτυχθούν σε χαμηλό pH (< 4.0), αλλά απαιτούν την ύπαρξη οξυγόνου. Για το λόγο αυτό, η σωστή σφράγιση του σιρού είναι πολύ σημαντικό στάδιο στην δημιουργία και την διατήρηση του αναερόβιου περιβάλλοντος. Η ποσότητα οξυγόνου που παραμένει μέσα στον σιρό μετά την σφράγιση του, καταναλώνεται από την αναπνοή των φυτών μέσα σε λίγες ώρες.

Τα χαμηλά επίπεδα pH μειώνουν την δραστηριότητα των φυτικών ενζύμων και αναστέλλουν την ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών, όπως τα κλωστρίδια που αποτελούν ένα από τα βασικότερα προβλήματα στην ενσίρωση. Τα κλωστρίδια παράγουν βουτηρικό οξύ και αμίνες από την ζύμωση του γαλακτικού οξέος και των αμινοξέων αντίστοιχα. Τέτοιες ζυμώσεις προκαλούν απώλειες Ξηρής Ουσίας (ΞΟ) κατά την διάρκεια της ενσίρωσης.

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια (OB) που υπάρχουν ήδη στις σοδειές, προκαλούν την μείωση του pH, μέσω της ζύμωσης των φυτικών σακχάρων, παράγοντας κυρίως γαλακτικό οξύ, αλλά και οξικό οξύ, αιθανόλη και άλλα προϊόντα. Εκτός από την μείωση του pH, το γαλακτικό και το οξικό οξύ είναι ικανά να αναστείλουν την ανάπτυξη αερόβιων οργανισμών από μόνα τους. Η φυσική ζύμωση μπορεί επίσης να ενισχυθεί με την προσθήκη επιλεγμένων OB ή με την απευθείας προσθήκη οξέος για την μείωση του pH. Συνήθως, χρειάζονται 60 ημέρες για να να μπορέσουν να ολοκληρωθούν όλα τα στάδια της ζύμωσης και να παραχθεί ένα καλής ποιότητας ενσίρωμα αλλά ο χρόνος αυτός μπορεί να αλλάξει ανάλογα με το είδος του ενσιρώματος και τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται

## 5. Παράγοντες της καλλιέργειας που επηρεάζουν την ενσίρωση

Η ενσίρωση ορισμένων φυτών, όπως το καλαμπόκι, θεωρείται ευκολότερη από την ενσίρωση κάποιων άλλων, όπως η μηδική, του οποίου η ενσίρωση θεωρείται μεγαλύτερης δυσκολίας. Ορισμένα χαρακτηριστικά της χημικής σύστασης του κάθε φυτού παίζουν σημαντικό ρόλο στην ενσίρωση του.

### 5.1 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες του φυτού, κυρίως τα σάκχαρα, χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για την ζύμωση από τα ΟΒ για την παραγωγή γαλακτικού οξέος και άλλων προϊόντων. Η γλυκόζη είναι το πιο κοινό σάκχαρο που χρησιμοποιείται από διάφορα είδη ΟΒ για την ζύμωση. Ωστόσο, όλοι οι μονοσακχαρίτες και οι δισακχαρίτες φυτικής προέλευσης, όπως και κάποια οργανικά οξέα όπως το κιτρικό και το μηλικό, μπορούν να ζυμωθούν από κάποιο στέλεχος ΟΒ.

Τα ΟΒ που βρίσκονται στα φύτά δεν είναι ικανά να ζυμώσουν τα μεγαλύτερα σάκχαρα όπως είναι οι ολιγοσακχαρίτες και οι πολυσακχαρίτες (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, άμυλο). Ωστόσο, κάποιοι από τους πολυσακχαρίτες υδρολύονται από τα φυτικά ένζυμα κατά την διάρκεια την ενσίρωσης, παράγοντας μονο- και δισακχαρίτες οι οποίοι μπορούν να ζυμωθούν. Οι κύριες πηγές μονο- και δισακχαριτών είναι το άμυλο και τα πολυμερή φρουκτόζης, τα οποία υδρολύονται από τις αμυλάσες και τις υδρολάσες αντίστοιχα.

### 5.2 Αντίσταση στη μείωση του pH

Τα φυτά περιέχουν ενώσεις που παρέχουν μία αντίσταση στην μείωση του pH. Ο πιο κοινός ορισμός για αυτήν την ιδιότητα είναι η ποσότητα γαλακτικού οξέος που χρειάζεται για να μειωθεί το pH από 6 που είναι συνήθως στην αρχή της ενσίρωσης σε 4 που είναι το επιθυμητό. Η αντίσταση αυτή οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη ανιόντων με την μορφή αλάτων (κιτρικό, μηλικό, μαλονικό, φωσφορικά, θειικά, νιτρικά, χλωριούχα). Γενικά, οι καλλιέργειες με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία, παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση στη μείωση του pH.

### 5.3 Περιεκτικότητα σε υγρασία

Η περιεκτικότητα του φυτού σε υγρασία κατά την ενσίρωση επηρεάζει τον ρυθμό και την έκταση της ζύμωσης. Μία ξηρότερη καλλιέργεια έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυμένων ουσιών στην υγρασία που έχει απομείνει, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η οσμωτική πίεση. Η αύξηση της οσμωτικής πίεσης μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξης μικροοργανισμών και έτσι μειώνει την ποσότητα σακχάρων που πρέπει να ζυμωθούν κατά την ενσίρωση. Εκτός από την επίδραση στην ζύμωση, σοδειές με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία παράγουν περισσότερα υγρά απόβλητα, ενώ ξηρότερες σοδειές είναι πιο ευαίσθητες στην θερμοκρασία και στην αλλοίωση.

### 5.4 Διαφορές ανάμεσα στα είδη φυτών

Η αντίσταση στη μείωση του pH και το ποσοστό σακχάρων που βρίσκονται στο φυτό κατά την συγκομιδή επηρεάζεται από το τύπο της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα φυτά που προορίζονται για ενσίρωση χωρίζονται σε 5 κατηγορίες: τα ετήσια ψυχρών εποχών, τα ετήσια θερμών εποχών, τα πολυετή ψυχρών εποχών, τα πολυετή θερμών εποχών και τα ψυχανθή.

Τα πολυετή και τα ψυχανθή φυτά ενσιρώνονται στο στάδιο της άνθισης. Τα ετήσια ψυχρών εποχών όπως το σιτάρι, η βρώμη και το κριθάρι ενσιρώνονται αργότερα, πριν το στάδιο του γάλακτος, ενώ τα ετήσια θερμών εποχών όπως το καλαμπόκι και το σόργο ενσιρώνονται στο στάδιο του γάλακτος.

Η αντίσταση στην μείωση του pH ποικίλλει ανάμεσα στα διάφορα είδη φυτών, με τα ψυχανθή να έχουν την υψηλότερη

Η αντίσταση αυτή μειώνεται όσο ωριμάζουν τα φυτά που προορίζονται για ενσίρωση (Muck and Walgenbach, 1985; Muck et al., 1991). Αυτό σημαίνει ότι τα ετήσια φυτά, τα οποία ενσιρώνονται σε αργότερο στάδιο ανάπτυξης από τα πολυετή και τα ψυχανθή, χρειάζονται λιγότερη ποσότητα σακχάρων για μια επιτυχής ζύμωση.

Τα φυτά ψυχρών εποχών έχουν υψηλότερη συγκέντρωση διαλυτών σακχάρων από τα φυτά θερμών εποχών. Ωστόσο οι τιμές αυτές κυμαίνονται ανάλογα το είδος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την συγκομιδή.

Η επίδραση του σταδίου ωρίμανσης στην συγκέντρωση σακχάρων είναι ασυνεπής. Στα ψυχανθή η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων μειώνεται με το χρόνο (Smith, 1973). Σε αντίθεση, στα φυτά ψυχρών εποχών η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων αυξάνεται με το χρόνο (McDonald et al., 1991). Στα δημητριακά (ψυχρών και θερμών εποχών) η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων αυξάνεται μέχρι το στάδιο του γάλακτος και μετά μειώνεται.

Η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων μειώνεται επίσης από την υψηλή γονιμότητα του εδάφους και την σκιά ενώ η ξηρασία την αυξάνει (Buxton and Fales, 1994).

Τα δημητριακά είναι τα ιδανικότερα για ενσίρωση λόγω της υψηλής συγκέντρωσης σε υδατοδιαλυτούς υδατάνθρακες και χαμηλής αντίστασης στην μείωση του pH. Ανάμεσα στα πολυετή φυτά, αυτά των ψυχρών εποχών ενσιρώνονται πιο εύκολα γιατί όσο περνάει ο καιρός αυξάνεται η συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων και μειώνεται η αντίσταση στη μείωση του pH. Σε αντίθεση, τα φυτά των θερμών εποχών ενσιρώνονται δυσκολότερα λόγω της χαμηλότερης συγκέντρωσης υδατοδιαλυτών υδατανθράκων. Τέλος, τα ψυχανθή είναι τα δυσκολότερα φυτά για ενσίρωση λόγω της υψηλής αντίστασης στη μείωση του pH και την χαμηλή συγκέντρωση σε υδατοδιαλυτούς υδατάνθρακες.

Παρόλο που τα πολυετή ψυχρών εποχών είναι τα ευκολότερα για ενσίρωση, κατά την συγκομιδή τους έχουν μεγάλη συγκεντρωμένη υγρασία (800-900 γρ/χλγ) και αν ενσιρωθούν σε αυτή την φάση θα αναπτυχθούν κλωστρίδια στο ενσίρωμα. Έτσι πρέπει πρώτα να ξεραίνονται στο χωράφι 1-2 ημέρες μέχρι να φτάσουν περίπου 750 γρ/χλγ υγρασίας και μετά να τεμαχιστούν και να ενσιρωθούν.

Η συνεχής επίβλεψη της συγκέντρωσης των σακχάρων και η χρησιμοποίηση προσθέτων είναι αναγκαία για την ελαχιστοποίηση της δραστηριότητας των κλωστρίδιων.

## 6. Παράγοντες που επηρεάζουν την ενσίρωση κατά την συγκομιδή

### 6.1 Υγρασία

Η υγρασία επηρεάζει σημαντικά την ζύμωση και κατ'επέκταση την διατροφική αξία του ενσιρώματος λόγω της επίδρασης που έχει στην μικροβιακή ανάπτυξη. Η έλλειψη μεταβολίσιμων θρεπτικών στοιχείων (π.χ. Υ.Υ.) και οι ξηρές επιφάνειες των φυτών εμποδίζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που βρίσκονται φυσικά στο φυτό. Με τον τεμαχισμό της βοσκής όμως απελευθερώνονται θρεπτικά στοιχεία και υγρασία που ευνοούν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Όταν το ενσίρωμα έχει αποθηκευτεί σωστά και γρήγορα και έχει απομακρυνθεί το οξυγόνο, τα οξυγαλακτικά βακτήρια χρησιμοποιούν την υγρασία και τους υδατοδιαλυτούς υδατανθρακές για να παράξουν γαλακτικό οξύ και άλλα προϊόντα.

Σε βοσκές με υγρασία κάτω από 650 γρ/χλγ πριν τον τεμαχισμό, τα οξυγαλακτικά βακτήρια στρεσάρονται και μειώνεται ο ρυθμός παραγωγής γαλακτικού οξέος. Όταν η υγρασία είναι κάτω από 200-300 γρ/χλγ η μικροβιακή ανάπτυξη σταματάει τελείως. Επομένως, το συμπέρασμα είναι ότι όσο πιο στεγνό είναι το ενσίρωμα τόσο λιγότερα ζαχαρά ζυμώνονται, παραγονται λιγότερα προϊόντα ζύμωσης και έχουν μεγαλύτερο δείκτη pH.

Αντίθετα, η υπερβολική υγρασία (>700 γρ/χλγ), ενώ βοηθάει την ανάπτυξη των οξυγαλακτικών βακτηρίων, ενθαρρύνει και την ανάπτυξη ανεπιθύμητων βακτηρίων όπως τα κλωστρίδια που ευδοκιμούν σε υγρές συνθήκες, με αποτέλεσμα να αλλοιώνεται η ποιότητα του ενσιρώματος. Για αυτό σε καλλιέργειες μηδικής, που έχουν υψηλή αντίσταση στη μείωση του pH και χαμηλή συγκέντρωση σακχάρων, πρέπει να γίνεται ξήρανση μέχρι η υγρασία να φτάσει κάτω από 700 γρ/χλγ ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη κλωστριδίων. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας είναι επίσης ανεπιθύμητο γιατί κατά την συμπίεση του ενσιρώματος στο σιρό μπορεί να παραχθούν υγρά λύματα τα οποία περιέχουν χρήσιμα θρεπτικά στοιχεία και είναι επιβλαβή για το περιβάλλον. Οι απαιτήσεις σε υγρασία για την αποφυγή αυτών των λυμάτων αλλάζουν ανάλογα με το είδος σιρού που χρησιμοποιείται.

Η υγρασία επηρεάζει επίσης και την θερμοκρασία του ενσιρώματος. Περισσότερη θερμότητα χρειάζεται για να αυξηθεί η θερμοκρασία σε ένα υγρό ενσίρωμα από ότι σε ένα πιο ξηρό ενσίρωμα. Σε υψηλές θερμοκρασίες (>35°C) τα αμινοξέα δεσμεύονται στους υδατάνθρακες και έτσι μειώνεται η πρόσληψη πρωτεϊνών. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται με την τήρηση των συνιστώμενων τιμών υγρασίας για κάθε είδος σιρού που χρησιμοποιείται (Muck and Kung, 2007).

## 6.2 Μήκος κοπής

Το κατάλληλο μήκος κοπής είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ μεγαλύτερων κομματιών έτσι ώστε να μην καταστρέφονται θρεπτικά στοιχεία (π.χ. φυτικές ίνες) και μικρών κομματιών έτσι ώστε να γίνεται καλύτερη συμπίεση μέσα στον σιρό και να απομακρύνεται καλύτερα ο αέρας. Τα προτεινόμενα μήκη κοπής είναι 10-13 mm για ακατέργαστο καλαμπόκι και ψυχανθή και 19 mm για το επεξεργασμένο καλαμπόκι. Για πολύ ξερά ενσιρώματα το μήκος κοπής πρέπει να είναι μικρότερο έτσι ώστε να γίνει σωστή συμπίεση του ενσιρώματος και να αποκτήσει την κατάλληλη πυκνότητα (Shaver, 2003).

## 6.3 Επεξεργασία σπόρου καλαμποκιού

Στο ενσίρωμα καλαμποκιού ο σπόρος χρειάζεται επεξεργασία πρώτα έτσι ώστε να γίνει σωστά η ζύμωση. Ο σπόρος καλαμποκιού προστατεύεται από ένα εξωτερικό περίβλημα το οποίο πρέπει να σπάσει έτσι ώστε τα μικρόβια και τα ενζυμα της μεγάλης κοιλίας να πέσουν το άμυλο του καλαμποκιού. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός μηχανήματος κατά την συγκομιδή το οποίο συνθλίβει τον σπόρο. Τουλάχιστον 95% των σπόρων πρέπει να σπάσουν έτσι ώστε να είναι επιτυχημένη η επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή βελτιώνει την πυκνότητα του ενσιρώματος, την αερόβια σταθερότητα (Johnson et al., 2002) και την πέψη του αμύλου στις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες (Schwab et al., 2003). Μερικές μελέτες έδειξαν πως υπάρχουν βελτιώσεις και στην παραγωγή γάλακτος, ενώ άλλες έδειξαν ότι δεν υπάρχει λόγω των διαφορών στο στάδιο ωρίμανσης του καλαμποκιού, την ποσότητα αμύλου στην διατροφή, το στάδιο της γαλακτικής περιόδου και το μέγεθος κοπής του ενσιρώματος (Bal et al., 2000; Weiss and Wyatt, 2000).

## 7. Φάσεις της ζύμωσης

Οι κύριες χημικές και μικροβιολογικές μεταβολές που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της ζύμωσης μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις ξεχωριστές φάσεις: την αερόβια φάση, την αναερόβια φάση, την φάση της αποθήκευσης και την φάση ταΐσματος.

### 7.1 Αερόβια φάση

Η αερόβια φάση ξεκινάει από την συγκομιδή της καλλιέργειας μέχρι να τελειώσει το διαθέσιμο οξυγόνο, δηλαδή λίγο μετά το σφράγισμα του σιρού. Κατά την φάση αυτή, τα σάκχαρα των φρεσκοκομμένων διασπώνται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα σε μια διαδικασία γνωστή ως αναπνοή. Οι αερόβιοι μικροοργανισμοί (ζύμες, μύκητες και αναερόβια βακτήρια) που βρίσκονται στο κομμένο φυτό παίζουν μεγάλο ρόλο στην αναπνοή διότι και αυτοί χρησιμοποιούν τα σάκχαρα του φυτού. Η αυξημένη ανάπτυξη των μικροοργανισμών αυτών σε αυτή την φάση μπορεί να προκαλέσει απώλειες κατά την φάση του ταΐσματος. Η ποιότητα του ενσιρώματος υποβαθμίζεται από την αναπνοή διότι μειώνει την ποσότητα διαθέσιμης τροφής για τα ωφέλιμα οξυγαλακτικά βακτήρια και παράγει θερμότητα. Σε θερμοκρασίες άνω των 35°C παράγονται πρωτεΐνες οι οποίες δεν είναι διαθέσιμες στα ζώα. Κάτω από κανονικές συνθήκες ενσίρωσης η θερμοκρασία πρέπει να είναι 15° με 20° F πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Μια επίσης σημαντική χημική αλλαγή κατά την φάση αυτή είναι η αποικοδόμηση των φυτικών πρωτεϊνών σε μη πρωτεϊνικό άζωτο (NPN), πεπτίδια, αμινοξέα και αμμωνία από τις πρωτεάσες του φυτικού κυττάρου. Η έκταση της πρωτεϊνόλυσης αυτής εξαρτάται από τον ρυθμό μείωσης του pH και την θερμοκρασία και υγρασία του ενσιρώματος. Η πρωτεϊνόλυση είναι ανεπιθύμητη, ιδιαίτερα για τις γαλακτοπαραγωγές αγελάδες, επειδή το πλεόνασμα διαλυτού μη πρωτεϊνικού αζώτου οδηγεί σε χειρότερη αξιοποίηση του αζώτου και χαμηλότερη γαλακτοπαραγωγή. Επίσης, υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας οδηγούν στην μείωση πρόσληψης ξηρής ουσίας.

Η αερόβια φάση μειώνει την ποιότητα του ενσιρώματος και πρέπει να ελαχιστοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερο. Κάτω από ορθές πρακτικές διαχείρισης η φάση αυτή κρατάει μόνο μερικές ώρες. Ενώ, αν δεν ακολουθούνται σωστές πρακτικές (π.χ. συγκομιδή της καλλιέργειας σε χαμηλή υγρασία, κακή συμπύκνωση του ενσιρώματος, αργό γέμισμα) τότε η φάση αυτή μπορεί να διαρκέσει μέχρι και εβδομάδες (Roth and Undersander 1995).

### 7.2 Αναερόβια Φάση

Η φάση αυτή αρχίζει μόλις τελειώσει το διαθέσιμο οξυγόνο μέσα στον σιρό. Κατά την φάση αυτή τα σάκχαρα μετατρέπονται σε γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ, αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα από διάφορα αναερόβια βακτήρια. Οι σημαντικότεροι μικροοργανισμοί κατά την φάση αυτή είναι τα οξυγαλακτικά βακτήρια τα οποία με την παραγωγή γαλακτικού



οξέος ρίχνουν το pH σε 3,8-5. Όταν ο φυσιολογικός πληθυσμός των Ο.Β. είναι πολύ μικρός, τα βακτήρια οξικού οξέος πολλαπλασιάζονται. Τα βακτήρια αυτά είναι λιγότερο επιθυμητά από τα Ο.Β. διότι το οξικό οξύ ρίχνει πιο αργά το pH, με αποτέλεσμα να υπάρχουν απώλειες σε ξηρά ουσία και να μειώνεται η πρόσληψη ξηρής ουσίας στα βοοειδή. Η αναερόβια ζύμωση κρατάει περίπου μια εβδομάδα. Ο ρυθμός με τον οποίο γίνεται η ζύμωση εξαρτάται από την ποσότητα και τύπο Ο.Β. που βρίσκονται στο φυτό κατά την ενσίρωση και την υγρασία του. Μεγαλύτερη υγρασία συνεπάγεται σε γρηγορότερη ζύμωση (Elferink et al. 1999).

### 7.3 Φάση της αποθήκευσης

Κατά την φάση αυτή το pH παραμένει σταθερό και υπάρχει ελάχιστη μικροβιακή δραστηριότητα με την προϋπόθεση ότι διατηρείται το αναερόβιο περιβάλλον μέσα στον σιρό. Ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα του ενσιρώματος κατά την φάση αυτή είναι η είσοδος του οξυγόνου στον σιρό. Το οξυγόνο βοηθάει την ανάπτυξη μούχλας και ζυμών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ξηρή ουσία και να αυξάνεται η θερμοκρασία. Το ποσοστό των απωλειών σχετίζεται άμεσα με την πυκνότητα του ενσιρώματος και το ποσοστό της εκτεθειμένης επιφάνειας στο οξυγόνο.

Τα πιο συνηθισμένα αίτια απωλειών λόγω έκθεσης στον αέρα είναι ρωγμές στους τοίχους των σιρών, πόρτες που δεν έχουν σφραγιστεί καλά στους κατακόρυφους σιρούς και σχισίματα στο πλάστικο που καλύπτει το ενσίρωμα. (Roth and Undersander 1995).

### 7.4 Φάση του ταΐσματος

Η φάση αυτή αρχίζει από το άνοιγμα του σιρού μέχρι να τελειώσει το ενσίρωμα. Μόλις το ενσίρωμα εκτεθεί ξανά στο οξυγόνο, οι μύκητες ενεργοποιούνται και μετατρέπουν τα εναπομείναντα σάκχαρα, οξέα της ζύμωσης και άλλα διαλυτά θρεπτικά στοιχεία σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα. Οι απώλειες κατά την φάση αυτή αντιπροσωπεύουν το 30% των ολικών απωλειών σε ξηρή ουσία. Γενικά, τα πρώτα σημάδια αλλοίωσης είναι η αύξηση της θερμοκρασίας και η παράξενη οσμή του ενσιρώματος, ακολούθημένη από ανάπτυξη μυκήτων στην επιφάνεια του ενσιρώματος. Από την στιγμή που εμφανιστεί η μυκητιακή αυτή ανάπτυξη, έχουν ήδη χαθεί σημαντικές ποσότητες ξηρής ουσίας και θρεπτικών συστατικών. Πέρα από την απώλεια εύπεπτων θρεπτικών συστατικών, κάποιοι μύκητες παράγουν μυκοτοξίνες οι οποίες είναι επικίνδυνες για την υγεία και την απόδοση των ζώων. Όσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό αερόβιων μικροοργανισμών στο ενσίρωμα τόσο πιο γρήγορα θα αλλοιώνεται η ποιότητα του. Τα ποσοστά αυτά εξαρτώνται από το ποσοστό των μικροοργανισμών που βρίσκονταν στο φυτό πριν την συγκομιδή και το ποσοστό ανάπτυξης τους κατά την αρχική αερόβια φάση της ζύμωσης (Roth and Undersander 1995).

## 8. Μικροβιακή χλωρίδα του ενσιρώματος

Η μικροβιακή χλωρίδα παίζει μεγάλο ρόλο στην επιτυχία της ενσίρωσης και την διατήρηση του ενσιρώματος κατά την αποθήκευση. Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, τους ωφέλιμους μικροοργανισμούς και τους ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς. Οι ωφέλιμοι είναι τα οξυγαλακτικά βακτήρια και οι ανεπιθύμητοι χωρίζονται σε αερόβιους (ζύμες, βάκιλλοι, λιστέρια και μύκητες) και αναερόβιους (κλωστρίδια και εντεροβακτήρια). Οι ανεπιθύμητοι αυτοί οργανισμοί όχι μόνο μειώνουν την ποιότητα του ενσιρώματος και του γάλακτος των ζώων αλλά αποτελούν και κίνδυνο για την υγεία τους.

### 8.1. Ωφέλιμοι μικροοργανισμοί

#### Οξυγαλακτικά βακτήρια

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια ανήκουν στην φυσική μικροχλωρίδα των φυτών. Τα γένη τα οποία βρίσκονται συνήθως σε ενσιρώματα είναι τα *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* και *Streptococcus*. Η πλειοψηφία των οξυγαλακτικών βακτηρίων αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 5 και 50° C, με ιδανική μεταξύ 25 και 40° C. Είναι ικανά να μειώσουν το pH του ενσιρώματος σε 4-5 ανάλογα με το είδος και το τύπο του φυτού. Όλα τα οξυγαλακτικά βακτήρια είναι αερόβια αλλά μερικά προτιμάνε και αναερόβια περιβάλλοντα (Hammes *et al.* 1992).

Με βάση τον μεταβολισμό των σακχάρων χωρίζονται σε ομοζυμωτικά και ετεροζυμωτικά. Τα ομοζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια παράγουν μόνο γαλακτικό οξύ ενώ τα ετεροζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια παράγουν, εκτός από γαλακτικό οξύ, διοξείδιο του άνθρακα και οξικό οξύ. Τα ομοζυμωτικά O.B. είναι περισσότερο ωφέλιμα διότι η ζύμωση τους είναι πιο αποτελεσματική και έτσι μειώνονται οι απώλειες σε ξηρά ουσία και ενέργεια (Roth and Undersander 1995).

### 8.2 Ανεπιθύμητοι μικροοργανισμοί

#### 8.2.1 Ζυμομόκητες ή ζύμες

Οι ζύμες είναι ευκαριωτικοί, προαιρετικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Στα ενσιρώματα, η δραστηριότητα τόσο των αερόβιων ζυμών όσο και των αναερόβιων είναι ανεπιθύμητη. Κάτω από αναερόβιες συνθήκες οι ζύμες μετατρέπουν τα σάκχαρα σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα (Schlegel 1987; McDonald *et al.* 1991). Η παραγωγή της αιθανόλης αυτής όχι μόνο μειώνει την ποσότητα σακχάρων που είναι διαθέσιμα για τα οξυγαλακτικά βακτήρια αλλά επηρεάζει και την γεύση του γάλακτος (Randby *et al.* 1999). Κάτω από αερόβιες συνθήκες οι ζύμες αποικοδομούν το γαλακτικό οξύ σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό με αποτέλεσμα να αυξάνεται το pH του ενσιρώματος, το οποίο με την σειρά του επιτρέπει την ανάπτυξη διαφόρων άλλων ανεπιθύμητων μικροοργανισμών (McDonald *et al.* 1991).

Ο πληθυσμός των ζυμών μπορεί να φτάσει μέχρι και  $10^7/\text{γρ}$  ενσιρώματος κατά τις πρώτες εβδομάδες της ενσίρωσης αλλά η παρατεταμένη αποθήκευση οδηγεί στην σταδιακή μείωση του αριθμού (Middelhoven and Van Balen 1988). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση των ζυμών κατά την αποθήκευση είναι ο βαθμός αναερόβωσης και το ποσοστό οργανικών οξέων. Η παρουσία οξυγόνου ενισχύει την επιβίωση και ανάπτυξη των ζυμών (Jonsson and Pahlow 1984), ενώ υψηλά επίπεδα μυρμηγκικού ή οξικού οξέος μειώνουν την βιωσιμότητα τους (Driehuis and Van Wikselaar 1996). Η δραστηριότητα των ζυμών είναι μεγαλύτερη σε καλλιέργειες με χαμηλό αρχικό pH (<5) λόγω της προσθήκης οξέων ως πρόσθετα και σε καλλιέργειες με υψηλό ποσοστό σακχάρων. Τα ενσιρώματα αυτά συνήθως καταλήγουν να είναι υψηλά σε αιθανόλη και χαμηλά σε γαλακτικό οξύ (Henderson *et al.* 1972; Ashbell *et al.* 1987).

### 8.2.2 Εντεροβακτήρια

Τα εντεροβακτήρια είναι προαιρετικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Τα περισσότερα εντεροβακτήρια δεν είναι παθογόνα, παρ'όλα αυτά η ανάπτυξη τους στα ενσιρώματα είναι ανεπιθύμητη διότι ανταγωνίζονται τα οξυγαλακτικά βακτήρια για τα διαθέσιμα σάκχαρα και επιπλέον μπορούν να αποικοδομήσουν πρωτεΐνες. Οι αποικοδόμηση αυτή των πρωτεϊνών όχι μόνο μειώνει την θρεπτική αξία του ενσιρώματος αλλά παράγει και τοξικές ουσίες όπως οι βιογενείς αμίνες, οι οποίες έχουν αρνητική επίδραση στην γευστικότητα του ενσιρώματος (Woolford 1984; McDonald *et al.* 1991; van Os and Dulphy 1996). Επιπλέον, η αμμωνία που σχηματίζεται μέσω της πρωτεϊνολύσης δεν επιτρέπει την γρήγορη πτώση του pH.

Τα εντεροβακτήρια δεν πολλαπλασιάζονται σε χαμηλό pH οπότε μέθοδοι ενσίρωσης που προκαλούν γρήγορη και αποτελεσματική πτώση του pH είναι ο καλύτερος τρόπος να μειωθεί η ανάπτυξη τους (McDonald *et al.* 1991).

### 8.2.3 Κλωστρίδια

Τα κλωστρίδια είναι αναερόβια βακτήρια που σχηματίζουν ενδοσπόρια. Πολλά κλωστρίδια ζυμώνουν υδατάνθρακες και πρωτεΐνες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η θρεπτική αξία του ενσιρώματος και να παράγονται βιογενείς αμίνες, όπως και με τα εντεροβακτήρια. Τα κλωστρίδια όμως επηρεάζουν και την ποιότητα του γάλακτος. Αυτό γίνεται διότι τα ενδοσπόρια των κλωστριδίων μπορούν να επιζήσουν στον πεπτικό σωλήνα των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής. Η μεταφορά των ενδοσπορίων στο γάλα γίνεται μέσω των κοπράνων και των μολυσμένων θηλών της αγελάδας. Το ανθεκτικό στα όξινα περιβάλλοντα *Clostridium tyrobutyricum* είναι το πιο σημαντικό για την βιομηχανία γάλακτος. Εκτός από το ζύωμα των υδατανθράκων, το *C. tyrobutyricum* μπορεί να διασπάσει το γαλακτικό οξύ σε βουτυρικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Η αντίδραση αυτή όχι μόνο αντισταθμίζει την οξυγαλακτική ζύμωση στα ενσιρώματα αλλά δημιουργεί και προβλήματα

στα σκληρά και ημίσκληρα τυριά όπως Emmental, Gouda και Parmesan (Gibson 1965; Goudkov and Sharpe 1965, Klajn *et al.* 1995).

Μερικά κλωστρίδια είναι επικυδύνα και για την υγεία των ζώων. Ένα από αυτά είναι το εξαιρετικά τοξικό *C. botulinum* που προκαλεί αλλαντίαση, η οποία μπορεί να είναι θανάσιμη για τα βοειδή. Ευτυχώς το κλωστρίδιο αυτό έχει μικρή αντοχή στα οξέα και δεν αναπτύσσεται σε καλά διατηρημένα ενσιρώματα (Kehler and Scholz 1996).

Ένα τυπικό “κλωστριδιακό” ενσίρωμα χαρακτηρίζεται από υψηλή ποσότητα βουτυρικού οξέος (>5 γρ/χλγ Ξ.Ο.), υψηλό pH και μεγάλη περιεκτικότητα σε αμμωνία και αμίνες (Voss 1966). Όπως και με τα εντεροβακτήρια η γρήγορη και αποτελεσματική πτώση του pH εμποδίζει την ανάπτυξη των κλωστριδίων. Επίσης, η ξήρανση της καλλιέργειας σε μεγαλύτερο ποσοστό ξηρής ουσίας περιορίζει την ανάπτυξη τους (Wieringa 1958).

#### 8.2.4 Βακτήρια οξικού οξέος

Τα βακτήρια οξικού οξέος είναι υποχρεωτικά αερόβια, ανθεκτικά σε χαμηλό pH βακτήρια. Μέχρι τώρα όλα τα βακτήρια οξικού οξέος που έχουν βρεθεί σε ενσιρώματα είναι του γένους *Acetobacter*. Η δράση των βακτηρίων αυτών είναι ανεπιθύμητη διότι μπορούν να αρχίσουν την αερόβια αλλοίωση του ενσιρώματος, λόγω της ικανότητας τους να οξειδώνουν τα οργανικά οξέα του ενσιρώματος σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Γενικά, οι ζύμες είναι κυρίως υπεύθυνες για την αερόβια αλλοίωση του ενσιρώματος αλλά υπάρχουν αποδείξεις ότι και τα βακτήρια οξικού οξέος μπορούν από μόνα τους να αρχίσουν την αλλοίωση (Spoelstra *et al.* 1988).

#### 8.2.5 Βάκιλλοι

Όπως και τα κλωστρίδια, οι βάκιλλοι είναι βακτήρια που σχηματίζουν ενδοσπόρια. Παρ'όλα αυτά η μεγάλη διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι βάκιλλοι είναι πραοαιρετικά αερόβια βακτήρια. Οι βάκιλλοι ζυμώνουν πλήθος υδατανθράκων σε οργανικά οξέα ή αιθανόλη και γλυκερόλη (Claus and Berkely 1986). Μερικά είδη βάκιλλων παράγουν αντιμυκητιακές ουσίες, και έχουν χρησιμοποιηθεί για τον περιορισμό των απωλειών από τις ζύμες. Εκτός από αυτά τα συγκεκριμένα είδη, ο πολλαπλασιασμός των βάκιλλων θεωρείται γενικά ανεπιθύμητος. Γιατί όχι μόνο είναι λιγότερο αποδοτικοί στην παραγωγή γαλακτικού και οξικού οξέος απ'ότι τα οξυγαλακτικά βακτήρια αλλά μπορούν και να ενισχύσουν την αερόβια αλλοίωση (Lindgren *et al.* 1985). Επιπλέον, ο μεγάλος αριθμός ενδοσπόριων στο νωπό γάλα συνδέεται με τον μεγάλο αριθμό ενδοσπόριων στα περιττώματα των αγελάδων όπως και με τα κλωστρίδια. Ο *B.cereus* θεωρείται από τους πιο σημαντικούς οργανισμούς αλλοίωσης του παστεριωμένου γάλακτος και μεγάλος αριθμός του είδους αυτού μπορεί να βρεθεί στα ενσιρώματα (Giffel *et al.* 1995).

Για να μειωθεί η ανάπτυξη τους στα ενσίρωματα, η θερμοκρασία δεν θα πρέπει να είναι υψηλή και να ελαχιστοποιηθεί η διείσδυση του αέρα στο ενσίρωμα (Gibson *et al.* 1958).

### 8.2.6 Μύκητες

Οι μύκητες είναι ευκαριωτικοί μικροοργανισμοί. Τα προσβεβλημένα από μύκητες ενσίρωματα, αναγνωρίζονται εύκολα από τις μεγάλες νηματοειδής δομές και τα χρωματιστά σπόρια που παράγουν τα διάφορα είδη. Αναπτύσσονται σε μέρη του ενσίρωματος που υπάρχει οξυγόνο. Κατά την αποθήκευση, αυτό συνήθως γίνεται μόνο στην επιφάνεια του ενσίρωματος αλλά κατά τη φάση του ταΐσματος, η ανάπτυξή τους μπορεί να επεκταθεί σε όλο το ενσίρωμα (Pelhate 1977).

Οι μύκητες όχι μόνο μειώνουν τη θρεπτική αξία και γευστικότητα του ενσίρωματος, είναι και επικίνδυνες για την υγεία των ζώων και των ανθρώπων. Τα σπόρια μυκήτων είναι συνδεδεμένα με πνευμονικές βλάβες και αλλεργικές αντιδράσεις (May 1993). Προβλήματα υγείας μπορούν να προκαλέσουν επίσης και οι μυκοτοξίνες που παράγουν οι μύκητες. Ανάλογα με τον τύπο και την ποσότητα της τοξίνης στο ενσίρωμα τα προβλήματα μπορεί να κυμαίνονται από ελαφρές πεπτικές διαταραχές, προβλήματα γονιμότητας και μειωμένη δραστηριότητα του ανοσοποιητικού μέχρι και σοβαρή ηπατική ή νεφρική ανεπάρκεια και αποβολές (Scudamore and Livesey 1998).

Πρακτικές ενσίρωσης που μειώνουν την είσοδο του αέρα (π.χ. καλή συμπίεση και κάλυψη του σιρού) και πρόσθετα που αποτρέπουν την ανάπτυξη μυκήτων, βοηθάνε στην ελαχιστοποίηση της ανάπτυξης μυκήτων.

### 8.2.7 Λιστέρια

Μέλη του γένους *Listeria* είναι αερόβια ή προαιρετικά αναερόβια βακτήρια. Όσον αφορά την ποιότητα του ενσίρωματος, το πιο σημαντικό είδος του γένους *Listeria* είναι το *L. monocytogenes* διότι είναι παθογόνο για τα ζώα αλλά και για τον άνθρωπο. Ειδικά, ζώα με κατεσταλμένο ανοσοποιητικό σύστημα όπως εγκυμονούσα θηλυκά και νεογνά είναι περισσότερο ευάλωτα σε λοιμώξεις από *L. monocytogenes* (Jones and Seeliger 1992). Ενσίρωματα μολυσμένα με *L. monocytogenes* έχουν συνδεθεί με θανάσιμα περιστατικά λιστερίωσης σε πρόβατα και αίγες (Wiedmann *et al.* 1994). Η ανάπτυξη και η επιβίωση της λιστέρια στο ενσίρωμα καθορίζεται από το ποσοστό αναερόβιωσης και το pH. Το *L. monocytogenes* είναι ανθεκτικό σε χαμηλές τιμές pH (3,8-4,2) για μεγάλη χρονική περίοδο μόνο αν υπάρχει μικρή ποσότητα οξυγόνου στο ενσίρωμα. Κάτω από αυστηρά αναερόβιες συνθήκες πεθαίνει γρήγορα σε χαμηλό pH (Donald *et al.* 1995). Το *L. monocytogenes* γενικά δεν αναπτύσσεται σε καλά ζυμωμένα ενσίρωματα. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος πρόληψης της ανάπτυξης του είναι να διατηρείται αναερόβιο το ενσίρωμα (McDonald *et al.* 1991).

## 9. Τύποι σιρών

### 9.1 Ταφροειδείς σιρός

Υπάρχουν διάφοροι τύποι σιρών ανάλογα το κόστος και την μονιμότητα τους. Ο πιο κοινός τύπος παγκοσμίως είναι σωροί πάνω στο έδαφος ή σε τσιμέντο, καλυμμένοι με πλαστικό πολυαιθυλένης.

Μια παραλλαγή αυτού του τύπου είναι οι ταφροειδείς σιροί οι οποίοι έχουν δύο ή τρεις μεριές χτισμένες. Σε αυτού του τύπου σιρών η συνιστώμενη υγρασία ενσίρωσης είναι 600-700 γρ/χλγ. Σε χώρες της Βόρειας Ευρώπης και σε τροπικές περιοχές είναι σύνηθες να γίνεται ενσίρωση και σε υψηλότερες τιμές υγρασίας αλλά πρέπει να υπάρχουν μέσα συλλογής και απόρριψης των υγρών λυμάτων που θα παραχθούν. Παρ'όλο που το κόστος των απλών σωρών είναι μικρό, η μεγάλη επιφάνεια τους είναι περισσότερο εκτεθειμένη σε σχέση με τους ταφροειδείς σιρούς, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου για σημαντικές απώλειες (π.χ. σχισματα). Οι απώλειες ελαχιστοποιούνται με την καλή συμπίεση του ενσιρώματος, την διατήρηση της αεροστεγής κατάστασης και την απομάκρυνση του ενσιρώματος με γρήγορους ρυθμούς στην φάση του ταΐσματος. Για την καλή συμπίεση του ενσιρώματος, μετά από κάθε στρώση που τοποθετείται μέσα στον σιρό πρέπει να πατιέται με τον ελκυστήρα έτσι ώστε να φύγει όλος ο αέρας. Χρησιμοποιούνται επίσης πάνω από το πλαστικό πολυαιθυλένης διάφορα υλικά όπως παλιά λάστιχα αυτοκινήτων, αμμος και χώμα που βοηθάνε στην αεροστεγή σφράγιση του ενσιρώματος.

Αν το ενσίρωμα μείνει ασκέπαστο παρατηρούνται απώλειες περισσότερο από 40% σε βάθος 50 εκατοστά από την επιφάνεια του ενσιρώματος (Bolsen et al., 1993).



Εικόνα 1. Ταφροειδείς σιρός.

## 9.2 Κατακόρυφος σιρός

Χωρίζονται σε δύο τύπους, σε τσιμεντένιους και σε σιδερένιους (περιοριστικά οξυγόνου). Παρ'όλο που ο τύπος αυτός σιρών έχει ακριβότερο κόστος κατασκευής, είναι μια μονιμότερη επιλογή σε σχέση με τους άλλους τύπους. Το γέμισμα γίνεται μέσω ενός σωλήνα ο οποίος ρουφάει την συγκομιδή στην κορυφή του σιρού. Στους τσιμεντένιους κατακόρυφους σιρούς το άδειασμα γίνεται μέσω ενός εκφορτωτή που βρίσκεται στην κορυφή και στέλνει το ενσίρωμα μέσω ενός αγωγού προς τα κάτω. Ενώ στους σιδερένιους ο εκφορτωτής βρίσκεται στο κάτω μέρος του σιρού.

Κατά το γέμισμα, το βάρος της συγκομιδής συμπυκνώνει το περιεχόμενο του σιρού και έτσι δημιουργείται η τελική πυκνότητα του ενσιρώματος. Άρα, η πυκνότητα εξαρτάται από το ύψος του σιρού που χρησιμοποιείται. Ψηλότερη σιροί πετυχαίνουν μεγαλύτερη πυκνότητα από ότι οι μικρότεροι. Εξαιτίας της πυκνότητας που δημιουργείται στο κάτω μέρος η υγρασία της συγκομιδής προς ενσίρωση πρέπει να είναι 600-650 γρ/χλγ για να αποφευχθεί η δημιουργία υγρών λυμάτων.

Η άνω επιφάνεια των τσιμεντένιων σιρών μένει συνήθως ανοικτή και έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Για το λόγο αυτό κατά τη φάση του αδειάσματος συνήθως απορρίπτεται το ενσίρωμα σε βάθος ενός μέτρου λόγω αλλοιώσεων που έχει υποστεί. Οι τοίχοι των παλαιότερων σιρών πρέπει να επισκεύζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες.

Στους σιδερένιους σιρούς ένα σύστημα στην κορυφή του σιρού εμποδίζει την είσοδο του αέρα κατά το στάδιο της αποθήκευσης, ενώ επιτρέπει στα αέρια μέσα στον σιρό να διαστέλλονται και να συστέλλονται λόγω της ημερήσιας ψύξης και θέρμανσης. Επειδή το άδειασμα γίνεται από κάτω σε αυτού του είδους σιρών, μπαίνει αέρας μέσα ανάλογα με τον όγκο του ενσιρώματος που αφαιρείται (Muck and Kung, 2007).



Εικόνα 2. Κατακόρυφος σιρός.

### 9.3 Ενσίρωση σε σάκους

Η χρήση αυτού του τύπου οριζόντιου σιρού αυξάνεται τα τελευταία χρόνια και ειδικά στην Βόρεια Αμερική. Η αύξηση αυτή οφείλεται στο χαμηλό κόστος, την ποικιλία σε χωρητικότητα και την δυνατότητα διαχωρισμού ενσιρωμάτων ανάλογα με την ποιότητα τους. Οι σάκοι τοποθετούνται στο έδαφος αλλά σε βροχερές περιοχές είναι καλύτερο να τοποθετούνται σε τσιμέντο ή άσφαλο. Οι συνηθισμένες διαστάσεις είναι 1,8-3,6 μ διάμετρος και 30, 60, και 90 μ μήκος. Κατά το γέμισμα, ο στόχος είναι η επιφάνεια του σάκου να είναι πυκνή αλλά λεία και το ενσίρωμα να είναι ίσα κατανεμημένο, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται κενά από τα οποία μπορεί να περάσει ο αέρας όταν ανοιχτεί, επιταχύνοντας την αλλοίωση του.

Σε αυτό τον τύπο σιρών γίνεται άριστα η ζύμωση διότι η αερόβια φάση του ενσιρώματος κρατάει λίγο, προστατεύει από την βρόχη κατά το γέμισμα και διατηρεί αεροστεγές το ενσίρωμα κατά την αποθήκευση. Όμως, η πολυαιθυλένη είναι το μόνο που το κρατάει σφραγισμένο και έτσι είναι ευάλωτο σε ζημιές από ζώα ή κακές καιρικές συνθήκες. Για αυτό χρειάζεται συνεχής επίβλεψη για τυχόν ζημιές (Muck and Kung, 2007).

### 9.4 Ενσίρωση σε μπάλες

Είναι το τύλιγμα της συγκομιδής σε μεγάλα κυκλικά ή ορθογώνια δέματα με την χρήση πολλαπλών στρώσεων ελαστικού φιλμ πολυαιθυλένης. Χρησιμοποιείται περισσότερο στην Ευρώπη. Τα δέματα τυλίγονται ή μόνα τους ή πολλά μαζί σε σειρά. Ο τύπος αυτός έχει σχεδόν κοινά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με το pressed bag. Η διαφορά είναι ότι αυτή η μέθοδος επιτρέπει να γίνεται ενσίρωση σε βροχερές περιοχές και επιτρέπει επίσης την αγοραπωλησία και εύκολη μεταφορά του ενσιρώματος. Κατά το τύλιγμα χρειάζονται τουλάχιστον 4 στρώσεις ελαστικού φιλμ πολυαιθυλένης. Περισσότερο χρειάζονται άμα θα αποθηκευτούν για μεγάλες περιόδους ή σε πιο θερμά κλίματα έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Για την ενσίρωση ψυχανθών με αυτή την μέθοδο πρέπει πρώτα να μειωθεί η υγρασία τους σε 600 γρ/χγγ για να αποφευχθεί η ανάπτυξη κλωστριδίων (Wilkinson and Toivonen, 2003).



Εικόνα 3. Σάκοι ενσίρωσης.



Εικόνα 4. Μπάλα ενσιρώματος.



## 10. Παράγοντες που επηρεάζουν τις απώλειες κατά την φάση αποθήκευσης/ταΐσματος

Οι απώλειες κατά την αποθήκευση, αποτελούνται από τις απώλειες κατά την ζύμωση και την μικροβιακή αναπνοή όταν εισέρχεται οξυγόνο στον σιρό. Οι απώλειες κατά την ζύμωση είναι αναπόφευκτες και είναι κυρίως αποτέλεσμα της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα κατά την μετατροπή των μονοσακχαριτών σε οξικό οξύ ή αιθανόλη. Ωστόσο, οι απώλειες αυτές μπορούν να μειωθούν με την χρήση μικροβιακών εμβολιαστών. Οι σημαντικότερες απώλειες κατά την αποθήκευση και το άδειασμα συμβαίνουν λόγω της μικροβιακής αναπνοής των αερόβιων βακτηρίων. Ελαχιστοποιώντας την έκθεση του ενσιρώματος στον αέρα μειώνονται οι απώλειες αυτές.

Πρίν το άνοιγμα του σιρού, η ακεραιότητα της σφράγισης και το πορώδες της ενσίρωσης επηρεάζουν τις απώλειες της αναπνοής. Κατά την φάση του ταΐσματος, το πορώδες του ενσιρώματος, ο ρυθμός ταΐσματος και η επιφάνεια ταΐσματος επηρεάζουν τις απώλειες.

### 10.1 Ακεραιότητα της σφράγισης

Κατά τη φάση της αποθήκευσης, οι σιροί δεν είναι ερμητικά κλειστοί έτσι μια μικρή κίνηση οξυγόνου μέσα στον σιρό είναι αναπόφευκτη. Η ημερήσια θέρμανση και ψύξη προκαλούν διαφορές πίεσης οι οποίες προκαλούν την έξοδο αερίων την μέρα και είσοδο αερίων το βράδυ. Επίσης, άμα το πλαστικό που τυλίγει το ενσίρωμα δεν είναι στερεώμενο καλά είναι ευάλωτο στον δυνατό αέρα και μπορεί να εισχωρήσει αέρας μέσα. Μετά το τέλος της ζύμωσης, μέσα στον σιρό θα υπάρχει μεγάλη ποσότητα CO<sub>2</sub>. Επειδή το CO<sub>2</sub> είναι βαρύτερο από τον αέρα κουνιέται προς τα κάτω μέσα στον σιρό και αν υπάρχει κάποιο άνοιγμα δραπετεύει, επιτρέποντας αέρα να μπει μέσα. Αυτοί οι παράγοντες προκαλούν συνεχόμενες απώλειες ακόμα και στους τέλεια σφραγισμένους σιρούς.

Τρύπες στο πλαστικό ή ρωγμές στους τοίχους επιτρέπουν την είσοδο του οξυγόνου σε ποσοστό ανάλογο με το μέγεθος της τρύπας, το πορώδες του ενσιρώματος κοντά στην τρύπα και την περίοδο εκθέσης στον αέρα. Σε όλους τους τύπους σιρών άμα το χόρτο προς ενσίρωση είναι πιο ξερό από ότι πρέπει, το πορώδες αυξάνεται και μαζί αυξάνεται και η ευαισθησία του ενσιρώματος σε αλλοιώσεις.

## 10.2 Ρυθμός ταΐσματος

Όταν είναι έτοιμο το ενσίρωμα και ανοιχτεί ο σιρός, το οξυγόνο διαχεέται μέσα στο ενσίρωμα απο την ανοιχτή μεριά. Στους ταφροειδής σιρούς, έχει παρατηρηθεί αισθητή συγκέντρωση οξυγόνου 1 μέτρο πίσω απο την ανοικτή επιφάνεια. Ο συνιστώμενος ρυθμός ταΐσματος για τους ταφροειδείς σιρούς είναι 15 εκατοστά ανα ημέρα. Με αυτόν τον ρυθμό, το ενσίρωμα είναι εκτεθειμένο στο οξυγόνο για 1 εβδομάδα πριν την απομάκρυνση του απο τον σιρό (Honig, 1991; Weinberg and Ashbell, 1994).

Γενικά, σε όλους τους τύπους σιρών, ο ρυθμός ταΐσματος είναι αντιστρόφως ανάλογος με την μέση πυκνότητα του σιρού. Οπότε, σε όλους τους τύπους σιρών, είναι συνηθισμένο το ενσίρωμα να εκτείνεται στον αέρα για 7 ή περισσότερες ημέρες πριν το ταΐσμα εκτός απο τα ατομικά δέματα τα οποία χρησιμοποιούνται μόλις ανοίγονται.

Σε μελέτη που έγινε, εμφανίστηκε πως υπάρχει μια μη γραμμική σχέση ανάμεσα στον ρυθμό ταΐσματος και τις απώλειες (Pitt and Muck, 1993). Αυτό σημαίνει πως σημαντικές απώλειες μπορεί να προκληθούν κατά το άδειασμα του σιρού αν ο ρυθμός ταΐσματος είναι χαμηλός.

## 10.3 Επιφάνεια ταΐσματος

Στους κατακόρυφους σιρούς, υπάρχουν ειδικοί μηχανισμοί εκφόρτωσης του ενσιρώματος οι οποίοι αφήνουν λεία την επιφάνεια ταΐσματος. Στους άλλους τυπους σιρών χρησιμοποιούνται κοινά γεωργικά μηχανήματα για το άδειασμα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η επιφάνεια ταΐσματος να μένει ανομοιόμορφη και να επιτρέπει την γρηγορότερη διείσδυση του οξυγόνου στο ενσίρωμα. Υπάρχουν όμως εξειδικευμένα μηχανήματα εκφόρτωσης για τους ταφροειδείς σιρούς τα οποία μειώνουν την έκταση της ανοιχτής πρόσοψης και την συγκέντρωση του οξυγόνου στο ενσίρωμα μεχρι 1 μέτρο πίσω απο την πρόσοψη.

## 11. Πρόσθετα ενσίρωσης

Η χρήση προσθέτων κατά την διάρκεια της ενσίρωσης είναι μια πολύ συνηθισμένη τεχνική για τον έλεγχο της ζύμωσης και την σταθερότητα του προϊόντος. Οι κύριοι λόγοι για την χρήση πρόσθετων ουσιών είναι:

- Η αναστολή της ανάπτυξης αερόβιων (πχ. ζύμες, *Listeria monocytogenes*) και αναερόβιων (εντεροβακτήρια, κλωστρίδια) μικροοργανισμών.
- Η ενίσχυση του αποθέματος των σακχάρων που είναι διαθέσιμα για ζύμωση.
- Η αναστολή διάφορων φυτικών και μικροβιακών ενζύμων όπως οι πρωτεάσες και οι απαμινάσες.
- Η παροχή θρεπτικών συστατικών για την γρήγορη ανάπτυξη των ωφέλιμων μικροοργανισμών.
- Η βελτιστοποίηση των συνθηκών της ενσίρωσης.
- Η προσθήκη μικροοργανισμών για την αποτελεσματικότερη ζύμωση.
- Ο σχηματισμός τελικών προϊόντων που διεγείρουν την παραγωγικότητα και την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών των ζώων.

### 11.1 Εμβολιαστές

Διάφορα βακτήρια, κυρίως OB, χρησιμοποιούνται ως εμβολιαστές για την βελτίωση της ζύμωσης του ενσιρώματος. Ο εμβολιασμός με OB οδηγεί σε αυξημένο ρυθμό ζύμωσης, λιγότερη πρωτεϊνολύση μεγαλύτερη ποσότητα γαλακτικού οξέος, χαμηλότερο pH, μικρότερη ποσότητα οξικού και βουτυρικού οξέος, μικρότερη ποσότητα αιθανόλης και μεγαλύτερη απόδοση στην ενέργεια και στην ΞΟ. Τα πλεονεκτήματα αυτά προκύπτουν από το γεγονός ότι η δράση των βακτηρίων που εμβολιάστηκαν υπερνικά αυτή των φυσικών βακτηρίων και έχει ως αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη μετατροπή των σακχάρων σε γαλακτικό οξύ. Επιπρόσθετα, η γρήγορη μείωση του pH έχει ως αποτέλεσμα την αναστολή των φυτικών ενζύμων, των κλωστριδίων και των εντεροβακτηρίων. Με αυτό το τρόπο προκύπτει ένα τελικό προϊόν υψηλότερης θρεπτικής αξίας και με μικρότερη συγκέντρωση ανεπιθύμητων παραπροϊόντων (πχ βουτυρικό οξύ).

Μελέτες έδειξαν (Satter et al., 1991) ότι τα OB που εμβολιάζονται στα ενσιρώματα δεν έχουν καμία επίπτωση στα ζώα. Στις περιπτώσεις όμως που η ποσότητά τους αυξηθεί κατά 10 φορές, παρατηρήθηκε μία αύξηση 2.5% στην παραγωγή γάλακτος από αγελάδες που τράφηκαν με εμβολιασμένο ενσίρωμα. Ωστόσο, από άλλες μελέτες (Kung and Muck, 1997) προέκυψε ότι ακόμα και σε φυσιολογικές ποσότητες τα OB που εμβολιάζονται στα ενσιρώματα έχουν ευεργετικές ιδιότητες στα ζώα. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε μία αύξηση στην παραγωγή γάλακτος κατά 1.4 kg ανά αγελάδα την ημέρα.

Άλλοι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι τα προπιονικά βακτήρια που μετατρέπουν την γλυκόζη και το γαλακτικό οξύ σε προπιονικό και οξικό οξύ τα οποία είναι καλύτεροι αναστολείς της ανάπτυξης μούχλας και ζυμών από το γαλακτικό οξύ.

## 11.2 Ένζυμα

Κατά την διαδικασία της ενσίρωσης χρησιμοποιείται μια ποικιλία ενζύμων ως πρόσθετα. Τα κυριότερα είναι ένζυμα που διασπούν τις φυτικές ίνες και το άμυλο, όπως οι αμυλάσες, οι κυτταρινάσες, οι ημικυτταρινάσες και η οξειδάση της γλυκόζης. Η διάσπαση των φυτικών ιστών και του αμύλου από τα παραπάνω ένζυμα αυξάνει την ποσότητα σακχάρων διαθέσιμα για ζύμωση από τα ΟΒ και έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη μείωση του pH. Ωστόσο η υδρόλυση των φυτικών ιστών θα πρέπει να γίνεται με γρήγορο ρυθμό έτσι ώστε να παράγονται ζάκχαρα κατά το στάδιο που τα ΟΒ βρίσκονται σε ταχεία ανάπτυξη. Επίσης, η διάσπαση των φυτικών ιστών από τα ένζυμα μπορεί να βελτιώσει την πεπτικότητα της ξηρής ουσίας.

## 11.3 Πηγές αζώτου

Η αμμωνία και η ουρία έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετα για την αύξηση της ποιότητας των ενσιρωμάτων, κυρίως καλαμποκιού. Η αμμωνία προστίθεται στα ενσιρώματα ως άνυρδη αμμωνία ή ως μείγμα με νερό ή μελασσα. Η προσθήκη αμμωνίας έχει ως αποτέλεσμα την προσθήκη μίας οικονομικής πηγής πρωτεΐνης, την μείωση των απωλειών κατά την φάση της αποθήκευσης και του ταΐσματος και την μείωση της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών κατά την ενσίρωση. Η ουρία προστίθεται μόνο ως οικονομική πηγή πρωτεΐνης καθώς τα πλεονεκτήματά της στην σταθερότητα και την αποικοδόμησης των πρωτεϊνών δεν έχουν εξακριβωθεί ακόμα. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ουρία ή αμμωνία ως πρόσθετα στην ενσίρωση, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην ισορροπία μεταξύ αποικοδομήσιμων και μη αποικοδομήσιμων πρωτεϊνών που λαμβάνουν τα ζώα.

Η προσθήκη άνυδρης αμμωνίας θα πρέπει να γίνεται σε ποσότητα 8-10 kg N / Mg ΞΟ βοσκής. Η ποσότητα αυτή αυξάνει την συγκέντρωση πρωτεΐνης του ενσιρώματος κατά 50-60 g / kg ΞΟ. Σε μεγαλύτερες ποσότητες (14 -18 kg / Mg ΞΟ βοσκής) η αμμωνία μπορεί να προκαλέσει μειωμένα επίπεδα ζύμωσης λόγω της αύξησης της αντίστασης στη μείωση του pH. Τα μειωμένα επίπεδα ζύμωσης και η περισσεια αμμωνίας έχουν ως αποτέλεσμα το τελικό ενσίρωμα να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση των ζώων.

#### 11.4 Οργανικά οξέα

Πολλά οξέα χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στην ενσίρωση με σκοπό την βελτιστοποίηση των συνθηκών της ζύμωσης. Στην Ευρώπη, σαν πρόσθετο, χρησιμοποιείται κυρίως το οξικό οξύ το οποίο αναστέλλει την ανάπτυξη των κλωστριδίων καθώς μειώνει αμέσως το pH στο 4.7-4.8 και στην συνέχεια επιτρέπει στην φυσική ζύμωση να μειώσει το pH ακόμα περισσότερο.

Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιείται κυρίως το προπιονικό οξύ. Το προπιονικό οξύ αναστέλλει την ανάπτυξη μούχλας και ζυμών, αυξάνοντας την σταθερότητα του ενσιρώματος σε αερόβιες συνθήκες. Ωστόσο το προπιονικό οξύ, όπως και τα περισσότερα οξέα, είναι διαβρωτικό. Για το λόγο αυτό η προσθήκη του γίνεται με την μορφή αλάτων του προπιονικού οξέος που είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Από τα άλατα αυτά το προπιονικό αμμώνιο είναι το πιο διαλυτό στο νερό (90%), πράγμα που του προσδίδει καλύτερη αντιμικροβιακή δράση. Οι προτεινόμενη ποσότητα προπιονικών αλάτων είναι 0.5-2.0 g / kg ΞΟ. Πολλές φορές προστίθενται και άλλα οξέα που δρουν ως αντιμυκητιακοί παράγοντες όπως το κιτρικό, το βενζοϊκό και το σορβικό οξύ (Muck and Kung, 2007).

## 12 Εκτίμηση της ποιότητας του ενσίρωματος

Η εκτίμηση του ενσίρωματος γίνεται για να διαπιστωθεί η ποιότητα της ζύμωσης που έγινε. Μία φτωχή ζύμωση παράγει ένα μη εύγευστο ενσίρωμα με μειωμένη πρόσληψη ξηρή ουσίας και αζώτου από τα ζώα. Γίνεται με την βοήθεια απλών εργαλείων όπως πεχάμετρο, θερμόμετρο και ζυγαριά και με την ανάλυση των προϊόντων της ζύμωσης και τον πληθυσμό των αερόβιων μικροοργανισμών (ζύμες, μούχλα, βάκιλλοι).

Με το πεχάμετρο μετριέται το pH του ενσίρωματος ανακατεύοντας σε ένα δοχείο δείγμα του ενσίρωματος με νερό. Όσο χαμηλότερο είναι το pH τόσο καλύτερα διατηρείται το ενσίρωμα. Ενσίρωματα που έχουν πρόβλημα με την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών έχουν υψηλότερο pH στην επιφάνεια του σιρού και φυσιολογικό pH 1 μέτρο πίσω από την επιφάνεια. Υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια του ενσίρωματος δείχνουν αυξημένη δραστηριότητα ζυμών η οποία ακολουθείται από ανάπτυξη μούχλας. Η ιδανική θερμοκρασία του ενσίρωματος δεν θα πρέπει να ξεπερνά κατά 20° F την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τέλος, με την ζυγαριά μετριέται η πυκνότητα του ενσίρωματος ζυγίζοντας 1 κυβικό μέτρο δείγματος.

Τα κυριότερα προϊόντα της ζύμωσης είναι το γαλακτικό οξύ, τα πτητικά λιπαρά οξέα (οξικό, προπιονικό και βουτυρικό οξύ), η αιθανόλη και η αμμωνία. Η ανάλυση των στοιχείων αυτών βοηθάει στην κατανόηση προβλημάτων όπως μειωμένη πρόσληψη ξηρής ουσίας και ενέργειας και υψηλές τιμές pH (Seglar, 2003; Kung and Shaver, 2001).

**Γαλακτικό οξύ:** Το γαλακτικό οξύ είναι το κύριο προϊόν της ζύμωσης από τα ομοζυμωτικά οξυγαλακτικά βακτήρια που βρίσκονται στο ενσίρωμα. Σε ένα καλής ποιότητας ενσίρωμα ο αριθμός του γαλακτικού οξέος πρέπει να είναι το 65-70% των συνολικών οξέων του ενσίρωματος. Επίσης, το γαλακτικό οξύ είναι ισχυρότερο οξύ από τα υπόλοιπα οξέα και ρίχνει την τιμή του pH ευκολότερα, διατηρώντας έτσι καλύτερα το ενσίρωμα. Γενικά, η ύπαρξη υψηλών επιπέδων γαλακτικού οξέος δείχνει μια αποτελεσματική ζύμωση και ελάχιστες απώλειες ξηρής ουσίας.

**Οξικό οξύ:** Το οξικό οξύ είναι το κύριο οξύ υπεύθυνο για την διατήρηση της αερόβιας σταθερότητας και αυτό που δίνει στο ενσίρωμα την χαρακτηριστική μυρωδιά του. Τα επίπεδα του βρίσκονται συνήθως κάτω από 3%. Η υψηλή υγρασία κατά την ενσίρωση, η παρατεταμένη ζύμωση λόγω της υψηλής αντοχής στην μείωση του pH, η κακή συμπίεση του ενσίρωματος μέσα στον σιρό και το αργό γέμισμα του, οδηγούν στην αύξηση του οξικού οξέος στο ενσίρωμα και στην μείωση της πρόσληψης ξηρής ουσίας και ενέργειας.

**Βουτυρικό οξύ:** Καλής ποιότητας ενσίρωματα πρέπει να έχουν κάτω από 0,5% βουτυρικό οξύ. Αυξημένα επίπεδα βουτυρικού οξέος ενδεικνύουν ότι το ενσίρωμα έχει υποστεί κλώστριδιακή ζύμωση και η ποιότητα του έχει υποβαθμιστεί. Επίσης, σε τέτοιου είδους ενσίρωματα βρίσκονται συνήθως μικρά πρωτεϊνικά σύμπλοκα, που ονομάζονται αμίνες, τα οποία πολλές φορές επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση των ζώων.

**Αιθανόλη:** Μεγάλη ποσότητα αιθανόλης αποτελεί ένδειξη δραστηριότητας ζυμών. Τέτοιου είδους ενσιρώματα έχουν μεγαλύτερες απώλειες όταν ανοιχθούν και έρθουν σε επαφή με τον αέρα. Η συνηθισμένη ποσότητα αιθανόλης στα ενσιρώματα είναι 1-2%. Η υπερβολική ποσότητα αιθανόλης (>3-4%) μπορεί να επηρεάσει την γεύση του γάλακτος.

**Αμμωνία:** Υψηλά ποσοστά αμμωνίας υποδηλώνουν εκτεταμένη αποικοδόμηση των πρωτεϊνών του ενσιρώματος είτε λόγω της αργής πτώσης του pH είτε λόγω ύπαρξης κλωστριδίων στο ενσίρωμα. Επίσης, η χαμηλή πυκνότητα του ενσιρώματος και το αργό γέμισμα του σιρού μπορούν να αυξήσουν την ποσότητα αμμωνίας. Οι φυσιολογικές τιμές αμμωνίας είναι κάτω από 15% του ολικού αζώτου για τα αγρωστώδη και την μηδική και κάτω από 10% για καλαμπόκι.

### 13. Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Οι καλλιέργειες με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε υγρασία (>700 g / kg) έχουν μεγάλες απώλειες θρεπτικών συστατικών μέσω των υγρών αποβλήτων που δημιουργούν. Τα υγρά απόβλητα από την ενσίρωση αποτελούν περιβαλλοντικούς ρύπους και μπορεί να μολύνουν το έδαφος ή τα νερά. Δύο προσεγγισίες υπάρχουν για την αντιμετώπιση αυτού το προβλήματος. Ο πρώτος τρόπος είναι η συλλογή τους και η σωστή απομάκρυνσή τους. Ο δεύτερος τρόπος είναι η προσθήκη απορροφητικών ενώσεων για την μείωση της συγκέντρωσης της υγρασίας και την μείωση των υγρών αποβλήτων. Για το σκοπό αυτό έχει χρησιμοποιηθεί άχυρο, σπόροι δημητριακών, πολτοί τευτλων και άλλα. Η προσθήκη αχύρου δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική μέθοδος διότι μειώνει την θρεπτική αξία του ενσιρώματος. Η προσθήκη σπόρων δημητριακών παρουσίασε πρακτικές δυσκολίες καθώς θα πρέπει πρώτα να επεξεργαστούν κατάλληλα και στη συνέχεια να προστεθούν στο ενσίρωμα. Οι πολτοί τευτλων φαίνεται ότι είναι η καλύτερη λύση. Ωστόσο, γενικά η προσθήκη απορροφητικών ουσιών είναι μία απαιτητική εργασία διότι χρειάζεται επιπλέον δουλειά κατά την ενσίρωση, καθώς οι απορροφητικές ουσίες πρέπει να κατανεμηθούν ομοιόμορφα σε ολόκληρη την μάζα του ενσιρώματος (Ferris and Mayne, 1994; Jones et al., 1990; Offer and Alrwidah, 1989).



#### 14. Επικίνδυνα αέρια κατά την ενσίρωση

Κατά την διαδικασία της ζύμωσης παράγονται διάφορα είδη οξειδίων του αζώτου, τα οποία ονομάζονται silo gas. Η εισπνοή ακόμα και μικρής ποσότητας διοξειδίου του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) ή τετροξειδίου του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) μπορεί να οδηγήσει σε αναπνευστικά προβλήματα, ακόμα και σε θάνατο. Ο σχηματισμός αυτών των αερίων ξεκινάει σε 4-6 ώρες μετά το γέμισμα του σιρού και διαρκεί ακόμα και μετά από 2-3 εβδομάδες. Κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου απαιτείται μεγάλη προσοχή γύρω από τον χώρο του σιρού, έτσι ώστε να αποφευχθεί η εισπνοή αερίων από ανθρώπους ή ζώα. Τα οξείδια του αζώτου, όπως και το  $\text{CO}_2$ , είναι βαριά αέρια με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται χαμηλά στο έδαφος γύρω από τον σιρό. Κάποια από τα αέρια έχουν έντονη μυρωδιά, αλλά κάποια είναι άοσμα και άχρωμα. Επιπρόσθετα, κάποια έχουν κίτρινο ή καφέ χρώμα με αποτέλεσμα να παρατηρούνται κίτρινοι ή καφέ λεκέδες στον εξοπλισμό της ενσίρωσης ή και στο ίδιο το ενσίρωμα. Για την αποφυγή αυτών των αερίων θα πρέπει να κρατείται μία ασφαλής απόσταση από τον σιρό τις πρώτες 3 εβδομάδες μετά το γέμισμά του. Η χρήση κατάλληλων χημικών ανιχνευτών και ειδικού προστατευτικού εξοπλισμού συμβάλλουν ακόμα περισσότερο στην προστασία από τα αέρια αυτά. Παρακάτω αναφέρονται κανόνες ασφαλείας για την μείωση του κινδύνου από τα αέρια (Crawford and Kennedy, 1960).

1. Τα αέρια αυτά δημιουργούνται λίγο μετά το γέμισμα του σιρού και παραμένουν για 2 με 3 εβδομάδες. Μείνετε μακριά από τον σιρό για την περίοδο αυτή.
2. Προσοχή στις ωσμές χλωρίνης ή σε καφέ-κίτρινες αναθυμιάσεις, τα οποία είναι ενδείξεις διοξειδίου του αζώτου
3. Εάν ο σιρός βρίσκεται σε κλειστό χώρο και κοντά στα ζώα, ο χώρος αυτός πρέπει να αερίζεται καλά για την προστασία των ζώων.
4. Να γίνεται καλή διανομή του ενσιρώματος στον σιρό ώστε να μην χρειάζεται να μπει κάποιος μέσα κατά το γέμισμα ή μετά.
5. Κρατήστε τα παιδιά και τους επισκέπτες μακριά από την περιοχή του σιρού
6. Εάν παρατηρήσετε ακόμα και ελαφρύ ερεθισμό στον λαιμό ή βήχα όταν βρίσκεστε γύρω από τον σιρό, μεταφερθείτε σε καθαρό αέρα και αν τα συμπτώματα επιμείνουν συμβουλευτείτε ένα γιατρό
7. Εάν πρέπει να μπειτε στον σιρό τις πρώτες 3 εβδομάδες, πρέπει πρώτα να αερίσετε τον σιρό για περίπου 20 λεπτά και να φορέσετε μάσκα οξυγόνου.

## 15. Επίδραση στην απόδοση των ζώων

Υπάρχουν διάφορες έρευνες για την συσχέτιση μεταξύ των προϊόντων της ενσίρωσης και την παραγωγικότητα των μηρυκαστικών. Δίαιτες υψηλές σε υγρασία απο ενσιρωμένη τροφή μπορεί να μειώσουν την πρόσληψη ξηρής ουσίας, ωστόσο τα αποτελέσματα αυτά δίστανται. Το 1989, το NRC (National Research Council) ανέφερε για αγελάδες γαλακτοπαραγωγής πως η πρόσληψη Ξ.Ο. μειώνεται κατά 0,02% του σωματικού βάρους για κάθε 10 γρ/χλγ αύξηση υγρασίας σε τροφές με υγρασία πάνω από 500 γρ/χλγ. Το 1992 όμως, σε έρευνα 392 αγελάδων γαλακτοπαραγωγής δεν βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ υγρασίας και πρόσληψης Ξ.Ο. (Holter and Urban, 1992).

Τα τελικά προϊόντα της κλωστριδιακής ζύμωσης επηρεάζουν επίσης αρνητικά την υγεία και απόδοση των ζώων. Επειδή ενσιρώματα που έχουν υποβληθεί σε κλωστριδιακή ζύμωση έχουν συνήθως υψηλή περιεκτικότητα σε ελεύθερα αμινοξέα και αμμωνία, η υπερβολική κατανάλωση τους διαταράσσει την ισορροπία των στομάχων των μηρυκαστικών. Υψηλά ποσοστά βουτυρικού οξέος στο ενσίρωμα μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα σε αγελάδες που βρίσκονται στην αρχή της γαλακτικής περιόδου, διότι το βουτυρικό οξύ μετατρέπεται στα τοιχώματα της μεγάλης κοιλίας σε βητα-υδροξυβουτυρικό οξύ το οποίο είναι κετόνη. Η υψηλή συγκέντρωση κετονών στο αίμα προκαλεί την μεταβολική ασθένεια κέτωση. Η συνιστώμενη ποσότητα βουτυρικού οξέος στο ενσίρωμα για γαλακτοπαραγωγές αγελάδες είναι 50 γρ/ημέρα έτσι ώστε να αποφευχθούν μεταβολικά προβλήματα (Garrett Oetzel, Univ. of Wisconsin, 2003).

Ενσιρώματα τα οποία δεν είναι καλά σφραγισμένα από τον αέρα, θερμαίνονται και χαλάνε κυρίως λόγω της αφομοίωσης γαλακτικού οξέος από μύκητες. Η ενσωμάτωση αλλοιωμένου ενσίρωματος στη διατροφή των ζώων μειώνει σημαντικά την πρόσληψη ξηρής ουσίας, την πέψη θρεπτικών συστατικών και την ημερήσια ανάπτυξη (Whitlock, 1999).

### **Συμπεράσματα**

Με την ενσίρωση μπορούμε να έχουμε ποιοτική τροφή για τα ζώα όλο τον χρόνο .Οι σημαντικότεροι μηχανισμοί για την επιτυχία της είναι η γαλακτική ζύμωση και το αναερόβιο περιβάλλον. Όσο διατηρείται η αναεροβιότητα του ενσιρώματος οι απώλειες σε θρεπτικά στοιχεία θα είναι ελάχιστες. Η μικροβιακή χλωρίδα του ενσιρώματος παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην ζύμωση λόγω των ανεπιθύμητων αερόβιων ή αναερόβιων μικροοργανισμών που μπορούν να αναπτυχθούν. Οι μικροοργανισμοί αυτοί επηρεάζουν την ποιότητα του ενσιρώματος αλλά και την υγεία των ζώων. Για αυτό χρησιμοποιούνται πρόσθετα τα οποία βοηθάνε στην ζύμωση του ενσιρώματος και στην αναστολή της ανάπτυξης των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών.

Ανάλογα με την χρήση και τα χαρακτηριστικά της εκτροφής πρέπει να χρησιμοποιούνται και οι κατάλληλοι σιροί.

Με την ανάλυση των προϊόντων της ζύμωσης μπορούμε να διαπιστώσουμε ποιό μικροοργανισμοί κυριαρχούσαν στην διαδικασία της ενσίρωσης και αν το ενσίρωμα είναι καλής ποιότητας ή όχι.

Κατά την ενσίρωση υπάρχουν κίνδυνοι και για τον άνθρωπο λόγω των τοξικών αερίων που αναπτύσσονται μέσα στους σιρούς. Για αυτό πρέπει να ακολουθούνται κανόνες ασφάλειας έτσι ώστε να μειώνετε ο κίνδυνος. Επίσης, υπάρχουν και περιβαλλοντικοί κίνδυνοι λόγω των υγρών αποβλήτων που παράγονται κατά την ενσίρωση, τα οποία πρέπει ή να απομακρύνονται κατάλληλα ή να τοποθετούνται απορροφητικές ουσίες στο ενσίρωμα.

Γενικά, η απώλεια θρεπτικών στοιχείων είναι αναπόφευκτη αλλά άμα χρησιμοποιηθούν ορθές πρακτικές ενσίρωσης και σωστή διαχείριση του ενσιρώματος κατά τις φάσεις της ζύμωσης, η απώλεια αυτή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί.

**Βιβλιογραφία**

- Ashbell, G., Pahlow, G., Dinter, B., Weinberg, Z.G., 1987. Dynamics of orange peel fermentation during ensilage. *J. Appl. Bacteriol.* 63, 275-279.
- Bal, M.A., Shaver, R.D., Jirovec, A.G., Shinnors, K.J., Coors, J.G., 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 1264-1273.
- Bolsen, K.K., Dickerson, J.T., Brent, B.E., Sonon, R.N., Dalke, B.S., Lin, C., Boyer, J.E., 1993. Rate and extent of top spoilage losses in horizontal silos. *J. Dairy Sci.* 76, 2940-2962.
- Buxton, D.R., Fales, S.L., 1994. Plant environment and quality. pp. 155-199. In G.C. Fahey Jr. et al.(eds.), *Forage quality, evaluation and utilization*. Am soc. Agron., Madison, WI, USA.
- Claus, D, Berkeley, R.C.W., 1986. Genus *Bacillus*. p.1105-1139. In: P.H.A. Sneath, N.S. Mair, M.E. Sharpe, and J.G. Holt (ed.) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams and Wilkins, Baltimore, MD, USA.
- Crawford, R.F., Kennedy, W.K., 1960. Nitrates in forage crops and silage: benefits, hazards, precautions, Cornell miscellaneous bulletin no. 37, New York, State College of Agriculture, Ithaca, 14 pp.
- Donald, A.S., Fenlon, D.R., Seddon, B., 1995. The relationships between ecophysiology, indigenous microflora and growth of *Listeria monocytogenes* in grass silage. *J. Appl. Bacteriol.* 79, 141-148.
- Elferink, S.J., Driehuis, F., Gottschal, J.C., Spoelstra, S.F., 1999. Silage fermentation processes and their manipulation.
- Ferris, C.P., Mayne, C.S., 1994. The effects of incorporating sugar-beet pulp with herbage at ensiling on silage fermentation, effluent output and in-silo losses. *Grass Forage Sci.* 49, 216-228.
- Gibson, J., 1965. Clostridia in silage. *J. Appl. Bacteriol.* 28, 56-62.
- Giffel, te M.C., Beumer, R.R., Slaghuis, B.A., Rombouts, F.R., 1995. Occurrence and characterization of (psychrotrophic) *Bacillus cereus* on farms in the Netherlands. *Neth. Milk Dairy J.* 49, 125-138.
- Goudkov, A.V., Sharpe, M.E., 1965. Clostridia in dairying. *J. Appl. Bacteriol.* 28, 63-73.
- Hammes, W.P., Weiss, N., Holzappel, W., 1992. The Genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. pp. 1535-1594. In: Balows, A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (ed.) *The Prokaryotes*. 2nd ed. Springer Verlag, New York, USA.
- Henderson, A.R., McDonald, P., Woolford, M.K., 1972. Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. *J. Sci. Food. Agr.* 23, 1079-1087.
- Holter, J.B., Urban, W.E., 1992. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1472-1479.

- Honig, H., 1991. Reducing losses during storage and unloading of silage. pp. 116-128. In G. Pahlow and H. Honig (eds.), Forage conservation towards 2000. Landbauforschung Volkenrode, Braunschweig, Germany.
- Johnson, L.M., Harrison, J.H., Davidson, D., Mahanna, W.C., Shinnors, K., Linder, D., 2002. Corn silage management: Effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *J. Dairy Sci.* 85, 434-444.
- Jones, D., Seeliger, H.P.R., 1992. The genus *Listeria*. pp. 1595-1616. In: Balows, A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (ed.) *The Prokaryotes*. 2nd ed. Springer Verlag, New York, USA.
- Jones, D.I.H., Jones, R., Moseley, G., 1990. Effect of incorporating rolled barley in autumn-cut ryegrass silage on effluent production, silage fermentation and cattle performance. *J. Agric. Sci.* 115, 399-408.
- Kehler, W., Scholz, H. 1996. Botulismus des Rindes. *Übersichten zur Tierernährung* 24, 83-91.
- Klijn, N., Nieuwenhof, F.F.J., Hoolwerf, J.D., van der Waals, C.B., Weerkamp, A.H., 1995. Identification of *Clostridium tyrobutyricum* as the causative agent of late blowing in cheese by species-specific PCR amplification. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 2919-2924.
- Kung, L., Jr., Muck, R.E., 1997. Animal response to silage additives, pp. 200-210. In *Silage: Field to feedbunk Vol. NRAES-99*. Northeast Regional Agric. Eng. Service, Hershey, PA, USA.
- Kung, Limin, Shaver, R., 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forage*, Vol. 3, No. 13, University of Wisconsin Extension.
- Lindgren, S., Petterson, K., Kaspersson, A., Jonsson, A., Lingvall, P., 1985. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *J. Sci. Food Agr.* 36, 765-774.
- May, J.J., 1993. Respiratory problems associated with work in silos. pp. 283- 290. In: *Proc. NRAES National Silage Production Conference*. Syracuse, USA. 23-28 Feb. 1993. Syracuse, USA.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.E., 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK.
- Middelhoven, W.J., van Baalen, A.H.M., 1988. Development of the yeast flora of whole-crop maize during ensiling and subsequent aerobiosis. *J. Sci. Food Agr.* 42, 199-207.
- Muck, R.E., Kung, Limin, 2007. Silage production. *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. 2.
- Muck, R.E., O'Kiely, P., Wilson, R.K., 1991. Buffering capacities in permanent pasture grasses. *Irish J. Agric. Res.* 30, 129-141.
- Muck, R.E., Walgenbach, R.P., 1985. Variation in alfalfa buffering capacity. *ASAE Paper No. 85-1535*. ASAE, St. Joseph, MI, USA.

- Offer, N.W, Alrwidah, M.N., 1989. The use of absorbent materials to control effluent loss from materials to control effluent loss from grasssilage: Experiments with pit silos. *Res. Develop. Agric.* 6, 77-82.
- Os, M. van, Dulphy, J.P., 1996. Voluntary intake and intake control of grass silage by ruminants. *Reprod. Nutr. Develop.* 36, 113-135.
- Pelhate, J., 1977. Maize silage, Incidence of moulds during conservation. *Folia Veterinaria Latina* 7, 1-16.
- Pitt, R.E., Muck, R.E., 1993. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. *J. Agric. Eng. Res.* 55, 11-26.
- Randby, Å.T., Selmer-Olsen, I., Baevre, L. 1999. Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. *J. Dairy. Sci.* 82, 420-428.
- Roth, G.W., Undersander, D., 1995. Corn silage production, management, and feeding. In *Corn silage production, management, and feeding American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.*
- Satter, L.D., Muck, R.E., Jones, B.A., Dhiman, T.R., Woodford, J.A., Wacek, C.M., 1991. Efficacy of bacterial inoculants for lucerne silage. pp. 342-343. In G. Pahlow and H. Honig (eds.), *Forage Conservation towards 2000, Vol. 123. Landbauforschung Volkenrode, Braunschweig, Germany.*
- Schlegel, H.G., 1987. *General Microbiology.* 6th ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Schwab, E.C., Shaver, R.D., Lauer, J.G., Coors, J.G., 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. *Anim. Feed Sci. Tech.* 109, 1-18.
- Scudamore, K.A., Livesey, C.T., 1998. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage, a review. *J. Sci. Food Agr.* 77, 1-7.
- Seglar, B., 2003. Fermentation analysis and silage quality testing. *Proceeding of the Minnesota Dairy Health Conference.* 119-136.
- Shaver, R.D., 2003. Impact of vitreousness, processing, and chop length on the utilization of corn silage by dairy cows. pp. 14-22. In *Proc. Wis. Forage Council. Ann. Mtg., Wisconsin Dells, WI, USA.*
- Spoelstra, S.F, Courtin, M.G., van Beers, J.A.C., 1988. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. *J. Agr. Sci. Camb.* 111, 127-132.
- Vos, N., 1966. Über die Amin- und Ammoniakbildung im Gärfutter. *D. Wirtschafteig. Futter* 12, 161-171.
- Weinberg, Z.G., Ashbell, G., 1994. Changes in gas composition in corn silages in bunker silos during storage and feedout. *Canadian Agric. Eng.* 36, 155-158.
- Weiss, W.P., Wyatt, D.J., 2000. Effect of oil content and kernel processing of corn silage on digestibility and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 351-358.

- Whitlock, L.A., 1999. Effect of level of surface spoilage in the diet on feed intake, nutrient digestibilities, and ruminal metabolism in growing steers fed a whole-plant corn silage-based diet. M.Sc. thesis, Kansas State University, Manhattan, USA.
- Wiedmann, M., Czajka, J., Bsat, N., Bodis, M., Smith, M.C., Divers, T.J., Batt, C.A., 1994. Diagnosis and epidemiological association of *Listeria monocytogenes* strains in two outbreaks of listerial encephalitis in small ruminants. *J. Clin. Microbiol.* 32, 991-996.
- Wilkinson, J.M., Toivonen, M.I., 2003. *World silage*. Chalcombe Publications, Painshall, Lincoln, UK.