

Pflanzen

Konservierung von Feuchtheu¹

Marco Meisser, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux

Auskünfte: e-mail: marco.meisser@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 71 11

Zusammenfassung

In den letzten Jahren ist das Interesse an allen Fragen, die die hygienische Qualität der Futtermittel betreffen, stets gewachsen. Bei der Bodenheubereitung hat die totale Mechanisierung des Ernteablaufs ebenfalls dazu beigetragen: Mit dem Einsatz der Grossballenpressen sind die Probleme der Heukonservierung generell grösser geworden.

An der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere in Posieux (RAP) wurde daher ein Projekt erarbeitet, um die Probleme des Futterverderbs besser zu kennen und um die technischen Probleme rund um die Anwendung von Konservierungsmitteln zu lösen. Im Folgenden wird der erste Teil dieser Untersuchung publiziert.

Es wurden zwei Laborversuche durchgeführt. Im ersten wurden die Zusammenhänge zwischen Erhitzung, mikrobieller Entwicklung und biochemischen Veränderungen studiert. Der zweite hatte zum Ziel, die Wirksamkeit und die Dosierung von Propionsäurederivaten zu untersuchen. Die technischen Aspekte (Anwendung des Konservierungsmittels unter Praxisbedingungen) sind Gegenstand von künftigen Untersuchungen.

Abb. 1. Laborinstallation zur Messung der Erwärmung im Feuchtheu.



Damit das Dürrfutter eine gute Haltbarkeit aufweist, ist ein Trockensubstanz(TS)-Gehalt von mindestens 85 % notwendig. In der Praxis kommt es jedoch vor, dass Bodenheu beim Pressen nicht ganz trocken ist. Wenn die Restfeuchtigkeit nicht zügig aus den Ballen entweichen kann, besteht das Risiko mikrobiellen Verderbs. Heu, das in Grossballen gelagert wird, ist diesem Risiko ganz besonders ausgesetzt, da die Restfeuchtigkeit wegen der hohen Pressdichte der Ballen (> 150 kg/m³) nur schlecht entweichen kann. Um das Risiko des Verderbs zu vermindern, gibt es Konservierungsmittel auf Basis Propionsäure. Mit diesen Produkten kann sogenanntes «Feuchtheu» (TS-Gehalt zwischen 75 und 82 %) stabilisiert werden. Versuche mit diesen Mitteln unter Praxisbedingungen erwiesen sich als schwierig, da zahlreiche Einflussfaktoren nur wenig oder gar nicht kontrollierbar sind. Die Hauptursachen liegen in den Schwankungen im TS-Gehalt des Futters sowie in den Bedingungen für den Einsatz des Konservierungsmittels.

Um dieses Problem besser zu verstehen, hat die Eidgenössische Forschungsanstalt in Posieux eine Versuchsanlage im Labormassstab entwickelt. Hier besteht das Hauptinteresse darin, den Verderb unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen. Auch die Prüfung der Wirksamkeit von Konservierungszusätzen

¹Übersetzung: Simone Bader, Le Landeron

Chemische Analysen:

verwendete Abkürzungen und Referenzmethoden

RA (Rohasche): VDLUFA, Internationale Norm 8.1.

RF (Rohfaser): VDLUFA, Internationale Norm 6.1.4.

RP (Rohprotein): AOAC, Internationale Norm 990.03.

Lösliche Zucker: Photometrische Methode, von der RAP für gültig erklärt.

NDF (Zellwände), ADF (Lignozellulose) und ADL (Lignin): Gravimetrische Methode in Nylonsäckchen, von der RAP für gültig erklärt.

NADF (unlöslicher Stickstoff): Kjeldahl, nach Bestimmung des ADF-Gehaltes.

Propionsäure: Gaschromatografische Methode, von der RAP für gültig erklärt.

zen für Feuchtheu lässt sich gut mit dieser Laboranlage durchführen. Im vorliegenden Artikel werden die Ergebnisse von zwei Laborversuchen dieser Art wiedergegeben. Der erste Versuch hatte zum Ziel, die Kenntnisse über die chronologische Abfolge des Verderb zu erweitern. Ziel des zweiten Versuchs war es, den Einfluss eines Propionsäurederivats zu untersuchen.

Futter

Beide Versuche wurden mit dem gleichen Futter durchgeführt: ein 33 Tage alter dritter Schnitt eines ausgewogenen Mischbestands. Das Futter wurde zuerst auf ganz gewöhnliche Weise konserviert: nach einer Bodentrocknung auf nahezu 80 % TS wurde das Emd in der Heubelüftungsanlage fertig getrocknet (TS-Gehalt mehr als 90 %). Anschliessend nahmen wir eine Probe dieses Futters zur exakten Bestimmung des Restfeuchtegehaltes. Um den gewünschten TS-Gehalt zu erreichen, wurde eine entsprechende Wassermenge hinzugefügt. Es wurden TS-Gehalte gewählt, die die Entwicklung einer Lagerflora zulassen; in beiden Versuchen lagen die TS-Gehalte zwischen 70 und 80 %. Die verschiedenen Varianten wurden anschliessend in die Behälter gefüllt (s. unten).

Ein Vorversuch, dessen Ergebnisse hier nicht dargestellt wer-

den, hatte gezeigt, dass die nachträgliche Befeuchtung eines völlig trockenen Futters die gleichen Schadeffekte hervorrief, wie die Restfeuchtigkeit in einem unvollständig getrockneten Futter. Ein Vergleich dieser beiden Ausgangsmaterialien zeigte weder Unterschiede in Bezug auf die Erwärmung und die chemischen Veränderungen noch hinsichtlich des Aussehens oder des Geruchs.

Versuchsanlage

Die Versuchsanlage der RAP (Abb. 1), die der von Baron *et al.* (1991) gleicht, besteht aus 16 zylindrischen PVC-Behältern mit einem Fassungsvermögen von zirka 2,5 Litern. In der Behältermitte befindet sich eine Metallachse (Stange mit Gewinde), auf die ein perforierter Deckel, der als Presse dient, aufgesetzt wird. Die Pressdichte hängt vom Futtervolumen (geringeres oder stärkeres Festschrauben des Deckels) und vom Futtergewicht ab. Beide Versuche wurden mit Futter durchgeführt, das eine Dichte von 200 kg/m³ aufwies. Der ebenfalls perforierte untere Teil des Behälters sorgt für eine vertikale Luftzirkulation. Die 16 Behälter werden mit Styropor thermisch isoliert. In jedem Behälter befindet sich eine Sonde, mit der die Temperaturentwicklung verfolgt werden kann. Die Temperaturaufzeichnung erfolgte durch Messungen in halbstündigem Rhythmus. Auch die Raumtemperatur wird mit Hilfe zweier Sonden ermittelt. Die im Versuch dargestellten Werte wurden jeweils auf die Raumtemperatur bezogen, die als Referenztemperatur fungierte. Die Konservierungsdauer betrug bei den unbehandelten Varianten 7 bis 30 Tage (erster Versuch) und 30 Tage bei allen behandelten Varianten (zweiter Versuch).

Konservierungsmittel

Nach der Befeuchtung wurde das Futter, das behandelt werden sollte, auf einer Plastikfolie aus-

gebreitet (ungefähr 1,2 kg Futter pro m²) und mit gepufferter Propionsäure (Ammoniumsalz mit 64 % reiner Säure) besprüht. Um eine möglichst gute Verteilung zu erreichen, wurde ein Glaszerstäuber verwendet.

Analysen und statistische Auswertung

Der Keimbesatz hat man mit Hilfe dezimaler Verdünnungsreihen bestimmt. Die chemischen Untersuchungen wurden mit der Weender-Analyse (RA und RF), nach Dumas (RP) und nach den Methoden der RAP (lösliche Zucker, ADF, NDF, ADL, NADF und Propionsäure) durchgeführt (Abkürzungen und Referenzmethoden siehe Kasten). Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Newman-Keuls-Tests.

Verschiedene Faktoren beeinflussen Verderb

Der Verderb setzt ein, sobald der Restfeuchtegehalt des Substrats und besonders seine Wasseraktivität¹ für ein mikrobielles Wachstum ausreicht. Durch die Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen wird Wärme, Kohlendioxid und Wasser gebildet. Darüber hinaus produzieren die Mikroorganismen beim Verderb charakteristische Metaboliten. Mit dem mikrobiellen Wachstum geht selbstverständlich ein Nährstoffabbau im Futter einher.

Die Entwicklung einer mikrobiellen Flora während der Lagerung ist häufig mit einer Erwärmung verbunden: ist die von den Mikroorganismen gebildete thermische Energie grösser als die, die vom Substrat abgegeben werden kann, wird eine Erwärmung messbar.

Wie sich die Flora im Einzelnen entwickelt, hängt in erster Linie von der Ausgangsfeuchte, der

¹ Die Wasseraktivität (aw) repräsentiert den Wasseranteil, der von den Mikroorganismen für ihr Wachstum verwendet werden kann (= freies Wasser).

Temperatur und der Dichte des Futters ab sowie von der Substratverfügbarkeit und den Belüftungsbedingungen. Die mikrobielle Lagerflora wird im Allgemeinen von Schimmelpilzen dominiert; häufig ist jedoch auch eine Kontamination mit mesophilen Bakterien (Lacey 1980) anzutreffen. Bei ausreichend hohen Temperaturen (zwischen 35 und 65 °C) können sich Actinomyceten und andere thermophile Bakterien vermehren.

Erwärmung und Entwicklung der mikrobiellen Flora

Abbildung 2 zeigt die Temperaturentwicklung während des ersten Versuchs. Daraus geht hervor, dass die Erwärmung stark vom Ausgangsfeuchtegehalt des Futters abhängt. Im Verlauf des Versuchs wurde die mikrobiologische und die chemische Qualität des Emds zu verschiedenen Zeitpunkten bestimmt (t_0 bis t_3 , Abb. 2). Wie in Tabelle 1 deutlich zu sehen ist, wirkt der Ausgangsfeuchtegehalt selektiv auf die Entwicklung der Mikroorganismen. Bei einem TS-Gehalt von 79 % kommen als Schimmelpilze *Wallemia sebi* und Vertreter der Gruppe der *Aspergillus glaucus* vor. Diese Mikroorganismen gelten als xerotolerant: sie entwickeln sich bereits bei einer sehr geringen Wasseraktivität (0,65 bis 0,75; Reiss 1986). Bei feuchterem Futter findet man darüber hinaus auch andere *Aspergillus*-Arten sowie Mucoraceen. Diese Schimmelpilze weisen auf einen stärkeren Verderb hin. Die Hefen vermehren sich während der ersten Tage sehr stark, bevor sie auf Grund der Konkurrenz durch die Schimmelpilze verdrängt werden. Bakterien hingegen entwickeln sich nur bei relativ hohem Feuchtigkeitsgehalt im Futter (25 bis 30 %). Bei trockenem Futter (Feuchtigkeitsgehalt von etwa 20 %), geht ihre Anzahl während der Konservierung

Tab. 1. Entwicklung der Mikroorganismen im Emd während der Konservierung

Tag	log KBE ¹ /g Emd							
	79 % TS				72 % TS			
	0	10	16	30	0	7	10	30
Schimmelpilze (total)	4,48	6,88	7,83	8,04	4,48	7,97	8,18	9,04
Feldpilze								
- <i>Cladosporium</i> sp.	3,70	-	-	-	3,70	-	-	-
Lagerpilze								
- <i>Aspergillus glaucus</i> gr.	4,18	6,40	7,60	7,88	4,18	7,78	7,91	8,60
- <i>Wallemia sebi</i>	3,70	6,70	7,45	7,30	3,70	7,30	6,70	7,78
- <i>Penicillium</i> sp.	-	-	-	-	-	5,70	-	-
- <i>Mucor</i> sp.	-	-	-	-	-	-	7,30	-
- diverse <i>Aspergillus</i>	-	-	-	-	-	-	6,70	8,36
nicht bestimmte Flora	3,70	-	-	7,18	3,70	-	7,00	8,61
Hefen	3,00	5,70	n.g.²	n.g.²	3,00	5,70	n.g.²	n.g.²
Aerobe mesophile Bakterien	6,34	5,70	5,53	n.g.³	6,34	7,34	8,51	9,00

¹KBE = kolonienbildende Einheiten; n.g.² = nicht gefunden (< 1'000'000); n.g.³ = nicht gefunden (< 100'000). TS = Trockensubstanz

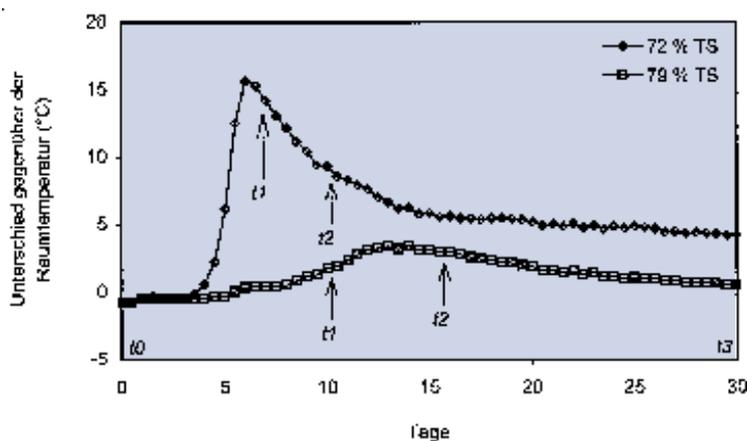


Abb. 2. Temperaturverlauf während der Konservierung (n = 6 zwischen t_0 und t_1 ; n = 4 zwischen t_1 und t_2 ; n = 2 zwischen t_2 und t_3).

zurück (Tab. 1). Bakterien reagieren also empfindlicher auf eine Verringerung der Wasseraktivität als die Schimmelpilze (Lacey 1980; Lindgren 1991).

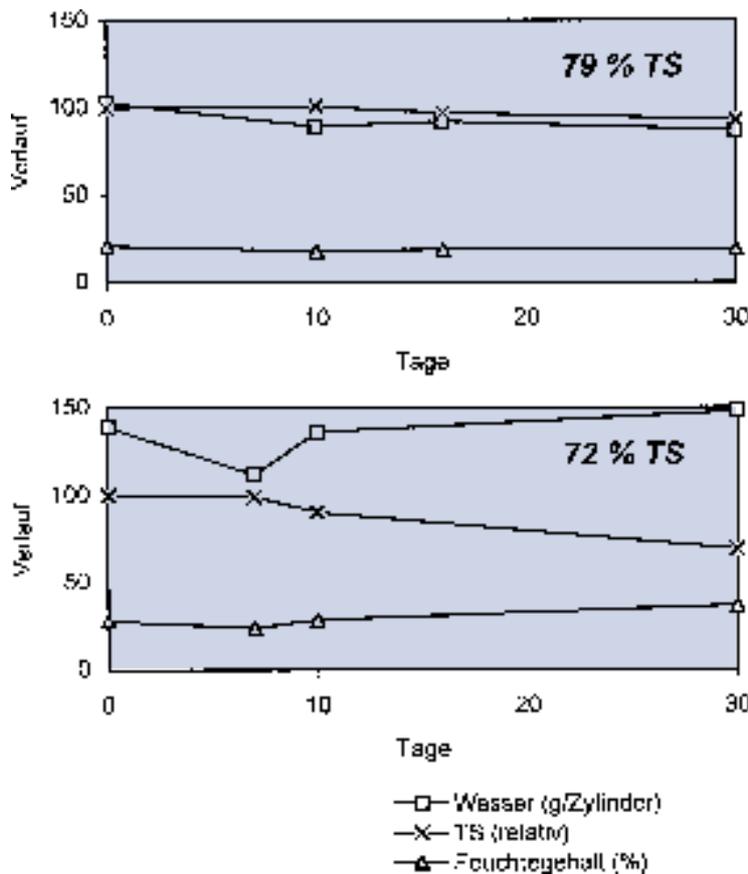
Chemische Veränderungen

In Abbildung 3 wird die Entwicklung des Wassergewichts und des TS-Gewichts (Trockengewichts) im Verlauf der Konservierung dargestellt. In der Variante mit 79 % TS treten nur geringe Unterschiede im Feuchtegehalt auf. In der Variante mit 72 % bildeten sich hingegen bedeutende Mengen an metabolischem Wasser. Dieser mit einem sehr starken Trockensubstanzabbau verbundene Vorgang erklärt, dass der Feuchtigkeitsgehalt

während der Konservierung ansteigt. Das zeigt, dass die Laborinstallation gewisse Grenzen aufweist: die Verderberscheinungen sind hier zu intensiv. Ein Entweichen der Restfeuchtigkeit ist dann - anders als in den Grossballen - nicht möglich.

In Tabelle 2 ist die Gewichtsentwicklung einiger Nährstoffe in Relativzahlen dargestellt. Der Zucker wird sehr schnell abgebaut. Zucker ist ein leicht oxidierbarer Stoff und ist die Hauptenergiequelle der Mikroorganismen. Bei starkem Verderb können die Mikroorganismen auch die restlichen organischen Stoffe und Strukturkohlenhydrate wie Zellulose abbauen.

Abb. 3. Verlauf des Wassergewichtes und der Trockensubstanz sowie des Feuchtegehaltes während der Konservierung.



Tab. 2. Gewichtsentwicklung einiger Nährstoffe und Entwicklung des Anteils unlöslichen Stickstoffs während der Konservierung (in Relativzahlen). Referenzwert: Wert am Tag 0 (= 100)

		Zucker	organischer Rest ¹	Zellulose	Rohprotein	NADF/Ges.-N ²
79 % TS	Tag 0	100	100	100	100	100
	Tag 10	97	98	106	102	110
	Tag 16	66	98	104	101	107
	Tag 30	42	91	104	101	142
72 % TS	Tag 0	100	100	100	100	100
	Tag 7	49	105	111	105	129
	Tag 10	26	81	107	102	212
	Tag 30	11	59	69	97	548

¹organischer Rest = organische Substanz - RP - lösliche Zucker - Zellwandbestandteile; ²NADF/Ges.-N = Stickstoff in ADF, im Verhältnis zum Gesamtstickstoff

Obwohl hinsichtlich Rohprotein (RP) deutlich geringere Verluste als bei anderen Nährstoffen feststellbar sind, kommt es dennoch zu einer starken Denaturierung. Diese spiegelt sich in einer Erhöhung des Anteils an unlöslichem Stickstoff (NADF/Ges.-N) wieder, wie wir in der Variante

mit 72 % TS beobachten konnten. Der starke Anstieg an unlöslichem Stickstoff erklärt sich in unserem Fall hauptsächlich durch die enzymatische Umwandlung stickstoffhaltiger Substanzen. Bei Temperaturen von mehr als 50 °C spielt dann die Maillard-Reaktion (eine chemi-

sche Reaktion) eine entscheidende Rolle.

Das in der Lignozellulose (ADF) befindliche RP weist eine sehr geringe Verdaulichkeit auf. Diese Stickstoffquelle ist für das Tier kaum nutzbar. Aus methodologischen Gründen ist es leider schwierig, die Wirkung dieses Prozesses auf den APD²- und APDN³-Gehalt zu beziffern.

Auf Propionsäure basierende Konservierungsmittel

Von allen bisher getesteten Konservierungsmitteln für Feuchteheu zeigten die auf Propionsäure basierenden Produkte die besten Wirkungen. Die momentan in der Schweiz bewilligten Konservierungsmittel sind Salze dieser Säure (Ammoniumpropionate). Diese Formulierung ist weniger flüchtig und vor allem weniger korrosiv als die reine Säure.

Dosierung und Wirkung des Konservierungsmittels

Der zweite Versuch wurde mit vier Varianten angelegt. Das Futter wurde auf zwei verschiedene TS-Gehalte angefeuchtet und anschliessend mit Ammoniumpropionat in verschiedenen Dosierungen behandelt (Tab. 3). In Abbildung 4 ist die Temperaturentwicklung während der Konservierung dargestellt. Es zeigt sich, dass sich die behandelten Futter mit Ausnahme der Variante D nicht erwärmen. Bezogen auf die Raumtemperatur erwärmte sich das Futter dieser Variante um 2 °C. Die Nährstoffgehalte vor und nach der Konservierung sind in Tabelle 4 aufgezeigt. Die Behandlung D ist die einzige, die sich von der Kontrollvariante (Variante «vor Konservierung») unterscheidet. Es lässt sich eine signifikante Erhöhung der Gehalte an Asche, Rohfaser, Rohprotein und Lignozellulose feststellen. Diese Erhö-

²Absorbierbares Protein im Darm

³Aus dem abgebauten Rohprotein aufgebautes APD

hung ist «passiv» und weist auf einen beginnenden Zuckerabbau durch die Mikroflora hin.

Visuell und sensorisch wiesen die Varianten B und besonders D deutliche Zeichen des Verderbs auf. Wir beobachteten, dass der Verderb nicht zwangsläufig mit einer Erwärmung einherging. Unsere Ergebnisse deuten ausserdem darauf hin, dass unter unseren Versuchsbedingungen das Verhältnis 1:100 (1 g Säure für 100 g im Futter enthaltenes Wasser) bei einem Futter mit ungefähr 70 % TS nicht ausreicht. Bei 77 % TS garantiert das Verhältnis 1:100 hingegen eine gute Wirksamkeit. 1977 beobachteten Lacey und Lord, dass Propionsäure bei der Konservierung von Feuchtheu in einer Dosierung von 1,25:100 Wirkung zeigte. Die Arbeiten von Lacey *et al.* (1981) haben später Wirksamkeitsunterschiede abhängig von der Formulierung gezeigt: bei gleicher Säuremenge (gleiches Molgewicht) war die reine Propionsäure besser wirksam als das Ammoniumpropionat. Dies lässt sich mit den Unterschieden in Bezug auf die Diffusion beider Konservierungsstoffe erklären.

Wiederfindungsrate

Mit der Wiederfindungsrate wird der Anteil des Konservierungsstoffes bezeichnet, der sofort nach der Applikation im Futter wiedergefunden wird. In unserem Versuch ist dieser Prozentsatz sehr gering: wir fanden nur 7 bis 11 % des applizierten Säurevolumens wieder. Diese Ergebnisse lassen darauf schliessen, dass die Wirksamkeit des Konservierungsmittels ebenso von der Gleichmässigkeit der Applikation wie von der Dosierung abhängt. Wie lässt sich aber das Verschwinden von 90 % der applizierten Dosis erklären? Die Diffusion der Propionsäure geht nur langsam vonstatten. Lacey *et al.* (1978) zeigten, dass die Säure-

Tab. 3. Dosierung des Konservierungsmittels und Trockensubstanz-Gehalte

Variante	TS-Gehalt (%)		applizierte Dosiermenge	
	vor Konservierung (n=1)	nach Konservierung (n=4)	(g Säure ¹ /kg FS)g	(l Produkt ² /t FS)g
A 1:50 ³	70,1	75,7	6,3	9,4
B 1:100 ³	70,9	76,3	3,2	4,8
C 1:100 ³	77,0	83,0	2,5	3,7
D 1:200 ³	77,0	81,2	1,2	1,8

¹reine Propionsäure; ²Ammoniumpropionat (64 % Propionsäure); ³Verhältnis Propionsäure:Wasser (im Ausgangsmaterial).

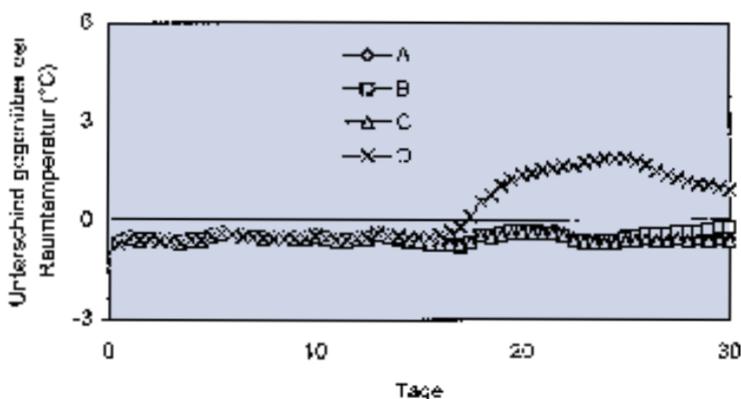


Abb. 4. Verlauf der Temperatur bei den behandelten Varianten (n = 4).

rekonzentration in der Luft so lange hoch war, wie man das Futter mischte. Das Mischen des Futters nach der Applikation verbessert zwar die Aufnahme des Konservierungsmittels, trägt jedoch auch zur Erhöhung der flüchtigen Verluste bei. Die geringe Wiederfindungsrate, die wir in unserem Versuch feststellten, lässt sich wahrscheinlich mit

der Vermischung des Futters und dem Gebrauch eines Aerosols (extrem kleine Tropfen) erklären. Trotz allem sind unsere Ergebnisse überraschend, denn die Flüchtigkeit von Ammoniumpropionat müsste eigentlich deutlich unter derjenigen der reinen Säure liegen. Theune (1977) berichtet über Verluste von ungefähr 20 bis 40 % bei Propi-

Tab. 4. Nährstoffgehalte des behandelten Ermds vor und nach der Konservierung; n = 4

Variante	RA (g/kg TS)	RF (g/kg TS)	RP (g/kg TS)	NDF (g/kg TS)	ADF (g/kg TS)	NADF/Ges.-N ¹ (%)
Vor der Konservierung	92 ^a	239 ^a	147 ^a	459 ^{ab}	267 ^a	3,2
Standardabweichung	0,5	4,6	1,8	4,5	3,1	0,6
A (1:50) ²	90 ^a	241 ^a	150 ^b	451 ^a	264 ^a	3,5
Standardabweichung	2,1	6,2	0,7	8,0	3,4	0,4
B (1:100) ²	94 ^a	244 ^a	150 ^{ab}	453 ^a	265 ^a	4,6
Standardabweichung	2,6	3,6	0,4	9,5	1,3	1,4
C (1:100) ²	91 ^a	244 ^a	148 ^{ab}	448 ^a	262 ^a	3,7
Standardabweichung	0,8	3,9	1,2	10,7	4,1	0,3
D (1:200) ²	100 ^b	256 ^b	156 ^c	477 ^b	284 ^b	4,2
Standardabweichung	2,7	5,8	1,2	8,1	5,9	0,4

¹NADF/Ges.-N = Stickstoff in ADF, im Verhältnis zum Gesamtstickstoff; ²Verhältnis Propionsäure: Wasser im Ausgangsmaterial. Tragen die Werte einer Kolonne unterschiedliche Buchstaben, gelten die Unterschiede statistisch als signifikant (P < 0,01).

onat gegenüber Verlusten von 60 bis 90 % bei reiner Säure.

Folgerungen

■ Seit dem generellen Einsatz von Grossballenpressen ist das Risiko für eine schlechte Heukonservierung gestiegen. Aufgrund von schlecht kontrollierbaren Einflussfaktoren sind in der Praxis Versuche über den Verderb schwierig. Die von der RAP entwickelte Laboranlage kann diese Lücke schliessen.

■ Die Flora, die sich in «feuchtem» Heu entwickelt, wird generell von den Schimmelpilzen dominiert; sie gibt Hinweise auf die Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen im Futter.

■ Die löslichen Kohlenhydrate sind die Hauptenergiequelle für die Mikroorganismen. Je nachdem, wie intensiv sie sich entwickeln, werden auch andere organische Komponenten abgebaut. Beim Rohprotein treten kaum

Verluste auf; es kommt jedoch zu verschiedenen Reaktionen, die zu einer starken Denaturierung der Proteine und damit zu einer deutlichen Verringerung des Proteinwertes des Futters führen.

■ Das von uns eingesetzte Konservierungsmittel ist wirksam. Unsere Beobachtungen lassen darauf schliessen, dass die Verteilung des Produkts ebenso wichtig ist wie dessen Dosierung.

Literatur

■ Baron V.S., Dick A.C. and Young D.G., 1991. Laboratory system for evaluation of hay preservatives. *Agron. J.* **83**, 659-663.

■ Lacey J., 1980. Colonization of damp organic substrates and spontaneous heating. Microbial growth and survival in extremes of environment (ed. G.W. Gould and J. Corry), 53-70, Academic Press, London.

■ Lacey J. and Lord K.A., 1977. Methods for testing chemical additives to prevent moulding of hay. *Ann. Appl. Biol.* **87**, 327-335.

■ Lacey J., Lord K.A. and Cayley G.R., 1981. Chemicals for preventing moulding in damp hay. *Anim. Fd Sci. Technol.* **6**, 323-336.

■ Lacey J., Lord K.A., King H.G.C. and Manlover., 1978. Preservation of baled hay with propionic and formic acids and a proprietary additive. *Ann. Appl. Biol.* **88**, 65-73.

■ Lindgren S., 1991. Hygienic problems in conserved forage. In: Forage conservation towards 2000, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 123, 23-25 January 1991, Braunschweig, Germany, 177-190.

■ Reiss J., 1986. Schimmelpilze: Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 230 p.

■ Theune H.H., 1977. Konservierungsmittel bei der Heubereitung. *Das wirtschaftseig. Futter* **23**, 88-101.

RÉSUMÉ

Conservation du foin «humide»

Ces dernières années, on constate un regain d'intérêt pour toutes les questions touchant à la valeur hygiénique des aliments. Dans le domaine des fourrages secs, la mécanisation complète de la chaîne de récolte n'est pas étrangère à cette préoccupation: depuis que l'emploi des presses à grandes balles s'est généralisé, les phénomènes d'altération sont devenus plus fréquents. Afin d'acquérir une meilleure compréhension de ces phénomènes, et de répondre à certaines interrogations de nature technique, la Station fédérale de Posieux a lancé un projet de recherche dont nous présentons ici la première partie.

Deux essais ont été réalisés en laboratoire. Le premier visait à mieux cerner les relations entre échauffement, développement microbien et modifications chimiques. Le second portait sur le dosage et l'efficacité d'un agent conservateur. Les aspects techniques (problèmes d'application de l'agent conservateur en conditions pratiques) feront l'objet d'essais ultérieurs.

SUMMARY

Preservation of moist hay

There has been a growing interest in all questions concerning the hygienic quality of feeds in the past years. In the haymaking process, the total mechanisation of the harvesting chain has contributed to this phenomenon. With the use of big bales the problems of hay preservation became more frequent. Therefore, a project was started at the Swiss Federal Research Station for Animal Production at Posieux (RAP) in order to better understand the deterioration processes of hay and to resolve the technical problems concerning the application of preservatives. The present article informs about the first part of our study.

Two trials in laboratory were carried out. In the first, the relations between heating, microbial development and biochemical changes were studied. The purpose of the second experiment was to investigate the efficacy and dosage of ammonium propionate. The technical aspects (application of the preservative under field conditions) will be published later.

Key words: hay preservation, heat damage, microbial development, nutritive value, propionic acid.