

El valor nutritivo de los forrajes ensilados.

I. Consumo voluntario¹

Claudio Wernli K.²

INTRODUCCION

Es un hecho reconocido, hoy en día, que la preservación de los forrajes en forma de ensilaje puede lograrse con pérdidas muy reducidas (Mc Donald y Whittenbury, 1967). Por otra parte, los forrajes conservados deben poseer también un elevado valor nutritivo, para que su uso en los sistemas de producción animal sea eficiente.

El valor nutritivo se define como una función de: a) Consumo voluntario; b) Digestibilidad, y c) Eficiencia de Utilización de los nutrientes digeridos. El presente trabajo revisa los conocimientos actuales sobre el valor nutritivo de los ensilajes en relación al primero de estos componentes del valor nutritivo. Un segundo capítulo (Wernli, 1975) analiza aspectos sobre la digestibilidad y eficiencia de utilización de los ensilajes para rumiantes.

CONSUMO VOLUNTARIO

Diversas investigaciones con ovinos y bovinos han concluido que el consumo de ensilaje de gramíneas y leguminosas no marchitado es

¹El presente trabajo fue realizado en el Grassland Research Institute, Hurley, Inglaterra, gracias a una beca de estudios de postgrado conferida por The British Council. A estas dos instituciones, el autor desea expresar su sincero agradecimiento. Recepción originales: 21 de octubre de 1974.

²Ing. Agr., Ph. D., Area Producción Animal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile. Profesor Cursos Pregrado y Postgraduados en Producción Animal. Depto. Producción Animal, Sede Sur. Universidad de Chile.

generalmente muy inferior al consumo del mismo forraje ofrecido directamente, en forma de heno o como forraje deshidratado artificialmente, siendo esta diferencia generalmente del orden de 20 a 40% (Cuadro 1). En todas estas investigaciones, la calidad de los alimentos comparados (estimada por su digestibilidad) fue similar. Resultados muy distintos podrían obtenerse en caso de que los alimentos difieran en digestibilidad (Mc Carrick, 1965; Demarquilly y Jarrige, 1970).

Hasta el momento no existen razones claras que expliquen el consumo relativamente bajo de los ensilajes. Aparentemente, el bajo consumo no puede atribuirse a un factor determinado. El contenido de humedad *per se* parece no constituir un factor limitante del consumo de ensilajes con alta humedad; los resultados de Thomas *et al.* (1961) indican que la agregación de agua al ensilaje antes de suministrarlo no disminuyó el consumo, y la deshidratación del ensilaje hasta alcanzar un nivel de humedad similar al heno no se tradujo en un incremento del consumo voluntario. Además, Wilkins *et al.* (1971), concluyeron que el contenido de materia seca (M.S.) del ensilaje contribuía en sólo 15,8% a explicar la variación en consumo voluntario sobre una amplia gama de ensilajes.

I. EL CONSUMO VOLUNTARIO DE LOS ENSILAJES EN RELACIÓN A SU FERMENTACIÓN.

Los productos derivados del proceso fermentativo de los forrajes ensilados —princi-

Cuadro I — Consumo comparativo de ensilaje y forraje fresco o heno obtenido de una misma pradera y con digestibilidad similar.

Tipo	Características de los forrajes		Consumo voluntario de forraje (g. M.S./Kg ^{0,75} /24 hrs.)				Consumo ensilaje en relación a fo- rraje testigo (%) ^v	Referencia
	% M.S. ensilaje	Digestibi- lidad (%)	Ensilaje	Heno		Deshidratado		
				Fresco	Deshidratado			
Gramíneas	25,0	64	42,4	63,8	—	—	— 33,5	Dulphy & Demarquilly 1973
Gramíneas	18,0	67	63,8	—	77,0	—	— 17,1 (N.S.)	Campling 1966
Gramíneas	23,0	70	82,8	—	102,7	—	— 19,4	Campling 1966
Gramíneas	21,9	79	60,7	—	84,5	—	— 28,2	Campling 1966
Gramíneas	19,5	55-80	S.R.	S.R.	—	—	— 39,1	Demarquilly & Jarrige 1970 ³
Gramíneas	20,2	62	42,3	62,0	—	—	— 31,8	Demarquilly 1973 ³
Gramíneas	20,0	77	33,0	—	54,9	—	— 39,9	Murdoch 1964
Gramíneas	22,4	68	70,8	—	91,7	—	— 22,8	Mc Carrick 1965 ³
Gramíneas	22,4	70	70,8	—	—	94,3	— 24,9	Mc Carrick 1965 ³
Festuca/Timothy	21,4	74	80,2	—	128,0	—	— 37,3	Murdoch & Rook 1963 ³
<i>Exp.</i>								
Ballica H-1	I 30,3	56	55,3	—	56,5	—	— 2,1	Harris & Raymond 1963 ³
Timothy S-48	I 26,8	67	68,7	—	79,5	—	— 13,6	Harris & Raymond 1963 ³
Pasto ovillo	II 17,0	77	25,0	68,7	—	—	— 63,6	Harris & Raymond 1963 ³
Ballica H-1	II 15,3	75	17,7	74,4	—	—	— 76,2	Harris & Raymond 1963 ³
Festuca	II 17,5	77	19,9	51,0	—	—	— 61,0	Harris & Raymond 1963 ³
Timothy S-48	II 19,2	75	36,3	63,6	—	—	— 42,9	Harris & Raymond 1963 ³

Ballica inglesa	S.R.	S.R.	S.R.	S.R.	S.R.	-21,5	Harris, Raymond & Wilson	1966
Ballica inglesa	21,3	73	37,6	-	51,5	-27,0	Wernli & Wilkins	1975
Cebada forrajera	22,3	65	30,6	-	45,4	-32,6	Wilkins, Osbourn & Tayler	1970
Maiz	S.R.	68	76,8	108,4	-	-29,2	Noller <i>et al.</i>	1965
Gramíneas y legu- minosas	16,0-23,0	57-80	68,3	-	70,0	-2,4 (N.S.)	Harris, Raymond & Wilson	1966
Gramíneas y legu- minosas	S.R.	S.R.	67,2	-	90,5	-25,7	Bishop & Kentish	1970
Alfalfa	27,0	61	56,1	-	80,6	-30,4	Valentine & Brown	1973
Alfalfa	<i>Exp.</i>							
I	23,4	61	74,5	-	107,5	-30,7	Thomas <i>et al.</i>	1969
II	24,3	59	83,3	-	102,0	-18,3	Thomas <i>et al.</i>	1969
III	23,6	58	75,6	-	112,0	-32,5	Thomas <i>et al.</i>	1969
IV	23,0	56	82,3	-	95,3	-13,6	Thomas <i>et al.</i>	1969
V	25,2	61	73,2	-	102,8	-28,8	Thomas <i>et al.</i>	1969
VI	25,0	S.R.	41,2	-	102,2	-59,7	Thomas <i>et al.</i>	1969
Alfalfa	25,1	58	65,6	-	93,5	-29,8	Waldo <i>et al.</i>	1969
Alfalfa	24,0	S.R.	48,9	-	68,9	-29,0	Moore, Thomas & Sykes	1960
II	24,0	S.R.	83,7	-	113,9	-26,5	Moore, Thomas & Sykes	1960
Trébol rosado	19,5	S.R.	S.R.	S.R.	-	-33,1	Demarquilly & Jarrige	1970 ^a
Maravilla (Girasol)	21,6	62,0	49,4	68,7	-	-28,1	Demarquilly & Andrieu	1972 ^a

^aDigestibilidad *in vivo* de la M. S.; valores promedios para los forrajes en estudio.

^bDiferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) salvo indicación (N.S.).

^cSin análisis estadístico.

S.R. Sin referencia.

palmente ácidos grasos de cadena corta y compuestos nitrogenados no proteicos— han recibido especial atención, en un intento por asociar ciertos compuestos químicos, individualmente o en combinación, con las características de consumo de los ensilajes.

Acidez del ensilaje

Los ácidos láctico, acético, propiónico y butírico constituyen los productos cuantitativamente más importantes de la fermentación del forraje. Debido a que estos ácidos se producen naturalmente en cantidades importantes en el rumen a consecuencia de la digestión fermentativa de los alimentos en este órgano, podría presumirse que la acidez orgánica de los ensilajes difícilmente ocasionaría trastornos fisiológicos que afecten al metabolismo animal, y con ello el consumo voluntario.

Sin embargo, diversos investigadores han asociado el bajo pH y la elevada acidez total de algunos ensilajes con niveles bajos de consumo (Morris y Levitt, 1968; Wilson y Wilkins, 1973); en un estudio sobre 20 ensilajes, Brown y Radcliffe (1972) encontraron una relación positiva entre pH y consumo de ensilaje ($r = 0,55$; $P < 0,05$), lo que concuerda con los resultados de Mc Leod *et al.* (1970) señalados en el Cuadro 2 ($r = 0,975$; $P < 0,05$).

Niveles de pH bajo están directamente relacionados con alta concentración de ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico y acético. Brown y Radcliffe (1972) no observaron ninguna relación estadística entre el contenido de ácido láctico y el consumo de ensilajes que contenían entre 1,6 y 8,1% de ácido láctico base M.S.; Demarquilly (1973) y Dulphy y Demarquilly (1973) en un estudio sobre 50 y 22 ensilajes de gramíneas, respectivamente, observaron que en la medida que aumentaba el contenido de ácido láctico (rangos de 2 a 8%) y disminuía el pH,

Cuadro 2 — Acidez láctica y consumo voluntario de ensilaje. (Mc Leod *et al.*, 1970)

Contenido de ácido láctico (% M.S.)	pH ensilaje	Consumo M. O. (g/Kg ^{0,75} /24 h.)
5,4	5,4	53,9
6,1	4,8	51,4
8,4	4,4	48,2
11,3	3,8	42,5

aumentaba el consumo de ensilaje, lo que concuerda con los resultados de Senel y Owen (1966) para raciones basadas en ensilaje de sorgo. Pero esta relación positiva entre ácido láctico y consumo no fue observada con ensilajes de leguminosas (Demarquilly, 1973; Dulphy y Demarquilly, 1973). Por el contrario, Mc Leod *et al.* (1970) encontraron una relación claramente negativa entre el contenido de ácido láctico y el consumo de ensilaje por ovinos al agregar cantidades crecientes de ácido láctico a un ensilaje de gramíneas (Cuadro 2). Por otra parte, Thomas *et al.* (1961) observó una reducción en el consumo de ensilaje de alfalfa ofrecido a vaquillas al agregar grandes cantidades de ácido láctico al alimento. Un aumento del contenido de ácido láctico en el ensilaje de sorgo (Mc Cullough, 1966) y de gramíneas forrajeras (Jackson y Forbes, 1970) estaba asociado con una reducción en el consumo, aunque con ensilajes de trigo forrajero/ballica no se observó tal efecto (Mc Cullough, *loc. cit.*).

La concentración total de ácido láctico no debe confundirse con el contenido de ácido láctico expresado como porcentaje del total de ácidos orgánicos del ensilaje. Diversos investigadores han encontrado una relación positiva entre el consumo de ensilaje y el contenido de ácido láctico como porcentaje de los ácidos totales (Cottyn, Boucque y Buysse, 1969; Wilkins *et al.*, 1971; Wilson y Wilkins, 1973). Esto puede explicarse porque frecuentemente una fermentación adecuada (y poco intensiva) del forraje se encuentra asociada con un alto porcentaje de ácido láctico en relación a los ácidos totales, pero a la vez con un bajo contenido de ácidos totales y un pH más elevado. Este argumento podría ayudar a interpretar la divergencia anotada en el párrafo anterior: es posible que la relación directa entre consumo y contenido de ácido láctico observada por el primer grupo de investigadores se haya obtenido con ensilajes que sufrieron una fermentación restringida, en tanto que la relación inversa haya ocurrido con ensilajes en que, junto con un aumento en la producción de ácido láctico, aumentó también la intensidad del proceso fermentativo, con un incremento en el contenido total de ácidos volátiles y una reducción en el pH.

Jackson y Forbes (1970), Wilkins *et al.* (1971) y Brown y Radcliffe (1972), encontraron una relación negativa entre el contenido de ácido acético del ensilaje y el consumo de

materia seca, sobre una amplia gama de forrajes y condiciones. No está claro, sin embargo, si esta relación entre contenido de ácido acético y consumo voluntario es causal. En otro ensayo Hutchinson y Wilkins (1971) estudiaron la influencia de adiciones crecientes de acetato al ensilaje de gramíneas, sin encontrar un efecto sobre el consumo, lo que concuerda con los resultados de Demarquilly (1973). Por otra parte, Senel y Owen (1966) encontraron que un incremento de 0,5 a 2,8% en el contenido de ácido acético en la ración aumentó significativamente el consumo.

La importancia de la acidez como una posible explicación del bajo consumo voluntario de los ensilajes ha sido también abordada estudiando el efecto de neutralizar esta acidez antes del suministro al animal. Ensayos con ovinos y bovinos indican aumentos de hasta 20% en el consumo de ensilaje de alta acidez como resultado de la neutralización parcial del ensilaje con bicarbonato de sodio (Mc Leod *et al.*, 1970). Esto concuerda con los resultados de Orth y Kaufmann (1966). Los resultados de Mc Leod *et al.* (*loc. cit.*) han sido confirmados en otro experimento (Mc Leod y Wilkins, 1970) en el que se concluyó decididamente que el aumento en el consumo respondía a una reducción de la acidez libre y total en el ensilaje a consecuencia de la agregación de bicarbonato de sodio.

Compuestos nitrogenados

Durante el proceso de fermentación del forraje, la fracción proteica sufre una degradación considerable: más de un 50% de las proteínas del forraje son desdobladas (Whittenbury, Mc Donald y Bryan-Jones, 1967). Algunas evidencias señalan que la fracción nitrogenada total y los productos de su degradación podrían también influenciar el consumo voluntario de los ensilajes. Diversos investigadores han encontrado relaciones negativas entre consumo y contenido de N amoniacal expresado como porcentaje del N total en ensilajes de gramíneas y leguminosas (Gordon *et al.*, 1964; Castle y Watson, 1969; Jackson y Forbes, 1970; Wilkins *et al.*, 1971; Demarquilly, 1973; Wilson y Wilkins, 1973). En estos experimentos, sin embargo, las diferencias en contenido de amoníaco se confundían con diferencias en otras características: el alto contenido de amoníaco generalmente estaba asociado con altas concentraciones de ácido acético y ácido butírico.

La posible influencia directa del N amoniacal sobre el consumo voluntario de los ensilajes requiere mayor estudio. Resultados preliminares de Wilkins (no publicado) y D'jakov (1967) indican que la agregación de amoníaco en ensilajes de cebada forrajera y maíz, respectivamente, no disminuyó significativamente el consumo voluntario.

Las aminas también han sido consideradas en el contexto de la limitación del consumo de ensilajes. Neumark, Bondi y Volcani (1964) señalan que aun cuando la presencia de triptamina en el ensilaje estaba asociada con bajos niveles de consumo en ovinos, la infusión de esta amina al rumen, sola o en combinación con histamina y tiramina, no afectó el consumo de forraje. Más aún, otros investigadores no han encontrado relación alguna entre el contenido de histamina en el ensilaje y su consumo en vaquillas de lechería (Okamoto *et al.*, 1964).

La relación entre dos o más compuestos del ensilaje y el consumo voluntario, generalmente ha explicado en mejor forma la variación en el consumo que cuando estos factores se analizan en regresiones simples. Por ejemplo, Wilkins *et al.* (1971) demostraron que aun cuando el pH del ensilaje, como variable simple, no contribuía significativamente a justificar las variaciones en consumo, las regresiones múltiples que incluyeron: (i) pH y ácido láctico como porcentaje de los ácidos totales; (ii) pH e índice de Flieg¹; o (iii) pH y N amoniacal como porcentaje del N total, explicaron en un 58,0-53,7 y 48,8% de la variación en el consumo, respectivamente. Una relación múltiple que comprendía índice de Flieg, el contenido total de ácido acético y de N del ensilaje explicó en un 74,3% la variación en consumo. Estudios similares fueron realizados por Gordon *et al.* (1964) con distintos tipos de ensilaje de pasto ovillo. Regresiones múltiples que consideraron el contenido de M.S., la concentración de ácido butírico y de N amoniacal como porcentaje del N total explicaron en un 64% la variación en consumo de ensilaje. Por otra parte, Demarquilly (1973) ha planteado que la relación entre el consumo y las características fermentativas de los ensilajes podrían explicarse mejor al considerar el consumo de forraje fresco antes de ensilar.

¹Índice de calidad para ensilajes, basado en su contenido porcentual de ácidos láctico, acético y butírico (Zimmer, 1966).

En conclusión, la intensidad del proceso fermentativo del ensilado parecería influenciar el consumo de ensilajes a través de una relación inversa entre el consumo y la concentración de los productos derivados de la fermentación de carbohidratos y compuestos nitrogenados del forraje. Estos productos podrían estar interrelacionados en el control del consumo voluntario de los ensilajes. No obstante, se requiere de mayor información experimental que permita clarificar si esta relación entre cada uno de los compuestos producidos durante la fermentación del forraje y el consumo voluntario implica causalidad o se trata de una relación casual o asociativa.

FACTORES INHERENTES AL FORRAJE Y AL ANIMAL QUE AFECTAN EL CONSUMO DE ENSILAJE.

A. Empleo de aditivos en la preservación del forraje

La agregación de aditivos al forraje antes de ser ensilado, con el objeto de mejorar el proceso fermentativo y evitar una fermentación indeseable, parece tener efectos claramente beneficiosos sobre el consumo de ensilaje. La adición de ácido fórmico en cantidades de aproximadamente 5 litros/tonelada de materia verde ensilada ha mejorado significativamente el consumo de ensilaje en comparación con los forrajes no tratados (Waldo *et al.*, 1969; Castle y Watson, 1973; Pike, 1972; Wilson y Wilkins, 1973). Niveles más elevados (30 litros/tonelada) no aumentaron el consumo (Retamal, 1973). El uso de aditivos con alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables tales como cereales (Nicholson y Mc Leod, 1966; Anderson y Jackson, 1970) o melaza (Fox *et al.*, 1972; Retamal, 1973) también han mejorado el consumo de ensilaje; este efecto se obtuvo con una pradera cosechada temprano en primavera, pero no con un forraje más maduro proveniente de un corte tardío (Retamal, *loc. cit.*).

Estudios recientes (Barry *et al.*, 1973) revelan aumentos significativos sobre el consumo de ensilaje al emplear formalina (formaldehído al 1,7% base M.S.) como aditivo. Cabe investigar sin embargo, el nivel más adecuado a usar, ya que la adición de proporciones mayores a 3% del forraje seco ha deprimido significativamente el consumo (Brown y Valentine, 1972). Por otra parte, estos investiga-

dores encontraron que el ácido fórmico o la formalina no afectaron el consumo, pero la agregación de una mezcla de estos dos compuestos incrementó significativamente el consumo voluntario por ovinos (Valentine y Brown, 1973), lo que concuerda con los resultados de Waldo *et al.* (1973) con vaquillas lecheras. El efecto beneficioso del ácido fórmico o de las mezclas de ácido fórmico/formalina parece no producirse con forrajeras de elevado contenido de M.S. (35% o más) antes de ensilar (Candlish *et al.*, 1973).

El uso de ácidos inorgánicos (ácido fosfórico, clorhídrico, sulfúrico) no han influido sobre el consumo de ensilaje (Pike, 1972) o pueden incluso deprimir el consumo voluntario y los niveles de producción animal (Woodward y Shepherd, 1942; Laine, 1968). La sal común constituye un producto utilizado frecuentemente en la conservación del forraje como ensilaje. La aplicación de sal al 1% de la materia verde ensilada no ha influido sobre la fermentación del forraje ni sobre el consumo de ensilaje de alfalfa (Gouet *et al.*, 1970). Se trata de un aditivo no recomendable ya que, para conseguir una preservación efectiva del forraje se requieren dosis muy elevadas de sal; en tales casos, el alto contenido de sal *per se* limitaría el consumo voluntario de ensilaje.

B. Efecto del marchitamiento sobre el consumo de ensilaje

El consumo voluntario de ensilaje ha sido más alto cuando el forraje se ha marchitado antes de la ensiladura que al ensilarse directamente. Tales resultados se han obtenido en experimentos con gramíneas (Murdoch, 1964; Harris *et al.*, 1966; Alder, Mc Leod y Gibbs, 1969; Jackson y Forbes, 1970; Barrientos, 1970), con leguminosas (Moore *et al.*, 1960; Thomas *et al.*, 1961; Demarquilly y Jarrige, 1970), con sorgo (Ward *et al.*, 1966) y maíz (Jones *et al.*, 1971) pero no con cereales forrajeros (Wilkins *et al.*, 1970). El aumento del consumo voluntario por unidad de incremento en el contenido inicial de M.S. del forraje tiende a ser mayor para forrajes con un bajo contenido de M.S. (por ej.: inferior a 23% M.S.) que con alto contenido de M.S. inicial, siguiendo la tendencia señalada en la Figura 1. La importancia relativa de los factores inherentes al ensilaje que limitan su consumo voluntario parecería disminuir en la medida en que aumenta el contenido de M.S. del forraje, alcanzándose niveles de consumo

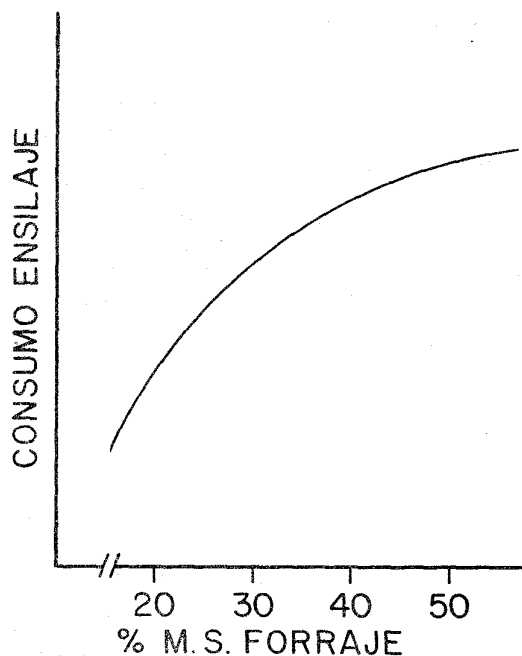


Figura 1 — Consumo de ensilaje en relación al contenido de M. S. inicial del forraje.

similares al heno. Es muy probable que la relación directa entre consumo y digestibilidad u otros factores, encontrada sobre una amplia gama de forrajes frescos o heno, tenga también aplicación para los ensilajes con alto contenido de materia seca.

El menor contenido de humedad del forraje como consecuencia del marchitamiento previo a la ensiladura se traduce en una restricción de la intensidad fermentativa que ocurre en el silo, con una menor concentración total de productos derivados de la fermentación (Waldern y Burns, 1964; Brown y Radcliffe, 1972; Demarquilly, 1973). Igualmente, la aplicación de aditivos al ensilaje, así como otros factores que conducen a una eficiente conservación del forraje (picado del material, compactación y sellado completo del silo) tienden a restringir la fermentación del forraje (Valentine y Brown, 1973; Demarquilly, 1973; Wilson y Wilkins, 1973). Esto podría explicar el mayor consumo derivado del marchitamiento de las praderas o del uso de aditivos.

C. Mecanismo de la limitación del consumo voluntario en ensilajes

Los estudios descritos hasta aquí han dado origen a la hipótesis de que el consumo esta-

ría limitado por la presencia de productos derivados de la fermentación de carbohidratos y/o compuestos nitrogenados en el ensilaje. El efecto metabólico de estos productos no está aclarado.

El bajo consumo de ensilajes preservados con ácidos inorgánicos ha sido atribuido a la incapacidad del animal para neutralizar el exceso de acidez inorgánica ingerido (Lepard *et al.*, 1940). Sin embargo, los ácidos orgánicos de cadena corta, que también pueden afectar el consumo (ver I.A.), pasan a formar parte del "pool" de ácidos grasos volátiles (AGV) derivados de la fermentación de los alimentos en el rumen, siendo rápidamente metabolizados, absorbidos y destinados a cubrir los requerimientos energéticos del animal.

No está claro si un alto contenido de ácidos orgánicos volátiles en el ensilaje pueda producir trastornos a nivel del rumen o del metabolismo animal. McLeod *et al.* (1970) midieron la acidez de la orina en ovinos y registraron valores pH inferiores en hasta 2,5 unidades en animales alimentados con ensilaje ácido en comparación al mismo ensilaje neutralizado con bicarbonato de sodio. Estos resultados sugieren diferencias importantes en el balance ácido-base entre animales alimentados con distintos tipos de ensilaje. Sin embargo, tal hipótesis no fue probada por McLeod *et al.* (*loc. cit.*), quienes al respecto señalan la necesidad de realizar estudios sobre pH, contenido en bicarbonatos y tensión CO_2 en plasma sanguíneo y excreción de amoníaco en la orina, con el objeto de contribuir a un mejor conocimiento de la relación entre la acidez orgánica ingerida y el balance ácido-base del animal. Por otra parte, Wujanz *et al.* (1971) observaron que el consumo elevado de ensilajes en vacas lecheras durante cinco lactancias consecutivas no alteraron significativamente el balance ácido-base y metabolismo mineral, y Little y Manston (1972) encontraron que los niveles de metabolitos sanguíneos en vacas alimentadas con ensilajes era normal. Más aún, la influencia de un desequilibrio en el mecanismo ácido-base *per se* sobre el consumo voluntario de alimentos en rumiantes no ha sido establecido claramente.

La incidencia de cetosis en animales alimentados con ensilaje también ha sido discutida, asociándose esta anomalía con el contenido de ácido butírico del ensilaje. La conversión del ácido butírico en β -hidroxibu-

tirato (un ceto-ácido) por la pared ruminal y el hígado (Armstrong, 1965) ha conducido a la hipótesis de que el consumo de ensilajes con alto contenido de ácido butírico podría inducir cuadros de cetosis en rumiantes. Esto ha sido observado experimentalmente por Roffler (1967) y Puech, Tisserand y Zelter (1968), quienes asociaron las mayores concentraciones de ácido butírico del ensilaje con niveles más elevados de cuerpos cetónicos en la sangre y orina.

Sin embargo, no existen evidencias de una relación causal entre cetosis subclínica y consumo voluntario en rumiantes. Annison y Lewis (1959) señalan que la incidencia de cetosis en vacas lecheras de alta producción va acompañado de pérdida de apetito; esto ocurrió cuando los cuerpos cetónicos en la sangre alcanzaron niveles de 30-40 mg por 100 g, presentándose además el cuadro de hipoglicemia correspondiente. Sin embargo, los niveles más altos de cuerpos cetónicos registrados por Puech *et al.* (1968) fueron 9,7 y 5,9 mg por 100 ml de sangre, con raciones de ensilaje de alfalfa y ballica, respectivamente, apareciendo 90% de éstos en forma de β -hidroxibutirato, sin existir evidencias de hipoglicemia. Griffiths, Spillane y Bath (1973) encontraron niveles que fluctuaron entre 2 y 25 mg de cetonas por 100 ml de sangre en bovinos alimentados con ensilaje de gramíneas a discreción.

D. Factores inherentes al animal

Los niveles de ensilaje ingerido parecen variar de acuerdo al tipo de animal que lo consume. Harris *et al.* (1966) sugirieron que los ovinos jóvenes son más sensibles a los factores limitantes del consumo de ensilaje que cuando adultos. Esto ha sido demostrado experimentalmente por Thomson (1966) en ovinos y Alder *et al.* (1969) en bovinos, midiéndose el consumo voluntario en términos relativos al consumo de heno, o en gramos por kilogramo de peso metabólico. También se ha sugerido que los factores del ensilaje que limitan su consumo voluntario podrían tener un efecto acumulativo en el animal (Harris *et al.*, 1966), lo que se traduciría en una reducción del consumo de ensilaje en el tiempo. Esto ha sido confirmado por Wernli *et al.* (1975) en investigaciones con ovinos alimentados con ensilaje de ballica con bajo contenido de M.S., aunque Osbourn y Wilkins (1967) no encontraron un cambio significativo en el consumo de ensilajes de ballica

o cebada forrajera a través de un período de 50 días.

Efectos relacionados con el genotipo animal también han sido mencionados. Es así como Forbes *et al.* (1967) encontraron diferencias en consumo de ensilaje (g/Kg peso vivo) entre razas ovinas. Por otra parte, Brandt *et al.* (1970) observaron diferencias entre razas y cruza de bovinos: las cruza registraron un consumo más alto de ensilaje de maíz en comparación a los progenitores de raza pura, sugiriendo que la heterosis podría ser otro factor que influenciaría el consumo voluntario de ensilajes.

2. LA REGULACIÓN DEL CONSUMO VOLUNTARIO EN RUMIANTES EN RELACIÓN A RACIONES DE ENSILAJE.

El control del consumo voluntario de forrajes en rumiantes está influenciado en forma importante por factores de tipo físico (Campling, 1970) que dicen relación con el volumen de la digesta en el tracto digestivo y la capacidad de éste, especialmente del reticulorumen. La regulación quimiostática del consumo, operada a través de un cambio en la concentración de ciertos metabolitos —particularmente ácido acético— en el rumen (Baile, Mayer y Mc Laughlin, 1969) o en la sangre (Dowden y Jacobson, 1960; Bines, 1967) y la condición fisiológica y nutricional del animal (Egan, 1965; Bines, Susuki y Balch, 1969; Baumgardt, 1970) también ha sido mencionado entre los mecanismos que inciden en forma importante sobre el control del consumo voluntario.

Aun cuando parece no existir correspondencia entre los factores que regulan el consumo de forraje fresco o heno por una parte, y de los ensilajes por otra (Demarquilly y Jarrige, 1970) se ha sugerido, en algunos casos, la ocurrencia de factores que influirían en forma común sobre la regulación del consumo de los distintos tipos de forraje.

A. FACTORES DE ÍNDOLE FÍSICA

a) Tasa de digestión en el rumen

Orth y Kaufmann (1966) sugirieron que el consumo de ensilaje con alta acidez podría disminuir la capacidad Buffer del contenido ruminal, reduciendo en consecuencia el pH y la tasa de digestión en el rumen, y con ello la velocidad de paso de la digesta a través del

tubo digestivo. No obstante, parece poco probable que el pH y la tasa de digestión de la celulosa en el rumen sean característicamente bajos con raciones de ensilajes de alta acidez. McLeod y Wilkins (1970) encontraron que la acidez total del ensilaje no estaba correlacionado con la actividad celulolítica en el reticulorumen de ovinos. Por otra parte, Lawlor y O'Shea (1967) y Wernli y Wilkins (1975) registraron valores más altos de pH con raciones de ensilaje que con raciones de heno o forraje deshidratado artificialmente y ofrecido *ad libitum*, respectivamente; además, en el ensayo de Wernli y Wilkins (1975) se observó una tasa más alta de digestión en el rumen de los animales que recibieron ensilaje.

b) Consumo y digestibilidad

Diversas investigaciones han permitido establecer una relación positiva entre consumo y digestibilidad sobre una gama amplia de calidades de forraje (Donefer *et al.*, 1960; Blaxter *et al.*, 1961). Aunque los trabajos de Mc Carrick (1965) y Castle y Watson (1973) revelan una tendencia a un incremento en el consumo de ensilaje con un aumento en la digestibilidad, los resultados de Harris *et al.* (1966), Demarquilly y Jarrige (1970), Wilkins *et al.* (1971), Brown y Radcliffe (1972) y Wilson y Wilkins (1973) indican que no existe una clara relación positiva entre la digestibilidad de los ensilajes y su consumo voluntario por ovinos y bovinos. Por lo tanto, la existencia de una relación de este tipo parece improbable, especialmente para ensilajes con bajo contenido de M.S., en que el consumo podría estar controlado por factores relacionados con la naturaleza de la fermentación del ensilaje.

c) Procesamiento físico del forraje

La molienda de los forrajes secos se traduce, en la mayoría de los casos, en un aumento del consumo (Minson, 1963; Tayler, 1970). Existe poca información acerca de la condición física de los ensilajes y su consumo voluntario. En tres experimentos, Murdoch (1965) encontró un aumento de hasta 20% en el consumo como consecuencia de picar el ensilaje en trozos de 2-3 cm de largo antes de suministrarlo en ensayos con novillos o vacas. Ello concuerda con los resultados de Dulphy y Demarquilly (1973) quienes observaron que

para ensilajes de gramíneas y leguminosas con tamaño de partículas de 5-15 ó 10-25 cm, al reducir las partículas a trozos de 1,5-2 cm antes de suministrarlo a ovinos se aumentó el consumo voluntario en 11 y 33%, respectivamente.

d) Velocidad de paso de la digesta a través del tubo digestivo y volumen del contenido ruminal

Estudios comparativos sobre la velocidad de paso de las raciones de heno o ensilaje a través del tubo digestivo revelan resultados contradictorios. Campling (1966), Wernli y Wilkins (1975) e investigadores franceses (ver Demarquilly y Jarrige, 1970) encontraron que el tiempo de retención promedio de la digesta en el tubo digestivo era más prolongado con ensilaje que con heno o forraje deshidratado artificialmente. Sin embargo, esto no fue confirmado por las investigaciones de Waldo *et al.* (1965a), Raymond (1966) y Thomson (1968) con ovinos y bovinos. Los resultados obtenidos por el primer grupo de investigadores podrían no necesariamente interpretarse como una relación de causa, sino también en cambio, como un efecto de menor consumo traducido en una retención más prolongada de los alimentos en el tubo digestivo.

Estudios acerca del volumen de la digesta en el retículo-rumen llevados a efecto por Thomas *et al.* (1961), Waldo *et al.* (1965a), Mc Carrick (1965) y Lawlor y O'Shea (1967) indican que el peso fresco y seco del contenido ruminal de vacunos alimentados con ensilaje *ad libitum* era menor que cuando los animales recibieron heno *ad libitum*.

En consecuencia, los factores de índole física parecen tener poca importancia en el control del consumo voluntario de los ensilajes.

B. FACTORES DE ÍNDOLE QUÍMICA Y NUTRICIONAL

a) Ácidos orgánicos a nivel ruminal y sanguíneo

El control del consumo de ensilajes a través de alzas en la concentración de ácidos orgánicos a nivel ruminal parece improbable. McLeod y Wilkins (1970) encontraron concentraciones más altas de ácido acético, propiónico y de ácidos volátiles totales en el licor de rumen de ovinos alimentados con ensilaje

neutralizado con bicarbonato de sodio, en comparación a un ensilaje más ácido y cuyo consumo fue inferior. Por otra parte, comparaciones entre raciones de ensilaje, heno o forraje fresco provenientes de la misma pradera y ofrecidas a discreción indicaron niveles similares de AGV totales en el licor de rumen (Thomas *et al.*, 1961; Raymond, 1966). Más aún, concentraciones más bajas de AGV totales e individuales fueron encontradas por Lawlor y O'Shea (1967) y Wernli y Wilkins (1975) en animales alimentados *ad libitum* con ensilaje en comparación con heno o forraje deshidratado artificialmente.

No existen evidencias sobre niveles sanguíneos de acetatos y/u otros AGV en relación a la regulación del consumo voluntario de ensilajes

b) *Balance nutricional proteico*

Se ha sugerido que una deficiencia marcada en la condición nutricional proteica del animal puede redundar en un bajo consumo voluntario (Egan, 1965; Weston, 1967). Estudios sobre el metabolismo proteico en ovinos y bovinos han indicado valores más bajos de retención de N con raciones de ensilaje que con heno (Thomson, 1968; Waldo *et al.*, 1965b) y también para raciones de ensilaje sin marchitamiento comparado con forrajes previamente marchitados (Durand *et al.*, 1968). La hipótesis de que la baja eficiencia de utilización y retención de N de las dietas basadas en ensilaje se traduzca en una limitación del consumo fue estudiada por Hutchinson *et al.* (1971): la infusión de caseína

al duodeno de ovinos alimentados con ensilaje de bajo contenido de M.S. duplicó la retención de N, pero no resultó en un aumento del consumo. Por lo tanto, aun cuando un bajo "status proteico" podría limitar el consumo de algunos ensilajes con un contenido de N extremadamente bajo (Egan, 1965) especialmente para animales con requerimientos proteicos elevados, los resultados de Hutchinson *et al.* (1971) indican que la baja eficiencia de utilización del N de los ensilajes no parece ser la causa del bajo consumo de aquellos ensilajes con alto contenido de humedad.

CONCLUSION

La naturaleza e intensidad del proceso de fermentación del forraje en el silo, reflejado en los compuestos químicos derivados de esta fermentación, parecen ejercer una influencia importante sobre el control del consumo voluntario de los ensilajes en rumiantes. Los factores que han sido relacionados con el consumo de forrajes frescos o deshidratados, en cambio, carecen aparentemente de importancia en la regulación del consumo de ensilajes.

No parece sin embargo, que el consumo de ensilajes de bajo contenido de materia seca sea controlado por un producto en particular, sino más bien por un conjunto de factores relacionados entre sí, y el mecanismo preciso que limita al consumo de ensilaje permanece poco claro. Más aún, otros factores inherentes al forraje o al animal pueden también influir sobre las cantidades de ensilaje ingeridas voluntariamente por los rumiantes.

SUMMARY

THE NUTRITIVE VALUE OF SILAGE — A REVIEW. I. — VOLUNTARY CONSUMPTION

The present knowledge on the factors controlling the voluntary intake of silage is reviewed, particularly in relation to the process of forage fermentation in the silo. A contrast is made between those factors considered to control the voluntary intake of feeds by ruminants and those which affect silage intake.

The nature and degree of forage fermentation during ensiling, reflected on the end-products derived from the fermentation of carbohydrates and nitrogenous compounds of forage, appear to play an important role in the control of voluntary consumption of low dry matter silage by ruminants. It seems that no single product can entirely be accounted for the reduced voluntary intake of silage, but the end-products of silage fermentation appear to be inter-related in the control of silage intake. The exact mechanism by which intake is limited is not clear.

Wilting of low dry matter forage prior to ensiling and the addition of preservative compounds to silage generally increase consumption of silage, probably as a result of a restriction in the extent of forage fermentation. Other factors inherent to

the forage or to the animal may also influence the absolute quantity of silage that a ruminant will voluntarily consume.

Factors which have been associated with the voluntary intake of fresh or dried forages (physical and chemostatic regulation or the protein status of the animal) do not appear to be important in the regulation of voluntary consumption of silage.

LITERATURA CITADA

- ALDER, F. E., MC LEOD, D. S. & GIBBS, B. G. 1969. Comparative feeding value of silages made from wilted and unwilted grass and grass/clover herbage. *J. Br. Grassld. Soc.* 24: 199.
- ANDERSON, B. K. & JACKSON, N. 1970. The conservation of grass in sealed metal and plastic containers, with and without ground barley meal. *J. Br. Grassld. Soc.* 25: 136.
- ANNISON, E. F. & LEWIS, D. 1959. *Metabolism in the rumen*. Methuen & Co. Ltd. London.
- ARMSTRONG, D. G. 1965. Carbohydrate metabolism in ruminants and energy supply. Proc. II. Int. Symposium Physiology of Digestion in the Ruminant. Ames. pp. 272-88.
- BAILE, C. A., MAYER, J. & MC LAUGHLIN, C. 1969. Feeding behaviour of goats: ruminal distention, ingesta dilution and acetate concentration. *Amer. J. Physiol.* 217: 397.
- BARRIENTOS, P. 1970. Influencia del marchitamiento sobre la calidad y valor nutritivo de los ensilajes de pradera mixta suministrados a novillos de carne. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 60 p. (Tesis Ing. Agr. mimeografiada).
- BARRY, T. N., FENNESSY, P. F. & DUNCAN, S. J. 1973. Effect of formaldehyde treatment on the chemical composition and nutritive value of silage. 3. Voluntary intake, liveweight gain and wool growth in sheep fed the silages with and without intraperitoneal supplementation with D-L methionine. *N.Z. J. Agric. Res.* 16: 64.
- BAUMGARDT, B. R. 1970. Regulation of feed intake and energy balance. Proc. III. Int. Symp. on Physiol. of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Cambridge. pp. 235-54.
- BINES, J. A. 1967. Variation, in relation to feeding, in the levels of certain energy-yielding-metabolites in the blood of a cow receiving an all concentrate or all hay diet. *Proc. Nutr. Soc.* 27: 15A.
- , SUSUKI, S. & BALCH, C. C. 1969. The quantitative significance of long-term regulation of food intake in the cow. *Br. J. Nutr.* 23: 695.
- BISHOP, A. H. & KENTISH, T. D. 1970. A comparison of pasture conserved as hay or as silage for feeding sheep. *Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 10: 13.
- BLAXTER, K. L., WAINMAN, F. W. & WILSON, R. S. 1961. The regulation of food intake by sheep. *Anim. Prod.* 3: 51.
- BRANDT, G. W., BRANNON, C. C., JOHNSTON, W. E. & COOK, W. C. 1970. Consumption of corn silage dry matter by bred heifers and its correlation with subsequent first lactation production. *J. Dairy Sci.* 53: 215.
- BROWN, D. C. & RADCLIFFE, J. C. 1972. Relationship between intake of silage and its chemical composition and *in vitro* digestibility. *Austr. J. Agric. Res.* 23: 25.
- & VALENTINE, S. C. 1972. Formaldehyde as a silage additive. I. The chemical composition and nutritive value of frozen lucerne, lucerne silage and Formaldehyde-treated silage. *Austr. J. Agric. Res.* 23: 1093.
- CAMPLING, R. C. 1966. The intake of hay and silage by cows. *J. Br. Grassld. Soc.* 21: 41.
- . 1970. Physical regulation of voluntary intake. Proc. III. Int. Symp. on Physiol. of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Cambridge. pp. 226-34.
- CANDLISH, E., CLARK, K. W. & INGALLIS, J. R. 1973. Intake and digestibility of organic-acid treated barley silage fed to steers and sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 53: 519.
- CASTLE, M. E. & WATSON, J. N. 1969. The effect of level of protein in silage on the intake and production of dairy cows. *J. Br. Grassld. Soc.* 24: 187.
- & —————. 1973. Silage and milk production. A comparison between wilted grass silages made with and without formic acid. *J. Br. Grassld. Soc.* 28: 73.
- COTTYN, B. G., BOUCQUE, CH. V. & BUYSE, F. X. 1969. Le valeur du "Protosil" en tant que produit de conservation des ensilages. *Rev. Agr. Brux.* 22: 497.
- DEMARQUILLY, C. 1973. Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité ingérée des ensilages de fourrages: Modifications par rapport au fourrage vert initial. *Ann. Zootech.* 22: 1.
- & JARRIGE, R. 1970. The effect of method of forage conservation on digestibility and voluntary intake. Proc. XI. Int. Grassld. Congr., Surfers Paradise. pp. 733-7.
- & ANDRIEU, J. 1972. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité de la plante de tuornesol sur pied et après ensilage. *Ann. Zootech.* 21: 147.
- D'JAKOV, S. M. 1967. Silage treated with ammonia solution in feeding young cattle. *Sinteliceskie azotistye preparaty v zivotnovodstve*, 53.

- DONEFER, E., CRAMPTON, E. W. & LLOYD, L. E. 1960. Prediction of the nutritive value index of a forage from *in vitro* rumen fermentation data. *J. Anim. Sci.* 19: 545.
- DOWDEN, D. R. & JACOBSON, D. R. 1960. Inhibition of appetite in dairy cattle by certain intermediary metabolites. *Nature*, 188: 148.
- DULPHY, J. P. & DEMARQUILLY, C. 1973. Influence de la machine de récolte et de la finesse de hachage sur la valeur alimentaire des ensilages. *Ann. Zootech.* 22: 199.
- DURAND, M., ZELTER, S. Z. & TISSERAND, J. L. 1968. Influence de quelques techniques de conservation sur l'efficacité de l'azote de la luzerne chez le mouton. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* 8: 45.
- EGAN, A. R. 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. II. The influence of sustained duodenal infusions of casein or urea upon voluntary intake of low protein roughages by sheep. *Austr. J. agric. Res.* 16: 451.
- FORBES, T. M., REES, J. K. & BOAZ, T. G. 1967. Silage as a feed for pregnant ewes. *Anim. Prod.* 9: 399.
- FOX, J. B., BROWN, S. M. & MC CULLOUGH, I. I. 1972. Silage for beef production: the effects of formic acid and molasses on nutrient losses and feeding value of direct ensiled autumn grass. *Rec. Agric. Res.* 20: 45.
- GORDON, C. H., DERBYSHIRE, J. C., WISEMAN, H. G. & JACOBSON, W. C. 1964. Variations in initial composition of orchard-grass as related to silage composition and feeding value. *J. Dairy Sci.* 47: 987.
- GOUET, P., FATIANOFF, N., SAUVANT, D. & TISSERAND, J. L. 1970. Effets du chlorure de sodium sur la conservation et le niveau de consommation des ensilages de luzerne directs et préfanés. *Agricultura. Louvain.* 18: 61.
- GRIFFITHS, T. W., SPILLANE, T. A. & BATH, I. H. 1973. Studies on the nutritive value of silage with particular reference to the effects of energy and nitrogen supplementation in growing heifers. *J. Agric. Sci.* 80: 75.
- HARRIS, C. E. & RAYMOND, W. F. 1963. Effect of ensiling on crop digestibility. *J. Br. Grassld. Soc.* 18: 204.
- & WILSON, R. F. 1966. The voluntary intake of silage. *Proc. X. Int. Grassld. Congr. Helsinki.* pp. 564-7.
- HUTCHINSON, K. J. & WILKINS, R. J. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. II. The effects of acetate on silage intake. *J. Agric. Sci.* 77: 539.
- , & OSBOURN, D. F. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. III. The effects of post-ruminal infusions of casein on the intake and nitrogen retention of sheep given silage *ad libitum*. *J. Agric. Sci.* 77: 545.
- JACKSON, N. & FORBES, T. J. 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. *Anim. Prod.* 12: 591.
- JONES, G. M., DONEFER, E., JAVED, A. H. & GAUDREAU, J. M. 1971. Intake and digestibility by sheep of wilted alfalfa-timothy or corn silages ensiled at low and high dry matter levels. *J. Anim. Sci.* 33: 1315.
- LAINÉ, T. 1968. Silage in the feeding of young cattle. *Ann. Agric. Fenn.* 7: 72.
- LAWLOR, M. J. & O'SHEA, J. 1967. A comparison of rumen characteristics of hay versus silage-fed animals. *Ir. J. Agric. Res.* 6: 119.
- LEPARD, O. L., PAGE, E., MAYNARD, L. A., RASMUSSEN, R. A. & SAVAGE, E. S. 1940. The effect of phosphoric acid silage on the acid-base balance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 23: 1013.
- LITTLE, W. & MANSTON, R. 1972. The effect of feeding maize and lucerne silages on blood composition in dairy cows. *J. Agric. Sci.* 78: 309.
- MC CARRICK, R. B. 1965. Effects of stage of growth and method of herbage conservation on performance of weanling cattle. *Ir. J. Agric. Res.* 4: 161.
- MC CULLOUGH, M. E. 1966. The nutritive value of silage as influenced by silage fermentation and ration supplementation. *Proc. X. Int. Grassld. Congr. Helsinki.* pp. 581-84.
- MC DONALD, P. & WHITTENBURY, R. 1967. Losses during ensilage. In: *Fodder conservation. Occas. Symp. Nr. 3. Br. Grassld. Soc.* pp. 76-85.
- MC LEOD, D. S. & WILKINS, R. J. 1970. The effect of intra-ruminal feeding on the intake of silage. *J. Agric. Sci.* 75: 559.
- , & RAYMOND, W. F. 1970. The voluntary intake by sheep and cattle of silages differing in free-acid content. *J. Agric. Sci.* 75: 311.
- MINSON, D. J. 1963. The effect of pelleting and wafaring on the feeding value of roughage — a review. *J. Br. Grassld. Soc.* 18: 39.
- MOORE, L. A., THOMAS, J. W. & SYKES, J. F. 1960. The acceptability of grass/legume silage by dairy cattle. *Proc. VIII. Int. Grassld. Congr. Reading.* pp. 701-4.
- MORRIS, J. G. & LEVITT, M. S. 1968. The intake and digestibility of silages made from *Dolichos lablab* L. alone or with *Sorghum* cv. sugardrip. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod.* 7: 78.
- MURDOCH, J. C. 1964. Some factors affecting the intake of roughage by sheep. *J. Br. Grassld. Soc.* 19: 316.
- , 1965. The effect of length of silage on its voluntary intake by cattle. *J. Br. Grassld. Soc.* 20: 54.

- & ROOK, J. A. 1963. A comparison of hay and silage for milk production. *J. Dairy Res.* 30: 391.
- NEUMARK, H., BONDI, A. & VOLCANI, R. 1964. Amines, aldehydes and ketoacids in silages and their effect on food intake by ruminants. *J. Sci. Fd. Agric.* 15: 487.
- NICHOLSON, J. W. & MC LEOD, L. B. 1966. Effect of form of nitrogen fertilizer, a preservative and a supplement, on the value of high-moisture grass silage. *Can. J. Anim. Sci.* 46: 71.
- NOLLER, C. H., BURNS, J. C., HILL, D. L., RHYKERD, C. L. & RUMSEY, T. S. 1965. Chemical composition of green and preserved forages and the nutritional implications. *Proc. IX. Int. Grassld. Congr. Sao Paulo.* pp. 611-14.
- OKAMOTO, M., WALDO, R., MILLER, R. W. & MOORE, L. A. 1964. Histamine levels in forages and dry matter intake of heifers. *J. Dairy Sci.* 47: 1231.
- ORTH, A. & KAUFMANN, W. 1966. Zur Wirkung von Bicarbonat auf die Futteraufnahme bei Milchkühen. *Zeitsch. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelkde.* 21: 350.
- OSBOURN, D. F. & WILKINS, R. J. 1967. *Grassld. Res. Inst. Ann. Rep.* p. 43.
- PIKE, I. H. 1972. A nutritional evaluation of silage made using formic acid, acetic and hydrochloric, or hydrochloric acid. *Proc. 54. Meeting Br. Soc. Anim. Prod.* p. 130.
- PUECH, R., TISSERAND, J. L. & ZELTER, S. Z. 1968. Influence de la qualité de l'ensilage sur l'évolution de la cetonémie post-prandiale chez le mouton. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 8: 69.
- RAYMOND, W. F. 1966. *Grassld. Res. Inst. Ann. Rep.* p. 37.
- RETAMAL, N. 1973. Utilización de aditivos en la conservación de forraje fresco a diferentes estados de madurez. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 33 p. (Tesis Ing. Agr. mimeografiada).
- ROFFLER, R. E. 1967. Evaluation of alfalfa-brome forage stored as wilted silage, low-moisture silage and hay. *Diss. Abstr.* 28: 406-B.
- SENEL, S. H. & OWEN, F. G. 1966. Relation of dietary acetate and lactates to dry matter intake and volatile fatty acid metabolism. *J. Dairy Sci.* 49: 1075.
- TAYLER, J. C. 1970. Dried forages and beef production. *J. Br. Grassld. Soc.* 25: 180.
- THOMAS, J. W., MOORE, L. A., OKAMOTO, M. & SYKES, J. F. 1961. A study of factors affecting the rate of intake of heifers fed silage. *J. Dairy Sci.* 44: 1471.
- , BROWN, L. D., EMERY, R. S., BENNE, E. J. & HUBER, J. T. 1969. Comparison between alfalfa silage and hay. *J. Dairy Sci.* 52: 195.
- THOMSON, D. J. 1966. The voluntary intake of hay and silage by sheep. *Anim. Prod.* 8: 351.
- . 1968. The digestibility and utilization of fresh grass, hay and silage by sheep. *Anim. Prod.* 10: 240.
- VALENTINE, S. C. & BROWN, D. C. 1973. Formaldehyde as a silage additive. II. The chemical composition and nutritive value of lucerne hay, lucerne silage and formaldehyde and formic acid-treated lucerne silages. *Aust. J. Agric. Res.* 24: 939.
- WALDERN, D. E. & BURNS, W. T. 1964. The influence of stage of maturity of an ensiled legume-grass mixture on growth and performance of wintered Hereford steer calves. *Can. J. Anim. Sci.* 44: 257.
- WALDO, D. R., MILLER, R. W., OKAMOTO, M. & MOORE, L. A. 1965a. Ruminant utilization of silage in relation to hay, pellets and hay plus grain. II. Rumen content, dry matter passage and water intake. *J. Dairy Sci.* 48: 1473.
- , ————— & —————. 1965b. Ruminant utilization of silage in relation to hay, pellets and hay plus grain. I. Composition, digestion, nitrogen balance, intake and growth. *J. Dairy Sci.* 48: 910.
- , SMITH, L. W., MILLER, R. W. & MOORE, L. A. 1969. Growth intake and digestibility from formic acid silage versus hay. *J. Dairy Sci.* 52: 1609.
- , KEYS, J. E. & GORDON, C. H. 1973. Formaldehyde and formic acid as a silage additive. *J. Dairy Sci.* 56: 229.
- WARD, G. M., BOREN, F. W., SMITH, E. F. & BRETHOUR, J. R. 1966. Relationship between dry matter content and dry matter consumption of sorghum silage. *J. Dairy Sci.* 49: 399.
- WERNLI, C. 1975. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. II. Digestión y eficiencia de utilización. *Agricultura Técnica (Chile)*. 35: En prensa.
- & WILKINS, R. J. 1975. Voluntary intake, digestibility and rumen parameters for sheep fed perennial ryegrass conserved by ensiling or by dehydration. (accepted *J. Agric. Sci.* 83).
- & RAYMOND, W. F. 1975. The voluntary intake by sheep of grass silage supplemented with dried grass or rolled barley. (accepted *J. Agric. Sci.* 83).
- WESTON, R. H. 1967. Factors limiting the intake of feed by sheep. II. Studies with wheaten hay. *Aust. J. Agric. Res.* 17: 939.
- WHITTENBURY, R., MC DONALD, P. & BRYAN-JONES, D. G. 1967. A short review of some biological and microbiological aspects of ensilage. *J. Sci. Fd. Agric.* 18:441.
- WILKINS, R. J., OSBOURN, D. F. & TAYLER, J. C. 1970. The feeding value of silages made from whole-crop barley. *J. Br. Grassld. Soc.* 25: 37.

- , HUTCHINSON, K. J., WILSON, R. F. & HARRIS, C. E. 1971. The voluntary intake of silage by sheep. I. Inter-relationships between silage composition and intake. *J. Agric. Sci.* 77:531.
- WILSON, R. F. & WILKINS, R. J. 1973. Formic acid as a silage additive for wet crops of cocksfoot and lucerne. *J. Agric. Sci.* 80: 225.
- WOODWARD, T. E. & SHEPHERD, J. B. 1942. A statistical study of the influence of moisture and acidity on the palatability and fermentation losses of ensiled hay crops. *J. Dairy Sci.* 25: 517.
- WUJANZ, G., LACHMANN, G., LIEBENBERG, O. & BRÜCKNER, G. 1971. Durchgängiger extrem einschittiger Einsatz von silage in der Milchviehfütterung über mehrere Laktationen. 2. Einfluss auf den Mineralstoffwechsel und den Säure-Base Haushalt der Milchkühe. *Archiv für Tierernährung*, 14, 409.
- ZIMMER, E. 1966. Die Neufassung des garfutter-schlusssels nach Flieg. *Wirtschaftseigene Futter*, 12: 299.