

ビール粕と発泡酒粕から調製したMR型混合サイレージにおける発酵生成物と単少糖類の変化

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者名	西野,直樹 原口,宏明 坂口,英
発行元	日本草地学会
巻/号	49巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 367-372
発行年月	2003年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ビール粕と発泡酒粕から調製した TMR 型混合サイレージにおける 発酵生成物と単少糖類の変化

西野直樹・原田宏明・坂口 英

岡山大学農学部 (〒700-8530 岡山市津島中 1-1-1)

Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama 700-8530, Japan

受付日 : 2002 年 1 月 4 日 / 受理日 : 2003 年 4 月 9 日

Synopsis

Naoki NISHINO, Hiroaki HARADA and Ei SAKAGUCHI (2003) : Changes in Soluble Sugars and Fermentation Products of TMR Silages Prepared with High and Low Malt Type Brewer's Grains. *Grassland Science* 49, 367-372.

Two types of brewer's grains (BG), derived from high and low malt brewing, were mixed with various dry feeds (BG : beet pulp : oats hay : wheat bran : molasses = 5 : 2 : 1 : 1 : 1 on a fresh weight basis), and ensiled in polyethylene bottles to prepare a total mixed ration (TMR silage). Silos were opened after 5, 20 and 40 d of storage ; the composition of soluble sugars and the profile of fermentation products were determined. Experiment was duplicated using different lots of BG (Exp. 1 & 2).

Regardless of the type of BG, lactic acid production occurred and large numbers of lactic acid bacteria were found at 12 h after BG production. Principal sugars were maltose and raffinose in both BG, whilst the amount was higher in low malt type BG. When TMR silage was made, the main sugars altered to fructose, glucose and sucrose due to added feeds, and the differences in sugar contents diminished.

Lactic acid (Exp. 1) or ethanol (Exp. 2) was the major fermentation product in TMR silage, and this property was not influenced by the type of BG used. Mannitol accumulated in lactate silages as storage prolonged, indicating that heterolactic fermentation was enhanced even when lactate silage was obtained. Accelerated ethanol production was found in ethanol silage from the beginning of storage ; the highest content ($75 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$) was given in TMR silage prepared with low malt type BG. Propionic and butyric acids were almost undetectable and ammonia N accounted for less than $60 \text{ g kg}^{-1} \text{ N}$ in any of the silages, suggesting that TMR silage can be considered "well preserved" regardless of lactate and ethanol fermentation. Significant differences due to high and low malt type BG were found in the fermentation of TMR silage ; however, the production lot had much greater effects in the two experiments.

Key words : Brewer's grains, High malt brewing (beer pro-

duction), Low malt brewing (happo-shu production), Silage, TMR.

緒 言

ビール粕は乳牛および肉牛用の飼料として普及している副産物であり、日本では年間約 100 万トンが排出されている¹⁾。乾燥したビール粕は流通が容易だが、乾燥にかかわるエネルギーコストを考えると、ウェットの状態でサイレージ化の方が好ましい。麦汁を搾った残渣なのでビール粕の単少糖類は多くはないが、嫌気条件を確保すれば pH の低下は容易に起こる^{4, 10)}。しかし、生のビール粕は DM 含量が 200 g kg^{-1} 前後なので、そのままで貯蔵すると排汁を生じる可能性が高い。ベルトプレスで脱水したり、乾燥飼料と混合して低水分化すると、排汁の危険のないサイレージを調製することができる。

ビール製造の主原料は麦芽であるが、多くの国では副原料の使用が認められている。日本では原料(水とホップを除く)の 3 分の 1 以下と決められており、それ以上副原料を使用した場合は発泡酒と定義される。現在流通している主な発泡酒は麦芽の使用割合が 4 分の 1 未満であり、米、トウモロコシ、コウリヤン、馬鈴薯、澱粉等の副原料が 4 分の 3 以上という非常に高い割合で使用されている。

副原料が全て糖化されて麦汁中に移行すれば、ビール粕と発泡酒粕の間に違いは生じない。しかし、両者の化学組成は同一でないことが明らかにされており⁸⁾、副原料の糖化・搾汁効率は完全ではないと考えられる。すなわち、発泡酒粕には副原料の残渣も含まれており、飼料特性においても副原料の性質が強くあらわれると推察される。一方、ビール粕の化学組成は製造ロットによる変動が大きいことも認められており^{2, 8)}、ビール粕と発泡酒粕における違いを製造ロット間の変動として取り扱うことが可能かもしれない。発泡酒の生産量はビール類全体の約 40% を占めるまでに増大しており、製造粕も既に多くが流通・利用されている。しかし、生産拡大が急速に進んだこともあって、発泡酒粕について調べた資料はほとんどない。

高水分の副産物を飼料化する場合、サイレージ調製が有効な手段となる。特に、乾燥飼料と混合した TMR サイレージは、飼料給与時の配合作業が省略できること、低水分化によ

り流通・販売が容易になること等の利点から今後主要な調製形態になると予想される。しかし、ビール粕がほぼ100%飼料化されているにも関わらず、TMR サイレージの発酵特性を詳しく調べた報告は非常に少ない。そこで本研究では、ビール粕と発泡酒粕から調製したTMR型サイレーズの発酵生成物と単少糖類の変化について検討した。

材 料 と 方 法

1. サイレージ調製

ビール粕類には生粕と脱水粕があるが、本実験では生粕を用いた。ビール粕および発泡酒粕を数種飼料と混合してTMR型とした後（ビール粕あるいは発泡酒粕：ビートパルプ：オーツヘイ：フスマ：糖蜜＝5：2：1：1：1）、500 ml 容のポリ瓶に詰め込んで25℃の恒温室中で保存した。詰め込み量は、実験1および2でそれぞれ430 g および480 g とし、ブンゼンバルブで密栓して5、20および40日間保存した。ビートパルプとオーツヘイはラセレーターで粉碎したものを、すべての飼料が十分混合されるようにした。サイレーズは3連で調製した。なお、実験1と2は1ヶ月以上の間隔をおいて行い、製造ロットの違いによる発酵特性の変動について検討した。

2. 化学分析と乳酸菌および酵母数の測定

乾物率は凍結乾燥によって測定し、単少糖類の分析は1 mm のふるいを通した粉碎試料を用いて行った。200 mg の乾燥試料に25 ml のエタノール（80：20，v/v）を加え、超音波洗浄器中で15分間抽出して遠心後の濾液を回収した。これを3回繰り返して、濾液を濃縮および真空乾燥してHPLC用の試料とした。カラムはAsahi-pak NH2-50P（4.6 mm×250 mm）を用い、糖の検出には示差屈折計を用いた。移動相はアセトニトリル：DW＝7：3（v/v）溶液とし、流速1 ml min⁻¹、カラム槽温度40℃で分析した。試料の洗浄処理はSep-pak C18 カートリッジを用いて行った。

サイレーズの発酵生成物は蒸留水抽出物を用いて分析した⁷⁾。乳酸は比色法で、短鎖脂肪酸とアルコール類はガスクロマトグラフ（GC-14A、島津製作所）で測定した。カラムはULBON HR-20M（0.53 mm×30 m）を用い、初期温度80℃で2分間保持した後、190℃まで10℃ min⁻¹の速度で昇温させて分離定量した。キャリアガスにはヘリウムを用い、注入口温度および検出器温度はそれぞれ180 および200℃とした。

乳酸菌および酵母の計数は、それぞれGYP-CaCO₃培地およびYM培地を用いて行った¹¹⁾。実験データの統計処理は、t-testにより行った。

結 果

ビール粕と発泡酒粕およびそれらから調製した混合飼料の化学組成をTable 1に示す。生粕の乾物率はビール粕の方が高く、実験1の発泡酒粕では200 g kg⁻¹を下回った。牧草類と異なり、粕中にはフルクトース、グルコースおよびスクロースがほとんど含まれなかった。単少糖類の主体はマルトースとラフィノースであり、その量はビール粕より発泡酒粕の方が多かったが、両粕間の違いよりも製造ロットによる違いの方が大きかった。

TMR型サイレーズの設定乾物率は550 g kg⁻¹であったが、実際の数値もこれに近いものであった。単少糖類の総量は実験1で>130 g kg⁻¹ DM、実験2で>110 g kg⁻¹ DMとなり、混合した粕の種類による差はほとんどなくなった。単少糖類はスクロース主体となり、これにフルクトースとグルコースが続く組成となった。相対的にマルトースとラフィノースの割合は低くなり、単少糖類の量および組成からみると、TMR型飼料調製時はビール粕と発泡酒粕による違いが消失すると考えられた。

生粕では、サイレーズ調製時点で既に乳酸が生成していたが、その量は実験1および2ともに発泡酒粕の方が多く、pHも発泡酒粕の方が低い値を示した。実験2のビール粕以外で

Table 1. Characteristics of two types of brewers grains used in the two experiments.

Experiment	1				2			
	High (Beer)		Low (Happo-shu)		High (Beer)		Low (Happo-shu)	
	Raw	Mixed	Raw	Mixed	Raw	Mixed	Raw	Mixed
Dry matter (g kg ⁻¹)	221	557	180	538	215	548	203	537
Crude protein (g kg ⁻¹ DM)	302	129	267	125	268	126	271	128
Fructose (g kg ⁻¹ DM)	0.58	28.6	0.68	31.9	1.07	21.1	1.84	21.5
Glucose (g kg ⁻¹ DM)	0.71	25.5	0.30	27.8	1.37	16.4	0.60	16.9
Sucrose (g kg ⁻¹ DM)	1.36	70.6	1.76	69.3	1.26	59.9	1.42	62.5
Maltose (g kg ⁻¹ DM)	16.7	6.95	28.0	7.49	50.0	9.22	57.9	11.6
Raffinose (g kg ⁻¹ DM)	5.25	3.60	6.81	3.39	10.2	5.29	12.7	5.33
pH	4.61	5.21	4.13	5.08	4.71	5.28	4.02	5.00
Lactic acid (g kg ⁻¹ DM)	12.8	3.24	21.9	4.74	11.4	3.84	24.7	5.30
Acetic acid (g kg ⁻¹ DM)	1.88	1.41	1.80	1.35	ND	0.81	2.18	1.24
Ethanol (g kg ⁻¹ DM)	ND	ND	ND	0.11	ND	ND	ND	ND
Lactic acid bacteria (log cfu g ⁻¹)	7.88	6.40	8.00	6.95	—	—	—	—
Yeast (log cfu g ⁻¹)	2.52	3.72	4.32	3.79	—	—	—	—

Numbers of lactic acid bacteria and yeasts were not determined in Exp 2. ND; not detected.

は少量の酢酸も生成していたが、酢酸以外の短鎖脂肪酸およびエタノールは検出されなかった。TMR 型とすると有機酸含量は相対的に低下し、詰め込み時点の pH はいずれの粕を用いた場合も >5.0 となった。実験 1 では乳酸菌数と酵母数も調べたが、生粕の乳酸菌数は約 10^8 と非常に高い値であった。TMR 型とした場合も $>10^6$ であり、乳酸菌接種が不要なレベルの菌数が計測された。酵母も認められたが、その数は乳酸菌に比べると非常に少なかった。

TMR 型サイレーズの pH および発酵生成物の変化を Fig. 1 に示す。実験 1 では、ビール粕あるいは発泡酒粕のいずれを用いた場合も、貯蔵初期から乳酸が優占した。乳酸の生成速度は発泡酒粕を用いた方が大きい傾向にあり、貯蔵 5 および 40 日後には有意差が認められた。最終濃度は 31 および $36 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ でほとんど変わらなかった。発泡酒粕を用いると

貯蔵初期の酢酸量が多くなったが、ビール粕を用いた場合は貯蔵後期に酢酸生成が強まった。ビール粕を用いるとエタノールの生成が多くなり、貯蔵期間にかかわらず酢酸とほぼ同量のエタノールが検出された。pH は、粕の種類にかかわらず約 4.0 まで低下したが、3 連で調製したサイロ間の変動が少なく常に有意差が認められた。なお、いずれの粕を用いた場合もプロピオン酸が検出されたが、微量 ($<2 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$) だったので図には示さなかった。また、*iso*-酪酸と *n*-酪酸はいずれのサイレーズからも検出されなかった。

実験 2 では、乳酸および酢酸の生成が弱く、エタノールが大量に検出された。乳酸と酢酸の量はビール粕を用いた方が多く、貯蔵 20 および 40 日後には有意差が認められた。逆に、エタノールは発泡酒粕を用いた方が多く生成し、貯蔵 5 日後から有意差が認められた。エタノールの最終濃度はビール粕

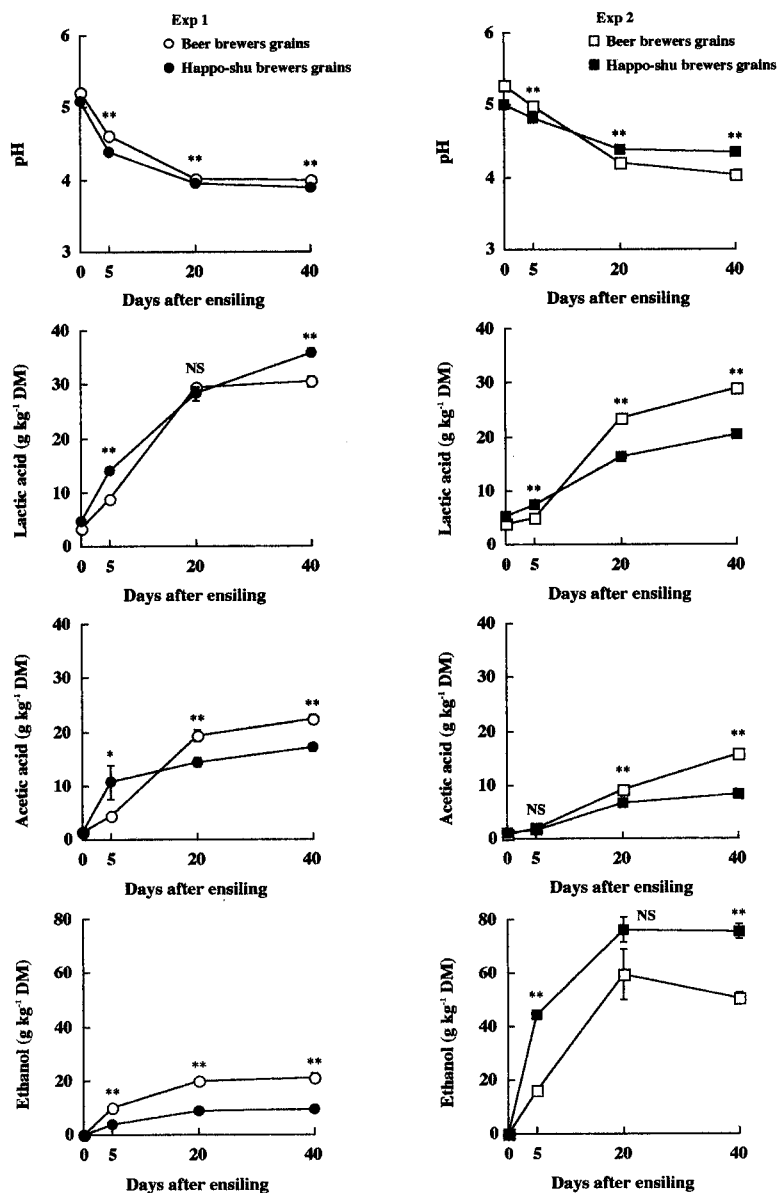


Fig. 1. Changes in fermentation products of TMR silages prepared with brewers grains left after the production of beer and happo-shu (low malt beer). Values are means and standard deviations represented by vertical bars ($n=3$). NS; not significant, *; $P<0.05$, ** $P<0.01$.

を用いた場合が $51 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ 、発泡酒粕の場合が $75 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ であり、エタノール優占型と判断されるサイレージであった。貯蔵初期の pH はビール粕を用いた方が高かったが、20 日後以降は発泡酒粕を用いた方が高い値で推移した。40 日後の pH は、ビール粕を用いた場合は 4.0 まで低下したが、発泡酒粕を用いると 4.3 までしか下がらなかった。なお、実験 1 と同様、いずれの粕を用いた場合もプロピオン酸が微量 ($< 2 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$) 検出されたが、図には示さなかった。*iso*-酪酸は発泡酒粕を用いた場合にのみ検出されたが ($< 2 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$)、*n*-酪酸はいずれのサイレージにも含まれなかった。

TMR 型サイレージにおける単少糖類量の変化を Fig. 2 および 3 に示す。実験 1 および 2 のいずれにおいてもスクロースの分解は速やかであり、粕の種類にかかわらず貯蔵 20 日後には完全に消失した。マルトースとラフィノースの分解

も速やかであり、実験 1 と 2 およびビール粕と発泡酒粕による違いはほとんどなかった。実験 2 の発泡酒粕を用いたサイレージを除き、フルクトースとグルコースは貯蔵 5 日後に一旦増加してから減少した。それらの変化はビール粕を用いた方が大きかったが、実験 1 では 40 日後でも相当量のフルクトースとグルコースが残存したのに対し、実験 2 ではこれらがいずれもほとんど消失していた。フルクトースとグルコースの変化は発泡酒粕を用いた場合も認められたが、貯蔵中の変化はビール粕の TMR 型サイレージに比べると小さかった。ただし、実験 1 と 2 における消失様相の違いはビール粕を用いた場合よりも大きく、実験 1 では発泡酒粕を用いると糖が多く残存したのに対し、実験 2 では逆により多く消失する結果となった。実験 1 では、粕の種類にかかわらず、貯蔵に伴うマンニトールの蓄積が認められた。貯蔵初期は発泡酒粕

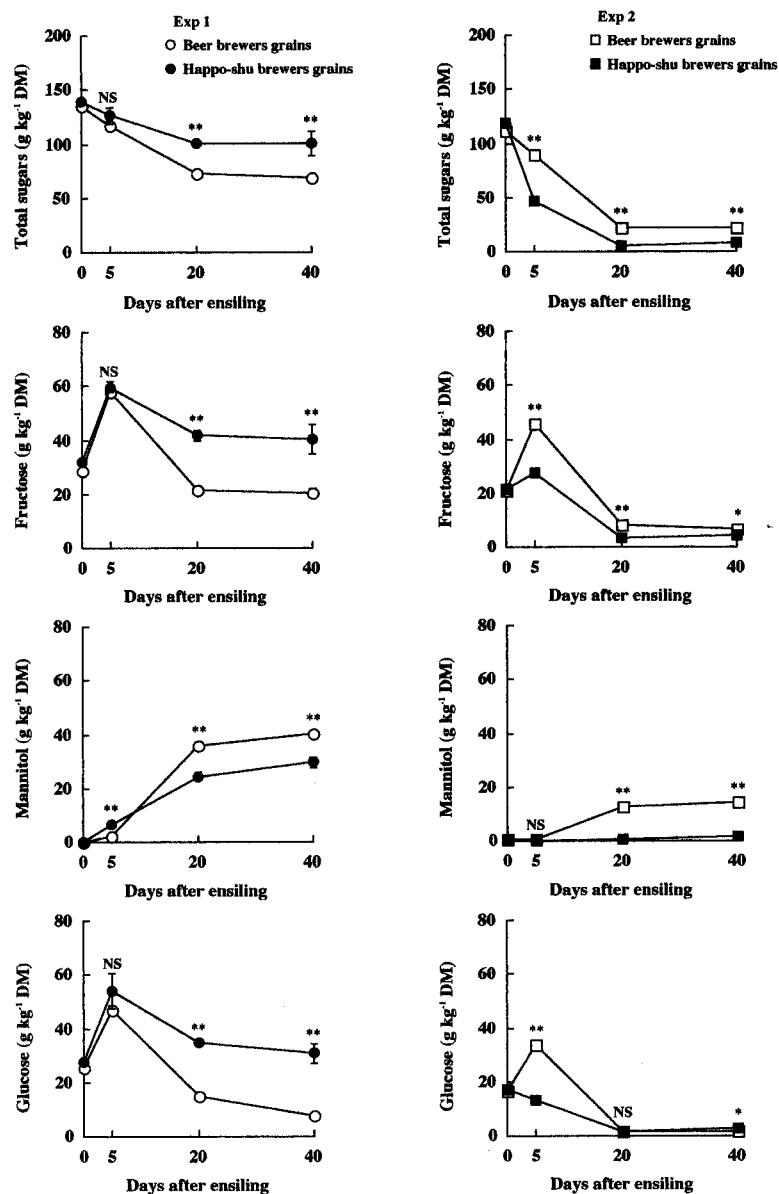


Fig. 2. Changes in fructose, mannitol and glucose of TMR silages prepared with brewers grains left after the production of beer and happo-shu (low malt beer). Values are means and standard deviations represented by vertical bars ($n=3$). NS; not significant, *; $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

を用いた方がマニトールが多く検出されたが、20日後以降はビール粕を用いたサイレージの方がマニトールが多かった。実験2でもマニトールの蓄積が認められたが、その量は実験1に比べると非常に少なく、発泡酒粕を用いたサイレージの40日後のマニトールは $<2 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ に過ぎなかった。

考 察

ビール粕と発泡酒粕の単少糖類量は、実験1と2で大きく異なっていた。粕類の単少糖類量が製造ロットによって変動することは広く認識されているが²⁾、我々が過去に分析した7例のビール粕では最大値が $30 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ であり8)、実験2の $>60 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ という単少糖類量は過去の事例とは大きく異なる。同じ7例の発泡酒粕における最大値は $106 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$ だったので、本実験における数値はこれまでの結果と矛盾しない。実験2のビール粕で非常に高い値が得られた理由は不明だが、製造ロット間の変動は以前報告した範囲より大きいと考えるべきであろう。

実験2では材料粕の乳酸菌数を測定しなかったが、pHと乳酸量が実験1の粕と似ていたことから、乳酸菌は実験1に匹敵する高いレベルで存在していたと考えられる。排出当日の夕方に行った我々の測定例では、いずれの粕でも常に $>10^7 \text{ cfu g}^{-1}$ の乳酸菌が検出されており⁸⁾、ビール粕と発泡酒

粕は乳酸菌にとって非常に増殖しやすい基質と判断できる。発泡酒粕の方がpHが低かったが、これは測定時に生じていた乳酸量の違いによるものであろう。

実験1ではヘテロ型の乳酸発酵が、実験2ではエタノール発酵が優占した。製造ロットによる違いは大きかったが、粕の種類による差が小さかったことから、副原料の種類や使用割合が異なっても、サイレージ原料としての特性は似かよっていると考えられる。ただし、実験1および2のいずれにおいても、発泡酒粕を用いた方が貯蔵初期の発酵は活発で、貯蔵5日後の酢酸(実験1)およびエタノール(実験2)はビール粕を用いたサイレージより多かった。

マニトールはフルクトースの還元によって生じる糖アルコールであり⁶⁾、マニトールが蓄積したことはヘテロ型乳酸発酵の進行を裏付ける。エタノールもヘテロ型乳酸発酵によって生成するが、乳酸や酢酸をはるかに上回る量が生成したことから、実験2では貯蔵初期から酵母が活発に増殖したと考えられる⁶⁾。

ヘテロ型乳酸発酵において、フルクトースが水素受容体となってマニトールを生じる時は、エタノールの生成経路が抑制されると考えられている⁶⁾。実際、マニトールが多かった実験1ではエタノールの生成が弱く、実験2でもマニトールが多いサイレージの方がエタノールは少なかった。

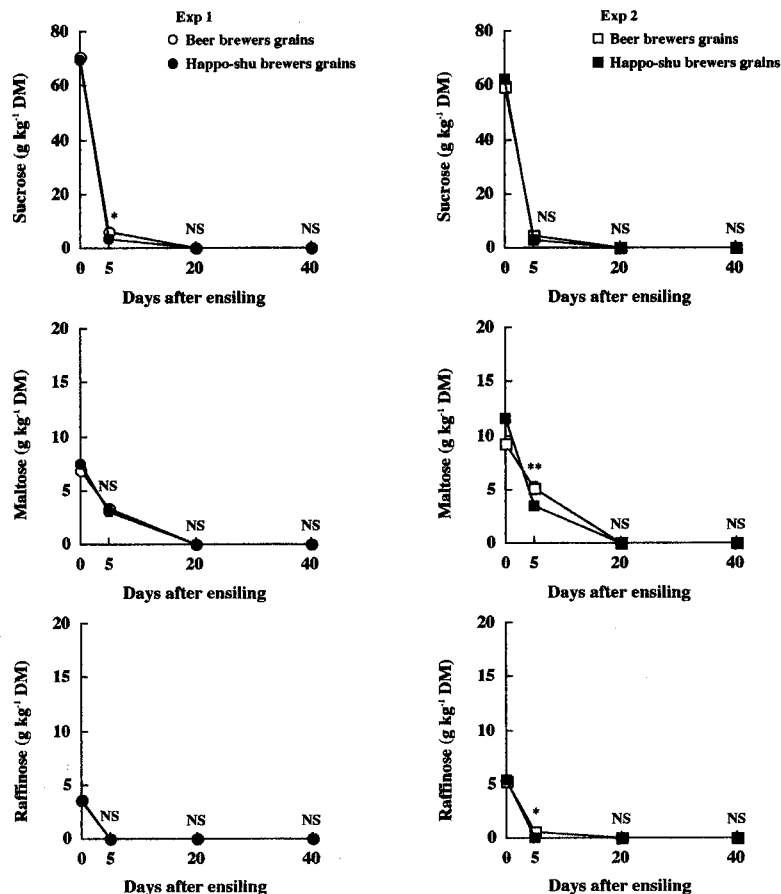


Fig. 3. Changes in sucrose, maltose and raffinose of TMR silages prepared with brewers grains left after the production of beer and happo-shu (low malt beer). Values are means and standard deviations represented by vertical bars (n=3). NS; not significant, *; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$.

最近, DRIEHUIS and VAN WIKSELAAR は, 低水分サイレージでエタノールが優占する事例を報告している³⁾。彼らは, 材料草の単少糖類が多く低水分で調製されたサイレージでエタノールが生じやすく, ホモ型乳酸菌の添加や物理的な破碎処理によってエタノール優占サイレージの発生を防止できること等を示しているが, 発生要因の特定には至っていない。本実験で用いた粕とフスマの粒度は小さく, またオーツヘイとビートパルプは粉碎後に混合しているので, 物理的な要因でエタノール優占サイレージが生じたとは考えにくい。良好に貯蔵された牧草サイレージでも 10 g kg^{-1} DM 程度のエタノールは生じるが, 乳酸や酢酸を上回る量は通常認められない。エタノール優占サイレージがどれほどの頻度で生じているかは不明だが, DRIEHUIS and VAN WIKSELAAR は牧草サイレージの 3 割弱と報告しており³⁾, 非常に稀な事例とは思われない。

図には示していないが, 実験 1 および 2 のいずれのサイレージでも, *n*-酪酸は全く検出されなかった。また, アンモニア態窒素の比率も $<60 \text{ g kg}^{-1}$ N であり, ヘテロ型乳酸発酵あるいはエタノール発酵のいずれが優占しても, V-SCORE を評価基準とすると本実験で調製したサイレージは全て良質 (V-SCORE > 80 点) となる⁵⁾。エタノールが測定項目に入らなければ, 発泡酒粕の TMR 型サイレージが示した比較的高い pH も (実験 2), 低水分材料なので発酵が全体的に抑制されたと解釈される。

本実験における TMR 型サイレージは, その組成が非常に単純でタンパク質含量も 130 g kg^{-1} DM 程度に過ぎない。そのため, 十数種類以上の飼料原料から調製する高泌乳牛用の TMR 型サイレージが, 本実験と異なる結果を示す可能性はある。しかし, 実験 1 の粕を別の配合条件 (粕: アルファルファ乾草: 圧扁トウモロコシ: フスマ: ビートパルプ: 糖蜜 = 5:1:1:1:1:1, DM 536 g kg^{-1} , CP 156 g kg^{-1} DM) でサイレージ化しても, 発酵特性や単少糖類の変化は実験 1 と大きく変わらない⁹⁾。よって, 実験 1 と 2 のような発酵特性の違いは, 配合条件が異なっても認められると考えられる。

我々は, 本実験と同じ配合条件で, 計 4 回 8 種類のサイレージ調製を行っている。その中でエタノール優占サイレージを生じたのは, ビール粕よりも発泡酒粕を用いた方が多い。このことは, 単少糖類が多いとエタノール発酵が起こりやすいという DRIEHUIS and VAN WIKSELAAR の報告を支持しているが, TMR 型で混合すると糖類量の差はなくなるので, 要因としては不十分である。粕類を利用した TMR 型サイレージの発酵制御法についてさらに検討するとともに, エタノール優占サイレージの生成要因ならびに栄養特性を明らかにする必要があるだろう。

引用文献

- 1) 阿部 亮 (2000) 食品製造副産物利用と TMR センター。酪総研。札幌市。pp. 25-60.
- 2) 甘利雅弘・A. PURNOMOADI (1996) ビール粕の牛用飼料としての飼料価値と消化特性。畜試研報 57, 39-46.
- 3) DRIEHUIS, F. and P. G. VAN WIKSELAAR (2000) The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry matter grass silage. *J. Sci. Food Agric.* 80, 711-718.
- 4) JOHNSON, C. O. L. E., J. T. HUBER and K. J. KING (1987) Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70, 98-107.
- 5) 榎木茂彦 (2001) サイレージの品質判定。粗飼料の品質評価ガイドブック (自給飼料品質評価研究会編)。日本草地畜産種子協会。東京。pp. 91-95.
- 6) McDONALD, P., A. R. HENDERSON and S. J. E. HERON (1991) The Biochemistry of Silage (2nd Ed.). Chalcombe Publications, Bucks. pp. 81-151.
- 7) NISHINO, N. and S. UCHIDA (1998) Effects of cell wall degrading enzymes and lactic acid bacteria on the fermentation of rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth.) silage stored at various ambient temperature. *Grassl. Sci.* 44, 199-203.
- 8) 西野直樹・原田宏明・坂口 英 (2001) 高水分粕類のサイレージ化と利用 (その 1). 3. ビール粕と発泡酒粕から調製したサイレージの発酵特性。日草誌 47, 318-322.
- 9) NISHINO, N., H. HARADA and E. SAKAGUCHI (2003) Evaluation of fermentation and aerobic stability of wet brewers' grains ensiled alone or in combination with various dry feeds as a total mixed ration. *J. Sci. Food Agric.* 83, 557-563.
- 10) SCHNEIDER, R. M., J. H. HARRISON and K. A. LONEY (1995) The effects of bacterial inoculants, beet pulp, and propionic acid on ensiled wet brewers grains. *J. Dairy Sci.* 78, 1096-1105.
- 11) YU ZHU, N. NISHINO, Y. KISHIDA and S. UCHIDA (1999) Ensiling characteristics and ruminal degradation of Italian ryegrass and lucerne silages treated with cell wall degrading enzymes. *J. Sci. Food Agric.* 79, 1987-1992.

要 旨

西野直樹・原田宏明・坂口 英 (2003): ビール粕と発泡酒粕から調製した TMR 型混合サイレージにおける発酵生成物と単少糖類の変化。日草誌 49, 367-372.

ビール粕と発泡酒粕を数種飼料と混合して (ビール粕あるいは発泡酒粕: ビートパルプ: オーツヘイ: フスマ: 糖蜜 = 5:2:1:1:1), 実験室規模の TMR 型サイレージを調製した。貯蔵 5, 20 および 40 日後に開封して発酵生成物と単少糖類の変化を調べ, ビール粕と発泡酒粕のサイレージ原料としての比較を行うとともに, 粕類を利用した低水分サイレージの発酵特性について検討した。

ビール粕と発泡酒粕のいずれも乳酸菌の増殖に好適な材料であり, 排出後 12 時間以内に乳酸が生じていた。単少糖類の主体はマルトースとラフィノースであり, その量は発泡酒粕の方が多かった。TMR 型で混合すると単少糖類はフルクトース, グルコースおよびスクロース主体となり, 量および組成の違いはほとんどなくなった。

TMR 型サイレージは, 乳酸あるいはエタノール優占型の発酵特性を示した。乳酸優占の場合でも, 貯蔵に伴ってマニトールが蓄積したことから, 主な発酵形式はヘテロ型と考えられた。エタノールの最大値は発泡酒粕を用いたサイレージで認められ, その量は 75 g kg^{-1} DM に達した。プロピオン酸以上の短鎖脂肪酸はほとんど検出されず, 乳酸あるいはエタノールのいずれが優占した場合も良質と評価される (V-SCORE > 80) サイレージが調製された。粕の種類は発酵生成物および単少糖類の変化のいずれにも影響したが, 本実験の結果からは製造ロットによる発酵特性の変動の方が大きいと判断された。

キーワード: サイレージ, TMR, 発泡酒粕, ビール粕