J. Rakuno Gakuen Univ., **32** (2) : 145～148 (2008)

ビール粕と規格外小麦粉の混合物を原料とするサイレージの発酵品質

照 井 英 樹[1)]・宮 島 涉[2)]・安 宅 一 夫[2)]

Fermentation qualities of silages made from brewers grain and substandard wheat flour

Hideki TERUI, Wataru MIYAJIMA and Kazuo ATAKU
(November 2007)

緒　　言

近年の世界的な穀物価格の高騰や需給の変動に伴い[1,2]，食品製造副産物は家畜の飼料としての積極的利用が期待されている[4,8]。食品製造副産物の一つであるビール粕は水分含量が高く，排出後短時間で品質が劣化しやすいので，乳酸菌等を加え，一定期間貯蔵発酵させて利用する方法が推奨される。一方，水分含量は低いが，異物の混入や成分の変質，長期間出荷できなかった小麦粉などが規格外小麦粉として発生している。小麦粉は栄養価が高いが，そのままでは飛散しやすいなど単味飼料としては取扱いが難しい。これら製造副産物は，発生する時期，量とも不安定であるので，両者を混合，貯蔵発酵させることで，比較的安定した利用が期待される。しかし，発酵貯蔵する場合の発酵品質については未解明である。本研究ではビール粕およびビール粕と規格外小麦粉との混合物を材料としたサイレージを調製し，サイレージの原料としての適性と，添加剤による発酵品質への影響を検討した。

材料および方法

1．材料

材料には市販のビール粕および北海道江別市近郊の小麦粉工場で発生した規格外小麦粉を用いた。

2．サイレージ調製

ビール粕（BG）1 kg およびビール粕に規格外小麦粉を1対1で混ぜた混合物（B＋W）1.2 kg に対し，所定の添加物をスプレーにより添加，混合した後に，1000 ml の実験用プラスチックサイロに2反復，詰め込み密封した。添加処理は以下のとおりとした。

1）無添加（対照区）。
2）乳酸菌製剤（アクレモスプレー，雪印種苗株式会社製）0.1%添加（乳酸菌区）。
3）有用微生物群製剤（EM1，EM 研究所製）0.1%添加（EM 区）。
4）麹菌大豆発酵培養物混合飼料（イムソイ，ニチモウ株式会社製）0.1%添加（IM 区）。
5）納豆菌製剤（スーパーコーケン BS，コーケン株式会社製）0.1%添加（NB 区）。

サイロは室温で15日間貯蔵後に開封し，分析に供した。

3．分析方法

材料およびサイレージは，乾燥，粉砕して，成分分析に供した。水分は常法[5)]，可溶性炭水化物（WSC）は Anthrone 比色法[7)]，粗蛋白質（CP）は Kjeldahl 法[5,9)] により定量した。サイレージの発酵品質については，pH，全窒素に対するアンモニア態窒素比率，有機酸含量，乾物回収率およびガス損失率について測定し，フリーク評点および V-スコアによる評価を行った。

統計学的な解析は，BG，B＋W の材料別のサイレージに対する添加物の効果については一元配置法で，添加物および小麦粉の混合効果とそれらの交互作用は二元配置法を用いて解析した。

結果および考察

1．材料の成分

材料の成分を表1に示した。BG および B＋W の水分含量はそれぞれ 74.3%および 43.8%であり，乾物中の CP および WSC 含量はそれぞれ，23.0%と15.0%および6.9%と43.8%であった。良質サイ

1) 株式会社アイデーイーシー（酪農学園大学短期大学部非常勤講師）
IDEC Abira, Hokkaido, 059-1433, Japan
2) 酪農学園大学酪農学部酪農学科家畜飼料学研究室
Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

表 1 原材料の成分

	BG	B＋W
水分（%）	74.3	43.8
CP（乾物%）	23.0	15.0
WSC（乾物%）	6.9	43.8

CP：粗蛋白質　　WSC：可溶性炭水化物
BG：ビール粕　単独　　B＋W：ビール粕＋小麦粉

レージを調製するには，水分と糖分を適度に含んでいることおよび詰め込み後早期にサイロ内を嫌気的条件にすることが必要である[6]。本研究における BG の水分含量および WSC 含量は日本飼養標準[3] に示された値に近いものであり，サイレージの材料として適しているとは言い難い。しかし，ビール粕に規格外小麦粉を混ぜることで，水分含量は 43.8%に低下し，WSC 含量は 43.8%に向上した。

2．サイレージの発酵品質

サイレージの発酵品質を表 2 に示した。

BG では，pH は 3.53～3.83 の範囲にあり，添加物による有意差はみられなかった。B＋W では，無添加，IM 区および NB 区に対して，乳酸菌区は有意に低くなった（$P<0.05$）。二元配置法による分析では，添加物による有意な効果はみられなかったが，pH の平均値は，BG が 3.68 に対し，B＋W では 3.50 と低い値を示した（$P<0.01$）。いずれの場合も pH はサイレージとしては一般的に望ましいとされる範囲内であった。

サイレージの有機酸組成についてみると，乳酸含量は，BG では，無添加および EM 区に対して，乳酸菌区で有意に高かった（$P<0.05$）。B＋W では，乳酸菌区，EM 区および IM 区に対し，NB 区では乳酸含量は有意に低下した（$P<0.05$）。BG の平均乳酸含量 0.83%に対して B＋W では 1.22%と高くなった（$P<0.01$）。また添加物および小麦粉の混合による有意な交互作用が示された（$P<0.01$）。BG 単独の場合でも，すべての区において，かなりの乳酸が生成されたが，小麦粉の混合によって NB 区を除いた区における乳酸含量の増加によるものである。

表 2 ビール粕（BW）およびビール粕と規格外小麦粉の混合物（BW）のサイレージの発酵品質と添加物の効果

	無添加	乳酸菌	EM[1]	IM[2]	NB[3]	添加物(A)	材料(B)	A×B	SE[4]
pH									
BG	3.74	3.59	3.53	3.68	3.83	－	＊＊	－	0.06
B＋W	3.51^{a}	3.48^{b}	3.49^{ab}	3.51^{a}	3.51^{a}				
乳酸（%）									
BG	0.59^{b}	1.23^{a}	0.71^{b}	0.82^{ab}	0.80^{ab}	＊＊	＊＊	＊＊	0.07
B＋W	1.17^{ab}	1.35^{a}	1.27^{a}	1.45^{a}	0.88^{b}				
酢酸（%）									
BG	0.18^{b}	0.37^{a}	0.29^{ab}	0.32^{ab}	0.32^{ab}	－	＊＊	－	0.03
B＋W	0.12	0.17	0.16	0.15	0.14				
酪酸（%）									
BG	0	0	0	0	0	－	－	－	－
B＋W	0	0	0	0	0				
総酸（%）									
BG	0.82^{b}	1.65^{a}	1.09^{b}	1.24^{ab}	1.21^{ab}	＊＊	＊＊	＊＊	0.08
B＋W	1.29	1.52	1.43	1.60	1.01				
フリーク評点									
BG	90	94	84	85	85	－	＊＊	－	3.62
B＋W	100	100	100	100	100				
アンモニア態窒素比率（総窒素中%）									
BG	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	＊	＊＊	－	0.01
B＋W	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2				
V-スコア									
BG	99.2	97.0	97.3	97.0	97.1	＊	＊＊	＊	0.30
B＋W	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0				
ガス損失率（%）									
BG	1.1	1.5	1.5	1.5	1.4	－	＊＊	－	0.13
B＋W	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8				
乾物回収率（%）									
BG	97.4	94.8	96.0	97.1	97.4	－	－	－	1.15
B＋W	98.1	96.6	97.4	97.7	97.7				

[1]有用微生物群製剤，[2]麹菌大豆発酵培養物混合飼料，[3]納豆菌製剤，[4]標準誤差。
[a,b] 異文字間に有意差あり（$P<0.05$）。
添加物，サイレージ材料の種類および交互作用（＊＊ $P<0.01$，＊ $P<0.05$）。

酢酸含量は，BG 区では，無添加区に対して乳酸菌区が有意に高かった（P＜0.05）が，EM，IM および NB の各区間に有意な差はなかった。B＋W では各添加区における有意差はみられなかった。酢酸含量の平均値では，BG の 0.30％に対し，B＋W は 0.14％と有意に低い値を示した（P＜0.01）。

n-酪酸，i-吉草酸および i-カプロン酸含量は，全ての処理区において生成はみられなかった。n-カプロン酸は，B＋W の処理区においては生成がみられなかったが，BG の処理区では 0.001～0.002％の範囲内で生成がみられた。

総酸含量は，BG では，無添加区および EM 区に対して乳酸菌区で有意に高い値を示した（P＜0.05）。B＋W では，各処理区間で有意な差はみられなかった。BG の平均値 1.20％に対し B＋W の平均値は 1.37％と有意に高くなり（P＜0.01），添加物と小麦粉混合の有意な交互作用もみられた（P＜0.01）。

フリーク評点は，BG では無添加区および乳酸菌区に対し，EM 区，IM 区および NB 区で低下したが，有意な差はみられなかった。B＋W では全ての処理区で 100 であった。BG の各処理区の平均値 88 に対し B＋W では 100 で，小麦粉の混合による有意な効果がみられた（P＜0.01）。

アンモニア態窒素比率は，全処理区で 0.9％～1.2％と低く，添加区間に有意差はみられなかった。BG の平均値 1.0％に対して，B＋W の平均値は 1.2％と有意に高かった（P＜0.01）。

V-スコアは，BG では各添加区で 95 以上であり，有意差はみられなかった。B＋W では各添加区とも 100 で有意差はみられなかった。BG の平均値 97.5 に対し，B＋W は 100 と有意に高い小麦粉の添加効果があった（P＜0.01）。各有機酸含量，アンモニア態窒素比率およびそれらの総合判定であるフリーク評点および V-スコアの結果から，小麦粉の混合による水分含量の調節と WCS 含量の増加は，安定的に良好な発酵品質のサイレージをもたらすことを示した。

3．ガス損失率と乾物回収率

⑴　ガス損失率

BG，B＋W とも，全処理区のガス損失率は低く，添加区間に有意差はみられなかった。小麦粉の混合により，BG のガス損失率平均値 1.4％に対し，B＋W では平均で 0.8％と有意に低下した（P＜0.01）。

⑵　乾物回収率

BG，B＋W とも全処理区の乾物回収率はきわめて高く，添加区間に有意差はみられなかった。また，小麦粉の混合効果もみられなかった。

謝　　辞

本研究を遂行するにあたり，原材料を快く御提供頂いた恵庭市今井牧場ならびに横山製粉株式会社に心から感謝申し上げます。また，本研究を行うに当たり，当初より多大なる御協力，御助言を下さいました酪農学園大学家畜センター上野光敏技師および家畜飼料学研究室諸氏に深く感謝の意を表します。

要　　約

食品副産物であるビール粕は，低コスト飼料として利用可能であるが，高水分のため長期保存，輸送などが困難である。一方で，食品に適さない規格外小麦粉が廃棄されており，飼料としての有効利用が望まれている。そこで，ビール粕およびビール粕と規格外小麦粉の混合物をサイレージに調製し，その発酵品質を調べた。

ビール粕単独とビール粕に規格外小麦粉を混ぜたものを原料とし，１リットル容プラスチックサイロにサイレージを調製した。双方とも無添加を対照区とし，乳酸菌製剤（乳酸菌区），有用微生物群製剤（EM 区），麹菌発酵大豆混合飼料（IM 区）および納豆菌製剤（NB 区）を添加し，室温で 15 日間貯蔵した。

ビール粕単独の無添加サイレージの pH は 3.74 に対し，ビール粕＋小麦粉で低くなった（P＜0.01）。乳酸含量はビール粕単独では対照区が低く，乳酸菌区で高くなった（P＜0.05）。またビール粕単独に対し，ビール粕＋小麦粉が高かった（P＜0.01）。全窒素に対するアンモニア態窒素比率はビール粕単独およびビール粕＋小麦粉とも添加物による有意な差はみられず，すべて低かった。ガス損失率はすべて低い値であったが，小麦粉の混合によりさらに低くなった（P＜0.01）。乾物回収率には，材料および添加物の影響はなかった。フリーク評点，V-スコアにおいて添加区に有意差はみられず，ビール粕＋小麦粉ではすべて 100 点であった。

参 考 文 献

１）Ashbell, G.．イスラエル酪農における副産物の利用．2006．安宅一夫（監修）．精鋭牛群へのロードマップ．酪農学園大学エクステンションセンター．

２）Fadel, J. 2003. Production Geographical Distribution, and Environmental Impact of By-

Products. 1-7. 3 rd National Alternative Feeds Symposium. Proceedings. The Ohio State Univ. Ohio. USA
3）中央畜産会．日本飼養標準　乳牛（2006年度版）．2007．中央畜産会．東京．
4）石毛一男．2000．未利有機物資源の飼料利用ハンドブック．157．㈱サイエンスフォーラム．東京
5）自給飼料品質評価研究会(編)．粗飼料の品質評価ガイドブック．1994．日本草地協会．東京．
6）McDonald, P, A.R. Henderson, and S.J.E. Heron (Ed). 1991. The Biochemistry of Silage. 2 nd Ed. Chalcombe Publication. London, GB.
7）森本宏(監修)．1971．動物栄養試験法．養賢堂．東京．
8）農林水産省食品流通局．2000．未利有機物資源の飼料利用ハンドブック．23-27．㈱サイエンスフォーラム．東京
9）Van Soest, P.J. and J.B. Robertson. 1985. Analysis of Forage and Fibrous Feeds. A. Laboratory Manual. Cornell Univ., Ithaca, NY. USA.

Abstract

Wet brewers grain (BG) is low cost feed ingredient, but it has been difficult to widely utilize due to its high moisture contents. On the other hand, substandard wheat flour from wheat flour plants has been abundant while it is high in nutrients. The objective of this study was to evaluate silages made of BG and mixture of BG and substandard wheat flour (B＋W) by those fermentation qualities when various additives were added.

BG and B＋W were ensiled in one litter of plastic silo with no additive (Control), lactic acid bacteria (L), Effective microorganisms (EM), *Aspergilus orizae* soybean culture (IM), and natto bacteria (NB) were added, then preserved at room temperature for 15 d.

The composition of BG was 74.3% in moisture, 23.0%DM in CP, and 3.9%DM in WSC while B＋W was 43.8% in moisture, 15.0% in CP, and 43.8% in WSC. The pH of the silage of BG was 3.74, and lower at B＋W ($P<0.01$). Lactic acid content of control silage was the lowest among BG silages, but L and B＋W silages were higher ($P<0.01$). There was no difference in acetic acid contents among B＋W silages, but BG with L resulted in more acetic acid content than control silage ($P<0.01$). NH_3-N contents did no differ in additives in both BG and B＋W silages, but mixing of wheat resulted in higher ($P<0.01$). Both gas loss and moisture were lower in B＋W than BG silages ($P<0.01$), but no difference in DM recovery. No difference were detected in Flieg's score or V-Score, but mixing of wheat resulted in 100 points in all additives.