

釀酒副產物的青貯品質及有害物質之研究⁽¹⁾

謝文章⁽²⁾ 陳建富⁽²⁾ 楊深玄⁽²⁾ 蘇安國⁽²⁾

收件日期：90 年 9 月 14 日；接受日期：91 年 8 月 15 日

摘 要

本試驗目的在探討本省釀酒副產物啤酒糟及高粱酒粕之青貯品質與有害物質，進一步了解副產物之飼糧品質。試驗結果顯示：啤酒糟青貯前之香豆酸含量(6.50 mg/g, DM)較高粱酒粕(3.40 mg/g, DM)為高，與玉米 1：1 及 2：1 混合者有降低的趨勢；兩副產物青貯後之香豆酸含量均較青貯前為低。分析釀酒副產物的氰酸含量，啤酒糟青貯前為 140 ppm，高粱酒粕為 249 ppm，與玉米 1:1 混合前者為 151 ppm，後者為 178 ppm；兩者青貯後均有降低氰酸含量的趨勢。啤酒糟與高粱酒粕青貯前後之重金屬銅含量前者在 27.5~31.0 ppm，後者在 9.3~11.8 ppm；兩副產物與玉米 1：1 及 2：1 混合青貯前後均有降低重金屬銅含量的趨勢。

啤酒糟與高粱酒粕青貯前之粗蛋白質含量為 25.8 及 16.1%，與玉米混合後均呈降低；青貯亦有降低粗蛋白質含量的趨勢。啤酒糟青貯前之中洗纖維含量較高粱粕高，酸洗纖維含量則較低，與玉米混合後青貯均降低中、酸洗纖維含量。青貯品質以兩種副產物與玉米 1：1 混合之青貯品質較佳，其 Flieg's point 為 73 及 60，而以啤酒糟單獨青貯者最差。啤酒糟與玉米混合，可提高試管乾物消化率，青貯後只有 1：1 混合者，其消化率提高；高粱酒粕亦以混合青貯較佳，青貯後亦可提高試管乾物消化率。

山羊餵飼高粱酒粕青貯料之採食量、日增重及飼料換肉率分別為 1.72 kg/day，130 g 及 12.8；餵飼精料組為 1.17 kg/day，102 g 及 11.4；換算飼料成本前者需 54.3 元，而後者為 85.5 元，以餵飼青貯料組經濟效益較高。

關鍵詞：啤酒糟、高粱酒粕、氰酸、香豆酸、銅、青貯品質。

緒 言

本省以副產物調製青貯料，供給牛羊芻料利用，以降低生產成本（蘇及楊，1998 a, b）與解決副產物污染問題（陳，1977；陳及陳，1979），為飼養管理上的一種趨勢，目前以啤酒糟及高粱酒粕等最為普遍，其中有單獨利用者，有混合其他精料或加以青貯後利用者。前述的材料為禾本科的穀實，釀酒後之副產物在提供畜牧利用之同時，宜了解其青貯料的品質及所含的有害物質，避免在

(1) 行政院農委會畜產試驗所研究報告第 1127 號。

(2) 行政院農委會畜產試驗所恆春分所。

飼養上對動物造成不良的影響。

畜牧利用的副產物如啤酒糟與高粱梁酒粕等，是否含有氰酸及重金屬物質，常會影響動物的生產，自然界中含有氰酸的植物很多(王，1985)，如高粱及強生草等均含有此種化合物。氰酸主要的作用是抑制 Porphyrin 酵素，這種酵素為呼吸代謝循環中與氧結合的催化劑，因此造成細胞窒息 (Gettley and Baine, 1938)。氰化合物中毒的現象，首先為呼吸困難、喘氣、步伐蹣跚、癱瘓、虛脫、抽搐、昏迷乃至死亡(Coop and Blakley, 1950)，動物致死量為每小時每磅體重 2 克氰酸 (Moram, 1954)。

禾本科牧草所含的酚酸物質對於芻料的消化率具有抑制作用，主要為香豆酸(*p*-coumaric acid) (Hartley and Ford, 1989)，而且隨著含量增加其抑制作用愈強(Burritt *et al.*, 1984; Jung, 1985; Cherny *et al.*, 1986; 1991)，進而影響芻料的適口性、採食量、乾物消化率、動物增重及產奶量(Frenchick *et al.*, 1976; Keith *et al.*, 1979)。

銅中毒性的原因可分為原發性 (急性與慢性中毒)與繼發性(植物性與肝原性中毒)兩種，急性中毒症狀為重度腸胃炎、下痢及腹痛，慢性中毒為元氣喪失、食慾不振、貧血、黃疸及血尿等現象(吳，1989)。

本試驗的目的在瞭解本省利用的釀酒副產物所含之有害物質及其青貯品質，並進一步探討高粱酒粕青貯料對於山羊的飼養效率。

材料與方法

I. 試驗材料：

- (i) 釀酒副產物包括啤酒糟、高粱酒粕。
- (ii) 上述材料依 1:1 及 2:1 不同比例混合玉米粒調製之青貯料，以 500 公斤桶裝青貯，並加以填實，水分調整在 65% 左右；計六處理，三重複，試驗採完全逢機設計 (CRD)。

II. 試驗方法：

- (i) 分析副產物及青貯料中有害物質肉桂酸含量，包括香豆酸與阿魏酸的含量，分析方法採用謝及蔡 (1998)。
- (ii) 分析副產物及青貯料中有害物質重金屬銅含量 (中華土壤肥料學會，1994)。
- (iii) 分析副產物及青貯料中有害物質氰酸的含量，分析方法採用 Gorz and Haag (1986)。
- (iv) 分析副產物及青貯料中一般營養成分，包括粗蛋白質、中洗及酸洗纖維含量；粗蛋白質分析採用 Kjeldahl 法測定；中洗及酸洗纖維分析採用 Goering and van Soest (1970) 法測定。
- (v) 副產物青貯前後之 pH、乙酸、丁酸、乳酸含量及青貯 Flieg's point。
- (vi) 副產物青貯前後之試管乾物消化率(*In vitro* dry matter digestibility)，分析方法採用 Tilley and Terry (1963)。
- (vii) 山羊餵飼青貯副產物的採食量、日增重及增重效率，參試山羊為三~四月齡，體重約 20 公斤之本省雜交山羊，計二處理，三重複 (每一重複之山羊頭數 10 隻)，試驗採完全逢機設計 (CRD)。

結果與討論

I. 釀酒副產物之肉桂酸含量

啤酒糟、高粱酒粕及玉米粒混合調製之青貯料，青貯前之肉桂酸含量由表 1 顯示，啤酒糟之香豆酸含量最高為 6.50 mg/g DM，高粱酒粕為 3.40 mg/g DM，兩種副產物與玉米 1:1 及 2:1 混合青貯均有降低香豆酸含量的趨勢；阿魏酸的含量以高粱酒粕較高為 2.22 mg/g DM；啤酒糟為 0.61 mg/g DM，啤酒糟與玉米 1:1 混合青貯者為 0.91 mg/g DM，其他混合青貯處理阿魏酸(Ferulic acid)含量亦降低；兩種肉桂酸所含的酸式(E1)與酯式(E2)化合物，酸式鍵結者係不經氫氧化鈉水解，為水溶性部份，酯式鍵結者係經氫氧化鈉水解，為非水溶性部份，均以酯式較酸式的含量高，此結果與謝及蔡（1998）分析牧草的結果相同。

釀酒副產物與玉米不同比例混合青貯後之肉桂酸含量由表 2 得知，青貯二個月後之香豆酸含量有明顯下降的趨勢，降低約 57%；阿魏酸則降低約 46%，顯示青貯調製有降低肉桂酸含量的效果。青貯二個月與青貯三個月的肉桂酸含量變化不大。

綜合以上的結果可知，青貯前之肉桂酸含量以啤酒糟最高，與玉米混合青貯者較低；青貯後所有處理的肉桂酸含量，均有下降的趨勢。

表 1. 不同處理副產物青貯前之肉桂酸含量

Table 1. The content of cinnamic acid of by-products before ensiling

Treatment*	<i>p</i> -Coumaric acid			Ferulic acid		
	E1*	E2	Total	E1	E2	Total
	mg /g DM					
A*	1.30 ± 0.14	5.20 ± 0.64	6.50 ± 0.80	0.18 ± 0.02	0.43 ± 0.05	0.61 ± 0.10
B	0.30 ± 0.04	3.07 ± 0.43	3.37 ± 0.41	0.28 ± 0.04	0.63 ± 0.10	0.91 ± 0.16
C	0.64 ± 0.08	4.59 ± 0.64	5.23 ± 0.73	0.15 ± 0.02	0.29 ± 0.03	0.43 ± 0.04
D	0.92 ± 0.16	2.48 ± 0.32	3.40 ± 0.46	0.60 ± 0.08	1.62 ± 0.21	2.22 ± 0.25
E	0.18 ± 0.02	0.92 ± 0.10	1.10 ± 0.12	0.17 ± 0.02	1.20 ± 0.15	1.37 ± 0.16
F	0.79 ± 0.08	1.78 ± 0.21	2.57 ± 0.25	0.53 ± 0.06	1.15 ± 0.16	1.68 ± 0.20

*A: Brewers grain; B: Brewers grain : Corn =1:1; C: Brewers grain : Corn =2:1.

D: Sorghum wine residue; E: Sorghum wine residue : Corn =1:1; F: Sorghum wine residue : Corn = 2:1.

E1: unhydrolyzed by 1N NaOH; E2: hydrolyzed by 1N NaOH.

表 2. 不同處理副產物青貯後之肉桂酸含量

Table 2. The content of cinnamic acid of brewery by-products after ensiling

Treatment ensiling	<i>p</i> -Coumaric acid			Ferulic acid		
	E1*	E2	Total	E1	E2	Total
2 Months	mg /g DM					
A*	0.74 ± 0.09	2.20 ± 0.31	2.94 ± 0.32	0.15 ± 0.03	0.33 ± 0.04	0.48 ± 0.06
B	0.21 ± 0.03	1.02 ± 0.09	1.23 ± 0.14	0.18 ± 0.02	0.40 ± 0.05	0.58 ± 0.07
C	0.46 ± 0.05	1.63 ± 0.20	2.09 ± 0.25	0.16 ± 0.03	0.30 ± 0.04	0.46 ± 0.05
D	0.35 ± 0.04	1.11 ± 0.12	1.46 ± 0.15	0.31 ± 0.04	0.62 ± 0.10	0.93 ± 0.10
E	0.11 ± 0.02	0.54 ± 0.06	0.65 ± 0.08	0.21 ± 0.02	0.45 ± 0.06	0.66 ± 0.05
F	0.30 ± 0.04	0.74 ± 0.08	1.04 ± 0.02	0.25 ± 0.03	0.52 ± 0.07	0.77 ± 0.09
3 Months						
A	0.68 ± 0.08	1.84 ± 0.20	2.52 ± 0.31	0.16 ± 0.02	0.34 ± 0.04	0.50 ± 0.06
B	0.21 ± 0.03	0.95 ± 0.10	1.16 ± 0.20	0.18 ± 0.02	0.39 ± 0.05	0.57 ± 0.07
C	0.41 ± 0.05	1.46 ± 0.15	1.87 ± 0.21	0.15 ± 0.02	0.28 ± 0.03	0.43 ± 0.05
D	0.36 ± 0.04	1.26 ± 0.13	1.62 ± 0.14	0.29 ± 0.04	0.64 ± 0.07	0.93 ± 0.10
E	0.14 ± 0.02	0.60 ± 0.08	0.74 ± 0.08	0.22 ± 0.03	0.46 ± 0.06	0.68 ± 0.07
F	0.29 ± 0.04	0.80 ± 0.11	1.09 ± 0.24	0.26 ± 0.04	0.50 ± 0.04	0.76 ± 0.09

* Same as Table 1.

II. 釀酒副產物之氰酸含量

釀酒副產物青貯前後之氰酸含量由表 3 顯示，啤酒糟、高粱酒粕以不同比例與玉米粒混合青貯前之氰酸含量，以高粱酒粕較高，其氰酸含量在 178 ~249 ppm 之間，且隨著玉米粒混合比例的增加而遞減；啤酒糟則不受與玉米粒混合青貯之影響，氰酸含量在 142~151 ppm 之間。青貯後之氰酸含量皆有降低的趨勢，啤酒糟處理組減少 33~38 ppm，亦不受與玉米粒混合青貯之影響；高粱酒粕處理組減少 41~45 ppm，且隨著玉米粒混合比例的增加而遞減。青貯時間的長短並不影響氰酸含量(表 3)，青貯 2 個月與青貯 3 個月之氰酸含量變化不大。

表 3. 釀酒副產物青貯前後之氰酸含量

Table 3. The content of cyanate of wine residue before and after ensiling

Treatment	Preensiling	Ensiling 2 months	Ensiling 3 months
	ppm		
A*	140 ^a	102 ^b	107 ^b
B	151 ^a	109 ^b	118 ^b
C	142 ^a	103 ^b	106 ^b
D	249 ^a	204 ^b	208 ^b
E	178 ^a	138 ^b	140 ^b
F	211 ^a	192 ^b	174 ^c

*: Same as Table 1.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

III. 釀酒副產物之銅含量

青貯前後之副產物銅含量由表 4 顯示，青貯前之銅含量以啤酒糟最高為 27.5 ppm，高粱酒粕為 11.8 ppm，兩者與玉米混合青貯隨著混合比例的增加，其重金屬銅含量均有降低的趨勢；青貯後啤酒糟銅含量並無變化，其他五種處理則有降低的現象；青貯時間的長短影響銅的含量較不一致。

綜合以上結果顯示，副產物以啤酒糟所含的銅含量較高，隨著混合玉米比例的增加，銅含量隨之降低；副產物青貯後之銅含量變化，啤酒糟單獨青貯者變化不大，其他五種理則有下降的趨勢。另外青貯時間的長短，對於重金屬銅含量的變化較不一致，可能與採樣均勻與否有關。

表 4. 釀酒副產物青貯前後之重金屬銅含量

Table 4. The content of copper of brewery by-products before and after ensiling

Treatment	Preensiling	Ensiling 2 months	Ensiling 3 months
	ppm		
A*	27.5 ± 2.1	28.5 ± 2.1	31.0 ± 3.0
B	10.3 ± 1.1	6.0 ± 0.1	11.8 ± 1.2
C	13.9 ± 1.2	7.8 ± 0.1	10.5 ± 1.1
D	11.8 ± 1.3	9.3 ± 1.0	10.8 ± 1.2
E	09.8 ± 1.0	4.3 ± 0.1	6.5 ± 0.7
F	10.7 ± 1.0	9.3 ± 1.0	4.0 ± 0.4

* Same as Table 1.

IV. 釀酒副產物青貯前後之一般營養成分

青貯前副產物的粗蛋白質，中洗及酸洗纖維含量由表 5 得知，啤酒糟之粗蛋白質含量為 25.8%，

其次為高粱酒粕 22.0%，隨著玉米混合比例的增加，粗蛋白質含量逐漸下降；中酸洗纖維含量亦呈相同的趨勢，啤酒糟之中、酸洗纖維含量為 80.9 及 34.5%，高粱酒粕為 57.3 及 37.2%，與玉米混合青貯者皆呈下降的趨勢。

青貯二個月造成粗蛋白質含量的降低，中、酸洗纖維含量除高粱酒粕外，其餘的五種處理亦有降低的效果；青貯時間的長短(二個月與三個月)對於上述一般營養成分的影響效果較不一致。

綜合上述的結果顯示，青貯前之粗蛋白質含量以啤酒糟較高，高粱酒粕次之，與玉米混合青貯其粗蛋白質含量降低；中洗纖維以啤酒糟較高，酸洗纖維則以高粱酒粕較高，與玉米混合青貯皆有下降的趨勢。副產物青貯後，粗蛋白質有下降的趨勢，中、酸洗纖維含量，除高粱粕外，其他處理亦呈下降；隨著青貯時間的長短，一般營養成分的變化較不一致。

表 5. 釀酒副產物青貯前後之營養成分

Table 5. The nutrient content of brewery by-products before and after ensiling

Treatment	CP	NDF	ADF
Preensiling		%	
A*	25.8 ^a	80.9 ^a	34.5 ^a
B	14.8 ^e	49.0 ^d	9.6 ^e
C	16.1 ^d	62.1 ^b	13.5 ^d
D	22.0 ^b	57.3 ^c	37.2 ^a
E	13.6 ^f	49.8 ^d	17.7 ^c
F	17.7 ^c	51.9 ^d	25.9 ^b
Ensiling 2 months			
A	24.9 ^a	63.8 ^a	26.5 ^b
B	11.5 ^d	21.9 ^f	4.0 ^d
C	14.6 ^c	26.7 ^e	10.0 ^c
D	21.9 ^b	58.8 ^b	44.1 ^a
E	11.9 ^d	34.7 ^d	12.5 ^c
F	14.0 ^c	49.5 ^c	24.3 ^b
Ensiling 3 months			
A	30.1 ^a	70.4 ^a	37.3 ^b
B	17.2 ^c	41.7 ^c	12.3 ^d
C	18.1 ^c	38.4 ^c	13.1 ^{cd}
D	24.3 ^b	63.8 ^b	49.1 ^a
E	13.2 ^d	24.2 ^d	9.7 ^e
F	14.3 ^d	39.2 ^c	15.1 ^c

* Same as Table 1.

^{a,b,c,d} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

V. 釀酒副產物之青貯品質及試管乾物消化率

副產物青貯品質由表 6 顯示，pH 以高粱酒粕較低為 3.70；啤酒糟較高為 4.95，與玉米混合青貯，均呈下降的趨勢，六種處理的乳酸含量，以兩種副產物與玉米 1:1 混合青貯其含量為 0.65 及 0.26%，其他四種處理則無乳酸的反應；乙酸的含量則以高粱酒粕與玉米 2:1 混合青貯者較高為 0.75%，其次為高粱酒粕為 0.53%，而以啤酒糟最低為 0.13%，其他處理則介於 0.19~0.26%；丁酸含量以啤酒糟較高為 0.23%，其他則介於 0~0.09%；以 Flieg's point 計算其青貯品質，以啤酒糟與玉米 1:1 及高粱酒粕與玉米 1:1 混合青貯者較高，為 73 及 60 分，屬良好的青貯料，啤酒糟及高粱酒粕與玉米 2:1 混合比例及高粱酒粕單獨青貯者次之，其 Flieg's point 為 30~50 分，而以啤酒糟組最差為 9 分。

表 6. 釀酒副產物青貯二個月之青貯品質

Table 6. The quality of brewery by-products after ensiling for 2 months

Treatment	pH	Lactate	Acetate	n-Butyrate	Flieg's point
		%			
A*	4.95 ^a	0 ^c	0.13 ^d	0.23 ^a	9 ^d
B	4.62 ^b	0.65 ^a	0.19 ^{cd}	0.09 ^b	73 ^a
C	4.67 ^b	0 ^c	0.24 ^c	0.04 ^b	30 ^c
D	3.70 ^d	0 ^c	0.53 ^b	0.02 ^b	38 ^c
E	4.10 ^c	0.26 ^b	0.26 ^c	0.01 ^b	60 ^b
F	4.04 ^c	0 ^c	0.75 ^a	0 ^b	50 ^b

* Same as Table 1.

啤酒糟與高粱酒粕之試管乾物消化率由表 7 得知，兩種副產物青貯前為 52.9 % 及 44.8 % 與玉米混合者可提高試管乾物消化率，青貯調製後只有啤酒糟及與玉米 2：1 混合者，其消化率降低，其他四種處理均有促進消化率的效果。青貯時間的長短，對於試管乾物消化率的影響並不顯著。

表 7. 釀酒副產物青貯前後之試管乾物消化率

Table 7. The *in vitro* dry matter digestibility of brewery by-products before and after ensiling

Treatment	Preensiling	Ensiling 2 months	Ensiling 3 months
	%		
A*	52.9 ^{c**}	26.3 ^c	26.7 ^e
B	55.2 ^{bc}	73.3 ^a	70.6 ^b
C	59.5 ^b	31.9 ^c	36.0 ^d
D	44.8 ^d	57.8 ^b	55.2 ^c
E	65.0 ^a	73.2 ^a	78.6 ^a
F	56.0 ^b	76.7 ^a	66.0 ^b

* Same as Table 1.

a, b, c, d Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

VI. 高粱酒粕青貯料與精飼料之飼料效率及經濟效益

以高粱酒粕青貯料與精飼料餵飼山羊，其採食量、日增重及飼料效率由表 8 得知，山羊對高粱酒粕青貯料的採食量及日增重均較精飼料為佳，前、後者之採食量分別為 1.72 及 1.17 kg/day；日增重分別為 130 及 102 g/day。由上述結果顯示，試驗山羊對於高粱酒粕青貯料的嗜口性較佳，而產生較好的日增重。換算飼料效率則以精飼料較佳為 11.4，高粱酒粕青貯料較差為 12.8，亦即以 11.4 公斤的精飼料餵飼山羊可增重 1 公斤，而餵飼高粱酒粕青貯料則需要 12.8 公斤才能增重 1 公斤。兩種飼料的經濟效益則以餵飼高粱酒粕青貯料較低，其增重 1 公斤所花費的飼料成本為 54.3 元，而精飼料的成本則需 85.5 元（表 9），顯示餵飼高粱酒粕青貯料較符合經濟效益。

表 8. 不同飼料餵飼山羊之飼料效率

Table 8. The feed efficiency of different feed for goat

Feed*	Feed intake	Daily gain	Feed efficiency
	kg/day	g/day	
C	1.17 ± 0.10 ^b	102 ± 6 ^b	11.4 ± 0.4 ^b
S	1.72 ± 0.12 ^a	130 ± 8 ^a	12.8 ± 0.6 ^a

* C：Concentration：alfalfa=7：3；S：Sorghum residue silage：alfalfa=7：3.

a, b Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

表 9. 不同飼料餵飼山羊之經濟效益

Table 9. The economic effect of different feed for goat

Feed [*]	Feed cost	Total cost
	NT dollars/kg	NT dollars/kg BW [*]
C	7.50 ± 0.46 ^a	85.5 ± 4.9 ^a
S	4.24 ± 0.25 ^b	54.3 ± 3.4 ^b

^{*}C : Concentration : alfalfa=7 : 3.

S : Sorghum residue silage : alfalfa=7 : 3.

^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05).

參考文獻

- 王啓柱。1985。牧地改良與管理。國立編譯館。台北。pp. 553~607。
- 中華土壤肥料學會。1994。土壤分析手冊。pp. 307~317。
- 吳永惠。1989。牛病學。藝軒出版社。台北。pp. 387~389；pp. 420~424。
- 陳茂墻。1977。台灣農副產物在畜牧上之利用。中華農學會報(新) 100：34~41。
- 陳茂墻、陳吉斌。1979。台灣農作副產物之化學與營養成分之消化率。中華農學會報(新) 106：62~70。
- 謝文彰、蔡文福。1998。不同季節及生育日數對盤固草及印度藍莖草植體酚酸含量之影響。畜產研究 31：153~163。
- 蘇安國、楊深玄。1998a。玉米、啤酒粕、蔗渣青貯料餵飼乳公牛對其生長性狀及經濟效益之分析。畜產研究 31：337~344。
- 蘇安國、楊深玄。1998b。玉米、啤酒粕、蔗渣青貯料餵飼山羊對其生長性狀及經濟效益之分析。畜產研究 31：345~353。
- Burritt, E. A. S. Bittner, J. C. Street and M. J. Anderson. 1984. Correlations of phenolic acids and xylose content of cell wall with in vitro dry matter digestibility of three maturing grasses. J. Dairy Sci. 67：1209~1213.
- Cherney, J. H., K. J. Moore, J. J. Volence and J. D. Axtell. 1986. Rye and extent of digestion of cell components of brown-midrib sorghum species. Crop Sci. 26：1055~1059.
- Cherney, D. J. R., J. A. Patterson, J. H. Cherney and J. D. Axtell. 1991. Fiber and soluble phenolic monomer composition of morphological components of sorghum stover. J. Sci. Food Agri. 54：645~649.
- Coop, I. E., and P. L. Balkley. 1950. The metabolism and toxicity of cyanides and cyanogenetic glucocides in sheep. New Zealand J. Sci. and Tech. 30：277~80.
- Frenchick, G. E., D. G. Johnson, J. M. Murphy and D. E. Otterby. 1976. Brown midrib corn silage in dairy cattle rations. J. Dairy Sci. 59：2126~2129.
- Gettley, A. O. and J. O. Baine. 1938. The toxicology of cyanide. Am. J. Med. Sci. 195：182~186
- Goering, H. J. and P. G. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA ARS. Agric. Handbook No. 379.
- Gorz, H. G. and W. L. Haag. 1986. Inheritance of dhurrin content in mature sorghum leaves. Crop Sci. 26：65~67.
- Haryley, R. D. and C. W. Ford. 1989. Phenolic constituents of plant cell walls and wall biodegradability. In: Plant Cell Wall Polymers. Lewis, N. G. and M. G. Paice. (Eds) pp. 137~145. American Chemical

Society, Washington, D C.

- Jung, H. G. 1985. Inhibition of structural carbohydrate fermentation by forage phenolics. J. Sci. Food Agric. 36 : 74~80.
- Keith, E. A., V. F. Colenbrander, V. L. Lechtenberg and L. F. Bauman. 1979. Nutritional value of brown midrib corn silage for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 62 : 788~792.
- Moram, E. A. 1954. Cytogenetic compounds in plants and their significance in animal industry. Am J. Vet. Res. 15 : 171~176.
- Tilley, J. M. and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Sci. 18 : 104~111.

Silage Quality and Toxic Substances in Brewer Grains and Sorghum Distilled Grains By-Products ⁽¹⁾

Wein-Chang Hsieh⁽²⁾, Jang-Fu Chen⁽²⁾, Shen-Shyuan Yan⁽²⁾
and An-Kuo Su⁽²⁾

Received : Sep. 14, 2001 ; Accepted : Aug. 15, 2002

Abstract

The purpose of this study was to investigate the silage quality and toxic substances in wine residue by-products. Data showed that the *p*-coumaric acid content in brewer's grain was higher than that for sorghum wine residue. Both materials mixed with corn had a low *p*-coumaric acid content. The *p*-coumaric acid content decreased after ensiling.

The cyanate content in brewer's grain, sorghum wine residue and those mixed 1:1 with corn were 140, 249, 151 and 178 ppm, respectively. This material also showed decreased cyanate content after ensiling. The copper content in brewer grain before and after ensiling was 27.5~31.0 ppm while that of sorghum wine residue was 9.3~11.8 ppm. These materials had lower copper content when mixed 1:1 and 2:1 with corn.

Crude protein (CP) in brewer's grain and sorghum wine residue equalized 25.8 and 16.1 %, respectively. CP content decreased when the material was ensiled or mixed with corn. The neutral detergent fiber (NDF) in brewer grain was higher than that in sorghum wine residue. However, the acid detergent fiber (ADF) showed reversed values. This material also had a lower neutral detergent fiber and acid detergent fiber than sorghum wine residue mixed with corn. Silage from brewer's grain and sorghum wine residue mixed 1:1 with corn had better quality. The Flieg's point was 73 and 60, respectively. The worse silage, with a Flieg point of 9, was brewer's grain when ensiled alone. The *in vitro* dry matter digestibility of brewer's grain increased when mixed with corn. Brewer's grain silage mixed 1:1 with corn could increase *in vitro* dry matter digestibility. Sorghum wine residue silage mixed with corn had better *in vitro* dry matter digestibility.

Feed intake, daily weight gain and feed efficiency for goats fed sorghum wine residue silage and concentration were 1.72 kg/day, 130 g, 12.8 and 1.17 kg/day, 102 g, 11.4, respectively. The cost of feeding silage was lower than feeding concentrate. To increase a goat's live weight by 1 kg cost 54.3 and 85.5 N.T. dollars for sorghum wine residue silage and concentration respectively.

Key words : Brewer grains, Sorghum distilled grains, Silage quality, Cyanate, *p*-Coumaric acid, Copper.

(1) Contribution No. 1127 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Hengchun Branch Institute, COA-TLRI, Pingtung, Taiwan, R.O.C.