

収穫時期が異なる稲への乳酸菌と廃シロップ添加が  
稲 WCS の発酵品質と肉牛における消化率,  
およびビタミン類に及ぼす影響

高橋 敏能\*・松浦 弘幸\*<sup>1)</sup>・佐藤 裕子\*<sup>2)</sup>・  
堀口 健一\*・吉田 宣夫\*\*

\*山形大学農学部生物生産学科農業生産学講座

\*\*山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター

(平成 23 年 11 月 10 日受理)

Effect of Supplementation of Lactic Acid Bacteria and Wasted Syrup into Rice Crop  
at Different Harvest Times on the Fermented Quality and Digestibility in Beef Cattle,  
and the Vitamins in Whole Crop Rice Silage

Toshiyoshi TAKAHASHI \*, Hiroyuki MATSUURA \*<sup>1)</sup>, Yuko SATO \*<sup>2)</sup>,  
Ken-ichi HORIGUCHI \* and Norio YOSHIDA \*\*

\* Section of Agricultural Production, Department of Bioproduction, Faculty of Agriculture, Yamagata University,  
Tsuruoka 997-8555, Japan

\*\* Yamagata Field Science Center of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka 997-0369, Japan  
(Received November 10, 2011)

## 収穫時期が異なる稲への乳酸菌と廃シロップ添加が 稲 WCS の発酵品質と肉牛における消化率、 およびビタミン類に及ぼす影響

高橋 敏能\*・松浦 弘幸\*<sup>1)</sup>・佐藤 裕子\*<sup>2)</sup>・  
堀口 健一\*・吉田 宣夫\*\*

\*山形大学農学部生物生産学科農業生産学講座

\*\*山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター  
(平成23年11月10日受理)

Effect of Supplementation of Lactic Acid Bacteria and Wasted Syrup into Rice Crop  
at Different Harvest Times on the Fermented Quality and Digestibility in Beef Cattle,  
and the Vitamins in Whole Crop Rice Silage

Toshiyoshi TAKAHASHI \*, Hiroyuki MATSUURA \*<sup>1)</sup>, Yuko SATO \*<sup>2)</sup>,  
Ken-ichi HORIGUCHI \* and Norio YOSHIDA \*\*

\* Section of Agricultural Production, Department of Bioproduction, Faculty of Agriculture, Yamagata University,  
Tsuruoka 997-8555, Japan

\*\* Yamagata Field Science Center of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka 997-0369, Japan  
(Received November 10, 2011)

### Summary

Whole crop rice plants were made by the supplementations of 5ppm *Chikusio 1* and 4% wasted syrup into rice plants that these growing stages were yellow ripe and overripe stage, and were opened at April (short term storage) and September (long term storage) in next year. By the use of supplementations, the fermentation quality was improved at both growing stages and term storages. Especially, the improvement effect of the fermentation quality appeared remarkably when the supplementations were utilized for the overripe stage. The digestibility by using cattle tended to rise when the supplementations were utilized, but its affect was weak. By the nylon bag method, the improvement effect of degradability by the utilization of supplementations appeared on dry matter in the initial stage of culture.  $\beta$ -Carotene concentration was remarkably higher in overripe stage than in yellow ripe stage. From these results, there is a potential power which produces high-quality beef cattle when the rice plant was harvested for the overripe growing stage for the preparing in the silage.

**Key words** : beef cattle, digestibility, fermentation quality, vitamins, whole crop rice plant.

### 緒 言

我が国の飼料自給率は26%と低い水準となっており、2015年までに飼料自給率を35%に上昇させる目標が国策として設定されている。このような状況で、水田に飼

料イネを栽培し家畜用飼料として利用することが推奨されているが、濃厚飼料として刍と粗飼料として茎葉を用いてサイレージにする稲WCS (Whole Crop Silage) と飼料用米の利用が増加し、2011年にはその栽培面積が50,000haを突破した。良質な稲WCSを牛の飼料として

<sup>1)</sup> 現在：日東ベスト（株）(Nitto Best Co., Ltd., Sagae 991-8610, Japan)

<sup>2)</sup> 現在：JA山形 (JA Yamagata, Yamagata 990-0038, Japan)

キーワード：ビタミン類，発酵品質，稲WCS，肉牛，消化率

周年安定して利用することは意義深いことであると考えられ、特に、良質な牛肉生産を目指した稲WCSの調製と給与は大きな課題であると思われる。

蔡ら（2003）は、ホモ型で耐酸性が強い稲WCS用乳酸菌（畜草1号：*Lactobacillus plantarum*）を選抜し、全国各地で広く利用されていることを報告している。一方、我々は乳酸の基質になる可溶性糖類を含む糖蜜に替わる地域未利用資源として廃シロップに注目しており、畜草1号と併用して用いた場合、その相乗効果が期待される。特に、稲WCSの周年安定利用を図るために、調製した翌年の暑熱を経過した後の高品質保持が課題とされる。曹ら（2009）は、乳酸発酵が進んだ発酵TMR（Total Mixed Ration：完全混合飼料）は*in situ*による乾物消失率を改善することを示した。また、茎葉と籾を含み稲は黄熟期から完熟期までサイレージとして調製後、牛の飼料として利用されている。稲の熟期が進んだ場合、一般的に茎葉のリグニン化が進み消化率が低下するため、籾も含めた稲WCSの消化率（栄養価）の低下が懸念されることである。

脂肪交雑に富む良質な牛肉を生産するためには低 $\beta$ -カロテン稲WCSの調製が必要であり、黄熟期に収穫した稲を2日間予乾すると著しい $\beta$ -カロテンの低減効果がある（金谷 2007, 2008）ことを示した。しかし、東北地方日本海沿岸では湿度が高いためこの時期の予乾処理は極めて困難である。また、抗酸化作用があり給与すると肉の鮮度保持効果がある $\alpha$ -トコフェロール（三津本 1995）は、熟期が進むと徐々に減少する（全国飼料増産行動会議 2009）が、黄熟期の稲を1日予乾後稲WCSに調製しても稲ワラの5倍含まれている（金谷 2007, 2008）ことが分かった。

このような状況で日本海沿岸地域における収穫時期が異なる稲に乳酸発酵を促進する添加物を利用して稲WCSを調製し、短期保存と調製後翌年の暑熱を経た長期保存した稲WCSの発酵品質の改善と品質の保持効果と牛における消化率、およびビタミン類に与える影響を調査することを研究の目的とした。併せて、ビタミン類と乳酸含量の関係について検討した。

本研究は、平成18年度～21年度の農林水産省委託プロジェクト「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発（えさプロ）」で再委託された研究成果の一部である。

## 材料および方法

### 1. 稲WCSの調製と開封時期

山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センターのイネ（品種：はえぬき）を2008年9月12日（黄熟期）と同年10月20日（過熟期）に収穫した。それぞれの刈り取り時に無添加イネを対照にして乳酸菌製剤（畜草1号；雪印種苗；北海道）5ppm（W/W）とパイナップル廃シロップ（ブルボン；山形）4%（W/W）を添加する計4処理の稲WCSを設定した。サイレージの調製は、圃場から運搬したイネ約40kgを計量し、畜草1号と廃シロップを添加後ミニロールベアラ（SE-510；タカキタ；三重）でロールにし、小型ラッピングマシン（WM-510E；タカキタ；三重）を用いてラッピングして稲発酵粗飼料を調製した。稲発酵粗飼料は、2009年4月（短期保存）と同年の暑熱を経た9月（長期保存）に開封して稲WCSの発酵品質と化学成分（一般成分）を調査した。

2009年度に3種のイネ（はえぬき、ふくひびき、べこあおば）を異なる施肥条件下で栽培し、黄熟期と過熟期に収穫した50検体の試料をパウチ法により稲WCSを調製した。調製1ヵ月後開封して乳酸含量とビタミン類（ $\beta$ -カロテンと $\alpha$ -トコフェロール）を調査した。

### 2. 肉牛を供試した消化試験およびナイロンバッグ法による人工消化試験

黒毛和種4頭（雌；開始時平均体重458 $\pm$ 40kg）を供試して消化試験前に10日間の馴致期を設け、黄熟期、過熟期の順に予備期7日間、本期5日間からなる2 $\times$ 2の反転法により実施した。その際、粗飼料には稲WCS、濃厚飼料には市販配合飼料（のびのび親子；北日本くみあい飼料；宮城）を用いた。粗飼料と濃厚飼料の給与比を2：8（乾物比）とし、給与量は日本飼養標準の1日当たりの増体重0.8kgを満たす乾物量（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）を1日2回等量に分けて09：00と16：00に給与した。水および鉱塩は、それぞれ自由飲水、自由摂取とした。消化試験は酸不溶性灰分（AIA）を標識物質とする標識法（須藤まどか 2001）により実施した。その際、本試験期間中、朝と夕方2回直腸から約500gを採取して60 $^{\circ}$ Cで乾燥して分析に供した。本試験最終日に第一胃カテーテルを用いて第一胃内容を朝の飼料給与前と給与4時間後に採取した。

短期保存稲WCSを60 $^{\circ}$ Cで3日間乾燥後2mmに粉碎してナイロンバッグ（10cm $\times$ 20cm, 280メッシュ；三紳

工業；神奈川)に5g詰めた。ルーメンフィステル装着牛(黒毛和種雌)2頭の第一胃に投入し、0~72時間一定時間培養して乾物、粗タンパク質および中性デタージェント繊維(NDF)消失率を調査した。反復数は4反復とした。得られたそれぞれの消失率をØrskov(1976)の式 $p = a + b(1 - e^{-ct})$ ( $p$ :各成分の消失率(%),  $a$ :直ちに溶解される区分,  $b$ :不溶性であるが分解が可能な区分,  $c$ : $b$ の分解速度,  $t$ :培養時間)に当てはめた。また、有効分解率(ED)は、Ørskov・McDonald(1979)の式 $ED = a + b \times c / (c + r)$ を用いて計算した。その際、流出速度係数( $r$ )は、維持量2倍量を給与したときに相当する $0.05h^{-1}$ (Ørskov・McDonald 1979)を用いて算出した。

### 3. 稲WCSの発酵品質、飼料と糞の一般成分およびビタミン類の分析方法

開封したロール毎に試料75gと蒸留水30mLを電動ミキサーで30秒程度攪拌して4℃下24時間放置後4重ガーゼで濾過してN0.5Aの濾紙で濾過して分析に供した。pHは、pHメーター(D-21;堀場製作所;東京)で測定後、化学成分を分析するまで-20℃で冷凍保存した。化学成分のうち、稲WCSの乳酸はBarker・Summerson(1941)の方法、揮発性塩基態窒素(VBN)はConway(1962)の方法、稲WCSと第一胃内容液の揮発性脂肪酸(VFA)は榎木・大山(1971)の方法に従いガスクロマトグラフィー(G-5000A;日立製作所;茨城)に従って測定した。また、飼料と糞の一般成分は常法(堀井ら1971)およびNDFと酸性デタージェント繊維(ADF)はデタージェント法(Van Soest 1991)に準じてそれぞれ分析した。稲WCSの $\beta$ -カロテンと $\alpha$ -トコフェロール

は、高速液体クロマトグラフィー(Jasco UV-970型;日本分光;東京)を用いて同時定量した。その際、カラムはInertsil ODS-3(5 $\mu$ m,内径4.6mm×長さ250mm;GL Sciences;東京)を用い、展開溶媒(移動層)はアセトニトリル:メタノール=75:25(V/V)をアスピレーターで脱気後使用し、カラム温度40℃、流速1.0ml/min、測定波長は $\beta$ -カロテン450nm、 $\alpha$ -トコフェロール280nmの条件下で分析した。

得られた結果はSAS(1995)により二元配置による分散分析を行い、5%水準で有意差が認められた場合Tukeyの多重検定を実施した。

### 結果および考察

添加物の廃シロップの糖類組成は、フルクトース6.1%、グルコース5.8%およびスクロース1.3%だった。短期保存と長期保存の稲WCSとも黄熟期に畜草1号と廃シロップを添加しても発酵品質の改善効果は少なかったが、過熟期に添加するとpHは低く乳酸は高くフリーク評点とV-スコアは高くなり、品質の改善効果が著しかった(表1,表2)。畜草1号と廃シロップを併用して利用した場合、発酵品質に及ぼす相乗効果の影響は両開封時期とも黄熟期に添加物による発酵品質の改善効果は弱い、過熟期は相乗効果が強く現れたと判断された。即ち、茎葉に可溶性糖類が多い黄熟期では乳酸発酵を促進させる添加物は特に不要であり、過熟期などの茎葉に可溶性糖類が少ない収穫時期には極めて有効であることが分かった。また、暑熱を経ても良質な品質は低下しなく、品質が良い稲WCSを肉牛飼料として周年安定利用できるこ

Table 1. Fermentation quality of whole crop rice silage supplemented with *Chikuso 1* and wasted syrup at yellow ripe and overripe stages (short term storage).

	Yellow ripe stage		Overripe stage		SEM	Stage	Supplement	Stage×Supplement
	Non supplement	Supplement	Non supplement	Supplement				
Moisture (%)	64.7 <sup>a</sup>	63.6 <sup>a</sup>	48.8 <sup>c</sup>	52.8 <sup>b</sup>	0.6	**		**
pH	4.69 <sup>b</sup>	4.22 <sup>c</sup>	6.49 <sup>a</sup>	4.58 <sup>b</sup>	0.07	**	**	**
Lactic acid (%FM)	0.44 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.46 <sup>a</sup>	0.07	**	**	**
Acetic acid (%FM)	0.36 <sup>a</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.04	**	**	**
Propionic Acid (%FM)	0.02 <sup>a</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00	**		**
Bytiric acid (%FM)	0.18 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.01 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.01	**	**	**
VBN/T-N (%)	6.40 <sup>a</sup>	3.26 <sup>b</sup>	1.30 <sup>c</sup>	1.47 <sup>c</sup>	0.33	**	**	**
Frieg's mark	18 <sup>a</sup>	42 <sup>ab</sup>	29 <sup>b</sup>	66 <sup>a</sup>	8		**	*
V-score	81 <sup>b</sup>	94 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	1	**	**	**

SEM: standard error of means, FM: fresh matter, VBN: volatile basic nitrogein, T-N: total nitrogen.

\*, \*\* Significant at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.

<sup>a,b,c</sup> Values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

Table 2. Fermentation quality of whole crop rice silage supplemented with *Chikusio 1* and wasted syrup at yellow ripe and overripe stages (long term storage).

	Yellow ripe stage		Overripe stage		SEM	Stage	Supplement	Stage×Supplement
	Non supplement	Supplement	Non supplement	Supplement				
Moisture (%)	66.8 <sup>a</sup>	63.7 <sup>b</sup>	51.9 <sup>c</sup>	53.9 <sup>c</sup>	0.6	**		**
pH	4.29 <sup>b</sup>	4.20 <sup>b</sup>	5.93 <sup>a</sup>	4.21 <sup>b</sup>	0.05	**	**	**
Lactic acid (%FM)	0.79 <sup>a</sup>	0.69 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.03	**	**	**
Acetic acid (%FM)	0.39 <sup>b</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.02	**	**	
Propionic Acid (%FM)	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00	**		**
Bytiric acid (%FM)	0.28 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.01	**	**	**
VBN/T-N (%)	8.04 <sup>a</sup>	7.90 <sup>ab</sup>	2.66 <sup>c</sup>	4.25 <sup>b</sup>	0.67	**		
Frieg's mark	32 <sup>bc</sup>	42 <sup>b</sup>	16 <sup>c</sup>	65 <sup>a</sup>	4		**	**
V-score	74 <sup>c</sup>	87 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	2	**	*	*

SEM: standard error of means, FM: fresh matter, VBN: volatile basic nitrogen, T-N: total nitrogen.

\*, \*\* Significant at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.<sup>a,b,c</sup> Values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).Table 3. Digestibilities and nutritive value at the feeding of whole crop rice silage supplemented with *Chikusio 1* and wasted syrup at yellow ripe and overripe stages in beef cattle (short term storage).

	Yellow ripe stage		Overripe stage		SEM	Stage	Supplement	Stage×Supplement
	Non supplement	Supplement	Non supplement	Supplement				
Digestibilities (%)								
Dry matter	80.4 <sup>a</sup>	82.6 <sup>ab</sup>	82.7 <sup>ab</sup>	84.1 <sup>a</sup>	0.6	*	*	**
Crude protein	80.4 <sup>a</sup>	82.4 <sup>ab</sup>	83.3 <sup>ab</sup>	84.1 <sup>a</sup>	0.8	*		*
Ether extract	83.7	84.7	86.1	88.2	1.3	*		
NFE	86.7 <sup>b</sup>	88.5 <sup>ab</sup>	88.6 <sup>ab</sup>	89.5 <sup>a</sup>	0.5	**	*	**
Crude fiber	67.3	69.7	67.8	70.6	1.9			
NDF	65.2	68.7	67.6	70.2	1.7			
ADF	64.5	67.8	65.9	69.4	1.7			
Nutritive value (%DM)								
DCP	13.2	13.4	13.4	13.6	0.1			
TDN	79.3 <sup>b</sup>	81.2 <sup>ab</sup>	81.4 <sup>ab</sup>	82.8 <sup>a</sup>	0.6	**	*	**

SEM: standard error of means, NFE: nitrogen free extract, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, DM: dry matter, DCP: digestible crude protein, TDN: total digestible nutrients.

\*, \*\* Significant at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.<sup>a,b,c</sup> Values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).Table 4. Digestibilities and nutritive value at the feeding of whole crop rice silage supplemented with *Chikusio 1* and wasted syrup at yellow ripe and overripe stages in beef cattle (long term storage).

	Yellow ripe stage		Overripe stage		SEM	Stage	Supplement	Stage×Supplement
	Non supplement	Supplement	Non supplement	Supplement				
Digestibilities (%)								
Dry matter	75.0	76.0	79.7	78.3	1.2	*		
Crude protein	74.8	77.1	81.2	78.8	1.7	*		
Ether extract	82.1	82.2	85.7	84.0	1.8			
NFE	83.0	83.5	86.4	85.3	0.8	**		
Crude fiber	53.4	53.5	56.4	55.0	2.6			
NDF	50.3	52.3	58.1	54.7	2.4			
ADF	51.0	52.3	56.6	53.1	2.2			
Nutritive value (%DM)								
DCP	11.8	12.1	12.6	12.2	0.3	*		
TDN	75.1	75.9	79.1	77.9	1.1	*		

SEM: standard error of means, NFE: nitrogen free extract, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, DM: dry matter, DCP: digestible crude protein, TDN: total digestible nutrients.

\*, \*\* Significant at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.

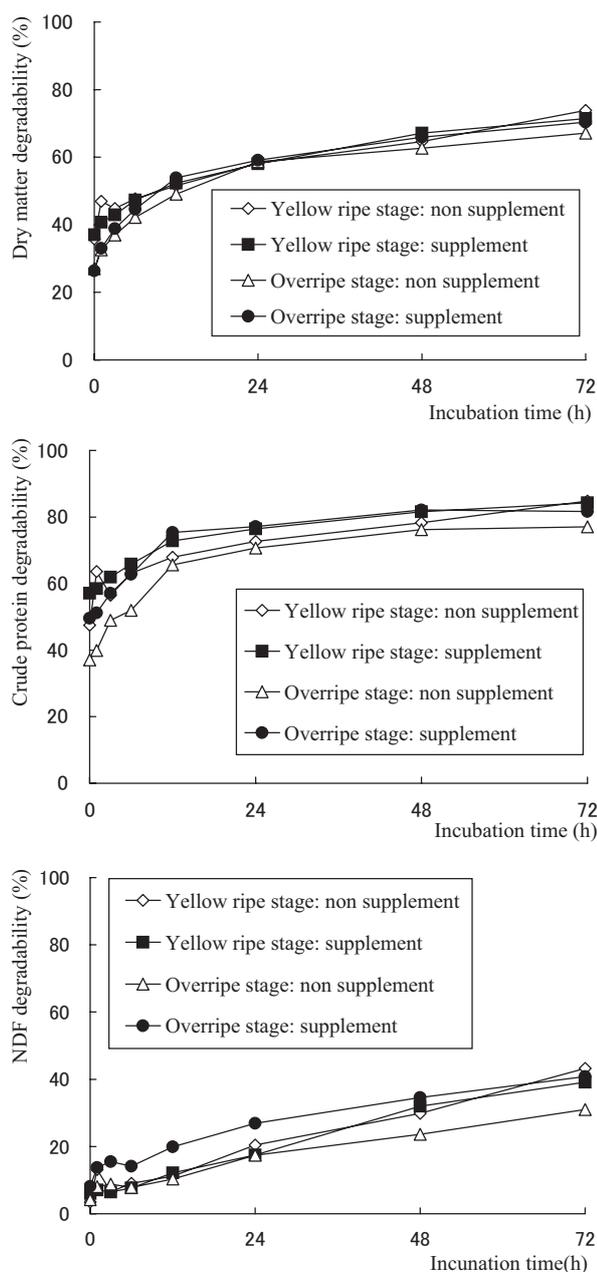


Figure 1. Changes in ruminal degradability of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber for whole crop rice silage supplemented with *Chikusio 1* and wasted syrup.  
DM: dry matter.

とを示唆した。

消化試験による *in vivo* による消化率と栄養価の結果を表3と表4に示した。その結果、短期保存した稲WCSに添加物を利用すると乾物と可溶無窒素物の消化率および可消化養分総量 (TDN) を有意に改善したが、その差は低かった。また、長期保存した稲WCSでは添加物利用による消化率と栄養価の改善効果はみられなかった。これらのことから、稲WCSを乾物比で20%給与す

る場合、消化率に及ぼす影響は小さいと判断された。飼料用専用種では、完熟期は黄熟期より TDN 含量が若干低下する (農業・食品産業技術総合研究機構 2010) が、はえぬきは短稈な品種であるため全重量に占める粗重の割合が高いため過熟期の栄養価が高くなったと思われる。図表に示さなかったが、両開封時期の飼料給与4時間後の第一胃内容液の酢酸/プロピオン酸比は、添加物の有無では差がなかったが過熟期で高くなる傾向を示した。過熟期の繊維性成分が少ない結果と矛盾するが、この原因は分からなかった。

短期保存した稲WCSの第一胃フィステルを装着した牛を利用したナイロンバッグ法による乾物、粗タンパク質およびNDF消失率の経時変化を図1、それぞれのパラメーターを表5に示した。その結果、乾物と粗タンパク質の消失率は、牛を使用した *in vivo* の消化率とは違って黄熟期が過熟期より高くなった。黄熟期は過熟期より繊維性成分が高かったため、過熟期が高いことが予想されたが、過熟期の乾物消失率が黄熟期より低くなった。予想に反するこの結果の原因は、分からなかった。しかし、b区分の分解速度を示すc値は、過熟期が黄熟期より高い値になっていることから、過熟期の穀実部が第一胃内で急速に分解していることが伺えた。また、いずれの成分の消失率とも添加物を利用した場合、培養初期の消失率が高く推移する傾向を示した。特に、過熟期に添加物を利用した場合、NDF消失率が著しく高かった。曹ら (2009) は良質サイレージの消化率が高くなる原因として、十分量の乳酸菌数を確保することで他種微生物の活動期を短縮させ、サイレージの消化可能な乾物残存量の減少を抑えると指摘している。なお、黄熟期の無添加NDF消失率は、漸近回帰にならなかったため、パラメーターを求めることが出来なかった。

短期と長期保存した場合の稲WCSの $\beta$ -カロテンと $\alpha$ -トコフェロール含量を表6に示した。 $\beta$ -カロテン含量は、黄熟期より過熟期が少なかった。また、両収穫時期とも添加物利用により $\beta$ -カロテン含量に影響を与えなかった。 $\alpha$ -トコフェロール含量は、過熟期で黄熟期より減少する傾向を示したが、 $\beta$ -カロテンに比較して黄熟期から過熟期までの減少幅は小さかった。また、畜草1号と廃シロップを添加すると $\alpha$ -トコフェロール含量は高くなる傾向を示した。山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センターで栽培した3品種 (50検体) の $\beta$ -カロテン含量および $\alpha$ -トコフェロール含量と乳

酸含量の相関図を図2に示した。その結果、いずれのビタミン類と乳酸含量とは有意な正の相関が得られた。今後、乳酸含量が多い例数を増やして更に検討する必要があると思われるが、黄熟期などの茎葉部に可溶性糖類が多い稲WCSには $\beta$ -カロテン含量が多いことが容易に予想される。 $\beta$ -カロテン含量は刈り取り時期や予乾の有無および稲の品種により変動巾が大きく、2.7~75.4mg/kg（乾物）となっており、稲ワラとほとんど変わらないものもあり、20mg/kg（乾物）以下が推奨されている（全国飼料増産行動会議 2009）。本実験における過熟期の $\beta$ -カロテン含量は3~8mg/kg（乾物）であるので、推奨範囲を十分満たしている稲WCSを調製出来たと判断される。一般的には $\alpha$ -トコフェロール含量

が多い稲WCSは $\beta$ -カロテン含量も多い傾向があり、良質な稲WCSは $\alpha$ -トコフェロールを100mg/kg（乾物）以上含むこともあり（全国飼料増産行動会議 2009）、この傾向は本実験結果と同様だった。

以上の結果から、稲WCSを肉牛の粗飼料として給与する場合、過熟期に収穫して乳酸菌（畜草1号）と廃シロップを併用して添加することにより、周年安定した良好な品質を保持出来て高品質牛肉を生産する稲WCSに調製出来る可能性があることを示唆した。今後、廃シロップ単味を添加した本実験と同様の試験および実用レベルでの稲WCSの調製と肉牛への長期間の給与試験の実施が望まれる。

Table 5. Ruminal degradation characteristics for whole crop rice silage supplemented with *Chikusio 1* and wasted syrup at yellow ripe and overripe stages in beef cattle (short term storage).

	Yellow ripe stage		Overripe stage		SEM	Stage	Supplement	Stage×Supplement
	Non supplement	Supplement	Non supplement	Supplement				
Dry matter								
a	41.6 <sup>a</sup>	38.8 <sup>b</sup>	28.7 <sup>c</sup>	28.1 <sup>c</sup>	0.4	**	**	**
b	40.5	35.0	37.9	40.8	3.3			
c	0.0244 <sup>b</sup>	0.0395 <sup>b</sup>	0.0707 <sup>a</sup>	0.0798 <sup>a</sup>	0.0051	**	*	**
a+b	82.1 <sup>a</sup>	73.8 <sup>ab</sup>	66.6 <sup>b</sup>	68.0 <sup>b</sup>	3.1	**		*
ED	53.8	53.7	50.9	53.1	0.8	*		
Crude protein								
a	54.1 <sup>b</sup>	57.5 <sup>a</sup>	36.8 <sup>d</sup>	48.2 <sup>c</sup>	0.6	**	**	**
b	30.3 <sup>b</sup>	25.9 <sup>c</sup>	39.8 <sup>a</sup>	33.6 <sup>b</sup>	0.8	**	**	**
c	0.0499 <sup>c</sup>	0.0629 <sup>bc</sup>	0.0961 <sup>ab</sup>	0.1087 <sup>a</sup>	0.0089	**		**
a+b	84.4 <sup>a</sup>	83.4 <sup>a</sup>	76.7 <sup>b</sup>	81.7 <sup>a</sup>	1.0	**		**
ED	68.4 <sup>b</sup>	71.8 <sup>a</sup>	62.9 <sup>c</sup>	71.2 <sup>a</sup>	0.4	**	**	**
Neutral detergent fiber								
a	—	5.1 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	10.3 <sup>a</sup>	0.9	*		**
b	—	16.5	54.9	44.2	30.9			
c	—	0.0079	0.0099	0.0216	0.0045			
a+b	—	21.5	61.0	54.5	31.0			
ED	—	16.2 <sup>b</sup>	14.8 <sup>b</sup>	22.6 <sup>a</sup>	1.7		*	*

SEM: standard error of means, a: rapid soluble fraction (%), b: slowly degradable fraction, c: rate constant of disappearance for b fraction (/h), ED: effective degradability =  $a+b \times c / (c+r)$ , r: rate of passage assumed at 0.05/h.

\*, \*\* Significant at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.

<sup>a,b,c,d</sup> Values with different superscript letters differ ( $P < 0.05$ ).

Table 6.  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol contents in whole crop rice silage supplemented with *Chikusio 1* and wasted syrup at yellow ripe and overripe stages.

	Yellow ripe stage		Overripe stage	
	Non supplement	Supplement	Non supplement	Supplement
Short term storage				
$\beta$ -carotene(mg/kgDM)	25.2	34.0	3.3	7.9
$\alpha$ -tocopherol(mg/kgDM)	69.6	94.9	35.2	53.7
Long term storage				
$\beta$ -carotene(mg/kgDM)	53.3	41.1	5.7	6.1
$\alpha$ -tocopherol(mg/kgDM)	34.5	120.5	33	61.5

DM: dry matter.

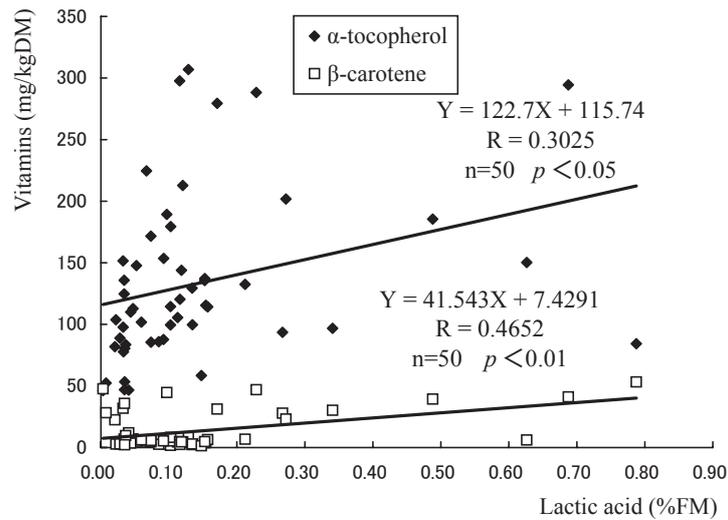


Figure 2. Correlation between lactic acid and vitamins ( $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol) in whole crop rice silages.  
FM: fresh matter, DM: dry matter.

## 摘 要

黄熟期と過熟期のはえぬき品種稲を用いて畜草1号5ppmと糜シロップ4%稲添加して稲WCSを調製して、翌年4月（短期保存）と9月（長期保存）に開封した。いずれの生育時期および保存期間とも添加物を利用すると発酵品質が改善された。特に、過熟期に添加物を利用すると、発酵品質の改善効果が強かった。また、牛を使った消化率は、添加物を利用すると高くなる傾向を示したが、その効果は弱かった。ナイロンバッグ法による乾物消失率は、培養初期に添加物の利用による改善効果が現れた。過熟期は黄熟期に比較して $\beta$ -カロテン濃度が著しく減少した。これらの結果、過熟期に収穫した稲をサイレージに調製すると、高品質牛肉を生産する潜在力があることを示した。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、(株)ブルボンからハイシロップを提供して頂いた。ここに記して感謝を申し上げます。

## 引用文献

- Barker SB, Summerson WH (1941) The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry* 138: 535-554.
- 金谷千鶴子 (2007) 飼料イネの $\beta$ -カロテンおよび $\alpha$ -トコフェロール含量と肉用牛に対応したサイレージ調製. *日本草地学会誌* 53: 167-171.
- 金谷千鶴子 (2008) 水田を活用した粗飼料生産. *日本草地学会誌* 54: 174-177.
- 堀井 聡・林 弥太郎・倉田陽平 (1971) 動物栄養試験法 (森本 宏 監修). p280-298. 養賢堂, 東京.
- 柗木茂彦・大山嘉信 (1971) サイレージの揮発性脂肪酸のガスクロマトグラフィーによる迅速定量法. *日本畜産学会報* 42: 648-652.
- 三津本 充 (1995) ビタミンE投与による牛肉の安定化. *栄養生理研究会報* 39: 147-156.
- 農業・食品産業技術総合研究機構 (2009) 日本飼養標準肉用牛 (2008年版). p42-43. 中央畜産会, 東京.
- 農業・食品産業技術総合研究機構 (2010) 日本標準飼料成分表 (2009年版). p60-61. 中央畜産会, 東京.
- 織田知幸・高橋敏能・堀口健一・吉田宣夫・楊 勁松・蔡 義民 (2009) 乳酸菌と糜シロップ添加が稲発酵粗飼料の発酵品質と第一胃消化性に及ぼす影響. 日

- 本草地学会誌（別号）p122.
- Ørskov ER (1976) The Effect of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. Proceedings of the Nutrition Society 35 : 242-252.
- Ørskov ER, McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science 92 : 499-503.
- 蔡 義民・藤田泰仁・村井 勝・小川増弘・吉田宣夫・北村 亨・三浦俊治（2003）飼料イネサイレージ調製への乳酸菌（*Lactobacillus plantarum* 畜草1号）の利用. 日本草地学会誌 49 : 477-485.
- 曹 陽・堀口健一・高橋敏能（2009）食品残渣と乳酸菌の利用が飼料イネTMRサイレージの発酵品質改善並びに*in vitro*による乾物消失率およびメタンと揮発性脂肪酸生成に及ぼす影響. 日本草地学会誌 55 : 1-8.
- Statistical Analysis System (1995) SAS/STAT User's Guide. Version 6. SAS Institute. p569-666. Cary NC.
- 須藤まどか（2001）新編 動物栄養試験法（石橋 晃 監修）. p55. 養賢堂, 東京.
- Van Soest PJ, Rov8-559ertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74 : 3586-3597.
- 全国飼料増産行動会議（2009）稲発酵粗飼料 生産・給与技術マニュアル. p72, p89-92. 日本草地種子協会, 東京.