บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยสลายในรูเมนรวมทั้งประเภทของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบอาหารโดยใช้ถุงไนลอน (*in sacco*)

1. ศึกษาหาการย่อยสลายในรูเมนของวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยใช้ถุงไนลอน (*in sacco*)

ก.การย่อยสลายของวัตถุแห้งในวัตถุดิบอาหารข้นแหล่งคาร์โบไฮเดรต

เมื่อนำข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดและข้าวโพดบดมาศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยใช้ถุงไนลอนแช่ไว้ในกระเพาะรูเมนเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำค่าวัตถุแห้งที่หายไปที่ชั่วโมงต่างๆไปคำนวณค่า water soluble, degradability of water insoluble และ effective degradability โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ได้ค่าต่างๆ ดังตาราง 4.1 จากตารางจะเห็นได้ว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดมีค่าการละลายได้ 14.8 % ใกล้เคียงกับข้าวโพดนึ่งบีบแตกแต่สูงกว่าข้าวโพดบด (15.3 และ 6.3 % ตามลำดับ) เนื่องจากการผลิตข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดได้ผ่านกระบวนการแช่น้ำ นึ่ง บีบให้แตก (cracking) และการบด จึงทำให้มีส่วนที่ละลายน้ำได้ เช่นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากกว่าข้าวโพดบดและข้าวโพดนึ่งบีบแตกไม่บด เพราะการแช่น้ำจะทำให้น้ำถูกดูดซึมเข้าไปในส่วนของ amorphous area ของเม็ดแป้งซึ่งอยู่ในเมล็ดข้าวโพด ส่งผลให้ผนังเซลล์และโปรโตพลาสซึมขยายตัว (จวงจันทร์, 2529) เม็ดแป้งพองขยายใหญ่ขึ้น ส่วนการนึ่งเป็นการให้ความร้อนเปียกซึ่งจะส่งผลต่อแป้งเกิด gelatinization ทำให้ hydrogen bond ที่เชื่อมต่อโมเลกุลของแป้งเข้าด้วยกันแตกออกและไม่สามารถกลับเข้าสู่สภาพเดิมได้ จึงทำให้การละลายได้สูงขึ้น ในขณะที่การบดทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำเพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 ค่าการย่อยสลายของ ข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด และข้าวโพดบด ที่วัดโดยถุงไนลอนและทำนายโดยใช้โปรแกรม NEWAY

Table 4.1 Degradation characteristic of steamed cracked corn (SCC), ground steamed cracked corn (GSCC) and ground corn (GC) incubated *in sacco* estimated by NEWAY program

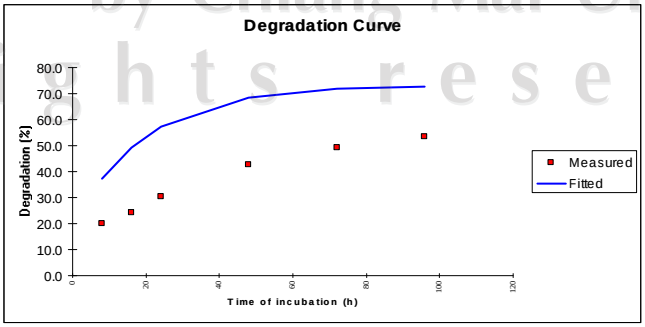
	SCC	GSCC	GC
Water soluble (%)	15.3	14.8	6.3
Degradability of water insoluble (%)	58.3	79.4	76.2
Effective degradability [1]	58.0	91.1	78.0

[1]Outflow rate (fraction/h) at 0.02

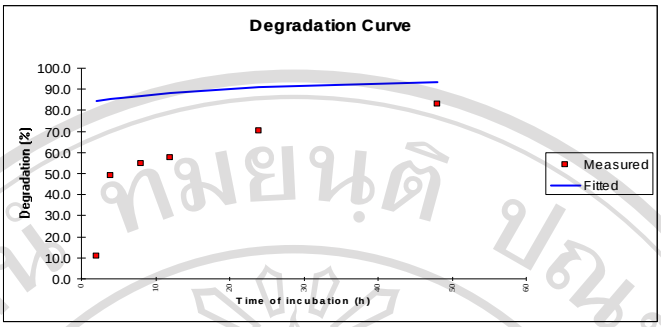
ส่วนค่าการย่อยสลายของส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดการหมักย่อยได้ของข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดและข้าวโพดบดมีค่าใกล้เคียงกันคือ 79.4 และ 76.2 % แต่สูงกว่าข้าวโพดบีบแตกที่ไม่บด คือ 58.3 % ซึ่งต่ำกว่าการรายงานของ Lykos and Varga (1995) ที่ระบุว่าในข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดการหมักย่อยได้เท่ากับ 96.9 % อย่างไรก็ดีการที่ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดมีการหมักย่อยได้สูงนั้น เพราะแป้งที่ได้กล่าวมาข้างต้นกล่าวมาข้างต้นในเมล็ดข้าวโพดเกิดการ gelatinization และการบดช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถเข้าย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นดังนั้นเมื่อประเมินความสามารถในการย่อยสลายที่มีอัตราการไหลผ่าน (Effective Degradability, E.D.) ที่ 0.02 fraction ต่อชั่วโมง สำหรับวัตถุดิบอาหารข้นที่มีขนาดชิ้นเล็กและตกค้างเป็นเวลาสั้นๆในกระเพาะรูเมน พบว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดมีค่าสูงสุดคือ 91.4 % สำหรับสมการที่เหมาะสมในการประเมินค่าการย่อยสลายของวัตถุดิบอาหารข้นประเภทคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 ชนิดโดยนำค่าวัตถุแห้งที่หายไปในชั่วโมงต่างๆ ไปเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY โดยใช้สมการ $P = A+B\ (1-e^{-ct})$ ได้ค่าดังแสดงในภาพที่ 4.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

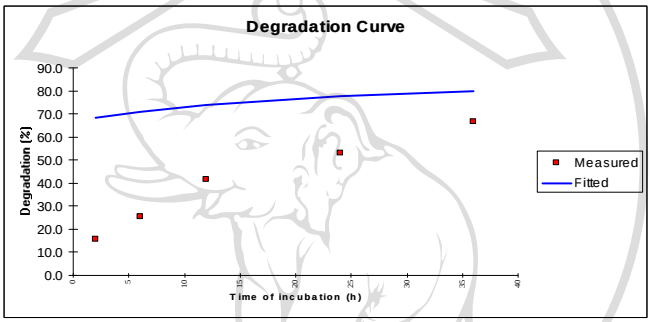
a) steamed cracked corn (SCC)



b) ground steamed cracked (GSCC)



c) ground corn (GC)



ภาพ 4.1 การย่อยสลายวัตถุแห้งของ ก) ข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข) ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด และ ค) ข้าวโพดบดที่ชั่วโมงต่างๆ ทำนายโดยโปรแกรม NEWAY

Figure 4.1 DM degradation curve of a) steamed cracked, b) ground steamed cracked and c) ground corn at different hours estimated by NEWAY program

จากกราฟการย่อยสลายของข้าวโพดที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆคือ ก) ข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข) ข้าวโพดนึ่งบีบแตก และ ค) ข้าวโพดบด ดังภาพ 4.1 จะเห็นได้ว่าลักษณะของเส้น fit curve นั้นอยู่ห่างจากค่าที่คำนวณได้มากซึ่งไม่เหมาะสมในการใช้ทำนายการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ดังนั้นจึงนำข้อมูลการย่อยสลายวัตถุแห้งของข้าวโพดทั้งสามชนิด มา plot กราฟและทดสอบความแม่นยำของสมการสามแบบคือ แบบ linear แบบ quadratic และแบบ exponential เพื่อหาสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สูงสุด สำหรับใช้ในการทำนายการย่อยสลายของวัตถุแห้ง พบว่าสมการแบบ quadratic ที่มีรูปแบบสมการคือ $y = a + b_1x + b_2x^2$ มีค่า r^2 สูงสุดดังตาราง 4.2 จึงมีความเหมาะสมในการใช้ทำนายการย่อยสลายได้ดีที่สุดในงานทดลองนี้ โดยมีค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตาราง 4.3 แสดงว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีการสลายตัวเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่โคจะทำการเคี้ยวบดอาหารให้มีขนาดเล็กลง ดังนั้นการประมาณค่าจากตัวอย่างที่บด จึงน่าจะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 เปรียบเทียบความแม่นยำของสมการสามแบบของวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรต 3 ชนิด

Table 4.2 Comparison the accuracy of three equations of 3 carbohydrate feedstuffs

Type of equation	r^2	Sig. level	SEE
Linear	0.699	0.000	10.807
Quadratic	0.716	0.000	10.601
Exponential	0.515	0.000	0.359

ตาราง 4.3 รูปแบบสมการ[1/] และการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการ Quadratic ของข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดและข้าวโพดบด

Table 4.3 Type of equation and estimated parameter value of Quadratic equations of steamed cracked corn, ground steamed cracked corn and ground corn

	Model Summary			Parameter Estimates		
	r^2	F	Sig. level	Constant[2/]	b_1	b_2
Steamed cracked corn	0.886	58.148	0.000	25.176	1.227	-0.003
Ground steamed cracked corn	0.814	32.727	0.000	35.826	1.497	-0.012
Ground corn	0.923	71.501	0.000	3.445	3.039	-0.037

[1/] Steamed cracked corn ($y = 25.176+1.227x-0.003x^2$), Ground steamed cracked corn ($y = 35.826+1.497x-0.012x^2$), Ground corn ($y = 3.445+3.039x-0.037x^2$)

[2] คือค่า a

ดังนั้นเมื่อใช้จำนวนชั่วโมงการตกค้างในกระเพาะรูเมนที่ 24 ชั่วโมงมาแทนค่า x ในสมการ พบว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด และข้าวโพดบดมีการสลายตัวของวัตถุแห้งเท่ากับ 60.42, 81.80 และ 78.32 % ตามลำดับ

ข. การย่อยสลายวัตถุแห้งของวัตถุดิบอาหารข้นประเภทโปรตีนในกระเพาะรูเมน

เมื่อนำถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นมาหาการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนโดยเทคนิคใช้ถุงไนลอนในระยะเวลาต่างๆกัน พบว่าถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นมีค่าการละลายได้ 48.0 และ 25.4 % ค่าการย่อยสลายของส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดการหมักย่อยได้ของอาหารข้นและถั่วเหลืองไขมันเต็มคือ 74.6 และ 52.0 % สำหรับค่า Effective degradability ที่ 0.05 h^{-1} ของถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นคือ 93.4 และ 88.2 ดังตาราง 4.4 การที่ถั่วเหลืองไขมันเต็มมี water soluble สูง เนื่องจากในถั่วเหลืองไขมันเต็มประกอบด้วยโปรตีนถึง 38 % ซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีนส่วนใหญ่ที่พบในพืชตระกูลถั่วคือ albumin ซึ่งมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้สูง (พันทิพา, 2547) สำหรับการที่ degradability of water insoluble ของอาหารข้นมีค่าสูงนั้นเพราะในถั่วเหลืองไขมันเต็มมีไขมันเป็นองค์ประกอบถึง 18 % (พันทิพา, 2547) ซึ่งไขมันจะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์เพราะจะไปเคลือบผิวของอาหารและผิวผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ย่อยโภชนะลำบากเป็นเหตุทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ลดลง (บุญล้อม, 2541)สอดคล้องกับ Mohamed *et al.* (1988) ที่กล่าวว่าถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นแหล่ง rumen undegradable protein (RUP) คือมีส่วนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักอยู่สูง ในทำนองเดียวกัน Dhiman *et al.(*1997) กล่าวว่าการเสริมไขมันที่ได้จากถั่วเหลืองไขมันเต็มจะถูกย่อยได้น้อยในกระเพาะหมักและน้ำมันพืชมีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมลบซึ่งอาจส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มที่สามารถย่อยสลายเยื่อใยมีปริมาณลดลง

ตาราง 4.4 ค่าการย่อยสลายของถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นที่วัดโดยถุงไนลอนและทำนายโดยใช้โปรแกรม NEWAY

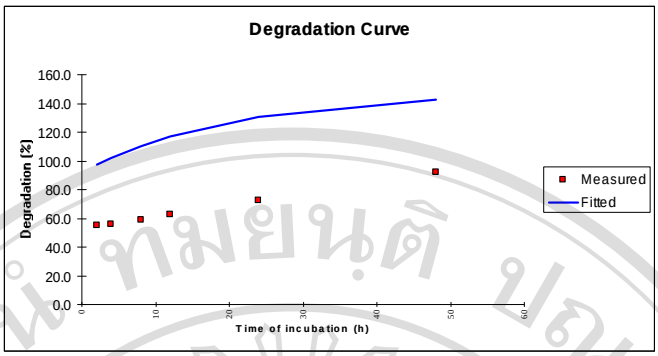
Table 4.4 Degradation characteristic of full fat soybean and concentrate incubated *in sacco* and estimated by NEWAY program

	Full fat soybean	Concentrate
Water soluble (%)	48.0	25.4
Degradability of water insoluble (%)	52.0	74.6
Effective degradability [1]	93.4	88.2

Outflow rate (fraction/h) at 0.05

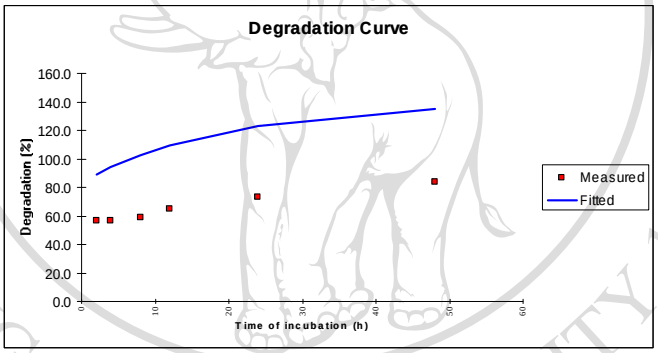
เมื่อนำค่าวัตถุแห้งของถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นที่หายไปที่ชั่วโมงต่างๆไปเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY เพื่อหาค่าการย่อยสลายโดยใช้สมการ $P = A+B\ (1-e^{-ct})$ จะได้กราฟการย่อยสลายของวัตถุแห้งของถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้น ดังภาพ 4.2 และ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 การย่อยสลายวัตถุแห้งของถั่วเหลืองไขมันเต็มที่ชั่วโมงต่างๆ ทำนายโดยโปรแกรม NEWAY

Figure 4.2 DM degradation curve of full fat soybean different at hours estimated by NEWAY program



ภาพ 4.3 การย่อยสลายวัตถุแห้งของอาหารข้นที่ชั่วโมงต่างๆ ทำนายโดยโปรแกรม NEWAY

Figure 4.3 DM degradation curve of concentrate at different hours estimated by NEWAY program

จากภาพ 4.2 และ 4.3 พบว่าลักษณะของเส้น fit curve ที่ได้อยู่ห่างจากค่าที่คำนวณไว้จึงไม่เหมาะสมสำหรับการทำนายการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ดังนั้นจึงนำข้อมูลมา plot กราฟ 3 แบบคือ แบบ linear แบบ quadratic และแบบ exponential แล้วทดสอบความแม่นยำของสมการโดยดูจากที่มีค่า r^2 สูงสุดเพื่อใช้ในการทำนายค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้น ดังตาราง 4.5 และ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.5 เปรียบเทียบความแม่นยำของสมการสามแบบของวัตถุดิบแหล่งโปรตีน 2 ชนิด

Table 4.5 Comparison the accuracy of three equations of 2 protein feedstuffs

Type of equation	r^2	Sig. level	SEE
Linear	0.753	0.000	7.721
Quadratic	0.757	0.000	7.773
Exponential	0.638	0.000	0.160

ตาราง 4.6 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการ Quadratic ของ ถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้น

Table 4.6 Estimated parameter value of Quadratic equations of full fat soybean and concentrate

	Model Summary			Parameter Estimates		
	r^2	F	Sig. level	Constant[2/]	b_1	b_2
Full fat soybean	0.832	37.036	0.000	46.141	1.038	-0.003
Concentrate	0.721	19.409	0.000	43.673	1.206	-0.008

[2/] คือ ค่า a

จากตาราง 4.5 และ 4.6 พบว่าค่า r^2 ของสมการแบบ quadratic สูงกว่าแบบ linear และแบบ exponential คือ 0.757, 0.753 และ 0.638 ดังนั้นสมการแบบ quadratic จึงมีความเหมาะสมสำหรับการทำนายการย่อยสลายของวัตถุแห้งของถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นโดยมีรูปแบบสมการดังนี้

Full fat soybean $y = 46.141+1.038x-0.003x^2$

Concentrate $y = 43.673+1.206x-0.008x^2$

เมื่อนำจำนวนชั่วโมงการตกค้างในกระเพาะรูเมนที่ 24 ชั่วโมงมาแทนค่า x ในสมการพบว่าถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นมีการสลายตัว 61.39 และ 88.75 % ตามลำดับ

ค. การย่อยได้ของวัตถุแห้งในหญ้ารูซี่

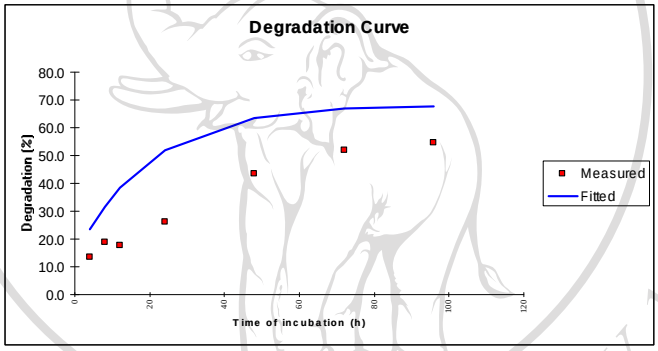
เมื่อนำค่าวัตถุแห้งของหญ้ารูซี่ที่ได้จากการย่อยสลายโดยเทคนิคใช้ถุงไนลอนที่ชั่วโมงต่างๆ มาคำนวณหาค่า water soluble, degradability of water insoluble และ effective degradability รวมทั้งสร้างกราฟการย่อยสลายโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ได้ค่าต่างๆ ดังตาราง 4.7 และภาพ 4.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ค่าการย่อยสลายของหญ้ารูซี่แห้งที่วัดโดยถุงไนลอนและทำนายโดยใช้โปรแกรม NEWAY

Table 4.7 Degradation characteristic of ruzi hay incubated *in sacco* and estimated by NEWAY program

	Ruzi hay
Water soluble (%)	13.6
Degradability of water insoluble (%)	54.6
Effective degradability [1]	34.7
Outflow rate (fraction/h) at 0.08	



ภาพ 4.4 การย่อยสลายวัตถุแห้งของหญ้ารูซี่แห้งที่ชั่วโมงต่างๆ ทำนายโดยโปรแกรม NEWAY

Figure 4.4 DM degradation curve of ruzi hay at different hours estimated by NEWAY program

จากตาราง 4.7 จะเห็นได้ว่าหญ้ารูซี่มีส่วนที่ละลายได้ 13.6 % ซึ่งต่ำกว่ารายงานของเอกสิทธิ์ (2541) เท่ากับ 26.1 % แสดงว่าหญ้ารูซี่ในการทดลองนี้มีอายุมากจึงมีส่วนที่ละลายได้เช่น โปรตีนแร่ธาตุที่อยู่ภายในเซลล์และคาร์โบไฮเดรตไม่ใช่เยื่อใยเช่น แป้งและน้ำตาล (บุญล้อม, 2541) อยู่ในปริมาณน้อย สอดคล้องกับเทอดชัย (2548) ที่กล่าวว่าหญ้าอาหารสัตว์ในเขตร้อนมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำอยู่ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับหญ้าที่อยู่ในเขตหนาวหรืออบอุ่น และ Van Milgan *et al.*(1991) อธิบายว่าส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้อาจถูกหมักย่อยได้ทันทีแต่เป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับส่วนที่ถูกหมักย่อยทั้งหมด และเมื่อพิจาณาส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดการหมักย่อยได้พบว่าเท่ากับ 54.6 %

2. ศึกษาประเภทของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบอาหาร

เมื่อนำกากอาหารในถุงที่เหลือจากการทำ washing loss มาวิเคราะห์และคำนวณหาค่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตไม่ใช่เยื่อใยที่ละลายได้ (soluble protein และ soluble NFC) รวมทั้งการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำกากอาหารที่เหลือในถุงจากการแช่ไว้ในกระเพาะรูเมนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงของวัตถุดิบอาหารข้นทั้งหมด และอาหารหยาบตามลำดับ ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ในรูเมน ตลอดจนโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักได้ค่าต่างๆ ดังตาราง 4.8 และ 4.9

ตาราง 4.8 เปอร์เซ็นต์โปรตีนชนิดที่ละลายได้ง่าย โปรตีนชนิดที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักและโปรตีนชนิดที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักของ ข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด ข้าวโพดบด ถั่วเหลืองไขมันเต็ม อาหารเม็ดทางการค้า และหญ้ารูซี่แห้ง

Table 4.8 Percentage of soluble protein, degradable protein and undegradable protein of steamed cracked corn, ground steamed cracked corn, ground corn, full fat soybean, concentrate and ruzi hay

	% SCP	% DCP	% UCP
SCC	5.76^{d}	32.01^{c}	67.98^{b}
GSCC	16.07^{c}	48.30^{b}	51.69^{c}
GC	16.59^{c}	19.38^{d}	80.61^{a}
FFSB	36.02^{a}	48.19^{b}	51.80^{c}
Concentrate	26.64^{b}	83.12^{a}	16.87^{d}
Ruzi hay	29.19^{b}	51.21^{b}	48.78^{c}
SEM	3.36	4.35	4.35

Note : SCC = steamed cracked corn, GSCC = ground steamed cracked corn, GC = ground corn, FFSB = full fat soybean

SCP = Soluble protein, DCP = Degradable protein, UCP = Undegradable protein

abcd : mean in the same column of 6 feeds with different superscripts differ significantly ($p<.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.8 พบว่าถั่วเหลืองไขมันเต็มมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ละลายได้ง่ายสูงกว่า ($P< 0.05$) วัตถุดิบชนิดอื่นๆ สอดคล้องกับ water soluble fraction ของถั่วเหลืองไขมันเต็มในการทดลองที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เนื่องจากถั่วเหลืองไขมันเต็มมีองค์ประกอบของโปรตีนสูงถึง 38 % (พันทิพา, 2547) โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ albumin ซึ่งเป็นโปรตีนพวกโพล่าที่มีขั้วหรือประจุจึงทำให้ละลายได้ดี (เทอดชัย, 2548) อีกทั้งการบดถั่วเหลืองไขมันเต็มทำให้มีขนาดเล็กจึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่าง albumin และน้ำให้มากขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของอาหารเม็ดทางการค้าสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ($P< 0.05$) นั้นอาจเนื่องจากมีส่วน

ของยูเรียผสมอยู่ด้วย ดุจดาว (2548) ที่รายงานว่าอาหารอัดเม็ดทางการค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณยูเรียผสมอยู่ 1.69 % ของวัตถุแห้งหรือ 1.48 % ของสภาพที่ใช้เลี้ยง สอดคล้องกับบุญล้อม (2541) ที่กล่าวว่าสารประกอบประเภทไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เช่น ยูเรีย ไบยูเรท เกลือแอมโมเนีย และมูลสัตว์ นิยมนำมาใช้เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อช่วยลดต้นทุน โดยยูเรียมีไนโตรเจนประกอบถึง 46 % เมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูก hydrolyse โดยเอนไซม์ urease จากจุลินทรีย์ได้ NH_3 และ CO_2 ซึ่งการสลายตัวของยูเรียเป็น NH_3 นั้นเกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว (เทอดชัย, 2548) อย่างไรก็ดีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด ถั่วเหลืองไขมันเต็ม และหญ้ารูซี่แห้ง ไม่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) เนื่องจากถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นเมล็ดพืชน้ำมันที่เป็นแหล่ง rumen undegradable protein (RUP) เพราะผ่านความร้อนในกระบวนการ extrude ทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนลดลง (Mohamed *et al.,* 1988) สอดคล้องกับ Hutjens and Schultz (1971) ที่รายงานว่าถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นแหล่ง RUP ในทำนองเดียวกัน Faldet *et al*. (1991) ก็ได้รายงานว่าถั่วเหลืองไขมันเต็มมี RUP ถึง 57 % ในขณะที่กากถั่วเหลืองมี RUP เพียง 35 % (NRC, 1988) ในส่วนของข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตก และข้าวโพดบด ($P< 0.05$) ดังตาราง 4.8 เนื่องจากเมล็ดข้าวโพด มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบในปริมาณต่ำซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะทำหน้าที่ยึดเชื่อมเม็ดแป้งไว้ด้วยกันในรูปของ protein matrix ทำให้เกิดโครงสร้างที่ทนต่อการย่อยสลายของเอนไซม์ แต่เมื่อผ่านการบีบหรือนึ่งจะทำให้โครงสร้างนี้ถูกทำลาย

สำหรับเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตไม่ใช่เยื่อใยที่ละลายได้ คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ละลายได้ง่าย คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักและคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักแสดงในตาราง 4.9 พบว่าวัตถุดิบอาหารข้นแหล่งพลังงานคือ ข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด และข้าวโพดบดมีเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตไม่ใช่เยื่อใยที่ละลายได้ และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก สูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ โดยข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดมีค่าสูงสุด ($P<0.05$) ในงานทดลองนี้ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบดอาจเปรียบได้กับข้าวโพดนึ่งบีบแตกเป็นเมล็ดที่ผ่านการเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้องของโคนมจึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Knowlton *et al.* (1996) ที่พบว่าการเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้องในโคนมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้ข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีขนาดชิ้นเล็กลง มีพื้นที่ผิวสัมผัสเพิ่มขึ้นและมีการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะรูเมนมากกว่าข้าวโพดบด อีกทั้งกระบวนการผลิตและแปรรูปข้าวโพดนึ่งบีบแตกจะทำให้เม็ดแป้งเกิดการ gelatinization (เทอดชัย, 2548) จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับปิ่นและเมธา (2544) ที่กล่าวว่ากระบวนการแปรรูปข้าวโพดด้วยการอบไอน้ำและบีบให้แตก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(steam - rolled) สามารถเพิ่มการย่อยสลายได้ถึง 13 % และเมื่อนำข้าวโพดนึ่งมาบีบให้แตก (cracking) และบดจะช่วยให้มีพื้นที่สัมผัสน้ำและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับเมธา (2533) ที่กล่าวว่าการบดเป็นการลดขนาดของอาหารซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้น้ำย่อยเข้าย่อยได้ดีและสะดวกขึ้น ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักเช่นน้ำตาลและแป้ง ถูกจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยแป้ง (amylolytic bacteria) และใช้น้ำตาลเป็นอาหาร (bacteria utilizing sugar) เข้าย่อยสลายได้รวดเร็ว สำหรับถั่วเหลืองไขมันเต็มและอาหารข้นชนิดเม็ด พบว่ามีคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ละลายได้ง่ายสูง เนื่องจากวัตถุดิบทั้งสองมีค่า washing loss จากการทดลองที่ 1 สูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ อีกทั้งการนำถั่วเหลืองไขมันเต็มมาบดให้มีขนาดชิ้นเล็กลงจึงส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่สามารถละลายน้ำได้มีผิวสัมผัสกับน้ำเพิ่มขึ้น สำหรับคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักที่มีค่าสูงนั้นเนื่องจากไขมันระดับสูงในถั่วเหลืองไขมันเต็มไปขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำให้คาร์โบไฮเดรตส่วนนี้ย่อยสลายในกระเพาะหมักน้อยลง ส่วนหญ้ารูซี่นั้นพบว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยที่ละลายได้ คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ละลายได้ง่ายและคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก ต่ำกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น สอดคล้องกับส่วนที่ละลายได้และส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดการหมักย่อยได้จากการทดลองที่ 1 และหญ้ารูซี่ในการทดลองนี้เป็นพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนจึงมีองค์ประกอบของ NDF, ADF และ ADL อยู่ในปริมาณสูงทำให้มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในปริมาณน้อย (เทอดชัย, 2548) อีกทั้งยังประกอบด้วยลิกนินซึ่งน้ำย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่สามารถย่อยได้ ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักของหญ้ารูซี่แห้งสูงกว่าวัตถุดิบแหล่งพลังงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยที่ละลายได้ คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ละลายได้ง่าย คาร์โบไฮเดรตชนิดที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักและคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักของ ข้าวโพดนึ่งบีบแตก ข้าวโพดนึ่งบีบแตกบด ข้าวโพดบด ถั่วเหลืองไขมันเต็ม อาหารเม็ดทางการค้า และหญ้ารูซี่แห้ง

Table 4.9 Percentage of soluble non fibrous carbohydrate, soluble carbohydrate, degradable carbohydrate and undegradable carbohydrate of streamed cracked corn, ground streamed cracked corn, ground corn, full fat soybean, concentrate and ruzi hay

	% SNFC	% SCHO	% DCHO	% UCHO
SCC	13.63^{c}	3.47^{cd}	56.71^{c}	43.29^{c}
GSCC	18.44^{a}	7.57^{b}	73.63^{a}	26.37^{e}
GC	15.79^{b}	0.25^{d}	60.77^{b}	39.23^{d}
FFSB	12.82^{cd}	14.85^{a}	40.30^{e}	59.28^{a}
Concentrate	10.85^{e}	8.34^{b}	39.43^{e}	60.57^{a}
Ruzi hay	11.72^{de}	3.91^{c}	45.34^{d}	54.66^{b}
SEM	0.58	1.36	1.07	0.94

Note : SCC = streamed cracked corn, GSCC = ground streamed cracked corn, GC = ground corn, FFSB = full fat soybean

SNFC = Soluble NFC, SCHO = Soluble carbohydrate, DCHO = Degradable carbohydrate, UCHO = Undegradable carbohydrate,

abcde : mean in the same low of 6 feeds with different superscripts differ significantly ($p<.05$)

การทดลองที่ 2 ประเมินค่าพลังงานและการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารโคนมโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊สตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988)

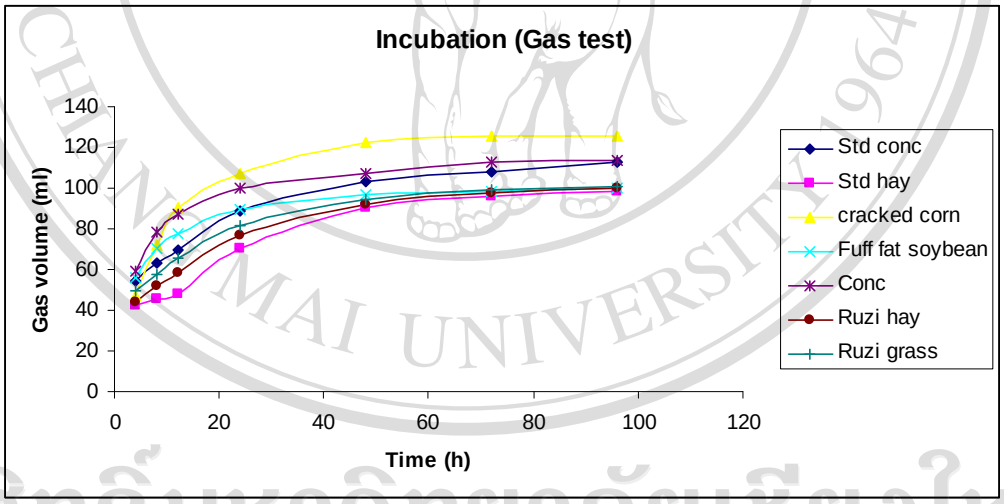
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อนำข้าวโพดนึ่งบีบแตกที่ผลิตตามกรรมวิธีในการทดลองที่ 1 ถั่วเหลืองไขมันเต็ม อาหารเม็ดทางการค้า หญ้ารูซี่สดและหญ้ารูซี่แห้งมาทดสอบการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและหาค่าพลังงานโดยการวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นในชั่วโมงต่างๆ ได้ผลดังตาราง 4.10 และภาพ 4.5

ตาราง 4.10 ปริมาตรแก๊สของข้าวโพดนึ่งบีบแตกและวัตถุดิบชนิดอื่นเมื่อหมักกับน้ำรูเมนภายในหลอดแก้ว

Table 4.10 *In vitro* gas production of cracked corn and other feed

	Gas production (ml) at different time (h)						
	4	8	12	24	48	72	96
Standard concentrate	23.75	32.75	3 9.25	58.25	73.00	77.75	82.25
Standard hay	12.75	15.25	18.25	40.75	60.75	65.75	68.56
Steamed cracked corn	23.00	49.00	67.00	84.00	97.50	104.00	105.00
Concentrate	30.33	49.00	55.67	71.67	78.67	83.33	85.00
Full fat soybeans	27.33	41.67	48.67	60.33	67.67	70.33	70.67
Ruzi grass	19.33	28.00	35.67	51.67	64.33	69.00	70.67
Ruzi hay	15.33	22.67	29.67	4767	62.67	68.67	71.00



ภาพ 4.5 ปริมาตรแก๊สสุทธิที่ชั่วโมงต่างๆ ของข้าวโพดนึ่งบีบแตกและวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นๆ

Figure4.5 In vitro gas production of streamed cracked corn and feedstuffs

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.10 และภาพ 4.5 พบว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีอัตราการเกิดแก๊สมากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เนื่องจากข้าวโพดนึ่งบีบแตกเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างเช่น แป้ง ซึ่งเมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกจุลินทรีย์เข้าย่อยสลายอย่างรวดเร็วโดยมีอัตราการย่อยสลาย (rate of degradation) สูงมากเกือบสมบูรณ์ (ปิ่นและเมธา, 2545) แต่สูงกว่าของ Nocek and Tamminga (1991) ที่รายงานว่าการย่อยสลายแป้งในข้าวโพดโดยวิธีการ *In vitro* เท่ากับ 58.4 %ของปริมาณ

แป้งทั้งหมด นอกจากนี้ Krishnamoorthy *et al.*(1995; อ้างโดยสมสุข, 2544) ยังกล่าวว่าอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายมีอิทธิพลหลักต่อปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (NRC, 1988) ในกรณีของอาหารข้นทางการค้าและถั่วเหลืองไขมันเต็มซึ่งเป็นแหล่งโปรตีน ปริมาตรที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตก เพราะเมื่อถั่วเหลืองไขมันเต็มเข้าสู่กระเพาะรูเมนโปรตีนที่อยู่ในถั่วเหลืองไขมันเต็มจะถูกจุลินทรีย์เข้าย่อยสลายจะให้ NH_3 ซึ่งจะจับตัว (binding) กับ CO_2 จึงเป็นเหตุให้เกิดแก๊สน้อยลง อีกทั้งในถั่วเหลืองไขมันเต็มมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดไขมันลิโนเลอิกซึ่งสามารถลดการผลิตแก๊สมีเทนได้ สอดคล้องกับการรายงานของ Giger-Reverdin *et al.* (2003; อ้างโดยเรืองยศ, 2550) ที่ได้ทำการตรวจเอกสารงานวิจัยต่างๆ พบว่าการเสริมกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องให้ผลที่น่าสนใจคือ สามารถลดการผลิตแก๊สมีเทนลงได้ โดยกรดไขมันสายยาวสามารถลดการผลิตแก๊สมีเทนได้สองทางคือ 1) เปลี่ยนแปลงกระบวนการนำไฮโดรเจนไปใช้ และ 2) มีผลเป็นพิษโดยตรงต่อจุลินทรีย์ที่ผลิตแก๊สมีเทนในรูเมน สำหรับอาหารข้นทางการค้าที่มียูเรียผสมอยู่เมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ urease จากจุลินทรีย์ได้ CO_2 และ NH_3 (เมธา, 2533) ส่วนในหญ้ารูซี่ทั้งสดและแห้ง (ตาราง 4.10 และภาพ 4.5) พบว่ามีอัตราการเกิดแก๊สในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงแรกค่อนข้างเร็วแต่จะลดลงจนเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 72 ถึง 96 ซึ่งเป็นเพราะคาร์โบไฮเดรตและโภชนะที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายถูกย่อยสลายหมดไปตั้งแต่ช่วงแรกๆ ของการหมัก สอดคล้องกับมณีรัตน์ (2549) ที่พบผลในทำนองเดียวกัน และเนื่องจากหญ้ารูซี่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นผนังเซลล์ซึ่งประกอบด้วย เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสสูงสอดคล้องกับมณีรัตน์ (2549) ที่รายงานว่าหญ้ารูซี่สดที่ตัดอายุ 50 วัน มี NDF และ ADF เท่ากับ 64.5 และ 35.42 % ส่วนหญ้ารูซี่แห้งที่อายุการตัดเท่ากันมี NDF และ ADF เท่ากับ 66.76 และ 39.55 % จึงทำให้มีการย่อยสลายได้ช้าหรือย่อยสลายได้ต่ำเมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (ฉลอง, 2541) ดังนั้นจึงทำให้ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นน้อยกว่าวัตถุดิบอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.11 ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ พลังงานสุทธิ พลังงานย่อยได้และยอดโภชนะย่อยได้ของข้าวโพดนึ่งบีบแตกและวัตถุดิบในอาหารข้นผสมเองจากการประเมินโดยวิธีการวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงแรก

Table 4.11 OMD, ME, NEL, DE and TDN of steamed cracked corn and other feed in mixed concentrate calculated from gas production within 24 h.

	Adjusted GP	OMD	ME	NEL	DE	TDN
	(ml)	(%)	—— (Mcal/kgDM) ——			(%)
Steamed cracked corn	78.76[a]	89.03[a]	3.25[a]	2.10[a]	3.66[a]	83.08[a]
Full fat soybean	67.92[b]	77.38[b]	2.83[b]	1.80[b]	3.25[b]	73.72[b]
Concentrate	60.65[c]	71.69[c]	2.66[c]	1.66[c]	3.08[c]	69.88[b]
Ruzi hay	48.61[e]	56.73[e]	2.11[e]	1.24[e]	2.53[e]	57.43[d]
Ruzi grass	55.96[d]	63.29[d]	2.35[d]	1.41[d]	2.77[d]	62.83[c]
SEM	1.82	1.76	0.06	0.04	0.06	1.49

abcd : Mean in the same column of 5 feeds with different superscripts differ significantly ($p<.05$)

จากตาราง 4.11 จะเห็นได้ว่าการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของข้าวโพดนึ่งบีบแตกสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น เนื่องจากข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย ดังนั้นจุลินทรีย์จึงเข้าใช้ประโยชน์อย่างรวดเร็วกว่าวัตถุดิบกลุ่มโปรตีนและอาหารหยาบ แต่ค่า DE ในงานทดลองนี้จะต่ำกว่าของ Cunilleras *et al*. (2004) ที่รายงานไว้ว่าเท่ากับ 3.76 Mcal/kgDM เมื่อพิจารณาค่า TDN พบว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีค่าสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับถั่วเหลืองไขมันเต็มในงานทดลองนี้มีค่า TDN ต่ำกว่ารายงานของกรมปศุสัตว์ (2547) คือ 93.09 % เนื่องจากในถั่วเหลืองไขมันเต็มมีไขมันสูงซึ่งไขมันจะไปเคลือบผิวของอาหารส่งผลให้การย่อยสลายโภชนะโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนลดลง ส่วนในอาหารข้นพบว่ามีค่า TDN ใกล้เคียงกับรายงานของธนมณ (2550) คือ 69.15 % หญ้ารูซี่แห้งและหญ้ารูซี่สดในงานทดลองนี้มีค่า OMD, ME, NEL สูงกว่ารายงานของมณีรัตน์ (2549) ซึ่งรายงานว่าหญ้ารูซี่แห้งมี OMD 54.13 % มี ME และ NEL 1.99 และ1.66 Mcal/kgDM ตามลำดับ ในขณะที่ธนมณ (2550) รายงานผลของหญ้ารูซี่สดไว้เท่ากับ 61.24 %, 2.26 และ1.35 Mcal/kgDM เมื่อประเมินค่า TDN ในหญ้ารูซี่แห้งจะเห็นว่าต่ำกว่ารายงานของมณีรัตน์ (2544) ที่ศึกษาการย่อยได้แบบ *in vivo* คือ 59.90 % สำหรับหญ้ารูซี่แห้งพบว่าค่า TDN ในงานทดลองนี้มีค่าสูงกว่าการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานของธนมณ (2550) ที่ศึกษาแบบ *in vitro* คือ 58 % ซึ่งอาจเนื่องจากความแตกต่างของอายุหญ้า ภูมิอากาศ และความสมบูรณ์ของดินที่ปลูกหญ้าในแต่ละรายงาน

การทดลองที่ 3 การใช้อาหารข้นผสมเองที่มีข้าวโพดนึ่งบีบแตกเป็นแหล่งพลังงานทดแทนบางส่วนอาหารข้นทางการค้าเลี้ยงโคให้นม

ก. ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร

ตาราง 4. 12 ส่วนประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) ของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

Table 4.12 Chemical composition (% DM) of ingredients used in the experiment

Composition (%)	Ruzi hay	Ruzi Grass	Steamed cracked corn	Full fat soybean	Conc.
DM	88.51	37.02	87.09	90.19	89.23
CP	2.87	4.73	7.76	35.80	19.84
EE	1.84	2.54	3.20	16.39	3.16
Ash	5.07	10.85	1.32	7.66	8.08
CF	37.85	21.80	2.77	5.47	13.95
NDF	69.63	55.49	15.11	22.85	30.57
ADF	39.34	31.19	5.26	19.45	24.53
NFC	20.59	26.36	72.61	21.3	39.35
NFE	52.37	60.08	84.95	34.68	54.97
TDN	57.43[1/]	62.83[1/]	83.08[1/]	92.40[2/]	69.88[1/]

[1/] TDN was calculated from gas production technique

[2/] Calculated from equations of Kearl (1982)

TDN of protein supplement (%DM) = 40.3227 + 0.5398 (%CP) + 0.4448 (%NFE) + 1.4218 (%EE) + 0.707 (%CF)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.12 พบว่าข้าวโพดนึ่งบีบแตกมีโปรตีน 7.76 % ใกล้เคียงกับการรายงานของ Delahoy *et al.*(2003) คือ 7.80 % แต่มีค่าโปรตีนรวม เถ้า ไขมัน เยื่อใย โภชนะย่อยได้รวม ต่ำกว่ารายงานของ Cunilleras *et al.* (2004) คือ 8.30, 1.70, 4.30,5.9 และ 88.3 % ซึ่งอาจเนื่องจากพันธุ์ และแหล่งปลูก สำหรับถั่วเหลืองไขมันเต็มพบว่ามีค่า CP, CF และ TDN ต่ำกว่ารายงานของกรมปศุสัตว์

(2547) คือ 38.23, 8.53 และ 93.09 % ส่วนอาหารข้นทางการค้าที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นอาหารที่ผลิตโดยบริษัทเอกชนซึ่งระบุข้างถุงไว้ว่ามี CP เท่ากับ 20 % ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียงคือ 19.84 % และมีค่า TDN ใกล้เคียงกับรายงานของธนมณ (2550) คือ 69.15 % แต่ต่ำกว่าการรายงานของดุจดาว (2548) คือ 70.81 % ในหญ้ารูซี่แห้งพบว่าค่า CP, NDF และ ADF ต่ำกว่าการรายงานของดุจดาวคือ 4.47, 74.44 และ 43.78 % แต่ ADL มีค่าสูงกว่าคือ 5.52 % ส่วนหญ้ารูซี่สดนั้น พบว่า CP, NDF และ ADF มีค่าต่ำกว่า แต่ ADL มีค่าสูงกว่ารายงานของธนมณ (2550) คือ 7.37, 67.80, 39.32 และ 4.11 % ตามลำดับ

ตาราง 4.13 องค์ประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) ของอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

Table 4.13 Calculated chemical composition (% DM) of concentrate used in the experiment

Composition (%)	Home mixed Conc.[1/]	T1	T2	T3
Conc. : Home mixed Conc.[2/]		100 : 0	75 : 25	50 : 50
DM	90.71	89.23	89.60	89.97
CP	22.97	19.84	20.62	21.41
EE	10.33	3.16	4.95	6.75
NDF	17.04	30.57	27.19	23.81
ADF	10.86	24.53	21.11	17.70
NFC	45.72	39.35	40.94	42.54

[1/] Home mixed Con. : คือ home mixed concentrateประกอบด้วย steamed cracked corn, full fat soybean, vitamin premix และ mineral premix

[2/] Conc. : Home mixed Conc. คือสัดส่วนของ commercial concentrate : home mixed concentrate

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองแต่ละกลุ่มดังตาราง 4.13 จะเห็นได้ว่า DM อยู่ในช่วงระหว่าง 89.23 – 89.97 %, CP 19.84 – 21.41 % แต่ค่า EE, NDF, ADF และ NFC แตกต่างกันตามสูตรอาหารแต่ละกลุ่มทดลอง ซึ่งอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่มนี้ได้คำนวณสูตรให้มีโภชนะเพียงพอกับความต้องการของโคนมที่ให้น้ำนม 15 กิโลกรัม ตามคำแนะนำของ NRC (1988) โดยใช้โปรแกรม MRATION (สมคิด, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข.ปริมาณอาหารที่กินและโภชนะที่โคได้รับ

จากการคำนวณสูตรอาหารเพื่อให้โคทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ได้รับวัตถุแห้งใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตาราง 4.14 เมื่อนำไปให้โคกินพบว่าปริมาณอาหารหยาบที่กินได้ของโคทั้ง 3 กลุ่มไม่

แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 1.21 – 1.24 % ของน้ำหนักตัว ส่วนอาหารข้นที่ได้รับเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวก็ไม่มีความแตกต่างเช่นเดียวกัน เนื่องจากในการคำนวณได้ใช้น้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนมและจำนวนครั้งของการให้นม (lactation) มาพิจารณาร่วมด้วย อย่างไรก็ดีปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวันของโคกลุ่มที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ 1 ดังตาราง 4.14 ซึ่งอาจเป็นเพราะอาหารในกลุ่มที่ 3 และ 2 มีปริมาณไขมันสูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ เพราะในอาหารข้นผสมเองมีถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่มที่1 ($P < 0.05$) ซึ่งกรดไขมันสายยาวโดยเฉพาะลิโนเลอิก (C18:2) ที่มีในถั่วเหลืองไขมันเต็มสูง (พันทิพา, 2547) ไขมันอาจจะเข้าไปเคลือบผิวของจุลินทรีย์และผิวอาหาร (บุญล้อม, 2541) ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าเกาะจับผนังเซลล์อาหารได้ (เมธา, 2533) ส่งผลให้การย่อยได้ของเยื่อใยลดลงจึงเป็นเหตุให้ปริมาณวัตถุแห้งที่โค 2 กลุ่มหลังกินได้มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มแรก

ปริมาณโภชนะที่กินได้ของ NFC, NFC/DIP, soluble CHO และ degradable CHO ในกลุ่มที่ 2 และ3 สูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากในอาหารข้นผสมเองประกอบด้วยข้าวโพดนึ่งบีบแตก ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักอยู่สูง แต่ปริมาณ degradable protein ของกลุ่มที่ 2 และ 3 น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 เนื่องจากมีปริมาณอาหารข้นทางการค้าในสูตรอาหารลดลง สำหรับปริมาณของ NDF และ ADF ที่ได้รับในกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 2 แต่น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ($P < 0.05$) นั้นอาจเนื่องมาจากอาหารสูตรที่ 2 มี NDF และ ADF ต่ำกว่าประกอบกับโคในสองกลุ่มนี้มีแนวโน้มว่ากินอาหารคิดเป็นวัตถุแห้งได้น้อยกว่าโคกลุ่มที่ 1 ด้วยจึงทำให้ได้ค่าดังกล่าวต่ำกว่า อย่างไรก็ดีปริมาณของ CP และ TDN ที่ได้รับในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 ปริมาณวัตถุแห้ง อาหารข้น อาหารหยาบและโภชนะที่โคได้รับจากการให้อาหาร 3 สูตร

Table 4.14 Dry matter, concentrate, roughage and nutrient intake of cows fed 3 different rations.

	T1	T2	T3	SEM
Total dry matter offered				
- kg/cow/day	17.81	17.82	17.61	
-%BW	3.50	3.49	3.48	
Total dry matter intake				
- kg/cow/day	15.05	14.79	14.64	0.10
-%BW	2.97	2.92	2.91	0.03
Roughage dry matter offered				
- kg/cow/day	9.09	9.09	9.09	
-%BW	1.75	1.77	1.82	
Roughage dry matter intake				
- kg/cow/day	6.39	6.19	6.10	0.13
-%BW	1.24	1.20	1.21	0.03
Concentrate dry matter intake				
- kg/cow/day	8.67[a]	8.66[b]	8.55[c]	0.02
-%BW	1.71	1.70	1.69	0.02

[abc] mean in the same row with different superscipts differ significantly ($p < .05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 ปริมาณวัตถุแห้ง อาหารข้น อาหารหยาบและโภชนะที่โคได้รับจากการให้อาหาร 3 สูตร (ต่อ)

Table 4.14 Dry matter, concentrate, roughage and nutrient intake of cows fed 3 different rations.

Nutrient intake (kg/cow/day)	T1	T2	T3	SEM
Nutrient intake (kg/cow/day)				
CP	2.19[a]	2.16[a]	1.79[b]	0.01
DIP	1.58[a]	1.53[b]	1.48[c]	0.01
EE	0.46[c]	0.57[b]	0.69[a]	0.01
NFC	4.14[c]	4.42[b]	4.86[a]	0.03
NDF	7.04[a]	6.50[ab]	5.83[b]	0.16
ADF	3.65[a]	3.44[ab]	3.18[b]	0.09
NFC/DIP ratio	2.61[c]	2.94[b]	3.37[a]	0.01
TDN	9.66	9.82	9.88	0.09
Nutrient intake from concentrate (kg/cow/day)				
EE	0.31[c]	0.42[b]	0.55[a]	0.00
Soluble protein	0.50	0.52	0.56	0.03
Degradable protein	1.53[a]	1.39[b]	1.11[c]	0.02
Undegradable protein	0.43	0.35	0.94	0.11
Soluble CHO	0.23[b]	1.51[a]	1.34[a]	0.09
Degradable CHO	0.29[b]	2.77[a]	3.15[a]	0.07
Undegradable CHO	0.35	0.35	0.30	0.01

[abc] mean in the same row with different superscipts differ significantly ($p < .05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค.ปริมาณ ส่วนประกอบของน้ำนม และอัตราการเปลี่ยนอาหาร

ผลผลิตน้ำนมเมื่อได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม แสดงในตาราง 4.15 พบว่าปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ต่อวันในกลุ่มที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่ 1 เนื่องจากปริมาณ NFC ในอาหารกลุ่มที่ 2 และ3 สูงกว่ากลุ่มที่ 1 โดยมีที่มาจากการอาหารข้นผสมเองที่มีข้าวโพดนึ่งบีบแตกเป็นส่วนผสม ซึ่งน่าจะส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนย่อยสลาย NFC เป็นกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้น จุลินทรีย์จะนำ keto acid จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและ แอมโมเนีย จากการย่อยสลายโปรตีนในอาหารข้นมาสร้างเซลล์จุลินทรีย์ (microbial protein) และเพิ่มจำนวนเซลล์ส่งผลให้แป้งที่อยู่ในข้าวโพดนึ่ง

บีบแตกเกิดการใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับ Armstrong (1981, Armstrong and Presscott, 1971; อ้างโดยเทอดชัย, 2548) ที่กล่าวว่าเมล็ดธัญพืชที่ผ่านกระบวนการแปรรูปก่อนนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้แป้งที่ย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ ให้กรดไขมันที่ระเหยได้ที่มีอัตราส่วนของกรดโพรพิโอนิกในอัตราสูงขึ้น ในโคนมจะใช้กรดโพรพิโอนิก 60 % เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคสที่ตับและถูกดูดซึมไปที่เต้านมเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์น้ำนม (เมธา, 2533) สอดคล้องกับ Dijkstra (1994) ที่รายงานว่ากรดโพรพิโอนิกมีบทบาทในการเพิ่มปริมาณน้ำนม แต่ในทางตรงกันข้ามกรดโพรพิโอนิกจะไปมีผลทำให้ไขมันนมลดลง เพราะสัดส่วนของโพรพิโอนิกต่ออะซิติกเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของอะซิติกซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันนมลดลง สอดคล้องกับ Minor *et al.* (1988) ที่กล่าวว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ NFC ลดลง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าโคในกลุ่มที่ 2 และ3 ซึ่งได้รับ NFC สูงกว่ากว่ากลุ่มที่ 1 มีแนวโน้มให้ไขมันนมลดลง จากการที่อาหารของโคในกลุ่มที่ 2 และ 3 มีถั่วเหลืองไขมันเต็มเป็นองค์ประกอบซึ่งมีผลทำให้การย่อยสลายเยื่อใยลดลง ส่งผลให้ปริมาณของกรดบิวทีริกซึ่งมีบทบาทในการสร้างกรดไขมันสายสั้นซึ่งเป็นกรดไขมันในน้ำนมลดลง เมื่อพิจารณาของแข็งไม่รวมไขมัน พบว่าโคในกลุ่มที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่ 1 ในกรณีของสัดส่วนของไขมันนมต่อโปรตีนนมพบว่าทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันคือ 1.42, 1.29 และ1.20 ซึ่งประวีร์ (2546) กล่าวว่าสัดส่วนระหว่างไขมันนมและโปรตีนในน้ำนมเป็นค่าที่แสดงถึงความสมดุลระหว่างพลังงานและโปรตีนในสูตรอาหาร ค่าที่เหมาะสมคือ 1.30 หากสัดส่วนของไขมันและโปรตีนนมมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1.5 ชี้ให้เห็นว่าโคนมขาดสมดุลระหว่างพลังงานและโปรตีน และถ้าสัดส่วนของไขมันและโปรตีนนมน้อยกว่า 1.0 แสดงว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายสูงเกินไป จะเห็นว่าโคกลุ่มที่ 1 จะได้รับอาหารที่ขาดความสมดุลระหว่างพลังงานและโปรตีน อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่เปลี่ยนเป็นน้ำนม (FCR) ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่โคในกลุ่มที่ 1 จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมเฉลี่ยของโคที่กินอาหารทั้ง 3 สูตร

Table 4.15 Milk production and milk composition of cows fed 3 different rations.

	T1	T2	T3	SEM
Weight change (kg/day)	0.71	-0.73	-0.92	1.16
Milk production (kg/day)	12.52	13.38	13.55	0.25
4% FCM (kg/day)[1/]	14.36	13.97	13.36	0.39
Milk composition (%)				
Fat	4.37	3.99	3.71	0.16
Protein	3.10	2.97	3.09	0.04
Lactose	4.39	4.43	4.44	0.05
Total solid	11.68	11.28	11.14	0.13
Solid not fat	8.24	8.20	8.30	0.05
Fat / Protein	1.42	1.29	1.20	005
Milk composition (kg/day)				
Fat	0.62	0.61	0.54	0.02
Protein	0.44	0.43	0.44	0.01
Lactose	0.63	0.63	0.61	0.01
Total solid	1.67	1.61	1.59	0.02
Solid not fat	1.18	1.17	1.19	0.01
FCR (Feed DM/ kg milk)				
Milk	1.20	1.11	1.08	
4% FCM	1.05	1.06	1.09	

[1/] 4% FCM = 0.4(kg of milk) + 15(kg of fat)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง.ต้นทุนค่าอาหารและผลตอบแทน

เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารในแต่ละวัน พบว่าในกลุ่มที่ 2 และ 3 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 เนื่องจากอาหารกลุ่มที่ 1 ใช้อาหารข้นทางการค้าเพียงชนิดเดียว แต่ในกลุ่มที่ 2 และ3 มีการใช้อาหารที่ประกอบด้วยข้าวโพดนึ่งบีบแตก ถั่วเหลืองไขมันเต็ม วิตามิน และแร่ธาตุ รวมอยู่จึงทำให้มีราคาสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำนม 1 กิโลกรัม พบว่าในกลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกันส่งผลให้ค่ากำไรต่อ 1 กิโลกรัม เป็นไปในทิศทางเดียวกันด้วย

ตาราง 4.16 ค่าอาหารในการผลิตน้ำนม

Table 4.16 Feed cost and cost of milk production

	T1	T2	T3
Milk production (kg/day)	12.52	13.38	13.55
4% FCM (kg/day)	14.36	13.97	13.36
Total feed cost (baht/day)	79.45	87.96	96.17
Concentrate cost (baht/kg DM)	9.00	10.27	11.43
Concentrate cost (baht/ day)	66.74	75.25	83.46
Roughage cost(baht/kg DM)	1.39	1.39	1.39
Roughage cost(baht/ day)	12.71	12.71	12.71
Cost of feed : milk production (baht/kg)	6.35	6.57	7.16
Cost of 4% FCM (baht/kg)	6.05	6.71	7.50
Income over feed (baht/ kg milk)	6.15	5.93	5.30
Income over feed (baht/ 4% FCM)	6.97	6.20	5.30

Note : Income over feed (baht/kg milk) = $\frac{[(\text{milk yield(kg/day)} \times \text{milk price (baht/kg)}] - \text{feed cost}}{\text{Milk yield (kg/d)}}$

Milk price = 12.5 (baht/kg)

Cost of feed (baht/kg as fed basis) : cracked corn = 8.52, full fat soybean = 21.4, conc.= 9, Ruzi grass = 1, Ruzi hay = 3 baht/kg

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตและส่วนประกอบน้ำนม

เมื่อนำข้อมูลปริมาณโภชนะในอาหารแต่ละกลุ่มรวมทั้งผลผลิตและส่วนประกอบของน้ำนมมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำนม ส่วนประกอบน้ำนม และโภชนะที่โคได้รับดังตาราง 4.17 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในนม ไขมันนม ของแข็งในนมทั้งหมดลดลงโดยมีค่า r ที่เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) สำหรับปริมาณการกินได้และโภชนะที่ได้รับ พบว่าปริมาณการกินได้ไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม แต่ปริมาณของโภชนะ CP, DIP และ NFC ที่ได้รับจากอาหารมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับการให้ผลผลิตน้ำนมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับตาราง 4.18 ที่นำข้อมูลปริมาณโภชนะคือ DCHO, UCHO, SCP และ DCP ที่ได้รับจากอาหารข้นแต่ละกลุ่มมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำนม และส่วนประกอบของน้ำนม พบว่าปริมาณโภชนะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหล่านี้ที่โคได้รับมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตน้ำนมในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แสดงว่าถ้าโคนมได้รับโภชนะ CP, DIP, NFC, DCHO, UCHO, SCP และ DCP จากอาหารข้นสูงขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถนำพลังงานจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายร่วมกับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนมาใช้ในการสร้างและเพิ่มจำนวนของตัวมันเอง ทำให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายในกระเพาะรูเมนได้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เกิดกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นซึ่งโดยส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะซิติกและกรดโพรพิโอนิก เมื่อกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งสองชนิดนี้ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดไปที่ตับจะเกิดกระบวนการ gluconeogenesis ได้น้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำนมในเต้านม ในทางตรงกันข้ามปริมาณ DCHO ที่ได้รับจากอาหารข้นมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับไขมันนมอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่า r เท่ากับ -0.648 ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไขมันจากอาหารข้นยังมีสหสัมพันธ์กับไขมันนมด้วยโดยมีค่า r เท่ากับ -0.627 ($P < 0.05$) เนื่องจากไขมันจากอาหารจะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยไขมันจะเข้าไปเคลือบผิวของอาหารและตัวจุลินทรีย์ทำให้เกิดการย่อยอาหารกลุ่มเยื่อใยลดลงส่งผลให้สัดส่วนของอะซิติกและบิวทีริกลดลงมีผลให้ไขมันนมลดลง อย่างไรก็ดีไขมันจากอาหารข้นมีสหสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตน้ำนมในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่า r เท่ากับ 0.551 ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำนม ส่วนประกอบน้ำนม (%) และโภชนะที่โคได้รับ (กก.ต่อวัน) (N =18)

Table4.17 Correlation coefficients of factors related to milk yield, milk composition (%) and nutrient intake of milking cows (kg/d) (N = 18)

	Milk	4% FCM	Protein	Fat	Lactose	TS	SNF	DMI	CP	DIP	NFC	TDN
Milk	1	0.261	-0.525*	-0.547*	-0.011	-0.479*	-0.312	0.101	0.556*	0.713**	0.469*	0.446
4% FCM	0.261	1	0.237	0.664**	0.288	0.235	0.407	0.450	0.450	0.478**	0.157	-0.462
Protein	-0. 525*	0.237	1	0.603**	0.209	0.626**	0.777***	0.358	-0.221	-0.301	0.036	0.117
Fat	-0.547*	0.664**	0.603**	1	0.262	0.568*	0.584*	0.303	-0.046	-0.141	-0.242	-0.044
Lactose	-0.011	0.288	0.209	0.262	1	-0.024	0.548*	-0.369	-0.401	-0.403	-0.226	-0.373
TS	-0.479*	0.235	0.626**	0.568*	-0.24	1	0.564*	0.162	-0.053	-0.088	-0.053	-0.067
SNF	-0.312	0.407	0.777**	0.584*	0.548*	0.564*	1	0.253	-0.250	-0.223	0.108	0.141
DMI	0.101	0.450	0.358	0.303	-0.369	0.162	0.253	1	0.443	0.521*	0.677**	0.908**
CP	0.556*	0.450	-0.221	-0.046	-0.401	-0.053	-0.250	0.443	1	0.933**	0.158	0.552*
DIP	0.713**	0.478*	-0.301	-0.141	-0.403	-0.088	-0.223	0.521*	0.933**	1	0.410	0.717**
NFC	0.469*	0.157	0.036	-0.242	-0.226	-0.053	0.108	0.677**	0.158	0.410	1	0.846**
TDN	0.446	0.462	0.117	0.044	-0.373	0.067	0.141	0.908**	0.552**	0.717**	0.846	1

*Correlation is significant at the 0.05 level

** Correlation is significant at the 0.01 level

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำนม ส่วนประกอบน้ำนม (%) และโภชนะที่โคได้รับจากอาหารข้น (กก.ต่อวัน) (N =18)

Table4.18 Correlation coefficients of factors related to milk yield, milk composition (%) and nutrient intake from concentrate of milking cows (kg/d) (N = 18)

	Milk	Fat	Protein	Lactose	TS	SNF	EE	SCHO	DCHO	UCHO	SCP	DCP	UCP
Milk	1	-0.547*	-0.525*	-0.11	-0.479*	-0.312	0.551*	0.236	0.816**	0.676**	0.805**	0.596**	0.256
Fat	-0.547*	1	0.603**	0.262	0.568*	0.584*	-0.627**	-0.381	-0.648**	-0.162	-0.319	-0.071	-0.353
Protein	-0.525*	0.603**	1	0.209	0.626**	0.777**	-0.268	-0.176	-0.439	-0.402	-0.462	-0.367	-0.122
Lactose	-0.011	0.262	0.209	1	-0.024	0.548*	-0.027	0.034	-0.199	-0.355	-0.379	-0.359	0.078
TS	-0.479**	0.568**	0.626**	-0.024	1	0.564*	-0.244	-0.118	-0.281	-0.119	-0.155	-0.085	-0.308
SNF	-0.312	0.548**	0.777**	0.548**	0.564*	1	-0.109	0.020	-0.254	-0.321	-0.347	-0.301	-0.034
EE	0.551*	-0.627**	-0.268	-0.027	-0.244	-0.109	1	0.830**	0.877**	-0.052	0.238	-0.172	0.703**
SCHO	0.236	-0.381	-0.176	0.034	-0.118	0.020	0.830**	1	0.595**	-0.303	-0.074	-0.395	0.831**
DCHO	0.816**	-0.648**	-0.439	-0.199	-0.281	-0.254	0.877**	0.595**	1	0.433	0.672**	0.322	0.474
UCHO	0.676**	-0.162	-0.402	-0.355	-0.119	-0.321	-0.052	-0.303	0.433	1	0.952**	0.992**	-0.279
SCP	0.805**	-0.319	-0.462	-0.379	-0.155	-0.347	0.238	-0.704	0.672**	0.952**	1	0.912**	-0.096
DCP	0.596**	-0.071	-0.367	-0.359	-0.085	-0.301	-0.172	-0.395	0.322	0.992**	0.912**	1	-0.360
UCP	0.256	-0.353	-0.122	0.078	-0.308	0.034	0.703**	0.831**	0.474	-0.279	-0.096	-0.360	1

*Correlation is significant at the 0.05 level, ** Correlation is significant at the 0.01 level

SCHO = Soluble carbohydrate, DCHO = Degradable carbohydrate, UCHO = Undegradable carbohydrate, SCP = Soluble protein,

DCP = Degradable protein, UCP = Undegradable protein

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved