บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

การทำเบียร์และอุตสาหกรรมเบียร์ในประเทศไทย

พระยาภิรมย์ภักดี (บุญรอด เศรษฐบุตร) เป็นผู้ริเริ่มผลิตเบียร์เป็นอุตสาหกรรมครั้งแรกในประเทศไทยในปี 2473 และตั้งบริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด ผลิตเบียร์ออกจำหน่ายครั้งแรกในปี 2477 (ยิ่งศักดิ์, 2506) ต่อมาเมื่อปี 2501 มีการตั้งบริษัทบางกอกเบียร์ เป็นโรงงานผลิตแห่งที่ 2 ในประเทศไทย และเปลี่ยนชื่อเป็นบริษัทไทยอมฤตบริวเวอรี่ จำกัด เมื่อปี 2509 (นิรนาม, 2521) หลังจากนั้นการผลิตเบียร์ในประเทศไทยก็พัฒนาขึ้นเป็นลำดับทั้งวิธีการผลิตและปริมาณ

ในปี 2539 ประเทศไทยมีการผลิตเบียร์มากถึง 709,180,000 ลิตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง, 2540) ซึ่งการทำเบียร์จะมีกากมอลท์เป็นผลพลอยได้เป็นจำนวนมาก โดยพบว่าการผลิตเบียร์ 1 ลิตร จะได้กากมอลท์เป็นผลพลอยได้ 100 กรัม ดังนั้นในปี 2539 จะมีกากมอลท์ประมาณ 70,000 ตัน แนวโน้มปริมาณกากมอลท์จะมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากประเทศไทยผลิตเบียร์เพิ่มขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ยังไม่มีข้อมูลที่แสดงว่ามีเกษตรกรนำกากมอลท์ไปผสมอาหารเลี้ยงสุกร คงมีแต่นำไปเลี้ยงโคและบริษัทผู้ผลิตอาหารสัตว์รายใหญ่เป็นผู้ซื้อนำไปผสมเป็นอาหารสำเร็จรูปเท่านั้น จะเห็นได้ว่าในอนาคตประเทศไทยจะมีกากมอลท์มากขึ้นเรื่อยๆ และมีศักยภาพที่จะเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเบียร์ประกอบด้วย

1. ข้าวมอลท์ ซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตข้าวมอลท์ (Malting Process) ดังนี้

ขั้นตอนแรก นำเมล็ดข้าวบาร์เลย์, ข้าวโอ๊ต หรือข้าวสาลี แช่ในน้ำอุ่น 2-3 วัน เพื่อให้เมล็ดเริ่มงอก

ขั้นตอนที่สอง นำเมล็ดข้าวไปเพาะให้งอกเพิ่มขึ้นนาน 4 วัน ในระหว่างที่เมล็ดข้าวกำลังงอกนี้ จะมีการเติมเอนไซม์ α - Amylase และ β-Amylase เพื่อเร่งปฏิกิริยาทำให้เมล็ดข้าวเกิดกลิ่น รส รวมทั้งคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เหมาะสม หลังจากเมล็ดข้าวบาร์เลย์งอกจนรากยาวประมาณ 2 เซนติเมตร จะแยกเอาส่วนของรากออกมาก่อน ส่วนนี้เรียกว่า Malt clumps หรือ Malt sprouts ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้เช่นเดียวกับข้าวมอลท์ ต่อจากนั้นจึงนำเมล็ดไปอบแห้ง (Kiln-drying process) เพื่อหยุดการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว และจะได้ Malt ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

2. ดอกฮอปส์ (Hops) ใส่เพื่อให้เกิดกลิ่นเฉพาะและมีรสขมในเบียร์ วัตถุดิบชนิดนี้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

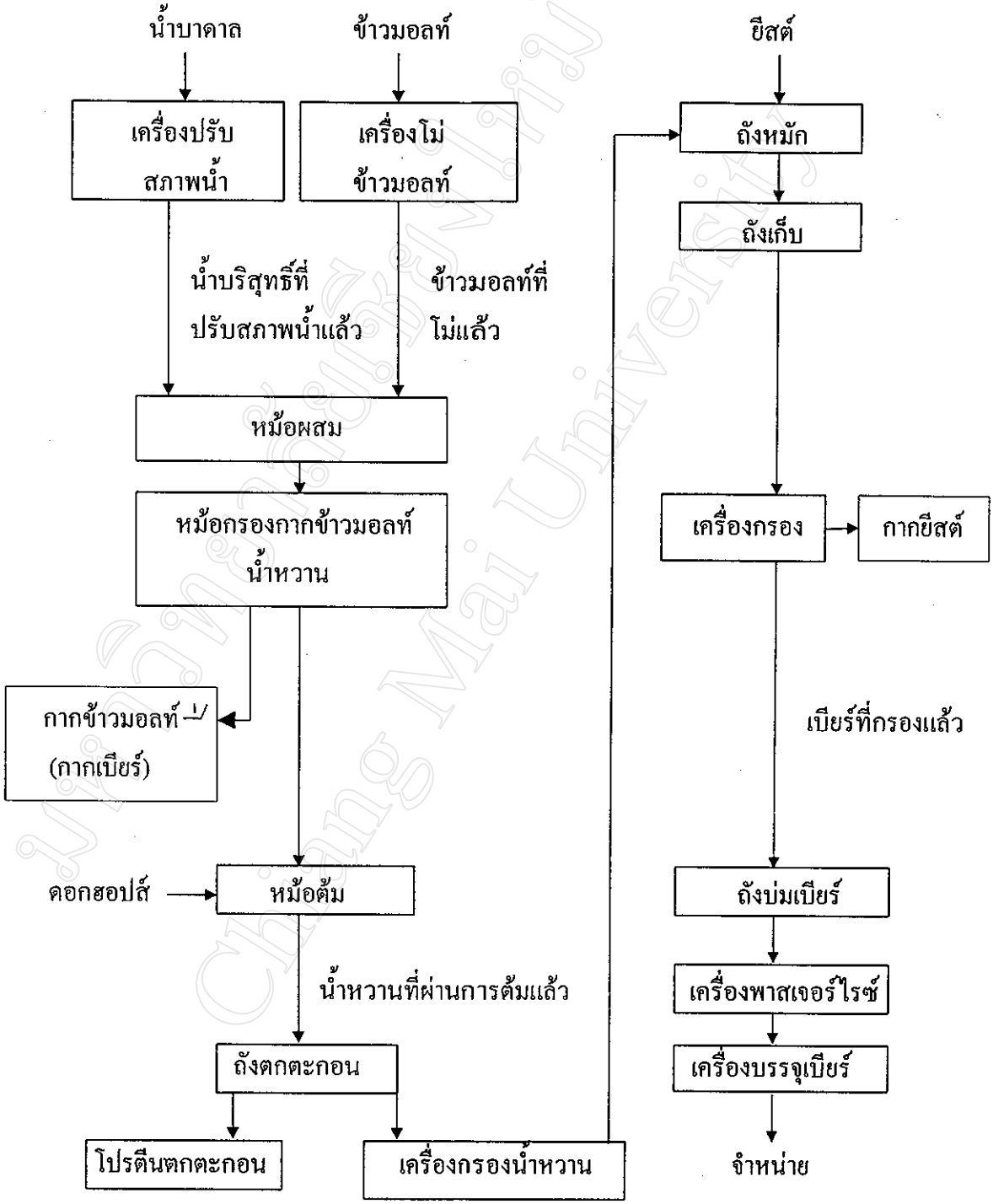
3. น้ำบาดาล ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมมีเกลือแร่ต่างๆในสัดส่วนพอดี โดยนำน้ำบาดาลมากรองด้วยถ่านซึ่งผ่านกรรมวิธีพิเศษ แล้วกรองด้วยทรายเพื่อให้บริสุทธิ์ยิ่งขึ้น

4. ยีสต์ (Yeast) ใช้ในการหมักเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นอัลกอฮอล์ โดยทั่วไปจะใช้ชนิด *Saccaromyces cerevisiae* หรือ *S. carlsburgensis*

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณเบียร์ที่ผลิตในประเทศไทย

ปริมาณเบียร์ที่ผลิต	**หน่วย : พันลิตร**	
	พ.ศ. 2538	พ.ศ. 2539
1. สิงห์	494,776	595,365
2. อมฤต	2,275	2,157
3. คลอสเตอร์	15,599	15,588
4. กินเนสส์เต้าท์	433	648
5. คาร์ลสเบอร์ก	45,908	16,064
6. ช้าง	54,854	64,700
7. ไฮเนเก้น	2,901	14,327
8 .อื่น	254	340
รวม	**617,100**	**709,180**

ที่มา สำนักงานเศรษฐกิจ การคลัง (2540)



ที่มา นิรนาม, (2521)

1/ คือส่วนที่นำไปใช้ในการทดลองครั้งนี้

กรรมวิธีในการผลิตเบียร์ที่สำคัญมี 3 ขั้นตอน

1. Mashing ข้าวมอลท์จะถูกบดแล้วส่งเข้าหม้อต้มอุ่น ในระหว่างนี้เอนไซม์จะเปลี่ยนแป้งส่วนใหญ่ให้เป็นน้ำตาลและ Dextrins ละลายอยู่ในน้ำของเหลวที่มีรสหวานเรียกว่า Wort แล้วทำการสกัด (Extraction) เพื่อกรองเอากากข้าวมอลท์ ที่เหลือออกมา ส่วนของเหลวหรือ Wort จะถูกนำไปหมักทำเบียร์ในขั้นตอนต่อไป

2. Fermentation and lagering ขั้นตอนนี้ Wort จะถูกนำมาต้มแล้วนำไปหมักกับยีสต์ ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ ของเหลวที่ได้เรียกว่า Green Beer แล้วนำไปหมักครั้งที่สอง ที่อุณหภูมิ -2 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน ถือว่าเป็นการบ่มไปด้วย จนมีน้ำตาลเหลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์

3. Packaging เป็นการเอาเบียร์ที่บ่มจนได้ที่แล้วมากรองจนปราศจากเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธี Ultrafiltration แล้วจะได้เบียร์สด (Draft Beer) นำออกจำหน่ายหรือนำไป Pasterization และบรรจุขวดจำหน่ายต่อไป

องค์ประกอบทางโภชนะของกากมอลท์

คุณค่าทางโภชนะของกากมอลท์จากแหล่งผลิตในแต่ละท้องที่จะมีคุณค่าทางอาหารและองค์ประกอบทางโภชนะแตกต่างกันออกไป สาเหตุน่าจะมาจากการใช้วัตถุดิบและกรรมวิธีในการผลิตเบียร์ของแต่ละบริษัทแตกต่างกันไป จึงทำให้องค์ประกอบทางโภชนะของกากมอลท์แต่ละแห่งไม่เหมือนกัน จากการตรวจสอบเอกสารหลายแหล่ง พบว่าคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนของกากมอลท์แห้งจะมีอยู่ในช่วง 20-30 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางโภชนะที่มีในกากมอลท์โดยทั่วไป

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์)	แหล่งข้อมูล					
	สากล[1/] (2523ก)	นาม (2524)	ประวีร์ (2525)	เฉลิมชัย (2526)	NRC (1979)	Allen (1982)
ความชื้น	67.26	7.30	7.00	6.62	8.00	7.00
โปรตีนรวม	6.63	23.70	29.57	22.65	25.30	27.90
ไขมัน	1.53	10.00	7.00	9.36	6.20	7.40
เยื่อใย	2.43	-	15.30	-	15.30	11.70
แป้งรวม	12.49	41.20	44.20	-	-	-
เถ้า	6.00	4.50	4.04	-	-	4.80
แคลเซียม	-	-	-	-	0.29	0.30
ฟอสฟอรัส	-	-	-	-	0.52	0.66
พลังงานย่อยได้(กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)	-	-	-	-	1,940	-
พลังงานใช้ประโยชน์ (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)	-	-	-	-	1,701	2,240

[1/] กากมอลท์สด

ที่มา เฉลิมชัย (2527)

ส่วนปริมาณกรดอะมิโนในกากมอลท์แต่ละแหล่งเปรียบเทียบกับระดับความต้องการกรดอะมิโนของสุกรรุ่นและสุกรขุน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงกรดอะมิโนที่มีในกากมอลท์และความต้องการกรดอะมิโนของสุกรรุ่นและขุน

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโนในกากมอลท์ (เปอร์เซ็นต์)			ความต้องการกรดอะมิโนของ	
	NRC (1979)	Allen (1982)	เฉลิมชัย (2526)	สุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์)	สุกรขุน (เปอร์เซ็นต์)
				(NRC, 1979)	
อาร์จีนิน	0.80	1.30	0.91	0.18	0.16
ฮิสตีดีน	0.60	0.47	0.45	0.16	0.15
ไอโซลูซีน	1.50	2.00	1.65	0.44	0.41
ลูซีน	2.50	3.20	0.35	0.52	0.48
ไลซีน	0.90	9.90	0.87	0.61	0.57
เมทไธโอนีน	0.60	0.60	0.84	0.40	}0.30
ซีสตีน	0.40	0.40	1.29		
เฟนนีลอลานีน	1.50	1.82	0.65	0.61	}0.57
ไทโรซีน	1.20	-	1.43		
ทริปโตเฟน	0.34	0.40	-	0.11	0.10
วาลีน	1.70	1.69	0.44	0.44	0.41

ที่มา เฉลิมชัย (2527)

การใช้ส่วนต่างๆที่เหลือจากการผลิตเบียร์ (By products)ในการเลี้ยงสุกร

กากมอลท์ (Malt residue)

กากมอลท์ เป็นผลพลอยได้จากการทำเบียร์ หลังจากสกัดเอาแป้งและน้ำตาลส่วนใหญ่ออกจากข้าวมอลท์ โดย Malting Process (Arther, 1979) และ (Gohl, 1978) กากมอลท์ที่ได้มาครั้งแรกจะอยู่ในลักษณะเปียกเรียกว่า กากมอลท์สด ซึ่งอาจนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ทันทีถ้าฟาร์มเลี้ยงสัตว์อยู่ใกล้เคียง

โรงงานเบียร์ หรือสามารถเก็บกากมอลท์ไว้ในรูปหมัก (Silage) โดย Allen *et al.* (1977) แนะนำให้ใช้กรดฟอร์มิค (Formic acid) ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ หรือกรดโปรปิโอนิค (Propionic acid) ในระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักหมัก ผสมกับกากมอลท์สด สามารถเก็บกากมอลท์ไว้ได้นาน 14 วัน และสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ทันทีเหมือนกากมอลท์สด นอกจากนี้ยังสามารถเก็บกากมอลท์โดยทำให้แห้งเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและลดต้นทุนการขนส่ง (Arther, 1979) การทำให้กากมอลท์อยู่ในรูปแห้ง อาจใช้วิธีตากแดดธรรมดาหรือใช้ความร้อนสูงในระยะเวลาสั้นก็ได้

คุณค่าทางอาหารหรือปริมาณโภชนะที่มีอยู่ในกากมอลท์ จะเป็นไปตามชนิดของธัญญพืชที่นำมาทำข้าวมอลท์ ประสิทธิภาพในการสกัดคาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้ในน้ำ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด กากมอลท์ส่วนใหญ่จะเป็นส่วนเปลือกหรือแกลบของเมล็ดธัญญพืช ซึ่งมีเยื่อใยสูง (15-17 เปอร์เซ็นต์) จึงนิยมใช้กากมอลท์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะโคนม เพราะมีรสชาติดีไม่มีสารพิษและใช้สะดวก (Barber and Lonsdale, 1978) และสามารถใช้ได้ถึง 1 ใน 3 ของอาหารข้นในอาหารสำหรับโคนม (Arther, 1979) ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวเมื่อนำกากมอลท์มาเป็นอาหาร จะมีปัญหาเรื่องพลังงานต่ำ แต่โดยทั่วไปกากมอลท์จะมีปริมาณโปรตีนมากเป็น 2 เท่า ของเมล็ดธัญญพืชที่นำมาใช้ทำข้าวมอลท์ (สาโรช, 2523 และ Almguist, 1973) เนื่องจากกากมอลท์มีโปรตีนสูง แต่มีกรดอะมิโนบางตัวโดยเฉพาะไลซีน (Lysine) ซึ่งมีอยู่ต่ำ โดยทั่วไปจึงไม่นิยมใช้กากมอลท์เป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่อาจใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมถ้ากากมอลท์มีราคาถูก อย่างไรก็ตามถ้าใช้กากมอลท์เป็นแหล่งโปรตีนหลัก Delic *et al.* (1978) แนะนำว่าควรจะเสริมไลซีนในอาหารด้วย

Paloheimo and Jahkola (1974) ทดลองหาประสิทธิภาพการใช้กากมอลท์เป็นอาหารสุกร ปรากฏว่าสุกรสามารถย่อยอินทรีย์วัตถุในกากมอลท์ได้ 43.3 เปอร์เซ็นต์ ย่อยโปรตีนได้ 58.9 เปอร์เซ็นต์ ย่อยเยื่อใยได้ 8 เปอร์เซ็นต์ และย่อยแป้งรวมได้ 59.7 เปอร์เซ็นต์ จากการที่กากมอลท์มีพลังงานและโปรตีนที่ย่อยได้ต่ำ จึงเป็นปัจจัยที่จำกัดปริมาณการใช้กากมอลท์ผสมในอาหารสุกร ดังที่อุทัย (2526) รายงานว่าระดับสูงสุดที่ควรจะใช้กากมอลท์ โดยผสมในอาหารสุกร เล็ก, รุ่น, ขุน และอุ้มท้องควรเป็น 5, 10, 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยระดับดังกล่าวนี้จะไม่เกิดอันตรายหรือกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของสัตว์แต่อย่างใด Llopis *et al.* (1982) ศึกษาการย่อยได้ของกากมอลท์ในสุกร โดยแยกกากมอลท์ออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของขนาดคือส่วนละเอียดและส่วนหยาบ แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และศึกษาคุณค่าทางโภชนะ ปรากฏว่า กากมอลท์ส่วนละเอียดมีโปรตีนและไขมันสูงกว่าส่วนหยาบ และเมื่อศึกษาการย่อยได้ ปรากฏว่าการย่อยได้ของส่วนละเอียดสูงกว่าส่วนหยาบอีกด้วยดังแสดงผลการเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของกากมอลท์ส่วนละเอียดและ ส่วนหยาบ

สิ่งที่ศึกษา	ส่วนละเอียด (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนหยาบ (เปอร์เซ็นต์)
องค์ประกอบทางเคมี		
โปรตีนรวม	35.50	15.90
ไขมัน	10.10	7.10
เยื่อใย	11.90	29.30
แป้งรวม	39.60	43.80
เถ้า	3.10	3.90
คุณค่าทางโภชนะ		
True Protein Digestability	79.30	73.70
Biological Value	69.60	32.30
Net Protein Utilization	55.10	23.80
Nitrogen Retention	28.60	0.30

ที่มา : Llopis *et al.* (1982)

ในขณะที่ เฉลิมชัย (2527) รายงานว่า ผลการศึกษาการย่อยได้ของอาหาร คุณลักษณะด้านการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกรรุ่นและขุนที่ได้รับอาหาร 4 ชนิด โดยใช้อาหารที่มีกากมอลท์ผสมมันเส้นทดแทนรำในระดับต่างๆ คือ อาหารเปรียบเทียบ(ไม่มีการทดแทน)เป็นอาหารชนิดที่ 1 อาหารทดแทนรำครึ่งหนึ่ง เป็นอาหารชนิดที่ 2 อาหารทดแทนรำทั้งหมด และอาหารทดแทนรำทั้งหมดเสริมน้ำมันพืช 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารชนิดที่ 3 และที่ 4 ตามลำดับ สุกรแต่ละกลุ่มได้รับอาหารกลุ่มละชนิดและให้สุกรกินอาหารแบบเต็มที่แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของทุกลักษณะโดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการทดลองการย่อยได้ของอาหารชนิดต่างๆ ปรากฏว่า อาหารชนิดที่1, 2, 3 และ 4 มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะทั้งหมดเป็น 84.14, 82.45, 82.48 และ 81.20 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานย่อยได้เป็น 84.64, 82.55, 81.69 และ 82.17 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด มีโปรตีนย่อยได้เป็น 82.52, 77.95, 80.47 และ 78.97 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนรวมตามลำดับ

ส่วนคุณลักษณะด้านการเจริญเติบโตของสุกรรุ่นสุกรขุนและตลอดการทดลองที่ได้รับอาหารชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในด้านอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหาร แต่ในสุกรรุ่นอาหารเปรียบเทียบทำให้ค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มของสุกรต่ำที่สุด ส่วนในสุกรขุนอาหารที่มีกากมอลท์ผสมมันเส้นทดแทนรำทั้งหมดทำให้ค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มของสุกรต่ำที่สุด เช่นเดียวกับการเลี้ยงสุกรในช่วงตลอดการทดลองซึ่งได้ผลในทำนองเดียวกับสุกรขุน ทำให้ประหยัดค่าอาหารกว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรเปรียบเทียบตลอดการทดลองประมาณตัวละ 34.20 บาท ส่วนอาหารที่เสริมน้ำมันพืชจะทำให้ค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มของสุกรสูงที่สุดทั้งในสุกรรุ่น สุกรขุนและตลอดการทดลอง สำหรับคุณภาพซากที่สำคัญทางเศรษฐกิจของสุกรที่ได้รับอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง ปริมาณเนื้อแดง เนื้อสามชั้น ไขมันทั้งหมด กระดูกซี่โครง และอวัยวะภายใน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Tomhave (1976) รายงานว่า การใช้กากมอลท์มากกว่า 22 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารจะทำให้สุกรกินอาหารลดลง เช่นเดียวกับ Verbeek *et al.* (1958) ที่รายงานว่า การใช้กากมอลท์ในระดับสูง จะทำให้สุกรกินอาหารลดลง แต่อาจใช้ได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสุกรขุนสอดคล้องกับ Livingstone and Livingstone (1969) ที่ทดลองใช้กากมอลท์เสริมในอาหารสุกรช่วงน้ำหนัก 20-90 กิโลกรัม แล้วสรุปว่า สามารถใช้กากมอลท์ได้ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้คุณลักษณะ (Performance) และคุณภาพซาก (Carcass Quality) ผิดปกติ นอกจากนี้ Delic *et al.* (1978) รายงานว่าสุกรรุ่นสามารถใช้กากมอลท์เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารได้เป็นอย่างดี สำหรับในแม่สุกรนั้น Walhatrom and Libal (1976) รายงานว่า แม่สุกรสามารถย่อยเยื่อใยได้ดีกว่าสุกรรุ่น โดยแม่สุกรสามารถใช้กากมอลท์ได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร โดยไม่ทำให้ขนาดครอก และน้ำหนักลูกสุกรเมื่อหย่านมผิดปกติแต่อย่างใด

รากข้าวมอลท์

เป็นส่วนของรากข้าวบาร์เลย์ ได้จากการนำเอาข้าวบาร์เลย์ไปแช่น้ำอุ่น 2-3 วันทำให้เมล็ดเริ่มงอก หลังจากเมล็ดงอกจนรากยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ก็จะตัดรากข้าวบาร์เลย์ออกมา ส่วนนี้เรียกว่ารากข้าวมอลท์ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Gohl, 1978) วินัย และคณะ (2540) ศึกษาการย่อยได้ของรากข้าวมอลท์ในสุกรโดยใช้สุกรรุ่นลูกผสมสามสายเลือดเพศผู้ตอน 2 ตัว และเพศเมีย 2 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักตัวเริ่มทดลองเฉลี่ยตัวละ 22.75 กิโลกรัม เลี้ยงในกรงหาการย่อยได้กรงละตัว ช่วงแรกหาการย่อยได้ของอาหารพื้นฐาน โดยมีระยะปรับตัวกับอาหาร 5 วัน ระยะเก็บข้อมูล 5 วัน ช่วงที่

สองหาการย่อยได้ของอาหารพื้นฐานที่มีรากข้าวมอลท์ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีระยะปรับตัวกับอาหาร 5 วัน ระยะเก็บข้อมูล 7 วัน พบว่าสุกรมีความสามารถในการย่อยโภชนะต่างๆของอาหารพื้นฐานได้ในระดับสูง เมื่อสุกรได้รับอาหารพื้นฐานที่มีรากข้าวมอลท์ในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการย่อยโภชนะต่าง ๆ จะลดลง เมื่อคำนวณหาการย่อยได้ของรากข้าวมอลท์โดยวิธี Digestibility by difference พบว่าสุกรมีความสามารถในการย่อยโภชนะต่าง ๆ ของรากข้าวมอลท์ เป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งดังนี้ วัตถุแห้ง 51.95, โปรตีน 66.77, เยื่อใย 27.86, ไขมัน 33.77, เถ้า 72.41, และคาร์โบไฮเดรต 63.74

หลังจากนั้น วินัย และคณะ (2540) ได้ศึกษาการใช้รากข้าวมอลท์เป็นอาหารสุกร โดยใช้สุกรลูกผสมจำนวน 30 ตัวเป็นเพศผู้ตอน 15 ตัว เพศเมีย 15 ตัว น้ำหนักเริ่มทดลองเฉลี่ยประมาณ 14.99 กก. วางแผนทดลองแบบสุ่มตลอดมี 5 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นอาหารเปรียบเทียบที่ไม่มีรากข้าวมอลท์ กลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 เป็นสูตรอาหารที่มีรากข้าวมอลท์ระดับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ละกลุ่มมี 3 ซ้ำ ในแต่ละหน่วยการทดลองประกอบด้วยสุกร 2 ตัว เป็นเพศผู้ตอน 1 ตัว และเพศเมีย 1 ตัว ผลการทดลองพบว่าในสุกรเล็ก (15-30 กิโลกรัม) สุกรทุกกลุ่มมีสมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยมีแนวโน้มว่าสุกรที่ได้รับรากข้าวมอลท์ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด ในระยะสุกรรุ่น (30-60 กิโลกรัม) พบว่าอัตราแลกเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยที่สุกรที่ได้รับรากข้าวมอลท์ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด ในระยะสุกรขุน (60-90 กิโลกรัม) พบว่าสมรรถภาพการผลิตในทุกลักษณะของสุกรทุกกลุ่มไม่แตกต่างทางสถิติโดยมีแนวโน้มว่าสุกรที่ได้รับรากข้าวมอลท์ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด เมื่อคิดตลอดการทดลอง (15-90 กิโลกรัม) พบว่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ(P<0.01) อัตราแลกเนื้อและต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05) โดยที่สุกรที่ได้รับรากข้าวมอลท์ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตดีกว่าสุกรที่ไม่ได้รับรากข้าวมอลท์

อิทธิพลของเยื่อใยในอาหารสุกรและการใช้เอนไซม์ในอาหารสัตว์

สุกรสามารถย่อยเยื่อใยในอาหารได้ในส่วนของลำไส้ใหญ่ (สุชีพ, 2522) แต่การย่อยและการใช้ประโยชน์นี้เกิดขึ้นน้อย และมีขีดจำกัดมากกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้อง สุกรสามารถย่อยเฮมิเซลลูโลส

(Hemicellulose) ได้ดีกว่า เซลลูโลส (Cellulose) (Pond and Maner, 1974) และการย่อยได้ของสุกรจะแตกต่างกันได้มาก (Key and Debarthe, 1974) โดยการย่อยได้ของ Cellulose จะผันแปรตั้งแต่ 0 ถึง 97 เปอร์เซ็นต์ (Rerat, 1978) ในขณะที่ ARC (1967) รายงานว่า การย่อยได้ของเยื่อใยในสุกรจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัว สุกรรุ่นสามารถย่อยเยื่อใยได้ 4.9 เปอร์เซ็นต์ สุกรขุนจะย่อยเยื่อใยในอาหารได้มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และหากในอาหารสุกรมีเยื่อใยในระดับสูงเกินกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้สุกรกินอาหารลดลง (Patience, 1977) ซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ลดลงด้วย (Kennelly and Aherne, 1980a)

Baird *et al.* (1970) ศึกษาถึงระดับเยื่อใยในอาหารสุกรรุ่นและสุกรขุน โดยปรับให้อาหารมีระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากัน แต่มีระดับเยื่อใยต่างกันคือ 3.5, 5.5, 7.5, 9.5, 11.5 และ 13.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหารและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ลดลงเล็กน้อยตามระดับเยื่อใยในอาหารที่สูงขึ้น แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ Baird *et al.* (1975) รายงานว่า การให้อาหารที่เยื่อใย 8 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับโปรตีน และพลังงานเท่ากับอาหารที่มีเยื่อใย 4 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏว่าสุกรกลุ่มที่ได้อาหารประเภทแรกจะมีแนวโน้มกินอาหารมากกว่า แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าสุกรที่กินอาหารประเภทหลัง แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการทดลองของ Kennelly and Aherne (1980b) ที่เปรียบเทียบระหว่างอาหารที่มีเยื่อใย 4.1, 9.6, 9.8 และ 10.2 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานย่อยได้เท่ากันคือ 27-28 เมกกะจูลต่อวัน ในสุกรรุ่น (22 ถึง 63 กิโลกรัม) และสุกรขุน (63 ถึง 92 กิโลกรัม) ปรากฏว่าในช่วงสุกรรุ่น สุกรที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใย 9.6, 9.8 และ 10.2 เปอร์เซ็นต์ จะมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใย 4.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ในช่วงสุกรขุนสุกรจะมีการพัฒนาลำไส้เล็ก และ Caecum มากขึ้นจนสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้มากขึ้น จึงทำให้ความแตกต่างในลักษณะดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Nasi (1988) รายงานว่าโดยทั่วไปวัตถุดิบอาหารสัตว์จะพบเยื่อใยในเมล็ดธัญพืชประเภท Cellulose, Arabinoxylans และ Mixed-linked-glucans มากกว่าในวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งสัตว์ไม่สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยสารเหล่านี้ได้ นอกจากอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารทำการย่อย ซึ่งในสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่ สุกร จุลินทรีย์จะอาศัยอยู่บริเวณส่วนปลายของทางเดินอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ช่วยย่อยได้ไม่มากนัก เพราะฉะนั้นหากมีการเสริมเอนไซม์ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว ผนังเซลพืชหรือเยื่อใยจะสามารถถูกย่อยในส่วนต้นของทางเดินอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในสัตว์กระเพาะเดี่ยวน่าจะดีขึ้น

Donkers (1989) ได้สรุปวิธีการนำเอนไซม์ไปใช้ในอาหารสัตว์ไว้ 3 วิธี คือ ผสมในอาหาร

โดยตรง ซึ่งผสมอยู่ในรูปของพรีมิกซ์ ใช้ผสมวัตถุดิบอาหารก่อนนำอาหารนั้นมาเลี้ยงสัตว์ เป็นการช่วยย่อยก่อนที่อาหารจะถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร และใช้ในระบบการให้อาหารเหลวซึ่งมักนิยมใช้ในการให้อาหารสุกร Bedford *et al.* (1992) ทำการทดลอง 2 การทดลอง โดยการทดลองแรกเสริมเอนไซม์ไซแลเนส (Xylanase)ที่มีเอนไซม์อยู่ 850 หน่วยต่อกรัม ในอาหารสุกรหย่านมที่ประกอบด้วยข้าวไรย์ และกากถั่วเหลืองเป็นหลัก การทดลองที่ 2 เสริมเอนไซม์เบต้ากลูดาเนสที่มีเอนไซม์ 1,086 หน่วยต่อกรัมในอาหารสุกรหย่านมที่ประกอบด้วยข้าวบาร์เลย์และกากถั่วเหลืองเป็นหลัก โดยใช้เอนไซม์แต่ละชนิดเสริมในระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร พบว่าการทดลองแรกประสิทธิภาพการใช้อาหารและปริมาณอาหารของสุกรที่กินไม่มีความแตกต่างทางสถิติ(P>.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับการทดลองที่ 2 พบว่าพวกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมเอนไซม์มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P<.05) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน (P>.05) แม้ว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารจะดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<.01) ในขณะที่ Goihl (1994) กล่าวถึง สาเหตุที่ทำให้การย่อยของสัตว์ เช่น ในสุกรหลังหย่านมด้อยประสิทธิภาพ อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณกรดเกลือในกระเพาะอาหารมีไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Proteolytic ในกระเพาะอาหาร จึงได้มีผู้นำกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟูมาริก กรดซิตริกมาเสริมในอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และพบว่าสามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็กได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงโภชนะที่มีในกากมอลท์
2. ทำให้ทราบถึงค่าการย่อยได้ของอาหารพื้นฐาน อาหารพื้นฐานที่ผสมกากมอลท์ 30 เปอร์เซ็นต์ และอาหารพื้นฐานผสมกากมอลท์ 30 เปอร์เซ็นต์เสริมเอนไซม์ Carbohydrase 0.10 เปอร์เซ็นต์
3. ทำให้ทราบถึงระดับที่สามารถใช้กากมอลท์เลี้ยงสุกรได้ผลดีที่สุด อันเป็นการเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรในการเลือกใช้กากมอลท์ที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตเบียร์ที่มีปริมาณมากเป็นวัตถุดิบในการเลี้ยงสุกรอีกชนิดหนึ่ง
4. ทำให้ทราบถึงสมรรถภาพการผลิตสุกร จากการเสริมเอนไซม์ Carbohydrase ในระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร