

บทที่ 2

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ถิรนนท์ คุณานพรัตน์และคณะ (2546) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการพัฒนากระบวนการผลิตนมผงถั่วเหลืองสำเร็จรูปเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้นมถั่วเหลืองผงที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในราคาไม่สูงเกินไป โดยใช้ตัวอย่างในการทดสอบเป็นนมผงที่มีความละเอียดแตกต่างกัน 5 ชนิด ที่ทำการวิเคราะห์ไปถึงคุณภาพ ราคาเครื่องจักร จุดคุ้มทุนและราคาขายที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบบดละเอียดและกระบวนการผลิตแบบพ่นฝอย โดยกระบวนการผลิตดังกล่าวยังส่งผลไปถึงคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า นมผงละเอียดสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบบดละเอียดและกระบวนการผลิตแบบพ่นฝอยมีต้นทุนเป็น 40.24 และ 61.42 บาท/กิโลกรัม

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์และคณะ (2537) ได้ทำการทดลองทางชีวภาพเพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วเหลืองแบบพ่นแห้งและแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มกับอาหารมาตรฐานเคซีน พบว่าการนำถั่วเหลืองไขมันเต็มมาพัฒนาเป็นนมถั่วเหลืองแบบพ่นแห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ดีเหมาะสม

M. Sing and A. Mohamed (2550) ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของสัดส่วนของโปรตีนของข้าวและโปรตีนแป้งถั่วเหลืองที่ทำให้จำนวนของคาร์โบไฮเดรตในคุกกี้ลดลงจากการใช้การแทนที่ของโปรตีนด้วยสัดส่วน (10%, 15%, 20%, 25% และ 30%) ตามลำดับ พบว่ามีปริมาณโปรตีนในคุกกี้เพิ่มขึ้น 6 ถึง 15% โดยไม่มีผลต่อความอ่อนนุ่มของเนื้อคุกกี้ และสีของคุกกี้จะเข้มขึ้นเมื่อปริมาณสัดส่วนของโปรตีนของข้าวและโปรตีนแป้งถั่วเหลืองมีค่ามากกว่า 20% ขึ้นไป โดยปริมาณของสัดส่วนดังกล่าวที่ทดลองสามารถทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในคุกกี้ลดลงและยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

สมชาย ประภาวัตและคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาการทำข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 10, 20, 25 และ 30% ของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มโดยน้ำหนัก พบว่าข้าวเกรียบทอดทำจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 10 และ 20% ของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม เป็นที่ยอมรับในการบริโภคในเรื่อง สี รูปร่าง กลิ่นรส เนื้อ

สัมผัส และรสชาติในการบริโภคไม่แตกต่างกัน และเป็นที่ยอมรับสูงกว่าข้าวเกรียบทอดชนิดอื่น ๆ ปริมาณโปรตีนของข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 20% ของแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน และข้าวเกรียบจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วย 20% ของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 12.01 และ 10.93% โดยน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณไขมันเท่ากับ 4.82 และ 5.69% โดยน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนและไขมันของข้าวเกรียบทำจากแป้งมันสำปะหลังแต่เพียงอย่างเดียว 0.55 และ 0.84 %

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ของ ถั่วเหลืองใหม่โดยการผสมพันธุ์ถั่วเหลืองท้องถิ่นและคัดเลือกพันธุ์ใหม่เพื่อเผยแพร่ให้แก่เกษตรกร ซึ่งทั้งหมด 7 พันธุ์ คือ สจ.1, สจ.2, สจ.4, สจ.5, นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบันมี 5 พันธุ์คือ สจ.4 ,สจ.5, นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 โดยพันธุ์ สจ.4 และสจ.5เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคราสนิมได้ดี ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 1, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคใบจุดนูน อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่นิยมปลูก สามารถแบ่งตามอายุเก็บเกี่ยวได้เป็น 3 กลุ่มคือพันธุ์อายุสั้นได้แก่พันธุ์นครสวรรค์ 1 พันธุ์อายุปานกลางได้แก่พันธุ์สจ.1, สจ.2, สจ.4 ,สจ.5, สุโขทัย 1 และเชียงใหม่ 60 ส่วนพันธุ์อายุยาวคือพันธุ์จักรพันธ์ 1 เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์นิยมนำมาปลูกในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลือง

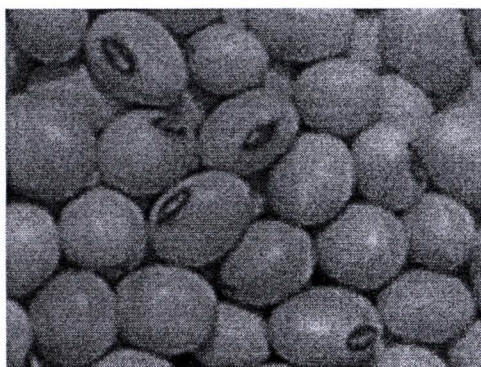
2.2.1 ประวัติของถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว ได้มีรายงานการปลูกถั่วเหลืองในประเทศจีนเมื่อเกือบ 5,000 ปีมาแล้ว ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสีรวมถึงสีดำ สีน้ำตาล และ สีเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสีเหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกดังแสดงในรูปที่1 (ก) ที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมัน ตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อนดังแสดงในรูปที่1 (ข) ในถั่วเหลืองจะมีน้ำมันและโปรตีนอยู่

ประมาณ 60% ของถั่วเหลืองโดยน้ำหนัก โปรตีน 40% และ น้ำมัน 20% ส่วนที่เหลือเป็น คาร์โบไฮเดรต 35% (กรมวิชาการเกษตร, 2550)



(ก) ต้นถั่วเหลือง



(ข) เมล็ดถั่วเหลือง

ที่มา : <http://www.guru.sanook.com>

ที่มา : <http://www.foodsafety.bangkok.go.th>

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของถั่วเหลือง

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ทั้งปี ปีละ 3 ฤดู ปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร คือ สจ.4 สจ.5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 3 เชียงใหม่ 4 ถั่วเหลืองที่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองขึ้นมาใหม่ คือ “พันธุ์ศรีสำโรง 1” ซึ่งให้ผลผลิตสูง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทั้งยังสามารถต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี สำหรับพันธุ์ สจ.4 สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 วัน

2.2.2 การแปรรูปถั่วเหลือง

(greatkingcity, 2554) การแปรรูปถั่วเหลืองให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายขึ้นและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่จำหน่ายในท้องตลาดแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ ดังนี้ น้ำมันถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญในหลายประเทศ อาหารที่ทำจากถั่วเหลือง ประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไทย จีน ญี่ปุ่น และประเทศอื่นในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักและผ่านการหมักก่อน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก เช่น นํ้านมถั่วเหลือง เต้าหู้ ถั่วงอกที่เพาะจากถั่วเหลือง เป็นต้น

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลือง เช่น ถั่วเน่า เทมเป้ ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เป็นต้นโปรตีนจากถั่วเหลือง หลังจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองด้วยตัวทำละลายแล้ว ส่วนที่เหลือจะเป็นเนื้อถั่วที่อุดมด้วยโปรตีน สามารถแปรรูปเป็นอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อเทียม (โปรตีนเกษตร) แป้ง เบเกอรี่ ทำโปรตีนเข้มข้น หรือผ่านกรรมวิธีเพื่อแยกเอาโปรตีนบริสุทธิ์ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากการแปรรูปถั่วเหลือง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในหลายๆ ประเทศ เพื่อเป็นการขยายตลาดและเพิ่มความนิยมในการบริโภคถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนยถั่วเหลือง เป็นต้นอาหารเสริมจากถั่วเหลืองเนื่องจากถั่วเหลืองมีสารเคมี ที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น เลซิติน โอลิโกแซคคาไรด์ วิตามินอี สเตอรอล ไฟเตท เป็นต้น สำหรับองค์ประกอบของถั่วเหลืองถูกแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของถั่วเหลืองต่อน้ำหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบ	แคลอรี	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต (g)		ASH (g)	แร่ธาตุ		วิตามิน			อื่น ๆ
	(kg)	(g)	(g)	(g)	กลูโคไซด์	ไฟเบอร์		แคลเซียม	เหล็ก	บี1	บี2	ไนอาซิน	
ปริมาณ	410	9.2	41.3	17.6	21.6	3.5	5.8	127	7.6	0.6	0.17	3.2	0.86

ที่มา : <http://www.goodhealth.co.th>

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง

ชนิดวัตถุดิบ	% วัตถุแห้ง							
	ความชื้น(%)	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรท	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
เมล็ดถั่วเหลืองดิบ	10	31	17.7	4.9	9.9	33.5	0.23	0.55
กากถั่วเหลืองชนิดมีเปลือก	9.8	47.6	3.2	6.6	7.6	35	0.38	0.66
กากถั่วเหลืองชนิดไม่มีเปลือก	9.87	51.5	1.2	4.9	7.3	35.1	0.36	0.7
ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทราด	~5.8	39.1	20.1	4.3	5.4	31.3	0.34	0.58

ที่มา : http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Kowlage/ARTICLE/ArtileP.htm

2.2.3 กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัด น้ำมัน และขนาดของเมล็ดซึ่งกากของถั่วเหลืองสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ จากการวิเคราะห์คุณภาพของกากถั่วเหลืองชนิดนี้ โดยกองอาหารสัตว์พบว่าโปรตีนประมาณ 47.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกากชนิดนี้จะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ต่างๆ ดังแสดงที่ตาราง 2.2 ส่วนการนำถั่วเหลืองไปใช้งานแสดงที่ตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทการนำไปใช้งานของถั่วเหลือง

ขนาดของผงถั่วเหลือง (ไมครอน)	การนำไปใช้งาน
50-120	เครื่องสำอาง
38-106	นมถั่วเหลืองผง
250-320	กาแฟถั่วเหลือง
มากกว่า 3 มิลลิเมตร	เลี้ยงสัตว์

2.3 การแปรรูปอาหาร

การแปรรูปอาหาร การถนอมอาหาร หรือการปรับปรุงคุณภาพอาหาร เป็นการทำให้อาหารเก็บได้นานขึ้น เช่น การตากแห้ง การทำให้สุก การทำให้แห้งด้วยวิธีต่างๆ การทำให้เข้มข้นขึ้น การแช่แข็ง การใช้สารเคมี การดอง การทอด วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปคือ พวกลูกเนื้อสัตว์ นมเนย และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเช่น ผัก ผลไม้ ประโยชน์ของการแปรรูปอาหารคือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตในยามผลผลิตล้นตลาด และราคาตกต่ำ เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้การผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และเป็นกลไกของภาครัฐที่จะพยุงราคาช่วยเกษตรกรในยามผลผลิตทางการเกษตรล้นตลาดเป็นต้น สำหรับแป้งถั่วเหลืองนั้นเป็นการแปรรูปจากการบดถั่วเหลืองแบบแห้งเท่านั้น โดยผ่านกระบวนการบดซึ่งอาจจะต้องกระทำหลายครั้งเพื่อให้ได้ขนาดของวัตถุดิบที่ต้องการ

2.4 กระบวนการลดขนาดของวัตถุดิบ

สำหรับการลดขนาดวัตถุดิบเป็นกระบวนการเริ่มต้นของการแปรรูปอาหารในเชิงอุตสาหกรรมโดยในกระบวนการดังกล่าวมีความจำเป็นต้องกระทำการใช้เครื่องมือต่างๆ เช่นเครื่องบดย่อย เครื่องบดละเอียด ซึ่งขนาดของวัตถุดิบถูกกำหนดตามลักษณะของการใช้งาน การลดขนาดของวัตถุดิบส่วนใหญ่ต้องผ่านขั้นตอนการกรองหรือแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออกเสียก่อน เช่น เศษหิน เศษซากวัตถุดิบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามกระบวนการลดขนาดวัตถุดิบนั้นอาจจะต้องทำให้วัตถุดิบแห้งเสียก่อนเพื่อง่ายและลดเวลาการลดขนาดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่เป็นวัตถุดิบทางการเกษตร

2.5 ขนาดของอนุภาคและการเปรียบเทียบ

ขนาดของอนุภาคคือการวัดการกระจายตัวของอนุภาคที่มีผลต่อการนำวัสดุหรือวัตถุดิบไปใช้งานโดยขนาดของอนุภาคที่มีผลเชิงพาณิชย์ต่อราคาของวัตถุดิบที่ใช้สำหรับซื้อขายหรือใช้เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน การตรวจสอบ คัดกรอง ชิ้นส่วน วัสดุ การแตกหักหรือการเสียหายของวัตถุดิบ อย่างไรก็ตามประเภทของการตรวจสอบขนาดของอนุภาคนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ตะแกรง (Sieve) ซึ่งมาตรฐานของรูตะแกรงนี้มีมาตรฐานหลายประเภทเช่น ISO 565 (1987), ISO 3310 (1999), ASTM E 11-70 (1995), DIN 4188 (1977), BS 410 (1986) และ AFNOR NFX11 - 501 (1987) มาตรฐานเหล่านี้ถูกแยกเป็นประเภทการใช้งานที่ต่างกันเช่น อุตสาหกรรมอาหาร การก่อสร้าง สิ่งทอ เป็นต้น โดยปกติแล้วหน่วยวัดของขนาดรูตะแกรงมีใช้กันมากมายเช่น ไมครอน นิ้ว และ mesh สำหรับการเปรียบเทียบขนาดรูตะแกรงของทั้ง 3 หน่วยวัดแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบหน่วยวัดขนาดรูตะแกรง

US Mesh	Microns	inches	US Mesh	Microns	inches	US Mesh	Microns	inches
	(µm)			(µm)			(µm)	
4	4,760	0.187	18	1,000	0.0394	70	210	0.0083
5	4,000	0.157	20	840	0.0331	80	177	0.0070
6	3,360	0.132	25	710	0.0280	100	149	0.0059
7	2,830	0.111	30	590	0.0232	120	125	0.0049
8	2,380	0.0937	35	500	0.0197	140	105	0.0041

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบหน่วยวัดขนาดรูตะแกรง (ต่อ)

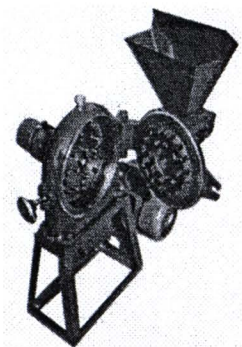
US Mesh	Microns (μm)	inches	US Mesh	Microns (μm)	inches	US Mesh	Microns (μm)	inches
10	2,000	0.0787	40	420	0.0165	170	88	0.0035
12	1,680	0.0661	45	350	0.0138	200	74	0.0029
14	1,410	0.0555	50	297	0.0117	400	37	0.0015
16	1,190	0.0469	60	250	0.0098	500	31	0.0012

2.6 เครื่องบดย่อยวัตถุดิบแบบต่างๆ

เครื่องบดย่อยที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารหรือผลิตภัณฑ์การเกษตร สามารถจำแนกได้ตามลักษณะการออกแบบภายในให้บังคับวัตถุดิบไหลไปในทิศทางที่กำหนดเพื่อให้เกิดการเสียดสีระหว่าง (Friction) วัตถุดิบกับวัสดุภายในที่ถูกออกแบบไว้เพื่อให้เกิดการแตกตัวของวัตถุดิบจนกระทั่งมีขนาดตามที่ต้องการด้วยแรงเฉือน (Shear force) เครื่องบดย่อยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ เครื่องบดแบบจาน (Disc mill), เครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Rolling mill), เครื่องบดแบบแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer mill) และเครื่องบดแบบพินมิลล์ (Pin mill) ดังแสดงตามรูปที่ 2.2

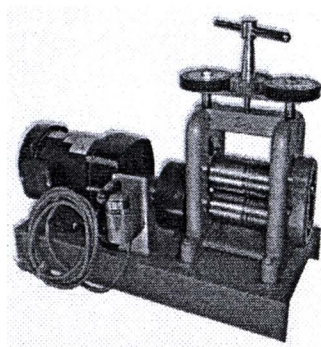
เครื่องบดแบบต่างๆจะมีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันไปแต่ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาถึงการบดถั่วเหลืองให้เป็นผงแป้งที่ผสมผสานการทำงานระหว่างเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Rolling mill) และแบบจาน (Disc mill) เข้าด้วยกันเนื่องจากเครื่องบดแบบลูกกลิ้งสามารถปรับระยะห่างบริเวณช่องว่างระหว่างวัตถุดิบกับลูกกลิ้งได้ซึ่งอาศัยหลักการทำงานจากการอัด (Compression) วัตถุดิบให้ไหลผ่านลูกกลิ้งในชั้นต่างๆที่มีความเร็วรอบที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากการต้องการแรงเฉือน (Shear force) ที่จะทำให้น้ำหนักของวัตถุดิบเล็กลงและเครื่องบดแบบจานเป็นเครื่องบดที่มีลักษณะเด่นในการใช้กับธัญพืชที่มีเปลือกแข็ง เช่นถั่วเหลือง เมล็ดข้าวและเมล็ดข้าวโพดโดยใช้บดทั้งแบบเปียกและแห้ง ด้วยหลักการทำงานที่วัตถุดิบจะถูกบดให้ละเอียดด้วยแรงเฉือนที่มีแท่งถูกวางเรียงกันในแนวนอนหลายชั้นจนกว่าวัตถุดิบจะสามารถผ่านรูของตะแกรงได้ ซึ่งจากหลักการที่กล่าวมานี้จำเป็นต้องทำการศึกษาดูแปรผันอัตราการไหลผ่านของวัตถุดิบ (Feeding) ไปสู่ในห้องบด ความเร็วของชุดหัวบดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพปริมาณ ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องบดที่มีขายในปัจจุบัน ชุดหัวบดโดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นแบบ

โมหินซึ่งมีความเป็นไปได้ที่เศษหินอาจเข้าไปปะปนกับวัตถุดิบ ซึ่งจะส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค



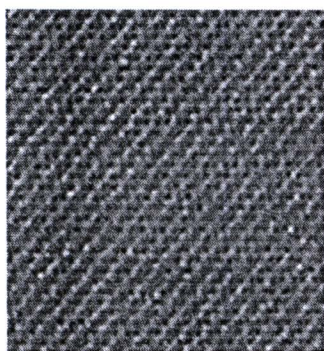
ที่มา : <http://www.topmachinebiz.com>

ก) แบบจาน



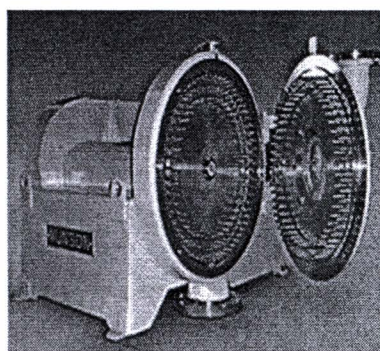
ที่มา : <http://www.metalworkingmachine.net>

ข) แบบลูกกลิ้ง



ที่มา : <http://www.xlerator-handdryer.com>

ค) แบบแฮมเมอร์มิลล์



ที่มา : <http://www.munsonmachinery.com>

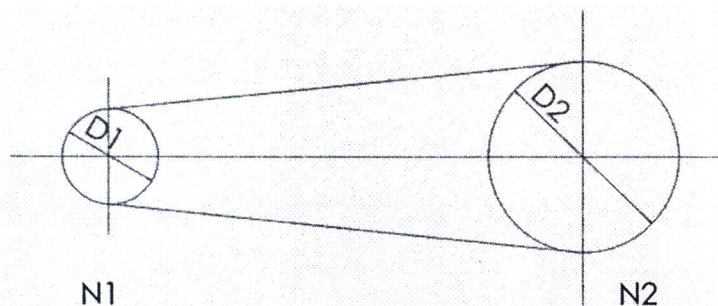
ง) แบบพินมิลล์

รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องบดแบบต่างๆ

2.7 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

ความเร็วรอบของเครื่องจักรเป็นปัจจัยหนึ่งของการทำงานที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากความเร็วรอบที่มีความเหมาะสมของประเภทการใช้งาน ทำให้ความต่อเนื่องในการทำงานของเครื่องจักรดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องกัน อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ของความเร็วรอบนี้ต้องถูกพิจารณาอย่างละเอียดในงานที่ต้องการความต่อเนื่องสูงและงานที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation) เพื่อหวังผลด้านความแม่นยำของชิ้นงานหรือวัสดุต่อการเข้าไปสู่กระบวนการอื่นต่อไป สำหรับการพิจารณาความเร็ว

รอบของเครื่องจักรนั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการอัตราส่วนความเร็วรอบซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.3 และสมการที่ 2.1 ตามลำดับ



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความเร็วรอบ

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.1)$$

โดยที่

N_1 = ความเร็วรอบของตัวขับ (RPM)

N_2 = ความเร็วรอบตัวตาม (RPM)

D_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานขับ (m)

D_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม (m)

การส่งกำลังโดยใช้สายพานร่วมกับล้อสายพานนั้นสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือ ทอร์กหรือแรงบิด และแรงส่งในสายพาน ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้คือ

$$T = Fr \quad (2.2)$$

โดยที่

T = ทอร์กหรือแรงบิด (N-m)

F = แรง (N)

r = รัศมีของล้อสายพาน (m)

2.8 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า

(ถาวร อมตกิจต์, 2545) มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ ต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น บั้ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ สายพานลำเลียง เป็นต้น มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม

และเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงมาก การเรียนรู้ให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพตลอดจนการเลือกใช้งานมอเตอร์ให้เหมาะสมและถูกต้องซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 แบบคือ มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motors) โดยมอเตอร์กระแสสลับเป็นมอเตอร์ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีคือ มีความเร็วรอบคงที่ และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากเป็นชนิดกรงกระรอก (Squirrel cage) ไม่มีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าที่แรงดันและคอมมิวเตอรืเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถนำไปใช้ได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส คือ มอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ซึ่งการหาขนาดของมอเตอร์เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าถูกใช้เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง โดยการหาขนาดของมอเตอร์สามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

$$P = \frac{2\pi \times T \times N}{60} \quad (2.3)$$

โดยที่ P = ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า (W)

T = แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า (N-m)

2.9 การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

(คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม, 2552) อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption) หรือเรียกว่าค่า SEC นั้นเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนพลังงานของการผลิตสินค้าหรือบริการซึ่งจะพิจารณาถึงการใช้พลังงาน (พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า) ต่อหน่วยการผลิตสินค้าหรือบริการมีหน่วยเป็น MJ/หน่วยการผลิตสินค้าหรือบริการ อย่างไรก็ตามค่า SEC กำลังจะถูกใช้เป็นบรรทัดฐานของการใช้เปรียบเทียบต้นทุนการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันในอนาคต โดยอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4

หมายเหตุหากในกระบวนการผลิตใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยของพลังงานให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อนเสียก่อนโดยคูณด้วย 3.60 โดยปริมาณพลังงานไฟฟ้าและอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$SEC = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า(kWh)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (kg)}} \quad (2.4)$$



การคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้า

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{จำนวนวัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมงใช้งาน}}{1000} \quad (2.5)$$

คำนวณอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \text{ปริมาณหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \quad (2.6)$$

2.10 เศรษฐศาสตร์การลงทุน

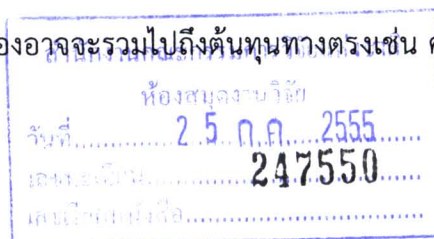
(ไพบูลย์ แยมเพื่อน, 2549) ในอดีต วิศวกรออกแบบงานทางวิศวกรรมมุ่งหวังให้มีอายุการใช้งานที่นาน แข็งแรง มีคุณภาพสูงแต่ในปัจจุบันแนวคิดนั้นถูกเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ประกอบกับการแข่งขันกันสูง วิศวกรจึงจำเป็นต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความประหยัดเพิ่มขึ้น ดังนั้นวิศวกรจึงจำเป็นต้องศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกในการลงทุนในโครงการต่างๆ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลต้องอาศัยแหล่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น ข้อมูลจากฝ่ายการตลาด ฝ่ายวิศวกรรม ด้านการเงิน ด้านบริหาร โดยการพิจารณาเศรษฐศาสตร์การลงทุนจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลดังต่อไปนี้

2.10.1 ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

ต้นทุนคงที่คือต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดกิจกรรมเช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเช่าสถานที่ ค่าประกันภัย เป็นต้น ไม่ว่าปริมาณการผลิตจะมากหรือน้อยค่าใช้จ่ายจะคงที่ตลอด ส่วนต้นทุนแปรผันคือต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต ซึ่งต้นทุนทั้งสองอาจจะรวมไปถึงต้นทุนทางตรงเช่น ค่าแรง ค่าวัสดุ ค่าสาธารณูปโภค เป็นต้น

2.10.2 ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวมเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากผลรวมระหว่างผลรวมของต้นทุนคงที่และผลรวมต้นทุนแปรผัน ดังแสดงตามสมการที่ 2.7 ในงานวิจัยนี้ผลรวมของต้นทุนคงที่ที่จะพิจารณาถึงค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปีและค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคารซึ่งสามารถคำนวณได้ตามดังสมการที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับ ส่วนในกรณีของผลรวมของต้นทุนแปรผันจะพิจารณาถึงต้นทุนค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนค่าไฟฟ้าแปรผันและต้นทุนค่าซ่อมแซมเครื่องจักรโดยรายละเอียดการคำนวณต้นทุนดังกล่าวจะ



พิจารณาตามสมการที่ 2.12-2.16 อย่างไรก็ตามต้นทุนทุกประเภทที่กล่าวมาจะพิจารณาเป็นหน่วยบาท/กิโลกรัม เพื่อง่ายต่อการพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

$$\text{ต้นทุนรวม} = \sum \text{ต้นทุนคงที่} + \sum \text{ต้นทุนแปรผัน} \quad (2.7)$$

$$\sum \text{ต้นทุนคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} + \text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} \quad (2.8)$$

$$\text{กำลังการผลิตต่อปี} = \text{อัตราการบดต่อชั่วโมง} \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี} \quad (2.9)$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรรายปี} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{อายุการใช้งานเครื่องจักร} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.10)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสเงินฝากธนาคาร} = \frac{(\text{ราคาเครื่องจักร} \times \text{อัตราดอกเบี้ย 12 เดือน}) + \text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.11)$$

$$\sum \text{ต้นทุนแปรผัน} = \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} + \text{ต้นทุนวัตถุดิบ} + \text{ค่าขนส่ง} + \text{ค่าบรรจุภัณฑ์} \quad (2.12)$$

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน} = \frac{\text{ราคาค่าจ้างแรงงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.13)$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.14)$$

$$\text{ค่าซ่อมแซมเครื่องจักร} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร} \times \% \text{ค่าตัวประกอบอายุเครื่องจักรต่อปี}}{\text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.15)$$

$$\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} = \text{ราคาวัตถุดิบ} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี} \quad (2.16)$$

2.11 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุน

(ชาติชาย อัครศักดิ์และคณะ, 2547) จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือจุดที่รายได้จากการลงทุนคุ้มค่าเงินลงทุนหรือหมายความว่ารายจ่ายมีค่าเท่ากับรายรับ หรือจุดที่กำไรเป็นศูนย์นั่นเอง การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน (Cost) รายได้ (Revenue) และผลกำไรหรือมูลค่าเพิ่ม (Profit) ซึ่งแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน จะใช้กำลังการผลิตเป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อจะได้ทราบว่า จุดคุ้มทุนที่คำนวณได้เกินกว่ากำลังการผลิตหรือไม่ หากเกินกว่ากำลังการผลิตก็ไม่สามารถใช้จุดคุ้มทุนได้หรือเป็นการขาดทุนนั่นเอง

เวียง อากรชีและคณะ (2542) ระยะเวลาการคืนทุน คือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของราคาเครื่องจักรและผลกำไรหรือมูลค่าเพิ่มที่ได้มาจากหักลบของรายรับกับต้นทุนรวม สำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและระยะเวลาการคืนทุนสามารถหาได้จากสมการที่ 2-17 และ 2-18 ตามลำดับ

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนรวม} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}}{(\text{ราคาขายผลิตภัณฑ์ที่บดแล้ว} - \text{ต้นทุนแปรผัน})} \quad (2.17)$$

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{ราคาเครื่องจักร}}{\text{ผลกำไร} \times \text{กำลังการผลิตต่อปี}} \quad (2.18)$$

