วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การออกแบบลายของใบบดสำหรับเครื่องบดเมล็ดพริกไทย

The Design of Disc Patterns for Pepper Mill

ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน[1*] และ สมใจ เพียรประสิทธิ์[2]

[1,2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องบดเมล็ดพริกไทยให้มีสมรรถนะเพิ่มขึ้น ลักษณะของเครื่องบดเมล็ดพริกไทยเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูทำจากเหล็กฉากหุ้มด้วยแผ่นเหล็กไร้สนิม มีมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นชุดต้นกำลังและส่งกำลังไปยังสายพานเพื่อขับใบบด มีการออกแบบลายของใบบดใหม่ โดยใบบดทำจากเหล็กไร้สนิมและมีลายบนใบบดที่แตกต่างกัน 3 แบบ การทดสอบแต่ละครั้งจะทำการวัดความชื้นของเมล็ดพริกไทย ถ้าความชื้นน้อยกว่า 9% สามารถนำมาบดได้ แต่ถ้าความชื้นมากกว่า 9% จะต้องนำเมล็ดพริกไทยตากแดดหรือนำไปอบแห้งให้มีความชื้นไม่เกิน 9% ทำการทดลองการทำงานของเครื่องบดเมล็ดพริกไทย โดยการแบ่งการทดลองออกเป็น 10 ชุด ๆ ละ 3 ตัวอย่างการทดลอง โดยการทดลองแต่ละครั้งต้องทำการชั่งน้ำหนักของเมล็ดพริกไทยก่อนทำการบดและหลังจากทำการบด หลังจากนั้นนำเมล็ดพริกไทยที่ผ่านการบดแล้วมาทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนทำคัดแยกขนาด ขนาดที่คัดแยกมี 5 ขนาด คือ น้อยกว่า 150 ไมครอน 150-250 ไมครอน 250-425 ไมครอน 425-1,000 ไมครอน และมากกว่า 1.00 มิลลิเมตร ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าลายของใบบดแต่ละแบบจะให้ขนาดของผงเมล็ดพริกไทยที่มีขนาดแตกต่างกัน

Abstract

The purpose of this research is to improve the pepper mill for increasing performance. The characteristic of the pepper mill is a trapezoid shape. The structure is made of angle steel and stainless steel sheet. The motor used a power unit is 1 hp, and send the power to the driving belt for driving the disc. There are new pattern of designed discs. The discs are made from stainless steels and have three different patterns on the surface of discs. Each test must measures the moisture contented of the pepper seeds. If the moisture is less than 9% can be milled. However, if the moisture is more than 9% that must be taken pepper seeds to sunning or drying. The test is 10 sets in each set of test using two samples of pepper seeds. In each test, pepper seeds must be weighted before the milling when they are milled the finish. After that, they are brought the milled pepper seeds to a weight and separated a size. The sorting by size is 5 sizes as a less than 5 microns, 150-250 microns, 250-425 microns, 150 microns, 425 to 1,000, and more than 1.00 mm. The results of research shown that pattern of discs will give the different pepper powder sizes

คำสำคัญ : เมล็ดพริกไทย เครื่องบด ใบบด ลายของใบบด

Keywords : pepper seed, mill, disc, pattern of disc

[*]*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ prasertwirot@rmutp.ac.th โทร.0 29132424 ต่อ 167*

1. บทนำ

วัตถุดิบที่ใช้ในการปรุงอาหารหรือในอุตสาหกรรมอาหาร อาจมีความต้องการใช้ขนาดที่แตกต่างกัน ในบางกรณีต้องการลดขนาดลงให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ หรือเพื่อแยกองค์ประกอบต่าง ๆ การลดขนาดของแข็งกระทำได้โดยการบด อัด หรือเฉือน เช่น จากรูปเมล็ดให้เป็นผง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2555)

การลดขนาดของแข็ง โดยใช้แรงกลในการลดขนาด มี 3 ชนิด คือ (1) แรงกดหรือแรงบีบ (Compression force) เหมาะสำหรับลดขนาดวัตถุที่มีความแข็งมากและมีขนาดใหญ่ เป็นการลดขนาดของแข็งอย่างหยาบ ๆ และได้อนุภาคที่ละเอียดน้อยมาก (2) แรงกระแทกหรือแรงทุบ (Impact force) เหมาะสำหรับลดขนาดวัตถุที่มีความแข็งมากและแข็งปานกลาง มีขนาดใหญ่ไม่มากนัก ของแข็งที่ได้มีขนาดอนุภาคทั้งหยาบ ปานกลาง และละเอียด และ (3) แรงเฉือนหรือแรงเสียดสี (Shear force หรือ Attrition force) เหมาะสำหรับลดขนาดวัตถุที่ไม่แข็งมาก สามารถบดวัตถุให้มีขนาดเล็กลงจนเป็นผงละเอียด (ณัฐชนก, 2548)

เครื่องบดมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่จะบด การเลือกใช้เครื่องบดแบบจาน (Disc mill) มีลักษณะเป็นจานกลมประกบกัน จานหนึ่งหมุนอีกจานหนึ่งหยุดนิ่งกับที่ หรืออาจหมุนทั้งสองจานในทิศทางที่สวนทางกัน ในการลดขนาดใช้แรงเฉือนสำหรับการบดอนุภาคที่ละเอียดและใช้แรงกระแทกสำหรับการบดอนุภาคที่หยาบ เครื่องบดแบบจานนี้มีหลายชนิด เช่น เครื่องบดแบบจานเดียว (Single disc mills) วัตถุดิบจะเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างซึ่งสามารถปรับขนาดได้ระหว่างผนังด้านในกับแผ่นจานที่เป็นร่อง ซึ่งหมุนด้วยความเร็วสูง ส่วนเครื่องบดแบบจานคู่ (Double disc mills) วัตถุดิบผ่านช่องว่างที่ปรับได้ ซึ่งอยู่ระหว่างจาน 2 อันที่หมุนในทิศทางตรงกันข้าม เพื่อให้เกิดแรงเฉือนสูงขึ้น และเครื่องบดแบบใช้เข็มและจาน (Pin and disc mills) ประกอบด้วยเข็มจำนวนมาก ติดอยู่กับจานเดี่ยวหรือจานคู่และที่โครงของเครื่อง (ออนไลน์, 2555)

การทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีการเปรียบเทียบคุณภาพการบดข้าวสาลีโดยเทียบเทียบระหว่างใบหินใบโลหะ และเครื่องบดกระแทก (hammer mill) (Bayram and Oner, 2005) ทำนองเดียวกับการบดข้าวสาลีโดยใช้ลูกกลิ้ง แผ่นจานคู่ และแผ่นจานในแนวตั้ง (Bayram and Oner, 2005) ซึ่งทั้งสองงานวิจัยดังกล่าวนี้ไม่ได้กล่าวถึงลายของใบบดว่ามีลักษณะอย่างไร เช่นเดียวกับงานวิจัยเรื่องการประเมินสมรรถนะของเครื่องบดที่ใช้ในการบดข้าวฟ่างโดยใช้ความเร็วของใบบดสามความเร็วและระยะห่างระหว่างใบบดสามระยะ (Shankar M and et al, 2013) มีเพียงงานวิจัยเรื่อง การบดข้าวสาลีที่ใช้ใบบดเอียง ที่มีใบด้านบนอยู่กับที่ ส่วนใบด้านล่างหมุน ที่มีการกล่าวถึงลักษณะลายของใบบด (Y1ld1r1m and et al., 2008) เช่นเดียวกับโครงการวิจัยเครื่องบดถั่วเหลืองเป็นผงแป้งแบบจานร่วมกับลูกกลิ้งทำการศึกษาวิธีการบดร่วมกัน 2 แบบ คือ การบดแบบใช้จานและการบดโดยใช้ลูกกลิ้ง แนวคิดการออกแบบจานบดจะประกอบด้วยจาน 2 อัน จานตัวล่างจะอยู่กับที่ จะทำการเซาะร่องให้เป็นลายตามแนวรัศมีของจาน ความกว้างประมาณเมล็ดถั่วเหลือง จำนวน 16 ร่อง ภายในร่องติดตั้งใบมีดสำหรับเฉือนเมล็ดถั่วเหลืองให้แตกออก ส่วนจานตัวบนจะหมุนด้วยกำลังมอเตอร์ ลายของจานตัวบนจะเซาะร่องให้เป็นลายตามแนวรัศมีเหมือนจานตัวล่าง การออกแบบจานบดทำหน้าที่เป็นชุดบดหยาบ (อนันต์ และคณะ, 2554).

ในการวิจัยนี้จะใช้เครื่องบดแบบจานเดี่ยวที่ติดตั้งใบบดที่ออกแบบใหม่ เป็นใบบดที่ทำจากเหล็กไร้สนิมและมีลายบนใบบดที่แตกต่างกัน 3 แบบ เพื่อนำมาติดตั้งแทนใบบดแบบหินบด วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงลายของใบบดสำหรับเครื่องบดเมล็ดพริกไทยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพต่อเมล็ดพริกไทยเปรียบเทียบกับใบบดแบบหิน ซึ่งลายของใบบดจะออกแบบให้แตกต่างกัน 3 แบบ

ลายของใบบดแบบที่ 1 แสดงดังรูปที่ 1 จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงเข้าหาจุดศูนย์กลาง และมีจำนวนลายบนใบบดทั้งใบที่หมุนและใบที่อยู่กับที่มากกว่าแบบที่ 2 และ 3 ดังรูปที่ 2 และ 3 ส่วนใบบดแบบที่ 2 ลายบนใบบดทั้งใบที่หมุนและใบที่อยู่กับที่จะมีลักษณะเวียนแบบกงจักรแสดงดังรูปที่ 2 ที่จะนำมาเปรียบเทียบกับใบหินแบบเดิมดังรูปที่ 4

รูปที่ 1 ลายของใบบดแบบที่ 1

รูปที่ 2 ลายของใบบดแบบที่ 2

รูปที่ 3 ลายของใบบดแบบที่ 3

รูปที่ 4 ใบบดหินแบบเดิม

2. วิธีการทดลอง

การทดลองเครื่องบดเมล็ดพริกไทย (Pepper mill) ทำการทดสอบโดยการเดินเครื่องในลักษณะการทำงานจริง โดยการทดลองแต่ละครั้งจะกำหนดปริมาณของวัตถุดิบให้เท่ากัน และทำการทดสอบหลายครั้ง โดยดูจากเวลาที่ใช้ในการบดแต่ละครั้ง ขนาดของพริกไทยที่ได้จากการบด เพื่อนำผลการทดลองมาเทียบกับใบบดแบบหินเดิมของเครื่องบด และพริกไทยป่นที่มีขายอยู่ในท้องตลาด

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 เครื่องบดเมล็ดพริกไทย

1) ใบบดแบบหิน 1 ชุด
2) ใบที่หมุนเคลื่อนที่ 3 อัน
3) ใบอยู่กับที่ 3 อัน

2.1.2 เมล็ดพริกไทย

2.1.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.1.4 เครื่องคัดขนาด

2.1.5 เครื่องมือวัดความชื้น

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.2.1 นำพริกไทยที่จะมาทำการบดมาทำการวัดความชื้น ถ้าความชื้นมากกว่า 9% จะต้องนำพริกไทยไปตากแดดหรือนำไปอบแห้ง เพื่อทำการลดความชื้นไม่ให้เกิน 9% จากนั้นจึงนำพริกไทยที่มีความชื้นไม่เกินค่ากำหนดมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 200 กรัม บรรจุในถุงจำนวน 10 ถุง สำหรับใช้ในการทดสอบ

2.2.2 เลือกใบบดที่จะใช้ในการทดสอบแล้วนำไปติดตั้งในห้องบด

2.2.3 นำเมล็ดพริกไทยใส่กรวยก่อนเข้าห้องบด

2.2.4 จากนั้นทำการเดินเครื่องบด เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของใบบดแต่ละแบบ

2.2.5 ทำการจับเวลาที่ใช้ในการบดจนกว่าพริกไทยในกรวยทางเข้าจะหมดแล้วทำการหยุดเวลา

2.2.6 นำพริกไทยที่บดได้มาชั่งน้ำหนักและบันทึกเวลาที่ใช้ในการบด

2.2.7 ทำการทดลองใหม่โดยเริ่มจากข้อที่ 2.2.2 ถึง 2.2.6 จนครบทุกใบที่ใช้ทดลอง

2.2.8 หยุดการทำงานของเครื่องบด และทำความสะอาดเครื่องบด

2.2.9 นำพริกไทยที่ได้จากการบดด้วยใบบดแต่ละแบบไปคัดขนาด ด้วยเครื่องคัดขนาด ANALYTICAL SIEVE SHAKER แสดงดังรูปที่ 5

ในขั้นตอนแรกของการทดสอบจะใช้ใบบดหินแบบเดิม เพื่อบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ สำหรับเปรียบเทียบกับใบบดแบบใหม่ หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนใบบดใหม่ โดยทำการจับคู่ดังนี้

คู่ที่ 1 ใบบดหมุนแบบที่ 1 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 1 (1-1)
คู่ที่ 2 ใบบดหมุนแบบที่ 1 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2 (1-2)
คู่ที่ 3 ใบบดหมุนแบบที่ 1 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 3 (1-3)
คู่ที่ 4 ใบบดหมุนแบบที่ 2 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 1 (2-1)
คู่ที่ 5 ใบบดหมุนแบบที่ 2 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2 (2-2)
คู่ที่ 6 ใบบดหมุนแบบที่ 2 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 3 (2-3)
คู่ที่ 7 ใบบดหมุนแบบที่ 3 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 1 (3-1)
คู่ที่ 8 ใบบดหมุนแบบที่ 3 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2 (3-2)
คู่ที่ 9 ใบบดหมุนแบบที่ 3 กับ ใบบดอยู่กับที่แบบที่ 3 (3-3)

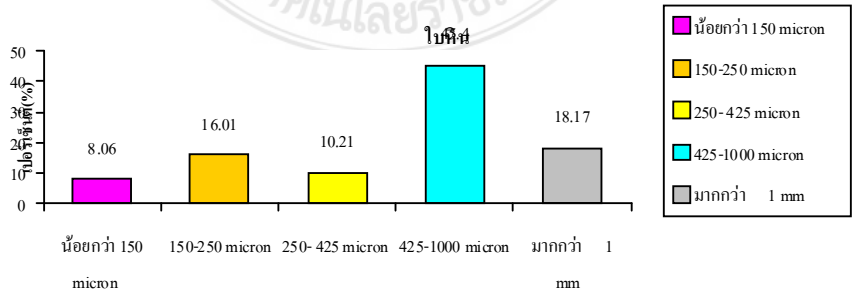
รูปที่ 5 เครื่อง ANALYTICAL SIEVE SHAKER

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

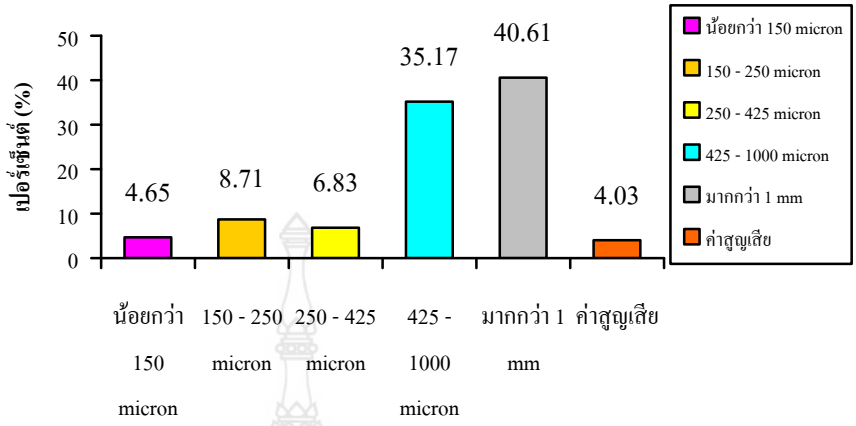
ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบใบบดแต่ละแบบแสดงดังตารางที่ 1 และผลจากการทดสอบการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดแสดงดังรูปที่ 6 ถึง 15

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบใบบดแต่ละแบบ

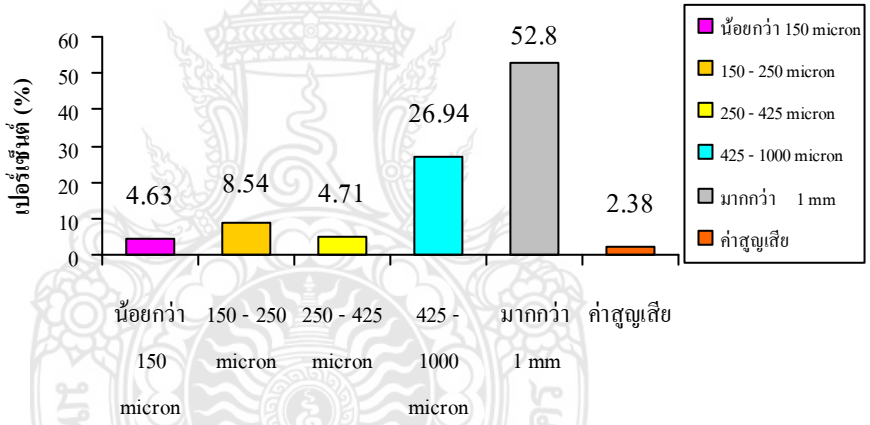
ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 200 กรัม	เวลาที่ใช้ในการบด (นาที)	น้ำหนักที่บดได้ (กรัม)	น้ำหนักที่ติดอยู่ในเครื่อง (กรัม)
ใบบดหิน	0.20	150	50
ใบบดแบบ (1-1)	4.37	190	10
ใบบดแบบ (1-2)	22.16	130	70
ใบบดแบบ (1-3)	4.51	150	50
ใบบดแบบ (2-1)	5.00	180	20
ใบบดแบบ (2-2)	11.03	140	60
ใบบดแบบ (2-3)	7.01	145	55
ใบบดแบบ (3-1)	2.27	190	10
ใบบดแบบ (3-2)	12.00	140	60
ใบบดแบบ (3-3)	8.02	170	30



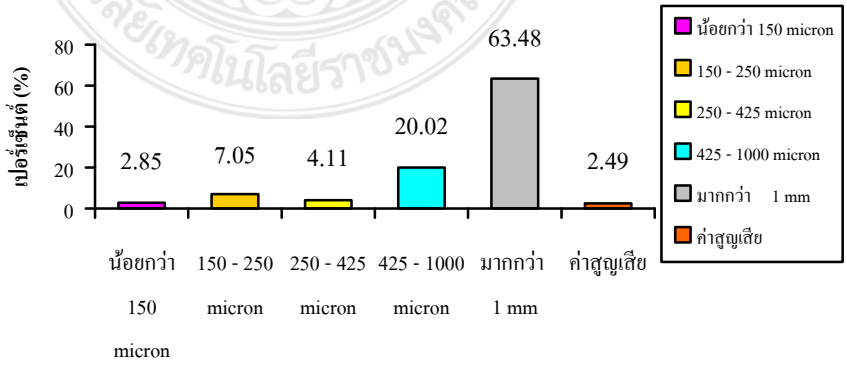
รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบหิน



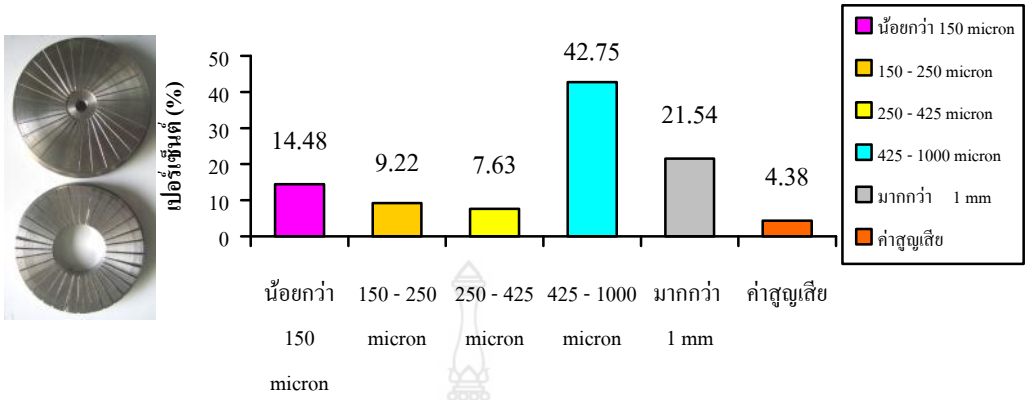
รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 1 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 1



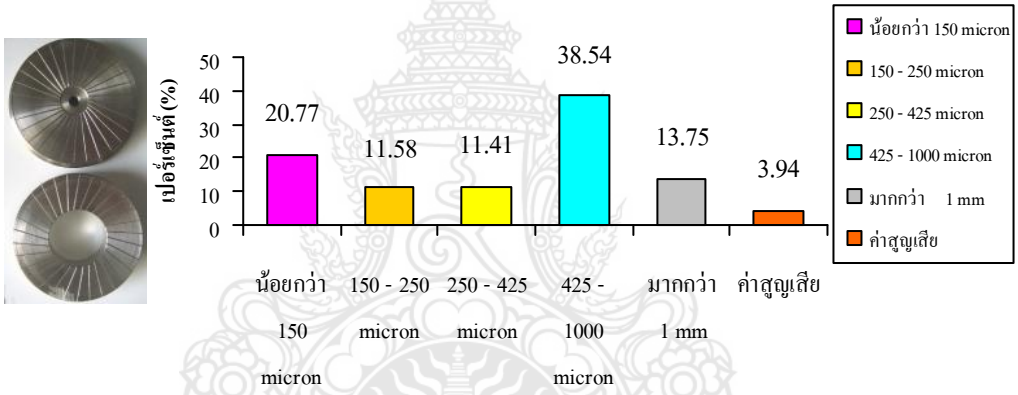
รูปที่ 8 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 1 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2



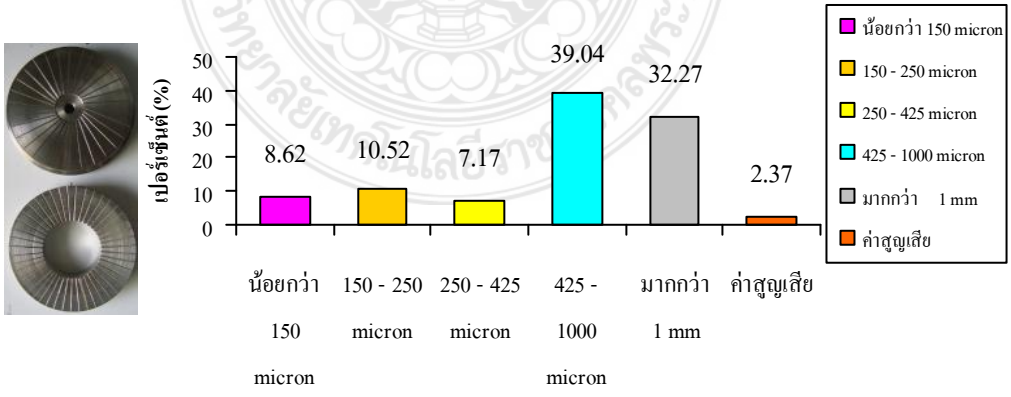
รูปที่ 9 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 1 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 3



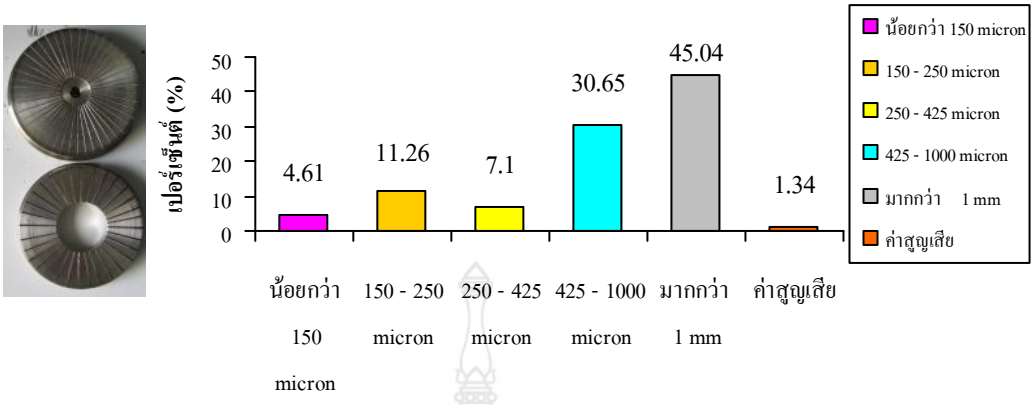
รูปที่ 10 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 2 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 1



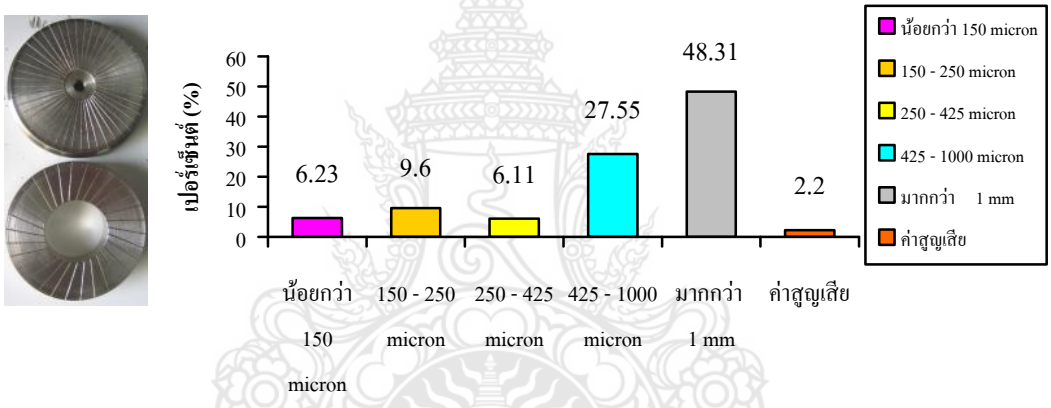
รูปที่ 11 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 2 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2



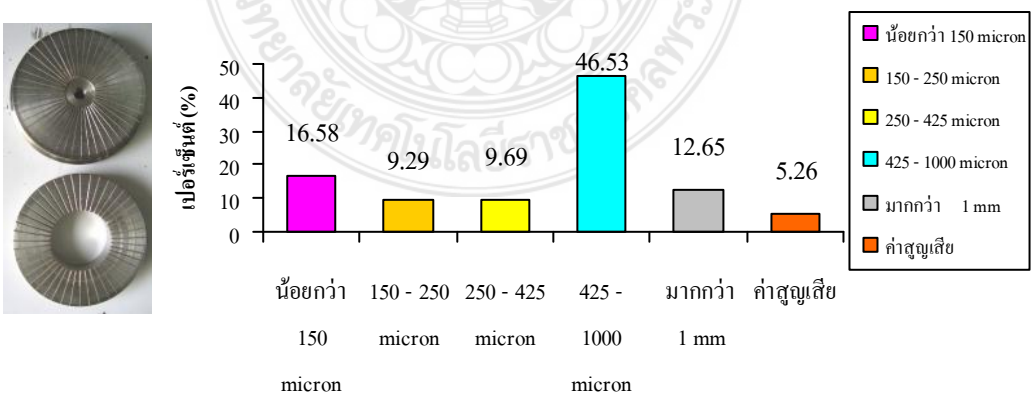
รูปที่ 12 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 2 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 3



รูปที่ 13 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 3 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 1



รูปที่ 14 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 3 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2



รูปที่ 15 กราฟแผนภูมิแสดงสัดส่วนของปริมาณเมล็ดพริกไทยบด 200 กรัมที่ผ่านการคัดขนาดพริกไทยที่บดโดยใบบดหมุนแบบที่ 3 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 3

หลังจากที่ได้ทำการสร้างโครงและระบบควบคุมเครื่องบดเมล็ดพริกไทยเรียบร้อย ได้ทำการทดลองการทำงานของเครื่องบดเมล็ดพริกไทย โดยการแบ่งการทดลองออกเป็น 10 ชุดๆ ละ 3 ตัวอย่างการทดลอง โดยการทดลองแต่ละครั้งต้องทำการชั่งน้ำหนักก่อนทำการบด และหลังจากทำการบด จากนั้นนำเมล็ดพริกไทยที่ผ่านการบดแล้วมาทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนทำคัดแยกขนาด โดยขนาดที่คัดแยกมี 5 ขนาด คือ น้อยกว่า 150 ไมครอน 150-250 ไมครอน 250-425 ไมครอน 425-1,000 ไมครอน และมากกว่า 1.00 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่าใบบดแบบหินจะใช้เวลาในการบดน้อยที่สุดในปริมาณพริกไทยที่หนักเท่ากัน และให้ขนาดของพริกไทยที่ผ่านการบดแล้วที่มีขนาดเล็กสุด คือ มีขนาดน้อยกว่า 150 ไมครอน เป็นจำนวน 8.06% ขนาดตั้งแต่ 425-1,000 ไมครอน เป็นจำนวน 45.4% และให้ขนาดของพริกไทยที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 18.17% ขณะที่ใบบดเหล็กไร้สนิมแบบใบบดหมุนแบบที่ 2 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2 (2-2) ให้ขนาดของเมล็ดพริกไทยที่ผ่านการบดแล้ว ที่มีขนาดเล็กสุด คือ มีขนาดน้อยกว่า 150 ไมครอน เป็นจำนวน 20.77% ขนาดตั้งแต่ 425-1,000 ไมครอน เป็นจำนวน 38.54% และให้ขนาดของพริกไทยที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 13.75% นั้นคือสามารถบดพริกไทยได้ความละเอียดมากกว่าแบบใบหิน แต่ใช้เวลาในการบดมากกว่าถึง 10.83 นาที

4. สรุป

ในการสร้างโครงและระบบควบคุมเครื่องบดเมล็ดพริกไทยจำเป็นต้องคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานเพื่อให้มีความสะอาดและปลอดภัย ดังนั้นในการออกแบบและโครงสร้างเครื่องบดเมล็ดพริกไทยให้มีขนาดกะทัดรัด ง่ายต่อการบำรุงรักษา แล้วใช้หลักการที่ง่ายต่อการทำงาน สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สามารถควบคุมการทำงานได้โดยเพียงคนเดียว ตลอดจนใบบดที่ทำจากเหล็กไร้สนิมและออกแบบลายของใบบด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบดและมีความปลอดภัยในการบริโภคมากที่สุด ผลการทดสอบเปรียบเทียบใบบดแบบหินกับใบบดเหล็กไร้สนิมที่มีลายแตกต่างกันสามแบบนั้น พบว่าใบบดหินจะใช้เวลาในการบดน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพริกไทยที่มีน้ำหนักเท่ากัน ส่วนใบบดเหล็กไร้สนิมใบบดหมุนแบบที่ 2 กับใบบดอยู่กับที่แบบที่ 2 (2-2) สามารถบดเมล็ดพริกไทยให้มีขนาดเล็กที่สุดได้เป็นจำนวนมากที่สุด แต่ใช้เวลาในการบดมากกว่าใบบดแบบหินมาก อุปสรรคในการทดลองเครื่องบดเมล็ดพริกไทยในส่วนของชุดใบบดซึ่งทำจากเหล็กไร้สนิม ความยากต่อการจัดทำลวดลายของใบบด และเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลาในการจัดทำนานที่สุด เครื่องบดเมล็ดพริกไทยที่สร้างขึ้นมานี้ ยังสามารถบดวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่นอกเหนือจากเมล็ดพริกไทยได้ เช่น ข้าวคั่ว เมล็ดกาแฟ สมุนไพรต่างๆ ที่มีการอบแห้งแล้วได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในบางส่วน ทำให้เกิดโครงการวิจัยนี้ขึ้น จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

ณัฐชนก อมรเทวภัทร. 2548. **เทคโนโลยีการผลิตอาหารสัตว์**. โครงการจัดตั้งภาควิชาเทคโนโลยีทางกระบวนการเคมีและฟิสิกส์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555.**การลดขนาด (Size reduction).** [ออนไลน์] http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0495/size-reduction.

อนันต์ เต็มเปี่ยม, วรวิทย์ วรนาวิน และทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี. 2554. **เครื่องบดถั่วเหลืองเป็นผงแป้งแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง.** โครงการวิจัย ปีงบประมาณ 2554.

_____. 2556. **การลดขนาด**. [ออนไลน์]. http://www.nan.rmutl.ac.th/webnew/read/pakit/units%203.pdf

Ali Yıldırım, Mustafa Bayram, Mehmet D. Oner. 2008. **Bulgur milling using a helical disc mill.** Journal of Food Engineering 87, 564–570.

Mustafa Bayram, Mehmet Durdu Oner. 2005. **Stone, disc and hammer milling of bulgur.** Journal of Cereal Science 41, 291–296.

Mustafa Bayram, Mehmet D. Oner. 2007. **Bulgur milling using roller, double disc and vertical disc mills.** Journal of Food Engineering 79, 181–187.

Shankar M, Chowde Gowda M., Manikandan R., Usha Ravindra, and Honabyraiah. 2013. **Performance evaluation of attrition mill used in the finger millet processing industries.** International Journal of Technical Research and Applications. Volume 1, Issue 5, 59-62.