การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

(A Design of Cashew Nut Decorticator)

รายงานการวิจัย

โดย

คุภโชค วิริยโกศล B.E.(Western Australia),
M.Eng.Sc.,Ph.D.(Melbourne)

ประดิษฐ์ โพธิวิจิตร ป.วช.

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

ธันวาคม 2523

เลขหมู่ ว ๖๒๐.๐๐๔๖๐๓ ค๓๖ ๒๕๒๓ ฉ.๑
เลขทะเบียน 004603
วัน เดือน ปี 11 พ.ค. ๒๕๒๕

บทคัดย่อ

ในโครงการนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ชนิดใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง จากการทดสอบเครื่องพบว่าควรจะมีการบุผนังเครื่องด้วยวัสดุนุ่ม ๆ เช่น กระสอบป่านหรือแผ่นยาง การบุผนังช่วยให้กะเทาะเมล็ดได้เร็วขึ้นโดยที่คุณภาพของเมล็ดในไม่ตกต่ำลง และเครื่องสามารถกะเทาะเปลือกได้เมล็ดในประกบคู่ ประมาณ 32% และเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดซีก 75% ซึ่งนับว่ายังต่ำกว่าค่าที่มีรายงานไว้ในเอกสาร แต่ไม่ต่ำจนเกินไปนัก

เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดแบบนี้มีศักยภาพที่จะใช้งานได้ดีและควรจะได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

ABSTRACT

A centrifuge decorticator was designed for cashew nut processing. Experimental investigation had pointed out the necessity of lining the cracker ring with soft materials, such as rubber sheets or jute. The lining helped to increase production rate without lowering the cashew kernels quality, and produced about 32% of whole kernels and 75% of whole plus split kernels. These percentages were low compared to those reported in literature but not too low.

The decorticator has shown potential and should be further developed.

สารบัญ

รายการ	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	ii
ABSTRACT	iii
บทนำ	vii
ง0.1 ความเป็นมาของปัญหา	vii
ง0.2 วัตถุประสงค์	viii
ง0.3 ขอบเขตของงาน	ix
ง0.4 รายงานการวิจัย	ix
บทที่ 1 การปลูก การกะเทาะเปลือกเมล็ด และการค้าเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์	1
ง1.1 การปลูกมะม่วงหิมพานต์	1
ง1.2 ผลผลิตต่อต้น	3
ง1.3 การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทย	3
ง1.4 การค้าเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์	5
บทที่ 2 กรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์	7
ง2.1 กรรมวิธีการผลิตในอินเดีย	7
ง2.ง1.1 การคั่วหรือทอดเมล็ด	7
ง2.ง1.2 การกะเทาะเปลือกเมล็ด	9
ง2.ง1.3 การผัดเมล็ดใน	9
ง2.ง1.4 การลอกเยื่อหุ้มเมล็ด	10
การคัดเกรดและบรรจุใบห่อ	

รายการ	หน้า
2.1.5 การใช้ประโยชน์ของผลมะม่วงหิมพานต์	10
2.1.6 การใช้ประโยชน์ของน้ำมัน CNSL	10
2.2 การพัฒนากระบวนการกะเทาะเปลือกมะม่วงหิมพานต์ในวงการนานาชาติ	11
2.3 ระบบโรงงานกะเทาะเปลือกที่มีแนวโน้มว่าจะใช้ได้ผลดี	13
2.4 กรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ในภาคใต้ของประเทศไทย	15
2.4.1 กรรมวิธีการผ่าเมล็ดดิบ	15
2.4.2 กรรมวิธีการผลิตแบบปัตตานี	16
2.4.3 กรรมวิธีการผลิตแบบภูเก็ต	17
2.5 ข้อสรุป	
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยอาศัยแรงเหวี่ยง	19
3.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องกะเทาะเปลือกโดยอาศัยแรงเหวี่ยง	19
3.2 การออกแบบจานเหวี่ยงและแผ่นเป้า	20
3.3 การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของมุมตกกระทบ	23
3.4 การออกแบบยั้นตัน	25
3.5 ข้อสรุป	30
บทที่ 4 การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยไม่มีการบุผนัง CRACKER RING	31
4.1 สมรรถภาพของเครื่องกะเทาะเปลือก	31
4.2 ปัจจัยซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสมรรถภาพของเครื่องกะเทาะเปลือก	32
4.3 การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยไม่บุผนัง Cracker ring	32

รายการ หน้า

4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 33

4.3.2 วิธีการทดลอง 35

4.3.3 แนวโน้มของผลการทดลองเกี่ยวกับคุณภาพของเมล็ดใน 36

4.3.4 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับคุณภาพเมล็ดใน 46

4.3.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งที่เหวี่ยง 47

4.4 ข้อสรุป 47

บทที่ 5 การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยวิธีการบุผนัง CRACKER RING 49

5.1 การทดลองชุดที่ 1 เมื่อบุผนังด้วยวัสดุต่าง ๆ 49

5.2 การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดครั้งละมาก ๆ 56

5.3 ข้อสรุป 57

บทที่ 6 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ 58

6.1 ข้อสรุป 58

6.2 ข้อเสนอแนะ 59

เอกสารอ้างอิง 60

บทนำ

มะม่วงหิมพานต์ (Anacardium Occidentele L.) เป็นไม้ผลยืนต้นซึ่งได้ชื่อว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกง่ายที่สุด ขึ้นได้ในภูมิประเทศและภูมิอากาศต่าง ๆ กัน เป็นพืชที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศผู้ปลูก เช่น อินเดีย เคนยา แทนซาเนีย และโมซัมบิก เป็นอย่างดี ทนต่อความแห้งแล้งของภูมิอากาศ ทั้งยังงอกงามบนพื้นดินที่ใช้ปลูกพืชชนิดอื่นไม่ได้ผล เช่น ดินลูกรัง ดินทราย หรือแม้แต่ดินเหมืองร้าง

0.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในเมืองไทยได้มีการปลูกมะม่วงหิมพานต์มานานกว่า 80 ปี โดยนิยมปลูกในภาคใต้ตามริมรั้วบ้านหรือตามที่รกร้างใกล้ไร่นาและมิได้มีการปลูกกันอย่างเป็นล่ำเป็นสันนักจนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ ต่อมากระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ส่งเสริมให้ราษฎรปลูกมะม่วงหิมพานต์ขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แถบภาคกลางตอนล่าง จันทบุรี ระยอง ตราด สกลนคร และอุบลราชธานี ทำให้มีผู้ปลูกเพิ่มขึ้นมาก โดยเป็นที่คาดหวังกันว่าจะสามารถส่งเสริมให้มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชทำรายได้แก่ราษฎรแทนมันสำปะหลัง ทั้งยังเป็นการอนุรักษ์ดินที่เสื่อมโทรมแล้ว และยังบรรเทาผลเสียจากการทำลายป่าได้อีกด้วย

จากการศึกษาของผู้เขียนในปี พ.ศ. 2522 ได้พบว่าได้มีการปลูกมะม่วงหิมพานต์เพิ่มขึ้นในภาคใต้ มีการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และกะเทาะเอาเมล็ดในมาขาย ซึ่งการดำเนินงานส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน ส่วนใหญ่โรงงานกะเทาะเปลือกจะอยู่ในจังหวัดปัตตานีและภูเก็ต อุตสาหกรรมกะเทาะเปลือกมะม่วงหิมพานต์ในจังหวัดภูเก็ตกำลังเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วและมีโรงงานใหม่ ๆ เกิดขึ้นทุก ๆ ปี ปัญหาสำคัญประการหนึ่งในกะเทาะเปลือกก็คือ ใช้การกะเทาะด้วยแรงคนและใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ เช่น ค้อน หรือท่อนไม้ หรือในบางแห่งใช้ใบมีดติดกับคีมโยกคล้าย ๆ กับกรรไกรเหน็บหมาก ซึ่งสามารถกะเทาะเปลือกและแกะเมล็ดในได้น้ำมากทำให้อัตราการผลิตต่ำ การที่โรงงานมีอัตราการผลิตต่ำจึงต้องการวัตถุดิบคือเมล็ดดิบน้อย ซึ่งเป็นผลกระทบให้

ราษฎรไม่นิยมปลูกมะม่วงหิมพานต์เพิ่มขึ้นเพราะราคาเมล็ดดิบไม่สูงพอที่จะจูงใจให้หันมาปลูกอย่างจริงจัง

มีผู้ตระหนักถึงปัญหาเกี่ยวกับอัตราการผลิตซึ่งต่ำกว่าที่ควรและหน่วยงานบางแห่งเช่น กรมวิชาการเกษตรก็ได้พยายามคิดสร้างอุปกรณ์กะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และได้ประสบความสำเร็จพอสมควร มีผู้สนใจที่จะสั่งซื้อโรงงานหรือสั่งสร้างในต่างประเทศเข้ามาใช้หลายรายแต่ก็มิได้มีความก้าวหน้าไปกว่าการวางโครงการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นหน่วยงานหนึ่งซึ่งได้ศึกษาปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับการส่งเสริมการปลูกและอุตสาหกรรมมะม่วงหิมพานต์มาพอสมควร และได้ข้อสรุปประการหนึ่งว่าควรจะได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ให้มีขนาดราคา และขอบข่ายความสามารถเหมาะสมแก่การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์พื้นบ้านเมือง ซึ่งสมควรเป็นงานริเริ่มอย่างหนึ่ง ซึ่งจะต้องเริ่มต้นการค้นคว้าจากเอกสารเพื่อเป็นแนวทาง ทำการเลือกแนวทางการค้นคว้าที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุด แล้วจึงสร้างเครื่องจักร ทำการทดลองและประเมินผลเพื่อจะได้หาแนวทางที่ควรพัฒนาต่อไปในอนาคต

ผู้ดำเนินโครงการนี้ตระหนักดีว่าโครงการวิจัยนี้เป็นงานที่ไม่อาจประสบความสำเร็จภายในระยะเวลาอันสั้น และไม่อาจจะคาดหวังว่าจะพัฒนาเครื่องจักรให้ใช้การได้ดีภายในวงเงินและทรัพยากรที่ได้รับ แต่หวังว่าโครงการนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของโครงการต่อเนื่องไปในอนาคต ซึ่งถ้าหากเป็นผลสำเร็จในที่สุดก็จะมีประโยชน์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมมะม่วงหิมพานต์ และเป็นการช่วยเหลือให้ราษฎรในชนบทได้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการปลูกและขายเมล็ดดิบมะม่วงหิมพานต์ให้แก่โรงงาน

0.2 วัตถุประสงค์

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะแก่การใช้ศึกษาค้นคว้า

2. เพื่อสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อย่างง่ายเพื่อประกอบการศึกษา

3. เพื่อได้ทราบถึงแนวทางที่ควรพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกต่อไปในอนาคต

10.3 ขอบเขตของงาน

เนื่องจากเวลาและทรัพยากรมีจำกัดมาก จำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของงานไว้ดังนี้

1. จะเน้นความสนใจเฉพาะที่เครื่องกะเทาะเปลือกจะไม่ศึกษาระบบการคัดขนาด การลำเลียงเมล็ด การทอดหรือระบบอื่น ๆ แต่อาจมีการหยิบยกมาพิจารณาเท่าที่จำเป็น

2. จะศึกษาเฉพาะการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์พันธุ์พื้นเมืองของไทย

3. จะศึกษาเฉพาะในแง่ของเทคนิค เช่น การออกแบบและความสามารถในการทำงานของเครื่อง แต่จะไม่ศึกษาในแง่เศรษฐศาสตร์ เช่น ต้นทุนของเครื่องหรือความคุ้มทุนของเครื่อง ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องจะยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์เพื่อที่จะใช้ในการผลิตจริง ๆ ได้

10.4 รายงานการวิจัย

รายงานการวิจัยจะแบ่งเป็น 6 บท ในบทแรกจะได้กล่าวถึงการปลูก การกะเทาะเปลือกเมล็ดและการค้าเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ เพื่อเป็นการปูพื้นฐานความเข้าใจทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับมะม่วงหิมพานต์ บทที่ 2 จะได้ศึกษากรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ในบทนี้ได้มาจากการค้นคว้าและวิเคราะห์เอกสารต่าง ๆ ทั้งภาษาไทยและต่างประเทศ และจะได้สรุปแนวทางที่ควรพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้เหมาะสมกับสภาพเมืองไทย

ในบทที่ 3 ผู้ดำเนินโครงการจะได้อธิบายถึงหลักเกณฑ์และการคำนวณ ตลอดจนการทดลองเบื้องต้นประกอบกับการออกแบบและลักษณะของเครื่องกะเทาะเปลือกที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ บทที่ 4 เป็นการแสดงผลการทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยไม่บุผนัง บทที่ 5 แสดงถึงผลการทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดเมื่อบุผนังด้วยวัสดุต่าง ๆ ในบทที่ 6 เป็นการสรุปผลการศึกษาวิจัยในโครงการนี้ พร้อมด้วยข้อเสนอแนะที่ควรจะนำมาพิจารณาในโครงการต่อเนื่องในอนาคต

บทถัดไปนี้คือ บทที่ 1 จะได้ให้ความรู้พื้นฐานทั่ว ๆ ไป ซึ่งจำเป็นจะต้องทราบก่อนที่จะศึกษาเข้าสู่รายละเอียดในบทต่อ ๆ ไป

บทที่ 1

การปลูก การกะเทาะเปลือกเมล็ด และการค้าเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์

ในบทนี้จะได้เล่นอความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งได้แก่การปลูก การกะเทาะเปลือกเมล็ด และการค้าเมล็ดใน เป็นต้น ซึ่งความรู้เหล่านี้จะเป็นประโยชน์แก่การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ในโครงการวิจัยนี้ ความรู้ต่าง ๆ ดังกล่าวมาจากเอกสารต่าง ๆ ซึ่งได้รวบรวมมาจากแหล่งต่าง ๆ กัน

1.1 การปลูกมะม่วงหิมพานต์

มะม่วงหิมพานต์ปลูกได้ในดินแดนแทบทุกชนิด ยกเว้นดินที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ๆ และขึ้นได้บนพื้นดินตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงความสูง 3,000 ฟุต ระดับน้ำฝนตั้งแต่ 20 จนถึง 150 นิ้วต่อปี[1] จึงนับว่าทนทานทั้งภูมิอากาศที่แห้งแล้งจนถึงฝนตกชุก เป็นพืชที่งอกงามได้ดีในดินเลวซึ่งปลูกพืชอื่น ๆ ไม่ได้ผล จนเป็นที่กล่าวกันว่ามะม่วงหิมพานต์ "เป็นพืชเศรษฐกิจซึ่งปลูกง่ายที่สุด" แต่ถ้าหากต้องการผลผลิตให้สูงเต็มที่แล้วก็ควรจะเลือกดินที่เหมาะคือ ดินร่วน และภูมิอากาศที่ชื้นพอสมควร

การปลูกมะม่วงหิมพานต์ทำได้หลายวิธี เช่น เพาะเมล็ด ตอน ติดตา และทาบกิ่ง[2] แต่วิธีที่นิยมมากที่สุดคือการเพาะจากเมล็ด เพราะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ในการปลูกเป็นไร่เป็นสวนนั้น ควรขุดหลุมกว้างยาวลึกประมาณ 1x 1 x1 ฟุต ล่วงหน้าสัก 1-2 เดือนเศษ ทำการกลบหลุมด้วยมูลสัตว์ที่เน่าเปื่อยแล้วผสมกับดินก่อนทำการเพาะ 2 สัปดาห์ เมล็ดที่จะนำมาเพาะควรทดลองแช่น้ำ เลือกเอาเฉพาะเมล็ดที่จมน้ำมาเพาะ เพราะเป็นเมล็ดที่ปลูกง่ายกว่าและงอกเร็วกว่า ในแต่ละหลุมเพาะเมล็ด 2-3 เมล็ด วางเมล็ดเอาขั้วขึ้นและเอียงหงายเล็กน้อย หลังจากนั้นเอาดินกลบประมาณ 2-3 นิ้ว เมล็ดจะงอกภายใน 2-3 สัปดาห์ เมื่อต้นโตประมาณ 2 เดือน จึงทำการถอนต้นที่อ่อนแอจนเหลือต้นที่แข็งแรงที่สุดหลุมละ 1 ต้น อีกวิธีหนึ่งซึ่งเข้าใจว่าได้ผลดีที่สุดคือการเพาะเมล็ดในถุงพลาสติกจนต้นกล้าสูงประมาณ 1 ฟุตแล้วจึงย้ายไปปลูกในหลุมซึ่งเตรียมผสมปุ๋ยเรียบร้อยแล้ว วิธีนี้จะช่วยให้ต้นกล้าไม่ชักการเติบโตเจริญเร็วและไม่ตายมากนัก

ปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งคือระยะการปลูกระหว่างต้น ซึ่งในทางปฏิบัติมีผู้ใช้ระยะปลูกต่าง ๆ กัน ดังตัวอย่างในตาราง(1-1)

ตาราง(1-1)

ระยะปลูกต้นมะม่วงหิมพานต์

ระยะระหว่างต้นและแถว(เมตร)	รายละเอียด
3 x 3	คุณบรรลือ เชื้ออินทร์ เสนอว่าระยะปลูกนี้จะให้จำนวนต้น 178 ต้น/ไร่ ให้ผลผลิตไร่สูงและปราบวัชพืชระหว่างแถว[2,3]
4 x 4	กรมป่าไม้ได้ทดลองปลูกที่สังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ให้จำนวนต้น 100 ต้น/ไร่ [2]
6 x 6	นิยมปลูกโดยชาวสวนในประเทศไทย[2] เพราะต้องการปลูกพืชอื่น ๆแซม ให้จำนวนต้น 45 ต้น/ไร่
6 x 6 และ 6 x 7	กระทรวงเกษตรปลูกที่สถานีทดลองพืชไร่กาฬสินธุ์[4]
$7\frac{1}{2}$ x $7\frac{1}{2}$	ปลูกโดยชาวสวนที่สังหวัดกระบี่[5] เพราะต้องการปลูกพืชอื่นแซม ให้จำนวนต้น 27 ต้น/ไร่
$4\frac{1}{2}$ x $4\frac{1}{2}$ และ 6 x 6	Morton [1] กล่าวว่าระยะปลูกนี้ที่เหมาะสมสำหรับต้นพันธุ์อินเดีย
12 x 12 และ 15 x 15	Morton [1] รายงานว่าเป็นระยะที่เหมาะเพื่อต้นเจริญเติบโตเต็มที่ และต้นไม้ไม่ต้องแย่งความชื้นกัน

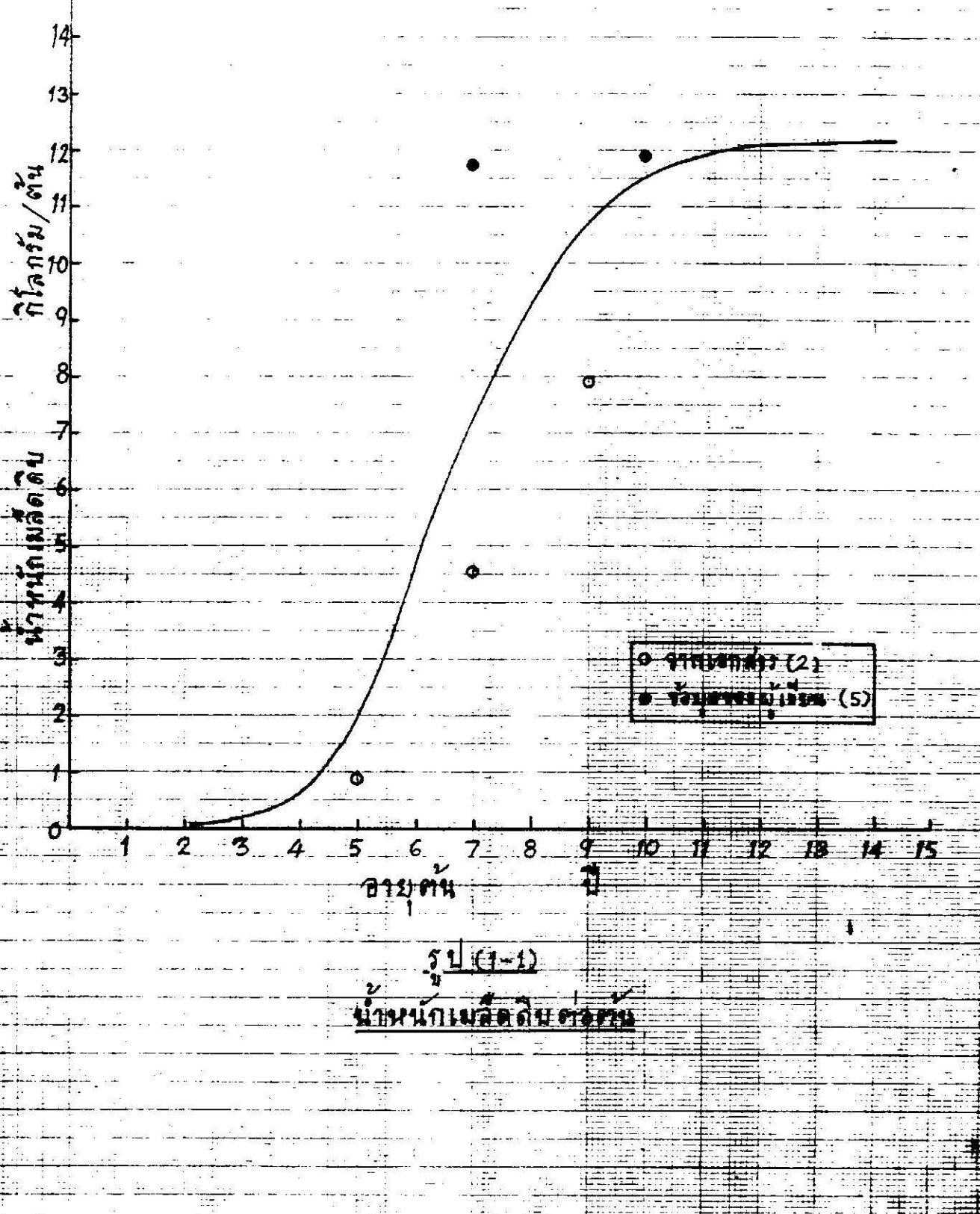
จะเห็นได้ว่าข้อมูลในเอกสารต่าง ๆ มีความแตกต่างกันมาก และในปัจจุบันนี้ยังไม่มีข้อมูลแน่นอนที่จะบอกว่าระยะระหว่างต้นและแถวควรจะเป็นเท่าใด จึงจะทำให้มะม่วงหิมพานต์พันธุ์พื้นเมืองของไทยจะให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด คุณสัน มาลีวรรณ[4] แนะนำว่าควรปลูกระยะ 3 x 3 เมตร เพื่อกำจัดวัชพืชและเก็บเกี่ยวผลในระยะที่ต้นยังไม่โตนัก เมื่อทุ่มต้นเริ่มชิดกัน (คือเมื่ออายุต้นประมาณ 8 ปี) จึงทำการตัดต้นเว้นต้นให้เหลือระยะ 6 x 6 เมตร

1.2 ผลผลิตต่อต้น

มะม่วงหิมพานต์พันธุ์พื้นเมืองจะเริ่มให้ผลเล็กน้อยเมื่ออายุต้น 3 ปี และจะให้ผลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งอายุประมาณ 10 ปี จำนวนผลจะคงที่จนกระทั่ง 40 ปี จึงถือว่าหมดอายุต้น จากรายงานของคุณบรรลือ เชื้ออินทร์[2] และจากการสำรวจข้อมูลจากผู้ปลูกโดยตรง[5] ได้พบแนวโน้มของผลผลิตคือ น้ำหนักเมล็ดดิบต่อต้นของอายุต้นต่าง ๆ กันดังแสดงในรูป (1-1) ต้นพันธุ์พื้นเมืองที่โตเต็มที่แล้วจะให้เมล็ดดิบประมาณ 12 กิโลกรัม/ต้น/ปี ซึ่งเรียกได้ว่าค่อนข้างต่ำ ในขณะที่พันธุ์อินเดียบางพันธุ์ที่ปลูกในเมืองไทยให้น้ำหนักเมล็ดดิบสูงถึง 20 กิโลกรัมต่อต้น[3] เมื่ออายุเพียง 4 ปี ดังนั้นการคัดพันธุ์ปลูกที่เหมาะสมจึงเป็นงานสำคัญในการส่งเสริมการปลูกมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทยซึ่งจะต้องเพิ่มความพยายามขึ้นอีกในอนาคต

1.3 การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทย[5]

การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทยมีอยู่2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ ที่จังหวัดปัตตานีซึ่งผลิตเมล็ดในประมาณ 138 เมตริกตันในปี พ.ศ. 2522 และที่จังหวัดภูเก็ตซึ่งผลิตเมล็ดในประมาณ 53 เมตริกตันในปี พ.ศ. 2522 นอกจากนั้นยังมีแหล่งผลิตอื่น ๆ อีกกระจายอยู่ทั่ว ๆ ไปในภาคใต้ กรรมวิธีการกะเทาะส่วนใหญ่ในจังหวัดปัตตานีนิยมเผาหรือคั่วเมล็ดดิบให้เปลือกกรอบแล้วจึงใช้ไม้ทุบเปลือกให้แตกแล้วแคะเมล็ดในออกมา ในจังหวัดภูเก็ตนิยมทอดเมล็ดในกะทะน้ำมันให้เปลือกกรอบแล้วจึงใช้ใบมีดผ่าเปลือกเมล็ดแล้วแคะเอาเมล็ดใน แต่ในบางแห่งเช่นที่อำเภอทุ่งสง นครศรีธรรมราช ทำการผ่าเมล็ดดิบแล้วจึงนำเมล็ดไปคั่วในกะทะทรายให้สุกกรอบในภายหลัง



รูปที่ (1-1)

น้ำหนักเมล็ดดิบต่อตัน

กล่าวโดยย่อ การกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทยแทบทั้งหมดเป็นการกะเทาะเปลือกครั้งละเมล็ด ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช้าและต้องใช้แรงคนมาก ยังมิได้มีการนำเอาเครื่องจักรมาใช้ดังเช่นที่ปฏิบัติกันในหลายประเทศในอาฟริกา[1]

1.4 การค้าเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์

อินเดียเป็นประเทศที่กะเทาะเปลือกมะม่วงหิมพานต์ส่งออกจำหน่ายมากที่สุดในโลก ประมาณกันว่าในปีหนึ่ง ๆ อินเดียต้องการเมล็ดดิบมาทำการกะเทาะเปลือกถึง 250,000 เมตริกตัน แต่เมล็ดดิบที่ปลูกในอินเดียมีไม่พอแก่ความต้องการจึงต้องสั่งซื้อเมล็ดดิบจากประเทศต่าง ๆ ในอาฟริกา เช่น แทนซาเนีย โมแซมบิค และเคนยา เป็นจำนวนมาก แต่เมื่อไม่นานมานี้ประเทศต่าง ๆ เหล่านี้ได้ตั้งโรงงานกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ขึ้นเอง ทำให้อินเดียขาดแคลนเมล็ดดิบและจำต้องเร่งส่งเสริมการปลูกมะม่วงหิมพานต์เป็นการเร่งด่วน

ในประเทศไทยเราได้มีการปลูกมะม่วงหิมพานต์กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2444 แล้ว[5] มีการค้าเมล็ดดิบ การกะเทาะเปลือกเมล็ดและการค้าเมล็ดในอยู่ในภาคใต้ของประเทศ จากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2522 พบว่า[5] พ่อค้าคนกลางมีบทบาทสำคัญในการรับซื้อเมล็ดดิบจากผู้ปลูกไปขายให้แก่โรงงานกะเทาะเปลือก และรับซื้อเมล็ดในที่ได้หลังจากการกะเทาะเปลือกจากโรงงานไปขายต่อแก่ผู้ค้ารายย่อย พ่อค้าเหล่านี้ซื้อเมล็ดในจากผู้กะเทาะเปลือกในจังหวัดปัตตานีในราคาเฉลี่ย 68.76 บาท/กิโลกรัม ขายส่งต่อผู้ค้าย่อยในหาดใหญ่-สงขลาในราคา 79.85 บาท/กิโลกรัม ผู้ค้าย่อยจะขายให้แก่ผู้บริโภคในราคา 87.52 บาท/กิโลกรัม และในต้นปี พ.ศ. 2523 ราคาขายแก่ผู้บริโภคได้สูงขึ้นถึง 120.00 บาท/กิโลกรัม ผู้กะเทาะเปลือกเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ในจังหวัดภูเก็ตแจ้งว่ามีพ่อค้าคนกลางรับซื้อเมล็ดในเพื่อนำไปจำหน่ายในกรุงเทพมหานครและคาดว่าคงจะมีการส่งออกต่างประเทศด้วย

1.5 ข้อสรุป

มะม่วงหิมพานต์สามารถปลูกได้ดีในพื้นที่แทบทุกแห่งในประเทศไทย อุตสาหกรรมกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทยยังดำเนินไปด้วยดีแม้ว่าจะใช้กรรมวิธีการ

ผลิตที่ช้าและค่อนข้างล้าสมัย การจะส่งเสริมราษฎรให้ปลูกมะม่วงหิมพานต์เพิ่มขึ้นนั้น นอกจากจะคิดในแง่ของการส่งเมล็ดดิบไปขายยังต่างประเทศ เช่น อินเดีย แล้ว ควรจะได้มีการพิจารณาแสวงหาลู่ทางการปรับปรุงกรรมวิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทยให้รวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดการขยายตัวในกำลังการผลิตอย่างรวดเร็ว และเพิ่มอัตราการรับซื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบในประเทศ

การพัฒนากรรมวิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นั้นได้มีผู้สนใจค้นคว้าศึกษาอยู่บ้างแล้ว แต่ควรได้รับการส่งเสริมให้มีการค้นคว้าเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งอาจทำได้โดยการศึกษากรรมวิธีต่าง ๆ ซึ่งใช้กันอยู่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จากนั้นอาจหาทางพัฒนาวิธีการพร้อมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสภาพของเมืองไทย ซึ่งถ้าเป็นผลสำเร็จก็จะเป็นประโยชน์ในแง่ของการสร้างงานและรายได้แก่ประชาชนผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ในชนบทได้เป็นอย่างดี

บทที่ 2

กรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์

ในบทนี้จะได้ทำการศึกษากรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์แบบต่าง ๆทั้งที่ปฏิบัติกันอยู่ในประเทศไทยและในต่างประเทศ เพื่อจะได้เปรียบเทียบ และพิจารณาหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดแก่สภาพของเมืองไทย อันจะเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อการวิจัยในขั้นต่อไป

2.1 กรรมวิธีการผลิตในอินเดีย

กรรมวิธีแบบดั้งเดิมในอินเดีย[1] คือนำเมล็ดดิบมาผึ่งแดด 2-3 วัน แล้วจึงนำเมล็ดดิบมาผ่าเปลือกสด ๆ และแคะเอาเมล็ดในออกมา วิธีนี้จะให้เมล็ดในที่มีคุณภาพต่ำใช้บริโภคเฉพาะในท้องถิ่นเท่านั้น ต่อมาจึงเปลี่ยนมานิยมเผาเมล็ดดิบบนกองถ่านหรือหม้อดินเผาเก่า หรือคั่วในกะทะทราย แต่วิธีที่ใช้มากที่สุดคือการคั่วเมล็ดดิบในกะทะเปล่า ๆ บนกองไฟ หมั่นคนเมล็ดอยู่ตลอดเวลา ปล่อยให้ไฟลุกท่วมกะทะ แล้วจึงเทเมล็ดลงบนพื้นดินรอให้เมล็ดเย็นลงแล้วนำเมล็ดไปกะเทาะเปลือกเพื่อแคะเอาเมล็ดในออกมา ในการกะเทาะเปลือกนั้นนิยมใช้ไม้ทุบเปลือก ผู้กะเทาะจะต้องทามือด้วยขี้เถ้า น้ำมันละหุ่ง น้ำมันสนสีต หรือยูนยาอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันจากเปลือกเมล็ดซึ่งเรียกว่า cashew nut shell liquid หรือที่นิยมเรียกโดยย่อว่า CNSL กัดมือให้เป็นแผลเปื่อย

2.1.1 การคั่วหรือทอดเมล็ด

ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยใช้การคั่วในหม้อดินเผาซึ่งเจาะรูต่อท่อที่ก้นเพื่อรองเอาน้ำมัน CNSL ไปใส่ภาชนะอีกใบหนึ่ง วิธีนี้จะเก็บ CNSL ได้ประมาณ 50% ของน้ำมันทั้งหมด อย่างไรก็ตามก็ยังได้พบอุปสรรคหลายประการเช่น CNSL กระเซ็นหรือกลายเป็นไอซึ่งมีพิษทำให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง ตาง ตา จมูกและลำคออย่างรุนแรง และจำเป็นที่จะต้องขับ CNSL ที่ค้างอยู่ที่ผิวนอกของเปลือกเมล็ดด้วยขี้เถ้าทราย

หรือขี้เลื่อย ก่อนจะนำเมล็ดไปกะเทาะเปลือก

ผู้กะเทาะเปลือกเมล็ดหลายรายได้พยายามปรับปรุงกรรมวิธีการคั่วเมล็ด โดยสร้างทรงกระบอกเจาะรูจากแผ่นสังกะสี จัดให้ทรงกระบอกเอียงทำมุมกับเตา จัดทำปล่องระบายควันและไอพิษ ในการคั่วจะทำการป้อนเมล็ดเข้าทางปลายกระบอกด้านบนและหมุนทรงกระบอกตลอดเวลา เมล็ดจะไหลตามแนวเอียงมาออกทางปลายล่างของทรงกระบอกและถูกคั่วให้สุกไปพร้อม ๆ กัน น้ำมัน CNSL จะไหลผ่านรูบนทรงกระบอกและไหลลงไปยังรางที่รองรับ เมล็ดทั้งเปลือกที่คั่วแล้วจะถูกฉีดด้วยน้ำเพื่อล้าง CNSL ที่ผิวนอกของเปลือกออกแล้วนำไปผึ่งให้แห้งและให้เย็นลง ต่อจากนั้นก็ทำการกะเทาะเปลือกด้วยไม้หรือค้อนตามวิธีดั้งเดิม

โรงงานขนาดใหญ่ได้นำเอาวิธีนี้ไปพัฒนาต่อ โดยเปลี่ยนเป็นทำการทอดเมล็ดในกะทะหรืออ่างน้ำมัน CNSL เมล็ดจะไหลไปตามล่ายพานลวดโปร่งผ่านอ่าง CNSL ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 200°C เมื่อออกจากกะทะเมล็ดจะถูกปล่อยลงไปในภาชนะที่รองรับ เนื่องจากยังมี CNSL บางส่วนติดอยู่กับเปลือกซึ่งจะต้องกำจัดออกโดยนำเอาเมล็ดไปเข้าเครื่องปั่น (centrifuge) เพื่อล้าง CNSL ทิ้ง จะต้องมีระบบดูดควันพิษทิ้งเป็นอย่างดี น้ำมัน CNSL ประมาณ 85-90% จะถูกล้างออกจากเปลือกเมล็ดในกระบวนการทอดในกะทะน้ำมัน (oil bath process) ส่วน CNSL ที่เหลือภายในเปลือกเมล็ดอีก 10-15% จะล้างได้อีกหลังจากที่นำเอาเปลือกเมล็ดที่กะเทาะแล้วไปอบด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (super heated steam) กระบวนการอบเปลือกเมล็ดที่กะเทาะแล้วด้วยไอน้ำใช้ถังทรงกระบอกหลาย ๆ ลูกซึ่งมีท่อต่อถึงกัน ใช้ไอ superheated steam อุณหภูมิประมาณ 260 - 370°C ที่ความดัน 5-20 lb/in^2 น้ำที่ค้างแน่นและ CNSL จะถูกปล่อยออกทางก้นถัง ในการอบจะอบด้วย superheated steam 60 นาที ตามด้วย saturated steam 10 นาที น้ำมัน CNSL ที่ได้จากการอบไอน้ำนี้กล่าวกันว่ามีคุณภาพดีกว่า CNSL ที่ได้จากวิธีอื่น ๆ

2.1.2 การกะเทาะเปลือกเมล็ด

การกะเทาะเปลือกเมล็ดในอินเดียส่วนใหญ่ยังใช้แรงคน ซึ่งเป็นงานที่น่าเบื่อหน่ายและหาคนงานยาก[1] การกะเทาะมักจะทำโดยนำเมล็ดมาวางบนแผ่นหินซึ่งฝังอยู่บนพื้นดิน คนงานส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงจะนั่งบนพื้นแล้วใช้ไม้หรือค้อนไม้ทุบเปลือกเมล็ด คนงานจะต้องคลุกมือในขี้เถ้า ปูนขาว น้ำมันละหุ่ง หรือน้ำมันสนิลีดอย่างใดอย่างหนึ่งอยู่เป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมัน CNSL จากเปลือกเมล็ดทำความระคายเคืองแก่ผิวหนัง

Morton[1] รายงานว่ามีผู้ประดิษฐ์อุปกรณ์กะเทาะเปลือกเมล็ดดิบซึ่งยังไม่ค่อยและนำออกใช้ครั้งแรกในประเทศแทนซาเนีย แต่อุปกรณ์นี้ก็มิได้แพร่หลายในอินเดีย ตัวอุปกรณ์มีที่คีบเมล็ดคล้ายคีมสามารถโยกให้ป้อนเมล็ดเข้าหาเลื่อยวงเดือนเล็ก ๆ เลื่อยก็จะเซาะร่องรอบ ๆ เมล็ด เมื่อได้เมล็ดมากพอสมควรแล้วคนงานก็จะนำเมล็ดไปแกะโดยใช้อุปกรณ์แกะเมล็ดซึ่งอาศัยคันโยก เป็นที่น่าสังเกตว่าในเมืองไทย คุณพัน มาสีวรรณ[4,5] ก็ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกโดยใช้ระบบเลื่อยวงเดือนเซาะร่องข้าง ๆ เมล็ดและอุปกรณ์แกะเมล็ดโดยอาศัยคันโยกเช่นกัน ซึ่งใช้งานได้ดีพอสมควรกล่าวคือคนงาน 1 คนสามารถแกะเมล็ดในได้ชั่วโมงละ 0.50 กิโลกรัม

เป็นที่น่าสังเกตว่าในปี พ.ศ. 2485 สหรัฐอเมริกาได้ออกกฎหมายอนุญาตให้นำเข้าประเทศได้เฉพาะเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ที่ได้จากการกะเทาะเปลือกเมล็ดหลังจากกำจัด CNSL ออกเกือบหมดแล้วเท่านั้น ดังนั้นเมล็ดในที่ได้จากการผ่าเมล็ดสดจะไม่สามารถนำเข้าไปจำหน่ายในสหรัฐอเมริกาได้ ดังนั้นจึงควรจะพิจารณาพัฒนาการกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยวิธีอื่นซึ่งมิใช่วิธีการผ่าเมล็ดดิบ

2.1.3 การผัดเมล็ดใน

เมล็ดในที่เพิ่งแกะออกมาได้จะยังมีสีไม่สวย มีความชื้นสูง และยังไม่สุกดี และรสยังไม่ดี จะต้องนำเมล็ดในไปทำการปรับปรุงคุณภาพโดยการผัดในกะทะซึ่งมีน้ำมันมะกอกหรือน้ำมัน เรวสิสง เมื่อผัดไปได้ 5 นาทีก็ต้องยกกะทะลงจากเตาไฟ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันร้อนเกินไป ทำการคนและพลิกเมล็ดให้ทั่วดีแล้วก็นำกะทะขึ้นตั้งไฟอีกและจะยกลงอีก ทำ

เช่นนี้ 3-4 ครั้ง คะเนพอให้เมล็ดในดับ ๆ ลุก ๆ นำเมล็ดในออกมาใส่ในถังแล้วเจือ liquid paraffin เล็กน้อย นำเมล็ดไปผัดน้ำมันในกะทะอีกครั้งโดยใช้เวลาผัดประมาณ 5 นาที ยกกะทะลงจากเตาแล้วเอาน้ำผสมเกลือและ gum acacia พรมลงไปบนเมล็ด หลังจากนั้นทำการผัดเมล็ดอีกครั้งหนึ่งเพื่อไล่ความชื้นที่ไม่ต้องการออกให้หมด

2.1.4 การลอกเยื่อหุ้มเมล็ด การคัดเกรดและบรรจุหีบห่อ

เมล็ดในที่ได้จะมีเยื่อหุ้มเมล็ดในติดมาด้วย ซึ่งสามารถลอกออกอย่างง่ายได้โดยใช้มือขยี้ เมล็ดในที่ลอกเยื่อหุ้มเมล็ดออกแล้วจะถูกปรับความชื้นในห้องปรับความชื้น ถ้าความชื้นต่ำเกินไปเมล็ดในจะแตกหักง่าย ถ้าความชื้นสูงเกินไปเมล็ดในจะถูกแมลงกัดแทะทำลายได้ง่าย ในอินเดียเมล็ดในที่จะส่งออกต่างประเทศจะต้องได้รับการตรวจสอบความบริสุทธิ์ คือไม่มีแมลงกัดกินเมล็ดใน เมล็ดหักมีน้อย มี CNSL เจือปนน้อย และมี free fatty acid ไม่เกิน 3% เป็นต้น หลังจากนั้นเมล็ดในจะถูกนำไปบรรจุปี๊บซึ่งบุด้วยกระดาษชุบไขหรือกล่องไม้บุด้วยแผ่นดีบุกเพื่อส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ

2.1.5 การใช้ประโยชน์ของผลมะม่วงหิมพานต์

แม้ว่าจะมีผู้กล่าวว่าผลมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) สามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้ต่าง ๆ นานา เช่น บริโภคสด ปรุงอาหารทำแยมหรือเลี้ยงสัตว์ แต่ที่นำมาใช้ประโยชน์จริง ๆ ก็คือ การนำมาหมักทำไวน์หรือทำเหล้าบรั่นดี ในอินเดีย ฟิลิปปินส์ บราซิล คิวบา และคอสตาริกามีการบรรจุไวน์มะม่วงหิมพานต์ใส่ขวดเพื่อจำหน่าย ในเมืองกัวประเทศอินเดียมีการกลั่นเหล้าบรั่นดีจากผลมะม่วงหิมพานต์ ทำให้เกษตรกรมีรายได้จากการขายผลมะม่วงหิมพานต์ได้เท่ากับรายได้จากการค้าเมล็ด

2.1.6 การใช้ประโยชน์ของน้ำมัน CNSL

น้ำมัน CNSL จากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ประกอบไปด้วย anacardic acid ประมาณ 90% และ cardol ประมาณ 10% สามารถใช้ทำประโยชน์ได้นานาชนิด เช่นทำยารักษาโรค ทำน้ำยาขัดเงา ทำสี ทำหมึกพิมพ์ ทำกระเบื้องปูพื้น เป็นต้น ดัง

นั้น CNSL จึงเป็นผลพลอยได้ที่มีค่าจากอุตสาหกรรมมะม่วงหิมพานต์[7,8]

2.2 การพัฒนากระบวนการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในวงการนานาชาติ

ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าปัญหาสำคัญประการหนึ่งซึ่งอินเดียประสบคือ การที่กะเทาะเปลือกเมล็ดโดยใช้แรงคนนั้นผลิตเมล็ดในได้ช้าและยังหาคนงานได้ยาก ดังนั้นจึงมีประเทศต่างวันตกหลายประเทศ เช่นอังกฤษ และอิตาลี ได้ออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ขึ้น เครื่องจักรเหล่านี้ได้นำไปใช้ในประเทศแถบอาฟริกาตะวันออก[9,10] แต่ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องจักรเหล่านี้มีน้อยมาก จากรายงานของ Shivanna และ Govinarajan [9] ได้ทราบว่า โรงงานกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้เครื่องจักรเป็นแห่งแรกก็คือ โรงงานซึ่งตั้งในประเทศโมแซมบิค สร้างโดยบริษัท Braibanti and Co., Italy[9] สามารถกะเทาะเมล็ดทั้งเปลือกได้ปีละ 2,500 เมตริกตัน เมื่อทำงานวันละ 1 กะ ราคาโรงงานในปี พ.ศ. 2516 ประมาณ 5.5 ล้านบาท โรงงานนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำความสะอาดเมล็ด เครื่องคัดขนาดเมล็ด เครื่องล้างเมล็ด ถังปรับความชื้นอุปกรณ์ผึ่งเมล็ด เตาทอดสะกัดน้ำมัน CNSL โดยอาศัยระบบสายพานป้อนเมล็ดและมีอุปกรณ์ล้างน้ำมัน CNSL จากเปลือกเมล็ดที่ทอดแล้วโดยอาศัยระบบแปรงประกอบกับ Superheated steam เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ด เครื่องแยกเศษเปลือกออกจากเมล็ดในโดยอาศัยระบบแรงดูดโดยระบบ pneumatic เครื่องอบและปรับความชื้นเมล็ดใน เครื่องลอกเยื่อหุ้มเมล็ดในโดยอาศัยแปรงยางซึ่งสั่นไปมา เครื่องแยกเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากเมล็ดในโดยอาศัยระบบ pneumatic เครื่องคัดเกรดเมล็ดในโดยระบบลูกกลิ้ง เครื่องเหล่านี้ติดต่อกันด้วยระบบสายพาน ระบบคัดขนาด และระบบ pneumatic มีการปรับอุณหภูมิและความชื้นในขั้นตอนต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา

เจ้าหน้าที่ผู้แทนฝ่ายการค้าจาก Cashew Export Promotion Council to Europe ของอินเดียซึ่งได้ศึกษาการทำงานของโรงงานต้นแบบแห่งนี้เมื่อครั้งที่ยังอยู่ในระหว่างการทดลองในเมือง Bologna ประเทศอิตาลี ได้ตั้งข้อสังเกตที่น่าสนใจไว้ดังนี้

1. เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดังกล่าวใช้ระบบเครื่องกล สามารถผลิตเมล็ดในประกบคู่ได้ต่ำกว่า 50% ของเมล็ดในทั้งหมด ทั้งนี้แม้ว่าผู้สร้างจะอ้างว่าผลิตเมล็ดในประกบคู่ได้สูงถึง 50-55% ในขณะนั้น (พ.ศ. 2509) บริษัทผู้สร้างยังพยายามปรับปรุงเพื่อลดจำนวนเมล็ดในที่แตกหักลง เมื่อเปรียบเทียบกับการกะเทาะด้วยมือซึ่งทำให้เมล็ดในแตกหักน้อยกว่า 10% แล้วก็ดูเสมือนว่าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดังกล่าวจะยังไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

2. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ทอดเมล็ดอย่างต่อเนื่องทำงานได้ผลดี แม้จะใช้เมล็ดดิบทั้งเปลือกที่เก่าแล้วมาทอดก็ยังให้น้ำมัน CNSL เป็นจำนวนมากโดยที่เมล็ดในไม่ไหม้

3. ผู้ผลิตได้อ้างว่าโรงงานแห่งนี้ใช้คนทำงาน 1 ส่วน และใช้เครื่องจักรทำงาน 10 ส่วน ดังนั้นโรงงานแบบนี้อาจมีผลให้เกิดปัญหาแรงงานในอินเดียซึ่งมีคนงานในอุตสาหกรรมกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นับแสนคน ทั้งนี้เพราะคนงานประมาณ 90% จะต้องถูกแทนที่โดยเครื่องจักร

4. โรงงานขนาดผลิตเมล็ดใน 1000 - 1200 กิโลกรัม/วัน มีราคาประมาณ 7.5 ล้านบาท (ราคาในปี พ.ศ. 2508) เป็นเงินลงทุนซึ่งค่อนข้างสูง ต้องใช้พนักงานชำนาญควบคุม เครื่องจักรและอุปกรณ์บางชิ้น ยังไม่ได้ทำงานโดยอัตโนมัติ โรงงานเหล่านี้จะยังไม่มีผลกระเทือนถึงอุตสาหกรรมมะม่วงหิมพานต์ในอินเดีย

โรงงานแห่งที่ 2 ตั้งขึ้นในประเทศแทนซาเนียใช้เครื่องจักรสร้างในประเทศอิตาลี เป็นของบริษัท Oltremare ร่วมกับรัฐบาลแทนซาเนีย ราคาโรงงานประมาณ 16 ล้านบาท สามารถกะเทาะเปลือกเมล็ดดิบได้ปีละ 9,000 ตัน เมื่อทำงานวันละ 2 กะ ใช้คนงานกะละ 600 คน ซึ่งนับว่าเป็นจำนวนมาก กระบวนการผลิตนับตั้งแต่การคัดขนาดเมล็ดดิบจนถึงการทอดเมล็ดดิบก็คล้าย ๆ กับโรงงานแห่งแรกดังกล่าวมาแล้วข้างต้น แต่การคัดขนาดเมล็ดดิบในโรงงานแห่งนี้ทำกันอย่างละเอียดและพิถีพิถันเป็นพิเศษ กระบวนการผ่าเปลือกเมล็ดใช้การผ่าทีละเมล็ดโดยอุปกรณ์ใช้ระบบกลไก (mechanical system)

โรงงานแห่งที่ 3 ใช้เครื่องจักรทันสมัยทั้งโรงงาน ตั้งขึ้นที่เมือง Inhambane ประเทศโมแซมบิก เป็นของบริษัท Gill and Duffus Ltd. ร่วมกับ Pierce Leslie

and Co. Ltd., London เครื่องกะเทาะเปลือกอาศัยระบบกลไก สามารถกะเทาะเปลือกเมล็ดดิบปีละ 6,000 ตัน ราคาของโรงงานประมาณ 9.0 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2508

โรงงานแห่งที่ 4 ตั้งที่เมือง Mtwara ประเทศแทนซาเนีย มูลค่าประมาณ 54.0 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2508 เป็นโรงงานของรัฐบาลแทนซาเนียร่วมกับบริษัทเอกชนชาวญี่ปุ่น

โรงงานแห่งที่ 5 สร้างโดยบริษัท Sturtevant Engineering Co., England ซึ่งใช้เครื่องกะเทาะเปลือกโดยอาศัยระบบแรงเหวี่ยง ซึ่งเกี่ยวกับระบบการผลิตในโรงงานแห่งนี้จะได้ศึกษาอย่างละเอียดต่อไป โรงงานแห่งนี้ตั้งอยู่ในประเทศเคนยา

โรงงานต่าง ๆ เหล่านี้ได้ประสพปัญหาต่าง ๆ ในการดำเนินงานผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ มีรายงานว่า[9] โรงงานแห่งแรกในโมแซมบิคหลังจากการพัฒนาแล้วก็ยังไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โรงงานแห่งที่ 3 ซึ่งตั้งขึ้นที่เมือง Inhambane ประเทศโมแซมบิค ซึ่งกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยระบบกลไกนั้นก็ไม่ได้ผลเช่นกัน โรงงานแห่งที่ 4 ซึ่งใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยระบบกลไกสร้างในประเทศญี่ปุ่นและนำมาใช้ในประเทศแทนซาเนีย ก็ยังจะต้องพิสูจน์ผลความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และได้รับรายงานว่าบริษัทประสพปัญหาเกี่ยวกับเครื่องกะเทาะเปลือกและได้พิจารณาถึงการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกแบบอื่น

2.3 ระบบโรงงานกะเทาะเปลือกที่มีแนวโน้มว่าจะใช้ได้ผลดี

ดังที่เพิ่งกล่าวมาแล้วว่าหลายโรงงานประสพปัญหาความไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจและปัญหาเกี่ยวกับเครื่องกะเทาะเปลือก แต่ก็มีบางโรงงานที่รายงานว่าดำเนินการไปด้วยดี จึงน่าที่จะศึกษาระบบโรงงานภายในโรงงานที่ดำเนินการไปได้ดีเหล่านี้ เพื่อนำข้อดีมาพัฒนาใช้ในประเทศไทยหากเป็นไปได้

โรงงานแห่งที่ 2 ซึ่งเป็นของบริษัท Oltremare ซึ่งดำเนินการอยู่ในประเทศแทนซาเนียนั้นได้ทำการปรับปรุงเพิ่มเติมและรายงานว่า[9] สามารถกะเทาะได้เมล็ดในประกบคู่สูงถึง 90-95% แต่จะมีการแตกหักเสียหายของเมล็ดในในระหว่างการคัดเกรดและการหีบห่อบ้าง ดังนั้นในขั้นตอนของการบรรจุหีบห่อจะมีเมล็ดในประกอบคู่เหลืออยู่ประมาณ 65-70% เมล็ดในจะไม่เปื้อนน้ำมัน CNSL อัตราการผลิตและคุณภาพเมล็ดในพอจะเทียบกันได้กับผลผลิตจาก

การกะเทาะเปลือกด้วยมือในอินเดีย บริษัทนี้ยังได้ทำการค้นคว้าเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตให้สูงขึ้น สิ่งหนึ่งที่บริษัทได้พัฒนาคือ การสร้างโรงงานขนาดย่อมซึ่งกะเทาะเปลือกเมล็ดดิบได้วันละ 2.5 ตัน เมื่อทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ซึ่งคาดว่าโรงงานขนาดย่อมนี้จะเหมาะกับประเทศที่เริ่มพัฒนาอุตสาหกรรมมะม่วงหิมพานต์ซึ่งไม่มีเมล็ดดิบป้อนโรงงานมากนัก ราคาของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานขนาดย่อมนี้ประมาณ 9 ล้านบาท (ในปี พ.ศ.2515) แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าไม่สามารถทราบรายละเอียดเกี่ยวแก่การทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดพอที่จะศึกษาในแง่เทคนิคได้

ระบบหนึ่งที่ได้รับรายงานว่าใช้งานได้ดีคือ ระบบโรงงานกะเทาะเปลือกซึ่งสร้างโดยบริษัท Sturtevant Engineering Co., England [10] ซึ่งมีลักษณะทางเทคนิคบางประการดังต่อไปนี้

1. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบจะถูกนำมาตากแห้งและทำความสะอาดหลังจากนั้นจะคัดขนาดด้วยตะแกรงขนาด 1.3, 1.5, 1.7 และ 1.9 ซม. ตามลำดับแต่ละขนาดจะถูกป้อนเข้าสายงานผลิตแยกจากกัน

2. เมล็ดแต่ละขนาดจะถูกนำไปปรับความชื้นโดยการแช่ในน้ำ 10 นาที ไขน้ำออกจากถังแล้วทิ้งเมล็ดไว้ 12 ชั่วโมง ให้ความชื้นซึมไปทั่วเมล็ด ต่อจากนั้นรดน้ำลงบนเมล็ด 3นาที แล้วทิ้งไว้อีก 12 ชั่วโมง ให้เมล็ดดูดความชื้น หลังจากนี้เปลือกเมล็ดจะมีความชื้น 8-10% และเมล็ดในจะมีความชื้น 10-12% ซึ่งถือว่าเป็นความชื้นที่พอเหมาะแก่การทอดและการกะเทาะเปลือก

3. นำเมล็ดดิบไปทอดในกะทะน้ำมัน CNSL ความร้อนได้จากการเผาเศษเปลือกเมล็ด น้ำมันในกะทะมีอุณหภูมิ 180 - 185°C ใช้เวลาทอด 2.5 - 3 นาที เตาทอดมีระบบควบคุมอุณหภูมิและป้อนเชื้อเพลิงโดยอัตโนมัติ มีพัดลมดูดเอาไอพิษทิ้ง

4. เมล็ดที่ทอดแล้วจะมีเมล็ดในครึ่งลูกครึ่งดิบ และมีน้ำมัน CNSL ติดเปลือกเมล็ดอยู่ เมล็ดเหล่านี้จะถูกป้อนไปยังเครื่องขัดน้ำมัน (rotary cleaner) ซึ่งเป็นทรงกระบอกหมุนรอบตัวเองภายในบรรจุขี้เลื่อย ต่อจากนั้นเมล็ดจะผ่านไปบนสายพานทำด้วยตาข่ายลวดและเข้าไปยังตะแกรงร่อน (vibrating screen) เพื่อร่อนเอาขี้เลื่อยออก หลังจากนั้น

เมล็ดจะเดินทางบนสายพานเข้าไปยังเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ด

5. เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดเป็นเครื่องที่ทำงานโดยระบบแรงเหวี่ยง (centrifuge decorticator) มีจานเหวี่ยงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 21 นิ้ว เหวี่ยงเมล็ดเข้าหาผนังด้วยความเร็ว 19.6 เมตร/วินาที เมื่อใช้เมล็ดทอดแล้วหนัก 6 กรัม

6. เมล็ดที่ยังไม่แตก เมล็ดในและเศษเปลือกเมล็ดจะเคลื่อนตามสายพาน ผ่านท่อลมดูดเศษเปลือกออกแล้วเข้าไปยังตะแกรงร่อน (reciprocating screen) เมล็ดที่ยังไม่แตกจะถูกป้อนกลับเข้าเครื่องกระเทาะเปลือก เมล็ดในและเศษเปลือกจะร่วงผ่านตะแกรง

7. เมล็ดในและเศษเปลือกจะถูกแยกออกจากกันโดยเครื่องแยกอากัยระบบลม (air separator)

8. เมล็ดในที่แยกออกมาได้จะถูกนำไปคัดคุณภาพ ตอกเยื่อหุ้มเมล็ดปรับความชื้นและบรรจุกล่องเพื่อส่งไปจำหน่ายต่อไป

Shivanna และ Govinarajan[9] รายงานว่าเครื่องกะเทาะเปลือกจะให้เมล็ดในประกบคู่ประมาณ 75% แต่เมล็ดประกบคู่เหล่านี้จะแตกหักอีกบ้างในระหว่างกรรมวิธีอื่น ๆ และเมื่อถึงขั้นตอนของการบรรจุหีบห่อจะเหลือเมล็ดในประกบคู่ประมาณ 50-55% เท่านั้น อย่างไรก็ตามเครื่องกะเทาะเปลือกแบบใช้แรงเหวี่ยงนี้นับว่าเป็นเครื่องที่น่าสนใจ ในโครงการวิจัยนี้ผู้ดำเนินงานจะได้สร้างเครื่องดังกล่าวทำการศึกษาด้านการทำงานของเครื่องเพื่อหาทางพัฒนาใช้กะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ปลูกในเมืองของไทย

2.4 กรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ในภาคใต้ของประเทศไทย

กรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทย[11-13] พอจะแบ่งเป็น 3 วิธีใหญ่ ๆ กล่าวคือ

2.4.1 กรรมวิธีการผ่าเมล็ดดิบ

วิธีนี้เป็นวิธีดั้งเดิมซึ่งยังมีการปฏิบัติอยู่ในระดับครัวเรือนโดยทั่วไปในภาคใต้ เริ่มต้นด้วยการนำเมล็ดดิบที่ตากแห้งไว้ดีแล้วไปแช่ในน้ำปูนขาว 3 วัน โดยใช้ปูนขาว 300 กรัม ต่อน้ำ 6 ลิตร[14] หลังจากนั้นใช้มีดบางคม ๆ ปอกเปลือกนอกออก ในบางแห่งอาจใช้ใบมีด

โค้ง ๆ ประกอบกับเครื่องมือคล้ายกรรไกรหนีบหมากผ่าให้เปลือกเมล็ดแตกเป็นส่องซีกแล้วใช้มีดหรือแผ่นเหล็กแบน ๆ แคะเอาเมล็ดในออกมา ระหว่างการผ่าเปลือกผู้ผ่าจะต้องใช้ปูนยาวคลุมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และใช้ปูนยาวทามือเป็นระยะ ๆ เพื่อป้องกันน้ำมัน CNSL ในเปลือกเมล็ดจะกัดผิวหนัง เมล็ดในที่แคะออกมาได้จะต้องนำมาแช่ในน้ำประมาณ 10 นาที เพื่อล้างเอาน้ำมัน CNSL ที่อาจติดกับเมล็ดในออก นำเมล็ดในขึ้นจากน้ำมาผึ่งลมให้แห้งสนิทแล้วผึ่งแดดไว้ประมาณ 3-5 วัน หลังจากนั้นก็ทำการลอกเยื่อหุ้มเมล็ดในออก นำเมล็ดในไปคั่วหรือฉาบน้ำตาลได้

กรรมวิธีการผ่าเมล็ดดิบนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ในปัจจุบันเนื่องจากผลิตได้ช้า เมล็ดในมีน้ำมัน CNSL ซึ่งมีพิษติดอยู่ ยังมีใช้กันบ้างในกรณีที่ผลิตน้อย ๆ เพื่อนำเมล็ดในมาขายหรือบริโภคในท้องถิ่นเท่านั้น

2.4.2 กรรมวิธีการผลิตแบบปัตตานี

กรรมวิธีการผลิตแบบปัตตานีซึ่งใช้ในแถบจังหวัดปัตตานีนั้นมีความคล้ายคลึงกับกรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมในประเทศอินเดีย กล่าวคือ เริ่มต้นด้วยการนำเมล็ดดิบซึ่งผ่านการตากแห้งมาแล้วไปคั่วในภาชนะเช่นปี๊บหรือกะทะซึ่งเจาะรูที่ก้นเพื่อให้น้ำมัน CNSL ไหลลงสู่ผองไฟ น้ำมัน CNSL จะถูกกำจัดและกลายเป็นเชื้อเพลิงไป เมื่อคะเนว่าเปลือกเมล็ดกรอบดีแล้วโดยที่เมล็ดในไม่ไหม้ ก็จะเทเมล็ดลงบนพื้นเพื่อทิ้งให้เย็น หลังจากนั้นก็ใช้ไม้ทุบเปลือกเมล็ดให้แตกในบางแห่งจะปูพื้นด้วยกระสอบ นำเมล็ดไปวางบนกระสอบก่อนแล้วจึงใช้ไม้เคาะเปลือกเมล็ดให้แตก โดยเชื่อกันว่ากระสอบจะช่วยซับน้ำมัน CNSL ทั้งยังช่วยให้เมล็ดในไม่แตกหัก หลังจากที่ทำการแคะเอาเมล็ดใน และนำเมล็ดในไปลอกเยื่อหุ้มเมล็ดแล้วก็จะนำเมล็ดในไปคั่วในกะทะทรายเพื่อให้ลูกกรอบและมีรสหอมน่ารับประทาน แยกทรายออกจากเมล็ดในแล้วนำเมล็ดในไปบรรจุปี๊บเพื่อจำหน่ายไปยังพ่อค้าคนกลางที่จะมารับซื้อ

การผลิตแบบปัตตานีเป็นการผลิตในระดับครัวเรือนเป็นส่วนใหญ่ผลิตได้ช้า ใช้แรงงานทั้งชายหญิงและเด็ก จากการสำรวจข้อคิดเห็นจากพ่อค้าคนกลางและผู้บริโภคหลายราย ได้รับคำชี้แจงว่ากรรมวิธีการผลิตนี้ข้อบกพร่องที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การแยกทรายออกจากเมล็ดในหลังจากการคั่วนั้นยังไม่สมบูรณ์ มีเมล็ดทรายเคือปนอยู่กับเมล็ดในอยู่บ้างทำให้ผู้

บริโภคทั้งข่าวไทยและต่างประเทศต่างก็เรื่องนี้อยู่เสมอ ๆ ควรที่จะได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วน

2.4.3 กรรมวิธีการผลิตแบบภูเก็ต

โรงงานกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในจังหวัดภูเก็ตหลายแห่งนิยมทอดเมล็ดดิบในกะทะหรืออ่างน้ำมัน CNSL กรรมวิธีทอดเช่นนี้มีผลดีในแง่ที่ว่าการควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายและเมล็ดในลูกทั่วทั้งเมล็ดพร้อม ๆ กัน ผู้กะเทาะเปลือกทุกรายที่ตอบข้อสำรวจ[5] แจ้งว่าน้ำมัน CNSL จะระเหยไปจนเกือบหมด ไม่มีเหลือพอที่จะจำหน่ายเป็นผลพลอยได้ เมื่อกะเทาะเปลือกเมล็ดกรอบดีแล้วก็นำเมล็ดมาผึ่งให้เย็น จากนั้นนำเมล็ดมาทำการกะเทาะเปลือกเอาเมล็ดใน ในการผลิตภายในครัวเรือนยังนิยมใช้ไม้ทุบเปลือกให้แตก แต่ในโรงงานหลายแห่งจะใช้ใบมีดคล้ายกรรไกรหนีบหมากผ่าเมล็ดที่จะเมล็ด ลักษณะของใบมีดจะโค้งงอคล้ายเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ ทั้งนี้เพื่อจะผ่าให้ได้เมล็ดในที่ประกบกันเป็นคู่ซึ่งถือกันว่าเป็นเมล็ดในที่มีคุณภาพดีและราคาสูง เมื่อเปลือกเมล็ดแตกแล้วก็ใช้มีดเล็ก ๆ แคะเอาเมล็ดในออกจากเปลือกแล้วขูดเอาเยื่อหุ้มเมล็ดในออก เมล็ดในที่แคะออกมาได้จะมีสีขาวและยังดิบอยู่เล็กน้อย ผู้ผลิตจะนำเอาเมล็ดในเหล่านี้ไปอบในเตาอบหรือย่างบนเตาไฟโดยใช้ไฟอ่อน ๆ เพื่อให้เมล็ดสุกพอดี มีสีสวยและความชื้นพอเหมาะแก่การบรรจุกระป๋อง

จากการสำรวจใน พ.ศ. 2522 โดยภาควิชาบริหารธุรกิจและภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ[5] ได้พบว่าอุตสาหกรรมกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในจังหวัดภูเก็ตได้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งนับเป็นแนวโน้มที่น่าสนใจในการส่งเสริมการปลูกมะม่วงหิมพานต์ในเมืองไทย

2.5 ข้อสรุป

กรรมวิธีการผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ส่วนใหญ่ยังเป็นกรรมวิธีในครัวเรือน ได้มีการนำเอาเครื่องจักรอุปกรณ์ทันสมัยมาใช้ในอินเดียและอาฟริกา ซึ่งในบางแห่งได้ประสพผลสำเร็จพอสมควร เป็นที่น่าสนใจว่ายังมีปัญหาทางเทคนิคเกี่ยวกับกระบวนการ

กะเทาะเปลือกเมล็ดโดยเครื่องจักร เครื่องกะเทาะเปลือกในหลาย ๆ โรงงานให้ผลไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ แต่ในบางโรงงานก็มีแนวโน้มว่าใช้งานได้ดีพอสมควร

การจะพัฒนามะม่วงหิมพานต์ให้เป็นอุตสาหกรรมสำคัญอีกอย่างหนึ่งในเมืองไทย ซึ่งจะส่งผลให้ราษฎรนิยมปลูกมะม่วงหิมพานต์เพิ่มขึ้นนั้น จำเป็นจะต้องคิดหาวิธีกะเทาะเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่รวดเร็วกว่ากรรมวิธีการกะเทาะเปลือกแบบครัวเรือนที่ปฏิบัติกันอยู่ในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งการออกแบบและทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะเป็นงานหลักอย่างหนึ่งของโครงการวิจัยนี้ รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการออกแบบจะได้อธิบายในบทต่อไป

บทที่ 3

การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยอาศัยแรงเหวี่ยง

เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดพืชโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (centrifuge decorti- - cator) เป็นเครื่องจักรที่เป็นที่รู้จักกันดีในอุตสาหกรรมการเกษตร แต่เพื่อความเข้าใจในลักษณะพื้นฐานของเครื่องดังกล่าวจึงใคร่ขอทบทวนหลักการทำงานของเครื่องพอเป็นแนวทางในที่นี้

3.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องกะเทาะเปลือกโดยอาศัยแรงเหวี่ยง

ตัวเครื่องจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนและระบบต่าง ๆ ที่สำคัญ 5 อย่างคือ

1. จานเหวี่ยง (rotating disc) มีลักษณะเป็นจานกลมหมุนรอบตัวเอง บนจานกลมมีแผ่นบาง ๆ (vane) สำหรับผลักและนำทางเมล็ดจากจุดศูนย์กลางของจานให้ไหลไปทางขอบของจานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (centrifugal force)

2. แผ่นเป้า (target plate หรือ cracker ring) โดยทั่ว ๆ ไปจะมีลักษณะเป็นแผ่นโค้งทรงกระบอกล้อมรอบจานเหวี่ยง เมื่อเมล็ดถูกเหวี่ยงเข้ากระทบแผ่นเป้าเปลือกเมล็ดจะแตกออกและปล่อยให้เมล็ดในหลุดออกมาจากเปลือกเมล็ด

3. ระบบปรับความเร็วรอบของจานเหวี่ยง ประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า สายพาน ลูกรอก (pulleys) และอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ เพื่อปรับความเร็วรอบของจานเหวี่ยงให้เหมาะสม เพราะถ้าความเร็วรอบสูงเกินไปเมล็ดในจะแตกหักและขายได้ราคาต่ำ ถ้าความเร็วรอบต่ำเกินไปเปลือกเมล็ดจะแตกช้าทำให้อัตราการผลิตต่ำและต้นทุนการผลิตสูง

4. ระบบป้อนเมล็ดเข้าเครื่องและรับเมล็ดออกจากเครื่อง ประกอบด้วยกรวยรับเมล็ดเข้าเครื่อง (hopper) และกรวยรวมเมล็ดที่ถูกเหวี่ยงกระเด็นจาก cracker ring ให้ไหลลงไปรวมกันที่ถังรวมเมล็ด นอกจากนี้อาจจะมีระบบสายพานป้อนเมล็ดเพื่อป้อนเมล็ดเข้าเครื่องโดยอัตโนมัติอีกด้วยก็ได้

5. ระบบคัดเมล็ดในออกจากเมล็ดที่เปลือกยังไม่แตกสมบูรณ์ หลังจากการที่เมล็ดกระ

Central Library
Prince of Songkhla University

พบกับ cracker ring แต่ละครั้ง เปลือกเมล็ดบางส่วนจะแตกอย่างสมบูรณ์และปล่อยเมล็ดในให้หลุดออกมา เปลือกเมล็ดบางส่วนจะยังไม่แตกหรือแตกไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจะต้องจัดให้มีระบบคัดเอาเมล็ดในออกมา เพื่อมิให้เมล็ดในที่หลุดจากเปลือกแล้วต้องถูกเหวี่ยงเข้าหา cracker ring จนเมล็ดในแตกเสียหาย

3. 2 การออกแบบจานเหวี่ยงและแผ่นเป้า

จานเหวี่ยงและแผ่นเป้าเป็นชิ้นส่วนสำคัญเพราะมีหน้าที่โดยตรงที่จะทำให้เปลือกเมล็ดแตกโดยที่เมล็ดในไม่แตกหัก เป็นที่ทราบกันดีว่า เมล็ดจะเคลื่อนที่ตามเส้นทางคล้ายก้นหอย (spiral path)[15] ดังแสดงในรูป (3-1) ถ้าเราไม่พิจารณาถึงอิทธิพลของลมในเครื่องแล้วความเร็วของเมล็ด V ขณะพ้นจากจานเหวี่ยงจะประกอบด้วยความเร็วย่อย 2 ส่วนคือ ความเร็วหนีศูนย์ V_r หรือ radial velocity ในทิศทางของเส้นรัศมีและความเร็วตามเส้นรอบวง V_t หรือ tangential velocity

ค่าของ radial velocity คำนวณได้จาก

$$V_r = \omega \sqrt{R^2 - R_0^2}$$

$$= 2\pi N \sqrt{R^2 - R_0^2} \qquad (3\text{-}1)$$

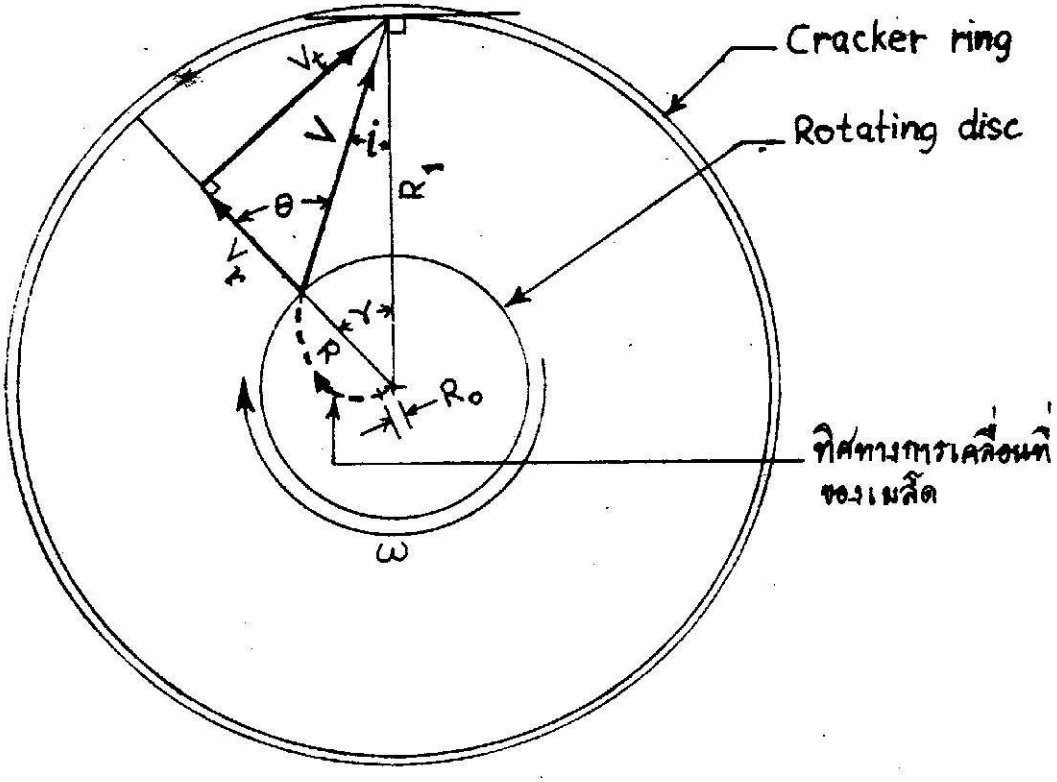
เมื่อ ω = angular velocity มีหน่วยเป็น radial/sec., N= cycle/sec,.

R = รัศมีของจานเหวี่ยง, R_0 = รัศมีที่เมล็ดถูกปล่อยลงในจานเหวี่ยง

ค่าของ tangential velocity V_t คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$V_t = \omega R$$

$$= 2\pi NR \qquad (3\text{-}2)$$



รูป (3-1)
แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของเมล็ด

มุมเบี่ยงเบน θ ในรูป (3-1) หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$\theta = \tan^{-1} \left(V_t / V_r \right)$$

$$= \tan^{-1} \left[R / \sqrt{R^2 - R_o^2} \right]$$

$$= \tan^{-1} \left[1 / \sqrt{1 - (R_o/R)^2} \right] \qquad (3\text{-}3)$$

หรือ $$\sin \theta = 1 / \sqrt{2 - (R_o/R)^2} \qquad (3\text{-}4)$$

ในทางปฏิบัติแล้ว R_o จะมีค่าน้อยมากคือใกล้เคียงกับศูนย์ ดังนั้น $R_o - R \to 0$

ค่าของ θ ในสมการ (3-3) จึงใกล้เคียงกับ 45° กล่าวคือ

$$\theta \approx \tan^{-1} \left[1/1 \right] = 45^\circ \qquad (3\text{-}5)$$

มุมที่คาดว่าจะมีความสำคัญยิ่งมุมหนึ่งคือ มุมตกกระทบ (angle of incident) i ซึ่งเป็นมุมระหว่างเส้นทางที่เมล็ดเดินทางกับเส้นตั้งฉากกับผิวของ cracker ring มุม i มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งจะหาได้จากเรขาคณิตในรูป (3-1) ดังนี้

ใน Δ ACO, $\tan i = \dfrac{R \sin \gamma}{R_1 - R \cos \gamma}$

$$0 = \frac{R \sin (\theta - i)}{R_1 - R \cos (\theta - i)} - \tan i$$

$$= \frac{R \sin \theta \cos i - R \cos \theta \sin i}{R_1 - R \cos\theta \cos i - R \sin\theta \sin i} - \tan i \qquad (3\text{-}6)$$

$$0 = R \sin\theta \cos i - R \cos\theta \sin i - R_1 \tan i$$

$$+ R \cos\theta \sin i + R \sin \theta \sin^2 i / \cos i$$

$$0 = R \sin \theta \left(\cos^2 i + \sin^2 i \right) - R_1 \sin i$$

ดังนั้น $$\sin i = \frac{R}{R_1} \sin \theta \qquad (3\text{-}7)$$

เมื่อ R_1 เป็นรัศมีของ cracker ring

จากสมการ (3-5) และ (3-7) จะพบว่า

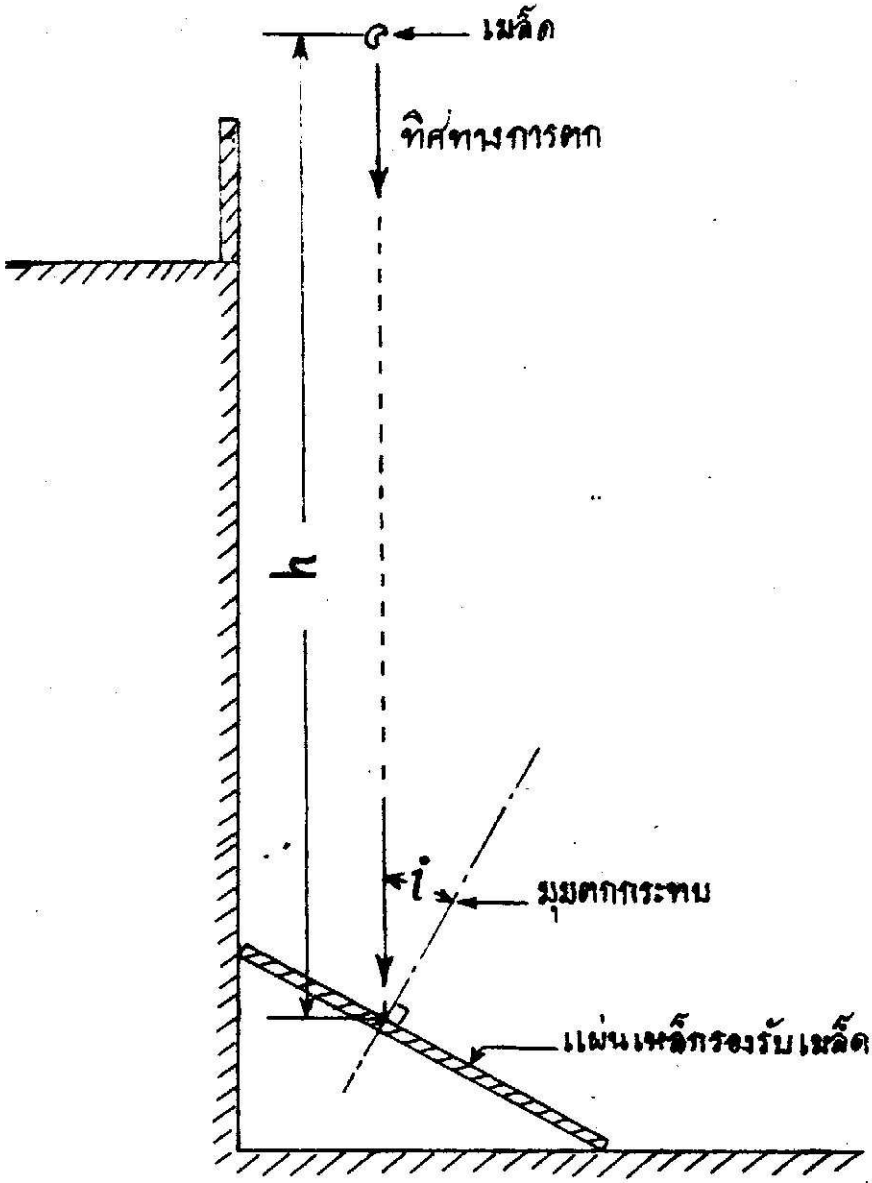
$$\sin i \propto \frac{R}{R_1} \sin 45^\circ \qquad (3\text{-}8)$$

เป็นที่เข้าใจกันว่ามุมตกกระทบ i อาจมีผลต่อความเร็วรอบที่ใช้หมุนจานเหวี่ยง ต่อพลังงานที่ใช้ ต่อจำนวนครั้งที่จะต้องเหวี่ยงเมล็ดให้เปลือกแตก และต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ cracker ring

เนื่องจากผู้ทำการวิจัยไม่สามารถหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอิทธิพลของมุมตกกระทบ i ได้จากเอกสาร จึงจำต้องทำการทดลองขั้นต้นอย่างง่าย ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอิทธิพลของมุม i นำมาประกอบการตัดสินใจในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

3.2 การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของมุมตกกระทบ

ในขั้นนี้ยังมิได้สร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ขึ้นมาจริง ๆ แต่สามารถทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของมุมตกกระทบได้ โดยการทดลอง ปล่อยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ทอดลุกดีแล้วจากที่สูงมายังแผ่นเป้าซึ่งเอียงทำมุมตกกระทบ i ต่าง ๆ กัน ดังแสดงในรูป (3-2) เริ่มต้นด้วยการนำเมล็ดดิบไปทอดในกะทะน้ำมัน CNSL ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 185° C เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งเป็นสภาวะซึ่งใช้กันในโรงงานกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เมื่อทำความสะอาดเมล็ดเอา CNSL ที่ติดกับผิวเปลือกออกจนแห้งแล้วก็จัดแบ่งเมล็ดออกเป็นชุด ชุดละ 10 เมล็ด นำเมล็ดเหล่านี้ไปปล่อยลงมาจากที่สูงในบริเวณปลอดจากลมพัด เมล็ดจะตกลงมากระทบกับเป้าแผ่นเหล็ก ซึ่งจัดวางไว้ให้ทำมุมตกกระทบ i ต่าง ๆ กัน ในการทดลองได้ใช้ค่า i = 0, 5, 10, ..., 45° ส่วนความสูงที่ใช้ h มีค่า 17 เมตร ซึ่งจะให้ความเร็วในการตกกระทบ 18.2 m/sec. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าของความเร็ว



รูป (3-2)

การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของมุมตกกระทบ

21 m/sec. ซึ่งใช้ในเครื่องเหรียงในประเทศเคนยา[10] และไม่สามารถเลือกความสูง h เหนือกว่านี้ได้เพราะสถานที่ไม่อำนวย เราทราบความเร็วในการตกกระทบได้จากหลักความไม่สูญเสียของพลังงาน นั่นคือ

$$\frac{1}{2} mV^2 = mgh$$

$$V = \sqrt{2gh}$$

$$= 2 \times \sqrt{9.8 \times 17} = 18.3 \text{ m/sec.}$$

หลังจากการปล่อยเมล็ดแต่ละครั้งผู้ทำการทดลองจะบันทึกสภาพของเมล็ดว่ายังไม่แตก แตกบางส่วน หรือแตกสมบูรณ์คือเมล็ดในหลุดจากเปลือกหมดแล้ว ที่มุมเอียงค่าหนึ่งจะทำการปล่อยเมล็ด 15 ครั้ง จึงถือว่าสิ้นสุดการทดลอง

รูป (3-3) แสดงถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่เปลือกกะเทาะอย่างสมบูรณ์แล้ว ในแกนตั้งและจำนวนครั้งที่เมล็ดกระทบผนังในแนวนอน โดยแสดงข้อมูลที่ได้จากมุมตกกระทบ 0°, 30° และ 45° จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า

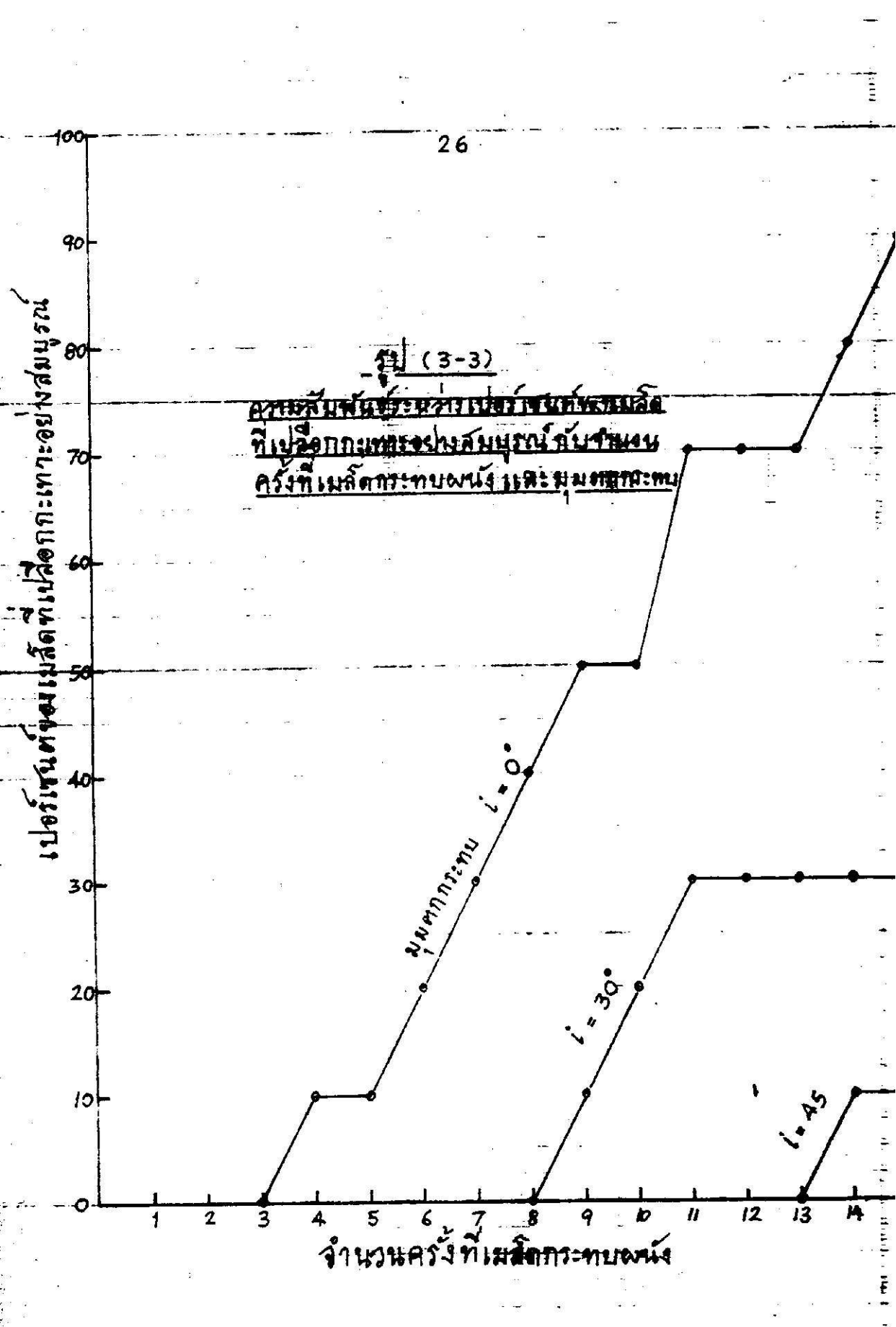
1. เมื่อจำนวนครั้งที่เมล็ดกระทบผนังมากขึ้น เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่เปลือกกะเทาะอย่างสมบูรณ์จะเพิ่มขึ้น

2. ในระดับของเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่แตกสมบูรณ์ระดับใดระดับหนึ่ง ถ้ามุมตกกระทบ i เพิ่มขึ้นจำนวนครั้งที่จะต้องเหรียงเมล็ดเข้าหาผนังจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าในทางปฏิบัติควรจะเหรียงเมล็ดเข้าหาผนังให้มุมตกกระทบ i ใกล้เคียงค่าศูนย์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพื่อประหยัดจำนวนครั้งและเวลาในการเหรียง

3.4 การออกแบบขั้นต้น

เนื่องจากข้อมูลต่าง ๆ ในการออกแบบมีอยู่จำกัดมาก จึงจำเป็นต้องออกแบบในลักษณะของวิธี trials and errors method เป็นส่วนใหญ่ คือ ทดลอง

รูป (3-3)
ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่เปลือกกะเทาะไม่สมบูรณ์กับจำนวนครั้งที่เมล็ดกระทบผนัง เมื่อมุมตกกระทบ



สร้างและทดสอบดู หากมีข้อบกพร่องจึงแก้ไขใหม่ ในการออกแบบได้พิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ต่อไปนี้คือ

1. จะต้องเป็นเครื่องซึ่งมีราคาถูกมาก และใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น เพราะทรัพยากรของโครงการวิจัยนี้มีจำกัดมาก และประสพปัญหาที่ว่าชิ้นส่วนเครื่องจักรและวัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาดหาดใหญ่มีจำนวน ชนิด และขนาดจำกัด

2. เครื่องจะต้องสร้างได้ง่าย บำรุงรักษาง่าย และสามารถดัดแปลงรูปร่างและขนาดได้ง่ายเนื่องจากเป็นเครื่องต้นแบบ ซึ่งจะใช้ทดลอง

ลักษณะของเครื่องคล้ายเก้าอี้กลม 4 ขา มีแขน 4 แขน ยื่นมาทางด้านข้างเพื่อประคอง cracker ring รูป (3-4) ถึงรูป (3-7) แสดงภาพของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังจากการออกแบบขั้นต้นในแง่มุมต่าง ๆ กัน ตัวเครื่องมี shaft หนุนจานเหวี่ยงอยู่ตรงกลาง โดยจานเหวี่ยงติดอยู่ที่ปลายบนของ shaft ลำตัว shaft จะถูกยึดไว้ โดย ball bearing 2 ตัว ปลายล่างของ shaft ติดไว้ด้วย pulley ซึ่งคล้องด้วยสายพาน V-belt ต่อไปยัง electric motor

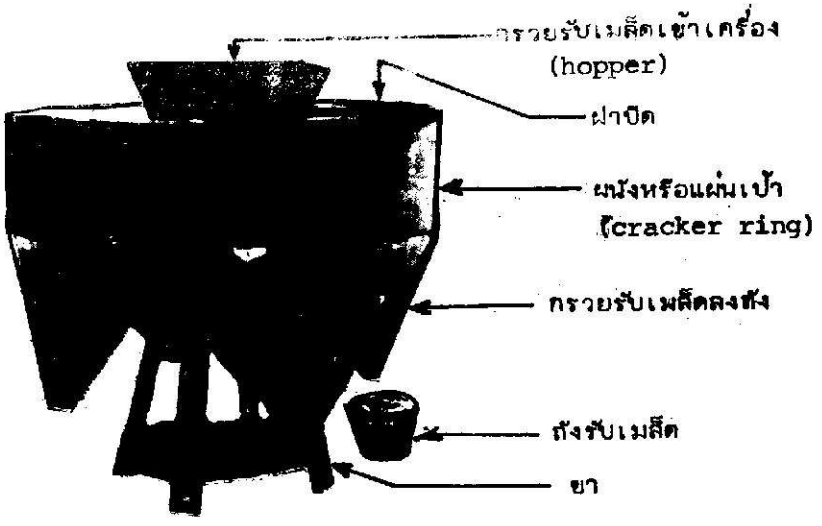
ที่ใต้จานเหวี่ยงมีแขน 4 แขน ยื่นต่อออกมาจากขาของเครื่อง แขนเหล่านี้จะรองรับ cracker ring ในการออกแบบ cracker ring ได้ตัดสินใจใช้เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.55 เมตร ซึ่งจะทำให้มุมตกกระทบ i มีค่าประ มาณ 14° เมื่อตัดสินใจเลือกเส้นผ่าศูนย์กลาง cracker ring 1.60 เมตร กล่าวคือสมการ (3-8) จะให้ผลดังนี้

$$\sin i \approx \frac{R}{R_1} \sin 45^\circ = \frac{2R}{2R_1} \sin 45^\circ$$

$$= \frac{0.55}{1.60} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \sin 14.1^\circ$$

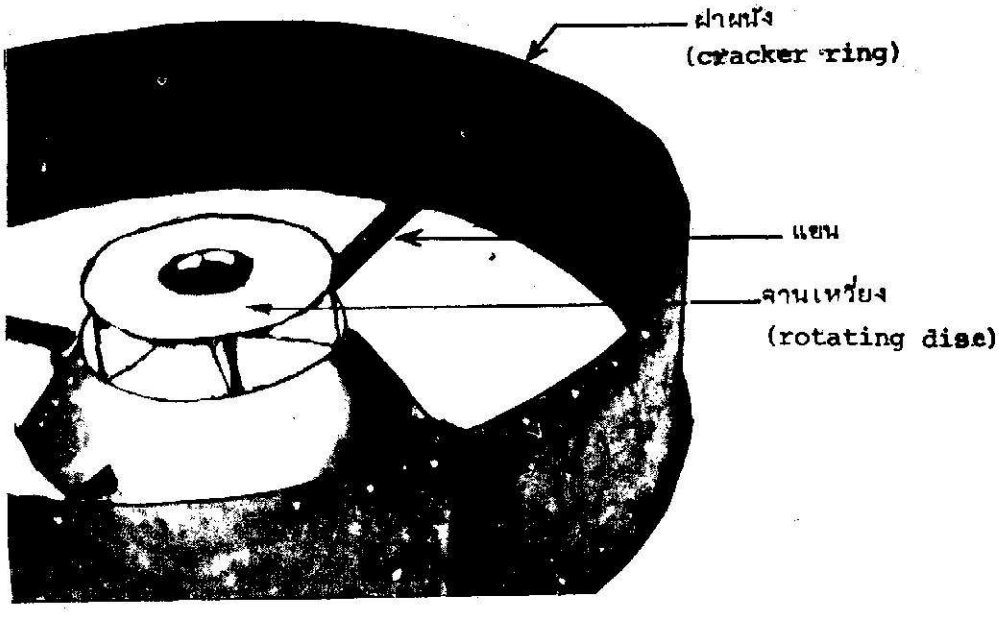
ดังนั้น $i \approx 14^\circ$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 0° เท่าที่จะพอทำได้ เพราะถ้าจะให้ $i = 0^\circ$ จริง ๆ จะต้องให้ $R_1 = \infty$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้

ฝาเครื่องด้านบนทำด้วยโครงเหล็กบุลวดตาข่ายปูทับด้วยแผ่นยางเพื่อให้มีน้ำหนักเบาและสามารถเปิดดูภายในเครื่องได้โดยสะดวก ตรงกลางฝาเครื่องทำเป็นกรวยสำหรับป้อนเมล็ดเข้าเครื่อง



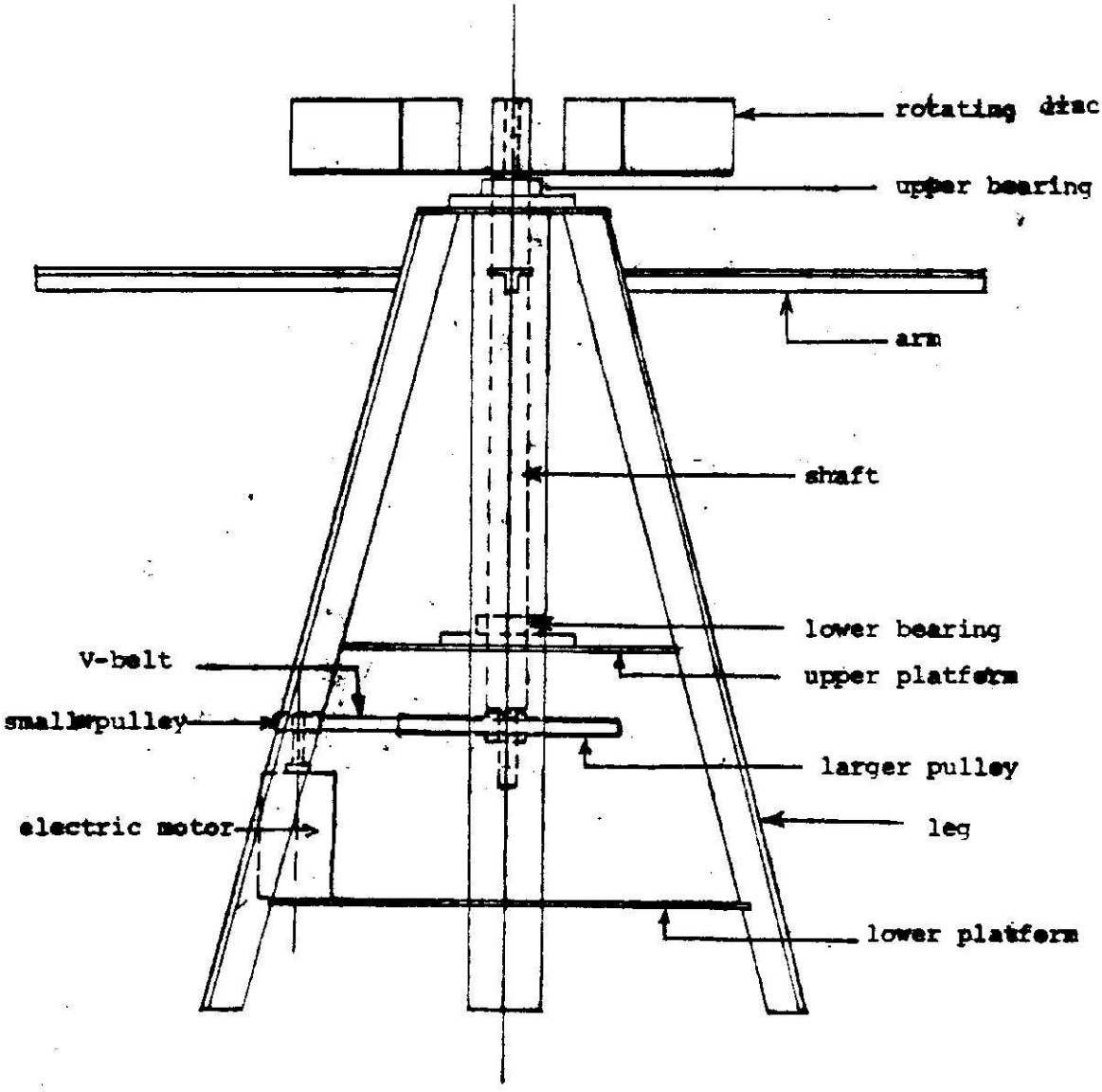
รูป (3-4)

เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แบบสี่กรวย



รูป (3-5)

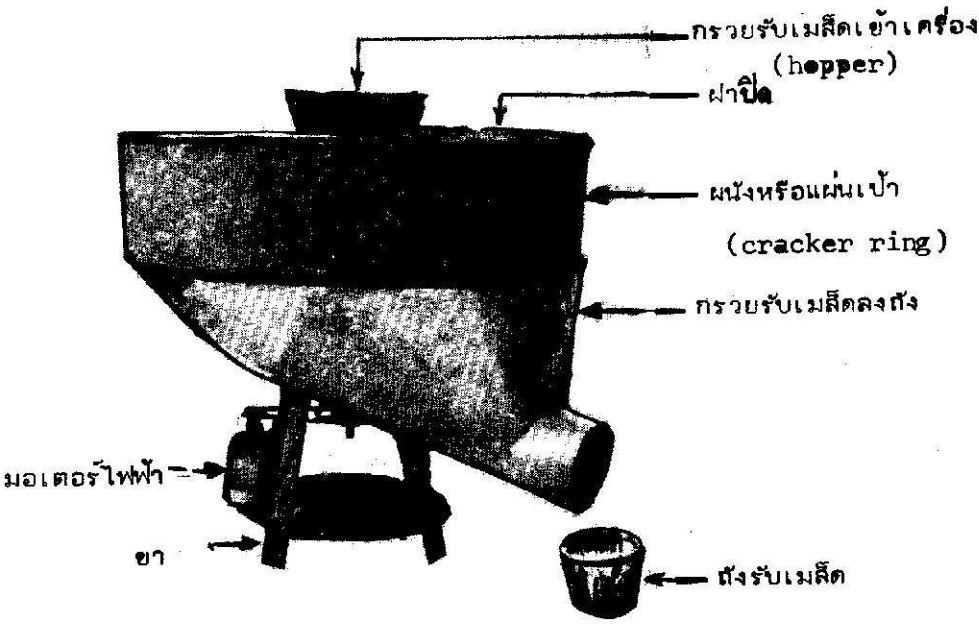
แสดงด้านบนภายในเครื่อง



รูป (3-6)

โครงสร้างภายในเครื่อง

(ไม่แสดงมาตราส่วน)



รูป (3-7)

เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบกรวยเดี่ยว

ด้านล่างของแขนของเครื่องทำเป็นกรวยรับเมล็ด 4 กรวย เพื่อรับเมล็ดลงถัง 4 ถัง ดังแสดงในรูป (3-4) แต่เมื่อทำการทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดได้พบว่าการที่มีกรวยรับเมล็ด 4 กรวย ทำให้เกิดความล่าช้าในการป้อนเมล็ดจากถังรับเมล็ดไปยังกรวยสำหรับป้อนเมล็ด ต่อมาจึงได้เปลี่ยนเป็นใช้กรวยรับเมล็ดลงถังเพียงกรวยเดียวดังแสดงในรูป (3-7) ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาป้อนเมล็ดขึ้นมาก

เมื่อได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาถึงขั้นตอนนี้เรียบร้อยแล้วก็พร้อมที่จะเริ่มการทดลองเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาและประเมินผลการทำงานของเครื่อง การทดลองและรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจะได้อธิบายในบทต่อไปของรายงานนี้

3.5 ข้อสรุป

ในบทนี้ได้ศึกษาลักษณะทั่วไปของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดพืชโดยอาศัยแรงเหวี่ยง ตลอดจนกลศาสตร์และเรขาคณิตที่เกี่ยวข้อง จนสามารถหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบของเมล็ดกับรัศมีของจานเหวี่ยงและ cracker ring

จากการทดลองปล่อยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ทอดแล้วลงมาจากที่สูงให้กระทบแผ่นเป้าโดยทำมุมตกกระทบต่าง ๆ กัน ได้พบว่ามุมตกกระทบควรมีค่า 0° เพื่อจะทำให้เปลือกเมล็ดแตกสมบูรณ์โดยเร็วที่สุด

แต่ในการออกแบบเครื่องจำต้องตัดสินใจใช้มุมตกกระทบ 14° โดยให้เส้นผ่าศูนย์กลางของ cracker ring 1.60 เมตร เพราะถ้าหากจะให้มุมตกกระทบมีค่า 0° จริง ๆ แล้วเส้นผ่าศูนย์กลางจะต้องเป็น infinity ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปไม่ได้

ในขั้นนี้เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้รับการออกแบบและสร้างเรียบร้อยแล้ว พร้อมที่จะทำการทดลองซึ่งจะได้รายงานผลการทดลองในบทต่อไป

บทที่ 4

การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้วิธีการบุผนัง CRACKER RING

เนื่องจากการกะเทาะเปลือกเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ ด้วยเครื่องใช้แรงเหวี่ยงยังเป็นงานที่ยังไม่มีผู้ค้นคว้าศึกษามากนัก และยังไม่มีผลการทดลองจากเอกสารที่สามารถนำมาศึกษาและวิเคราะห์ได้ ดังนั้น ในโครงการวิจัยนี้จำต้องเริ่มทำการทดลองขั้นพื้นฐานขึ้นมาใหม่ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจมีผลต่อการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ด

4.1 สมรรถภาพของเครื่องกะเทาะเปลือก

สมรรถภาพหรือความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จำเป็นจะต้องระบุไว้ด้วยค่าดัชนีบางอย่างซึ่งวัดเป็นตัวเลขได้ ทั้งนี้เพื่อเก็บไว้ใช้อ้างอิงและเปรียบเทียบต่อไปในอนาคต ในที่นี้ได้เลือกใช้ดัชนีต่าง ๆ ต่อไปนี้เป็นเครื่องแสดงสมรรถภาพของเครื่อง

1. เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่ (percentage of whole kernels) การกะเทาะเปลือกที่มีประสิทธิภาพสูงควรจะให้เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่สูงใกล้เคียง 100 % ที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพราะเมล็ดในประกบคู่มีราคาดีและเป็นที่ต้องการของตลาด

2. เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดในซีก (percentage of whole kernels and splits) เมล็ดในซีก (splits) แม้จะมีราคาต่ำกว่าเมล็ดในประกบคู่ แต่ก็สามารถขายได้ราคาดีพอสมควร จึงควรนำมาพิจารณาร่วมกับเมล็ดในประกบคู่ด้วย

3. จำนวนครั้งที่เมล็ดกระทบผนังก่อนที่เปลือกเมล็ดจะแตกสมบูรณ์ แม้ว่าเราจะต้องการให้เหวี่ยงเมล็ดกระทบผนังเพียงครั้งเดียวให้เมล็ดในหลุดออกมาจากเปลือกเมล็ด ในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถทำได้ จะทำได้ก็เพียงแต่ควบคุมให้จำนวนครั้งที่เมล็ดกระทบผนังก่อนที่เปลือกเมล็ดจะแตกสมบูรณ์ และปล่อยเมล็ดในให้หลุดออกมาในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ยิ่งจำนวนครั้งที่เหวี่ยงเมล็ดน้อยลง แสดงว่าเครื่องกะเทาะเปลือกทำงานได้ผลดี

ควรจะต้องอธิบายในที่นี้ว่ามีดัชนีที่สำคัญอีกหนึ่งคือ อัตราผลิต (production rate) ของเครื่อง เช่นสามารถกะเทาะเปลือกเมล็ดดิบได้กี่กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมิได้นำมาศึกษาใน

โครงการวิจัยนี้ ทั้งนี้ เนื่องจากอัตราการผลิตจะมีความหมายก็ต่อเมื่อเครื่องกะเทาะได้รับการพัฒนาถึงขั้นที่จะใช้ผลิตสินค้าจริง ๆ แล้ว ซึ่งสามารถจะบรรลุถึงขั้นนี้ได้ในโครงการวิจัยปัจจุบันจำต้องรอไว้ศึกษาในอนาคต

4.2 ปัจจัยซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสมรรถภาพของเครื่องกะเทาะเปลือก

จากการศึกษาเอกสารและประสพการณ์ที่ได้รับก่อนการดำเนินโครงการนี้ สามารถคาดคะเนได้ว่าปัจจัยที่อาจจะมีผลต่อสมรรถภาพของเครื่องกะเทาะเปลือกมีดังต่อไปนี้คือ

1. ความเร็วที่เมล็ดกระทบเป้า
2. ขนาดของเมล็ดทั้งเปลือก
3. ความชื้นของเมล็ดในและเปลือกก่อนการกระเทาะเปลือก

ซึ่งจะเห็นได้จากโรงงานต่าง ๆ ในต่างประเทศ ต้องปรับความชื้นของเมล็ดดิบก่อนการทอดเมล็ด และทำการทอดเมล็ดโดยมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการทอดให้เหมาะสม

4. ความแข็งของผนังแผ่นเป้า(cracker ring) โดยปกติแล้ว cracker ring จะทำจาก carbon steel หรือ stainless steel แต่จะมีการบุผนังด้วยวัสดุนุ่ม ๆ หรือไม่นั้น ไม่เป็นที่เปิดเผย คาดว่าควรจะเป็นจุดสำคัญซึ่งจะทำให้เครื่องทำงานได้ดีเพียงใด

ในขั้นนี้จะได้ทำการทดลองอย่างง่าย ๆ โดย cracker ring จะเป็นผนังทำจาก carbon steel ซึ่งมิได้มีการบุผนัง จะได้พิจารณาเฉพาะอิทธิพลของความเร็ว ขนาดเมล็ดดิบ และอิทธิพลของการแช่เมล็ดก่อนการทอดเมล็ดตามวิธีที่นิยมใช้ในต่างประเทศ

4.3 การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยไม่บุผนัง Cracker ring

คุณภาพของเมล็ดในเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงจะได้ใช้ผลการทดลองยืนยันหรือปฏิเสธสมมุติฐานบางประการเกี่ยวกับคุณภาพของเมล็ดใน โดยจะตั้งสมมุติฐาน (ซึ่งใช้สัญญลักษณ์ H ตามด้วยตัวเลข) ดังต่อไปนี้

H1 : "เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่จะเพิ่มขึ้นถ้าความเร็วในการเหวี่ยงลดลง"

H2 : "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดซีกจะเพิ่มขึ้นถ้าความเร็วในการเหวี่ยงลดลง"

H3 : " เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่จะเพิ่มขึ้น ถ้าขนาดของเมล็ดคิบโตขึ้น"

H4 : " เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดชีกจะเพิ่มขึ้น ถ้าขนาดของเมล็ดคิบโตขึ้น"

H5 : " เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่จะเพิ่มขึ้น ถ้าปรับความชื้นเมล็ดคิบก่อนการทอดเมล็ด"

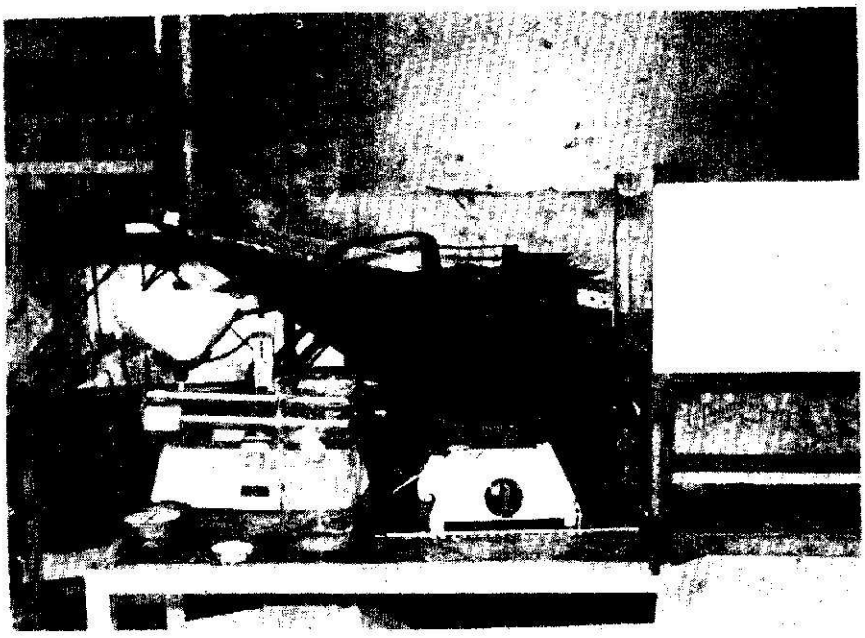
H6 : " เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดชีกจะเพิ่มขึ้นถ้าปรับความชื้นของเมล็ดคิบก่อนการทอดเมล็ด"

4.3.1 <u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1. เตาไฟฟ้าแบบ hot plate ชนิดปรับอุณหภูมิของเตาได้
2. กะทะทอด รูปสี่เหลี่ยม ขอบสูง มีฝาปิด ทำจากแผ่นเหล็กกล้า
3. thermometer ชนิดแท่งแก้ว วัดอุณหภูมิได้ระหว่าง 0-400 ^{0}C
4. นาฬิกาจับเวลา (stop watch)
5. ตาชั่ง วัดละเอียดถึง 0.1 gm.
6. ถังใส่ขี้เลื่อย เพื่อดูดซับน้ำมัน CNSL จากเปลือกเมล็ด
7. พัดลมระบายควันและไอของ CNSL
8. ถ้วยตวง (beaker) ขนาด 500 ml.
9. อุปกรณ์คัดขนาดเมล็ดประกอบด้วยตะแกรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว และ $\frac{3}{4}$ นิ้ว ซึ่งสามารถแยกเมล็ดคิบของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์พันธุ์พื้นเมืองออกเป็นขนาดเล็ก
10. ถุงมือยาง
11. tachometer ใช้วัดความเร็วรอบของจานเหวี่ยง

อุปกรณ์เหล่านี้ได้แสดงไว้ในรูป (ผ-1)



รูป (4-1)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. สัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบออกเป็นขนาดใหญ่ และขนาดเล็กโดยอาศัยอุปกรณ์สัดขนาดที่สร้างขึ้น แล้วแบ่งเป็น sample ละ 40 เมล็ดใส่ไว้ในถุงพลาสติกพร้อมกับทำหมายเลข sample ไว้ด้วย

2. นำเมล็ดดิบแต่ละ sample มาชั่งและบันทึกน้ำหนัก

3. นำsample บาง sample ไปปรับความชื้นเมล็ดดิบตามวิธีการที่ใช้กันอยู่ในต่างประเทศ คือแช่เมล็ดดิบในน้ำ 10 นาที ยกขึ้นจากน้ำแล้วนำมาเก็บในถังปิดฝา 12 ชั่วโมง แต่บาง sample จะไม่ผ่านกรรมวิธีการปรับความชื้น

4. ชั่งน้ำหนักเมล็ดดิบที่ผ่านการปรับความชื้นแล้ว

5. นำเมล็ดดิบแต่ละ sample ไปทอดในกะทะน้ำมัน CNSL ซึ่งตั้งอยู่บนในระหว่างการทอดได้ทำการอ่านค่าอุณหภูมิของน้ำมัน CNSL อยู่ทุก 15 วินาที และปรับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำมันให้มีค่าประมาณ $188^{0}C$ ในการทอดแต่ละใช้เวลา 3 นาทีเท่ากันหมด

6. นำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ทอดแล้วมาคลุกขี้เลื่อยเพื่อดูดซึมน้ำมันที่ผิวเมล็ดออก แล้วใช้เศษผ้าเช็ดเปลือกเมล็ดให้สะอาด

7. ชั่งน้ำหนักเมล็ดหลังจากการทอด

8. นำเมล็ดไปเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (centrifuge decorticator) ที่สร้างขึ้นมา เครื่องกะเทาะเปลือกนี้สามารถปรับความเร็วรอบของจานเหวี่ยงได้ 3 ระดับ คือ 390, 560, และ 910 RPM ซึ่งจะให้ความเร็วเมล็ดเมื่อกระทบ cracker ringเป็น 15.9, 22.8, และ 36.7m/sec ตามลำดับ

ทุกครั้งที่เมล็ดไหลออกมาจากเครื่อง ผู้ทดลองจะทำการคัดเอาเมล็ดในที่กะเทาะแล้วออกมา ส่วนเมล็ดที่ยังแตกไม่สมบูรณ์ จะถูกป้อนกลับเข้าเครื่องกะเทาะเปลือก

9. เมื่อการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ทำการแยกเมล็ดในออกเป็น 3 ประเภท คือ เมล็ดในประกบคู่ เมล็ดในซีก และเมล็ดในหัก ในการจำแนกชนิดของเมล็ดใน คือเอาความสมบูรณ์ 75% เป็นหลัก คือถ้าเมล็ดในประกบคู่แตกหักไม่เกิน 25% ให้จัดเป็นเมล็ดในประกบคู่ ถ้าแตกหักมากกว่านั้นให้ถือว่าเป็นเมล็ดในหัก ดังนี้เป็นต้น

10. ชั่งน้ำหนักของเมล็ดในแต่ละประเภท และหาเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประเภทต่าง ๆ

11. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประเภทต่าง ๆ ต่อน้ำหนักเมล็ดดิบ รายละเอียดของผลการทดลองเหล่านี้ได้แสดงไว้ในตาราง (4-1)

4.3.3 แนวโน้มของผลการทดลองเกี่ยวกับคุณภาพของเมล็ดใน

ผลของความเร็วของเมล็ดที่กระทบผนังของเครื่อง ต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่ได้แสดงในรูป (4-2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปแล้ว เปอร์เซ็นต์เมล็ดคู่จะสูงสุดเมื่อความเร็วเมล็ดต่ำสุด และเมื่อความเร็วของเมล็ดเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดคู่จะลดลง

และอิทธิพลของความเร็วของเมล็ดต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในคู่รวมกับเมล็ดในซีกก็เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูป (4-3)

อิทธิพลของขนาดของเมล็ดดิบต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดในประกบคู่ได้แสดงไว้ในรูป (4-4) แนวโน้มเหล่านี้ไม่มีความแน่นอน กล่าวคือไม่แสดงว่าขนาดของเมล็ดในดิบมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่แต่อย่างใด และในทำนองเดียวกันขนาดของเมล็ดดิบก็ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในรวมกับเมล็ดซีก ดังแสดงในรูป (4-5)

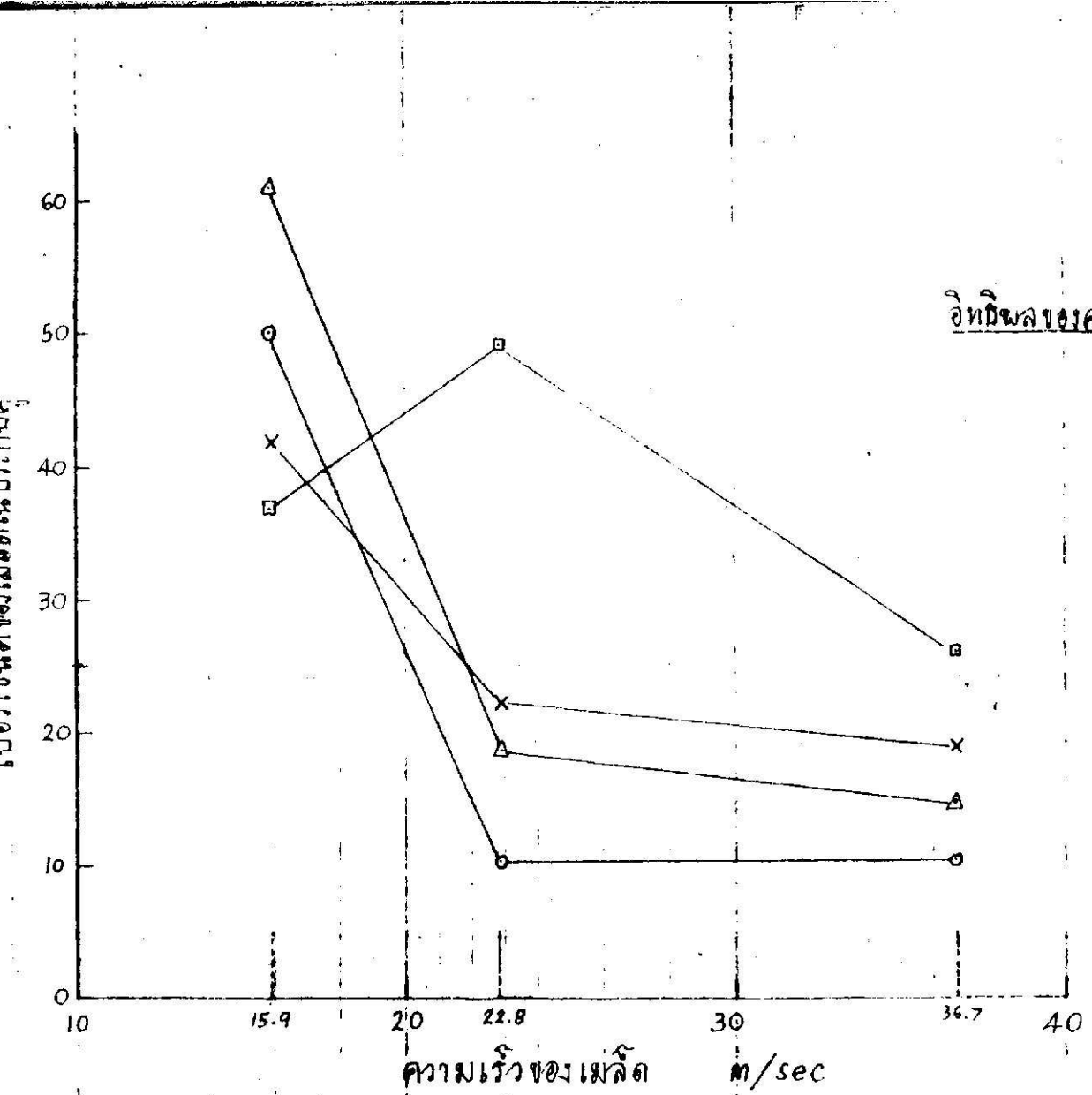
รูป (4-6) แสดงถึงอิทธิพลของการปรับความชื้นเมล็ดดิบต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่ ซึ่งพบว่าไม่มีผลแต่อย่างใด แต่เป็นที่น่าสังเกตุว่าการปรับความชื้นเมล็ดดิบจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของเมล็ดในประกบคู่กับเมล็ดในซีกเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูป (4-7) นั่นหมายความว่า การปรับความชื้นของเมล็ดดิบจะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดในซีกโดยลดเมล็ดในที่แตกหักเสียหายลง

ตาราง (4-1)

ผลการทดลองกะเทาะเปลือกโดยไม่ผ่านลัง Cracker Ring

รหัส	รายการ												
	Sample No.	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
	ขนาดเมล็ดดิบ	L	S	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
	การแช่เมล็ดดิบ	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
	อุณหภูมิทอด °C	168	193	190	182	189	182	193	206	186	189	183	191
V	ความเร็วเมล็ด m/sec	15.9	15.9	15.9	15.9	36.7	36.7	22.8	22.8	22.8	22.8	36.7	36.7
W_1	นน. เมล็ดดิบ gm.	202.	156.8	166.	209.	156.2	193.5	155.6	189.	162.	197.	156.2	195.
W_2	นน. เมล็ดก่อนทอด gm.	202.	156.8	170.	214.	156.2	193.5	155.6	189.	167.	205.4	168.	206.
	ความชื้นที่เพิ่ม %	0	0	2.4	2.4	0	0	0	0	3.1	3.2	7.6	5.6
W_3	นน. เมล็ดหลังทอด gm.	194.2	152.	130.	178.	123.5	158.5	119.5	143.5	128.5	156.	125.5	157.
N'	จำนวนครั้งที่เหวี่ยง	52	45	41	83	3	5	17	12	9	12	6	5
W_4	นน. เมล็ดคู่ gm.	23.	20.	28.	19.	7.	4.	7.3	4.5	8.	21.5	6.	13.
W_5	นน. เมล็ดผ่าซีก gm.	10.	19.8	10.	21.	2.2	6.5	1.8	14.2	11.	15.7	17.5	12.
W_6	นน. เมล็ดหัก gm	13.	8.	8.	11.5	28.5	28.5	24.	26.	24.5	6.7	17.5	24.
W_7	นน. เมล็ดใน gm.	46.	47.8	46.	51.5	37.7	39.	33.1	44.7	43.5	43.9	41.	50.
W_8	เมล็ดคู่	50.	41.8	60.9	36.9	18.6	10.3	22.1	10.1	18.4	49.0	14.6	26.
W_9	เมล็ดคู่+ซีก %	71.4	83.2	82.6	77.7	24.4	26.9	27.5	41.8	83.6	84.7	57.3	51.
W_{10}	$100W_7/W_1$	22.8	30.5	27.7	24.6	24.1	20.2	21.3	23.7	26.9	22.3	26.2	25.

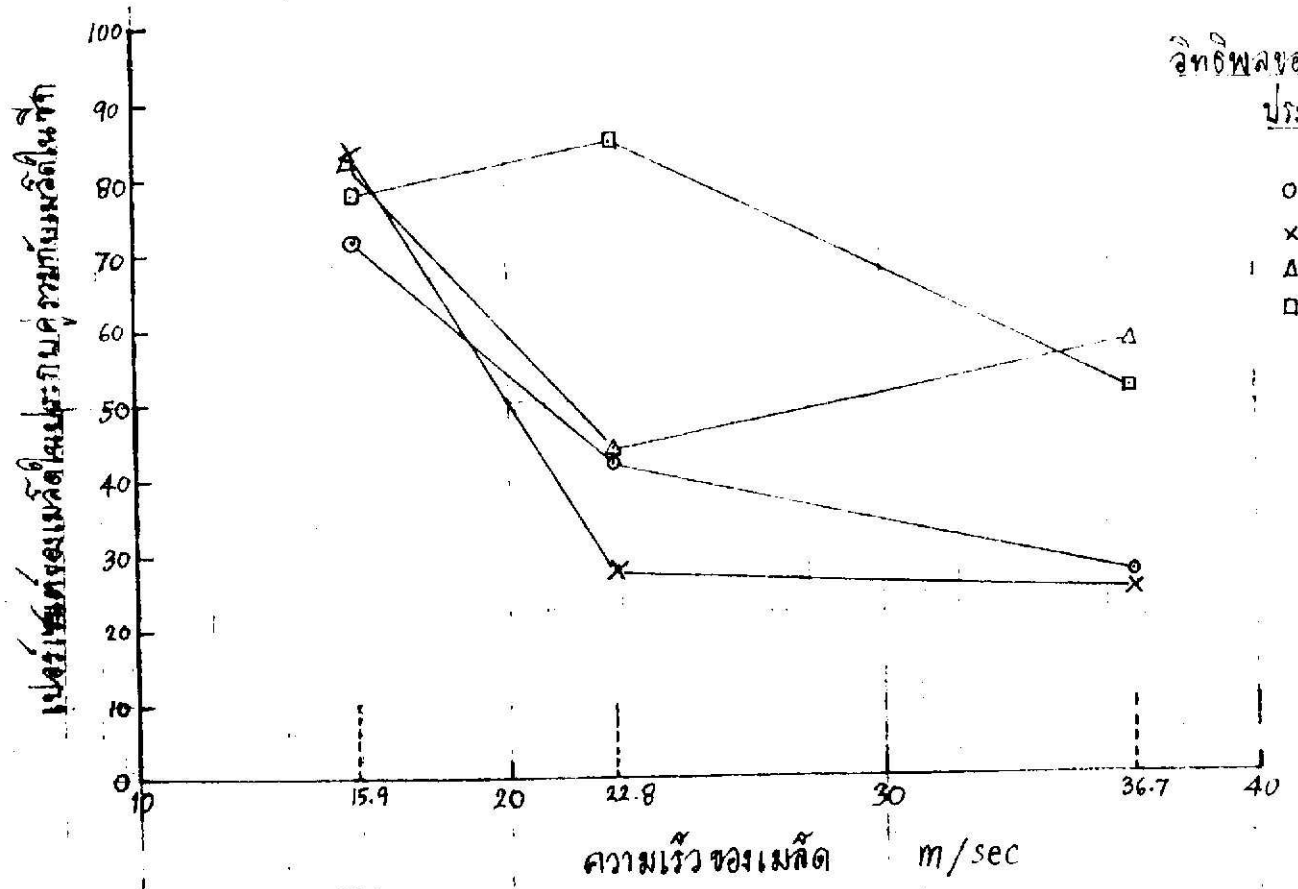
L= ใหญ่ S= เล็ก N= ไม่แช่, Y= แช่, $W_8 = 100W_4/W_7$, $W_9 = 100(W_4+W_5)/W_7$



รูป (4-2)

อิทธิพลของความเร็วต่อเปอร์เซนต์เมล็ดในประกบคู่

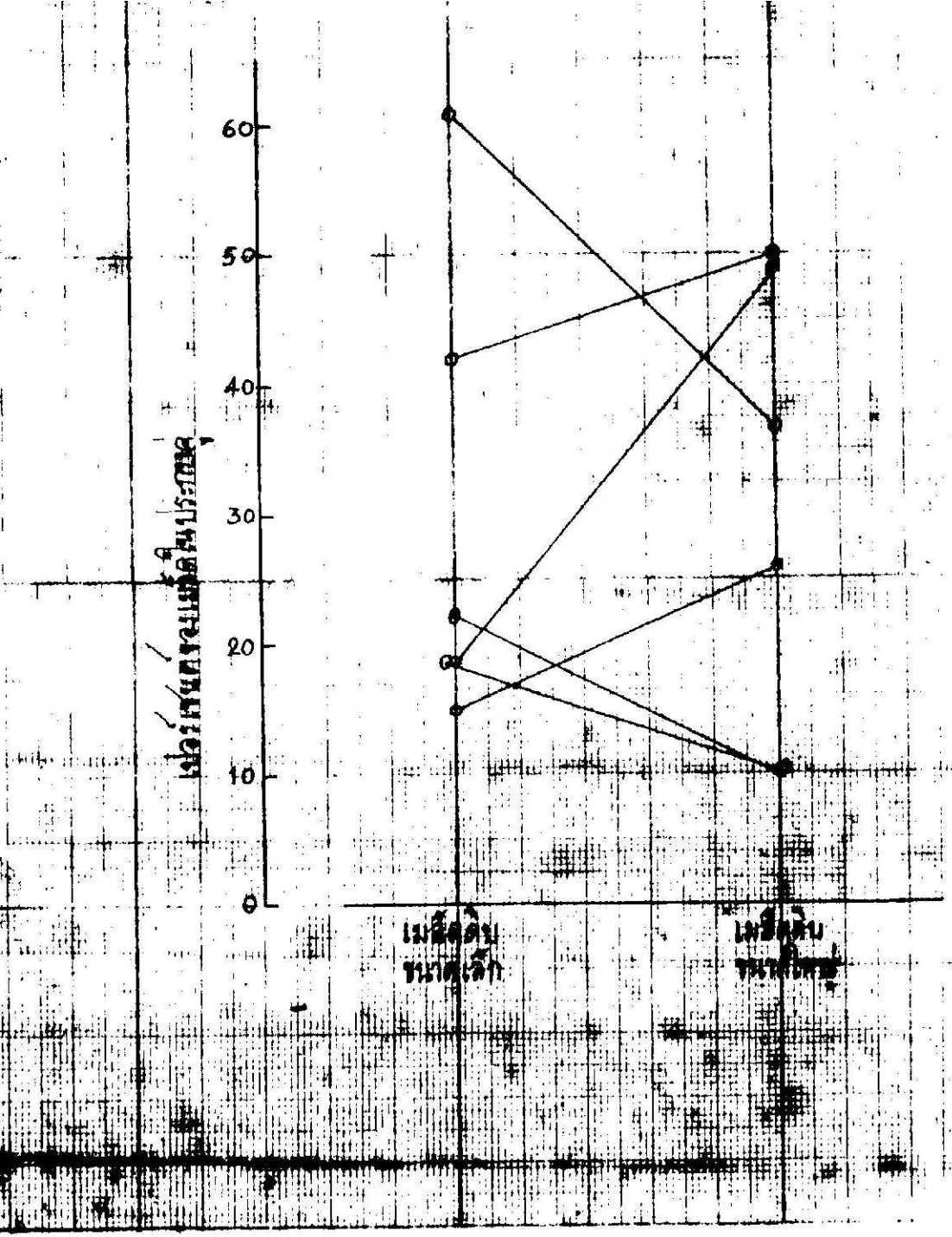
○ = เมล็ดขนาดใหญ่ , ไม่แช่ปรับความชื้น
× = เมล็ดขนาดเล็ก , ไม่แช่
△ = เมล็ดขนาดเล็ก , แช่ปรับความชื้น
□ = เมล็ดขนาดใหญ่ , แช่



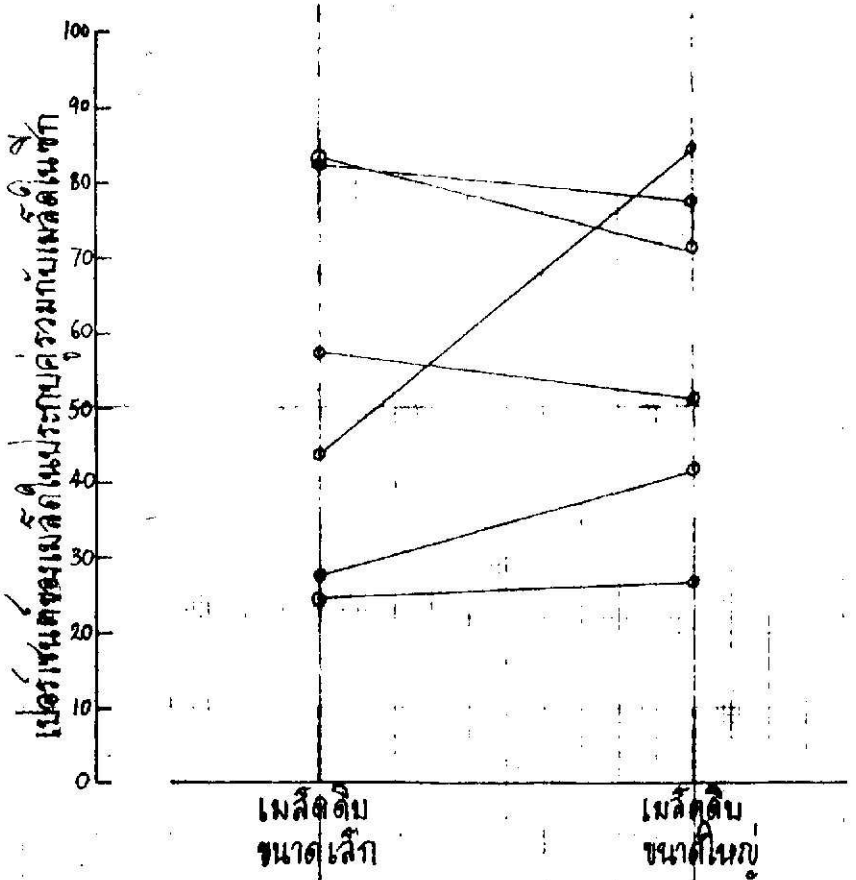
รูป (4-3)

อิทธิพลของความเร็วต่อเปอร์เซนต์เมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดในชั้น

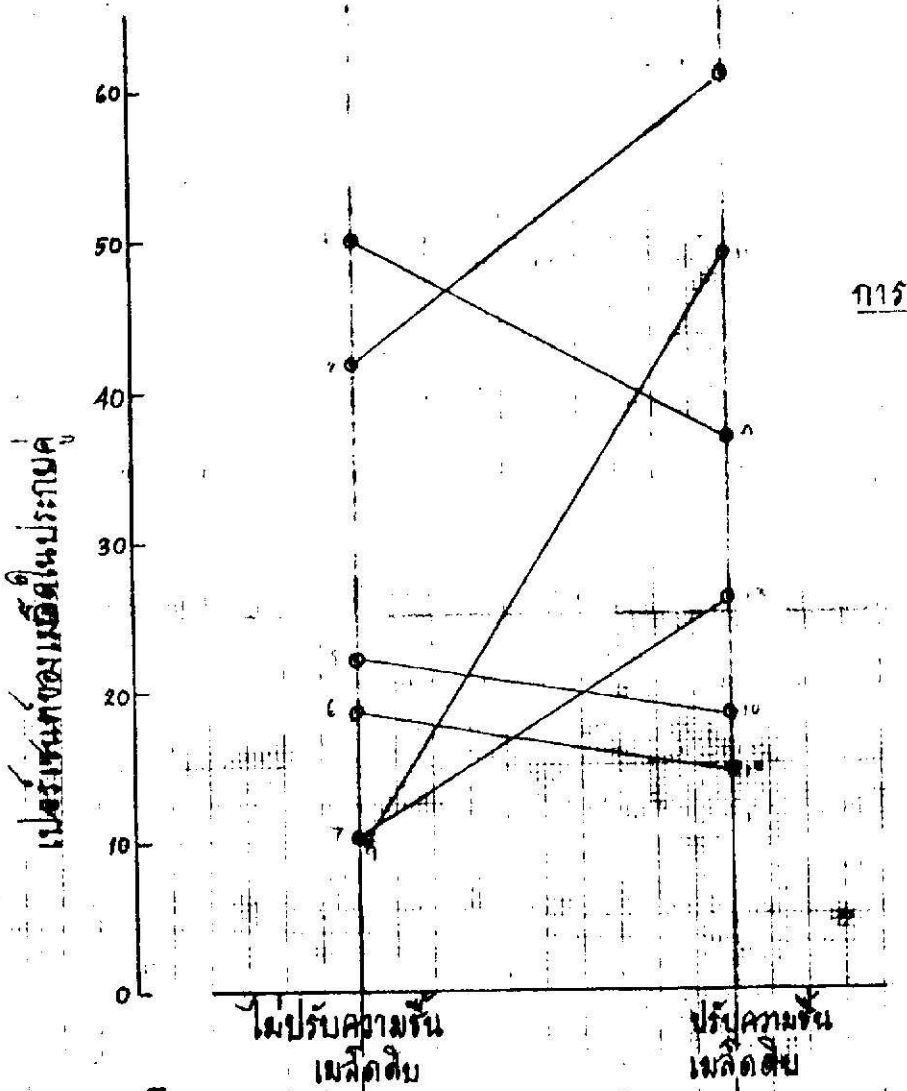
o = เมล็ดขนาดใหญ่, ไม่แช่
× = เมล็ดขนาดเล็ก, ไม่แช่
Δ = เมล็ดขนาดเล็ก, แช่
□ = เมล็ดขนาดใหญ่, แช่



รูป (4-4)
ขนาดของเมล็ดดินไม่มีอิทธิพลที่แน่นอน
ต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดดินประกบคู่

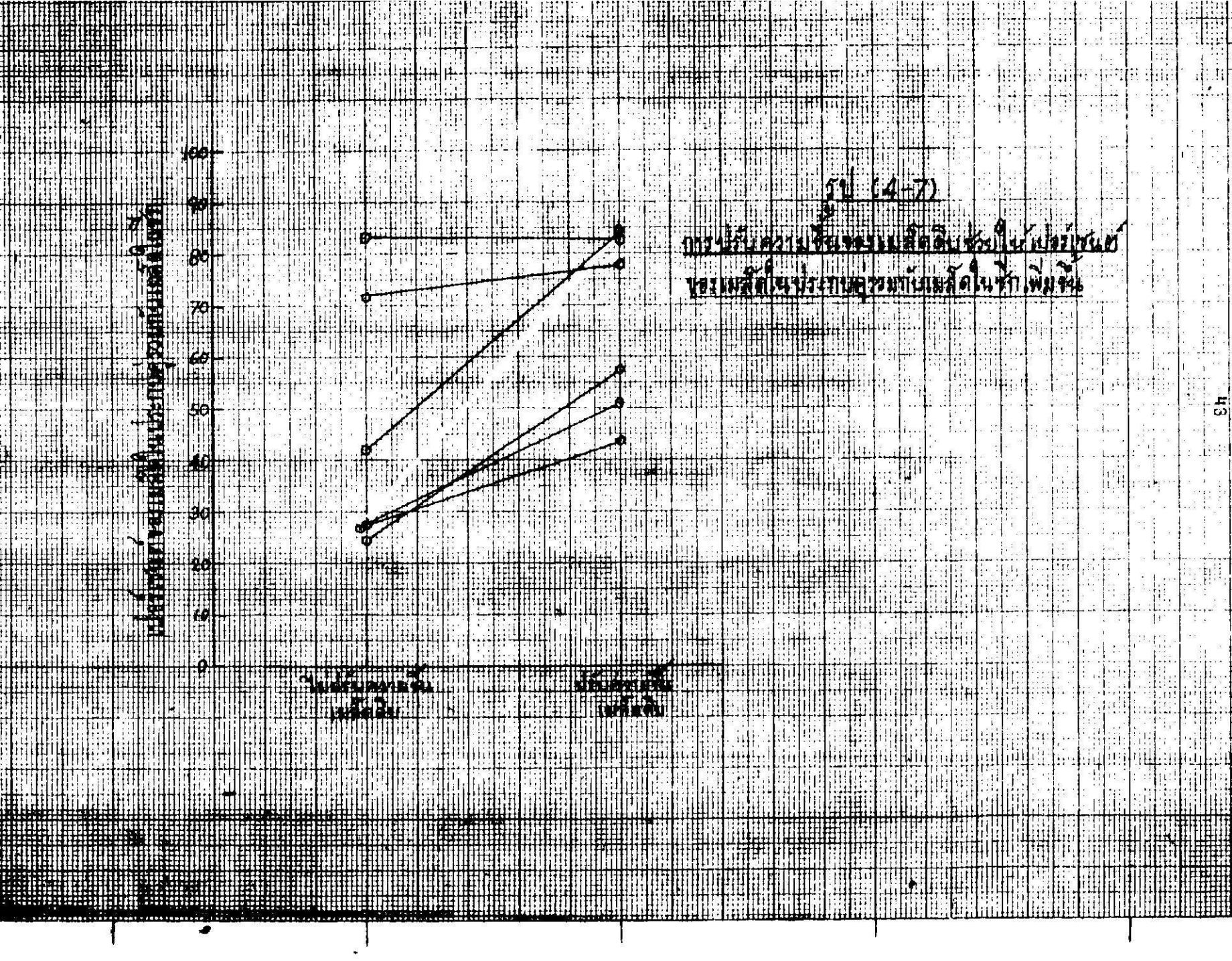


รูป (4-5)
ขนาดของเมล็ดดิบไม่มีอิทธิพลที่เด่นชัด
ต่อเปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดในซัก



รูป (4-6)

การปรับความชื้นของเมล็ดดิบไม่มีอิทธิพลที่แน่นอนต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่

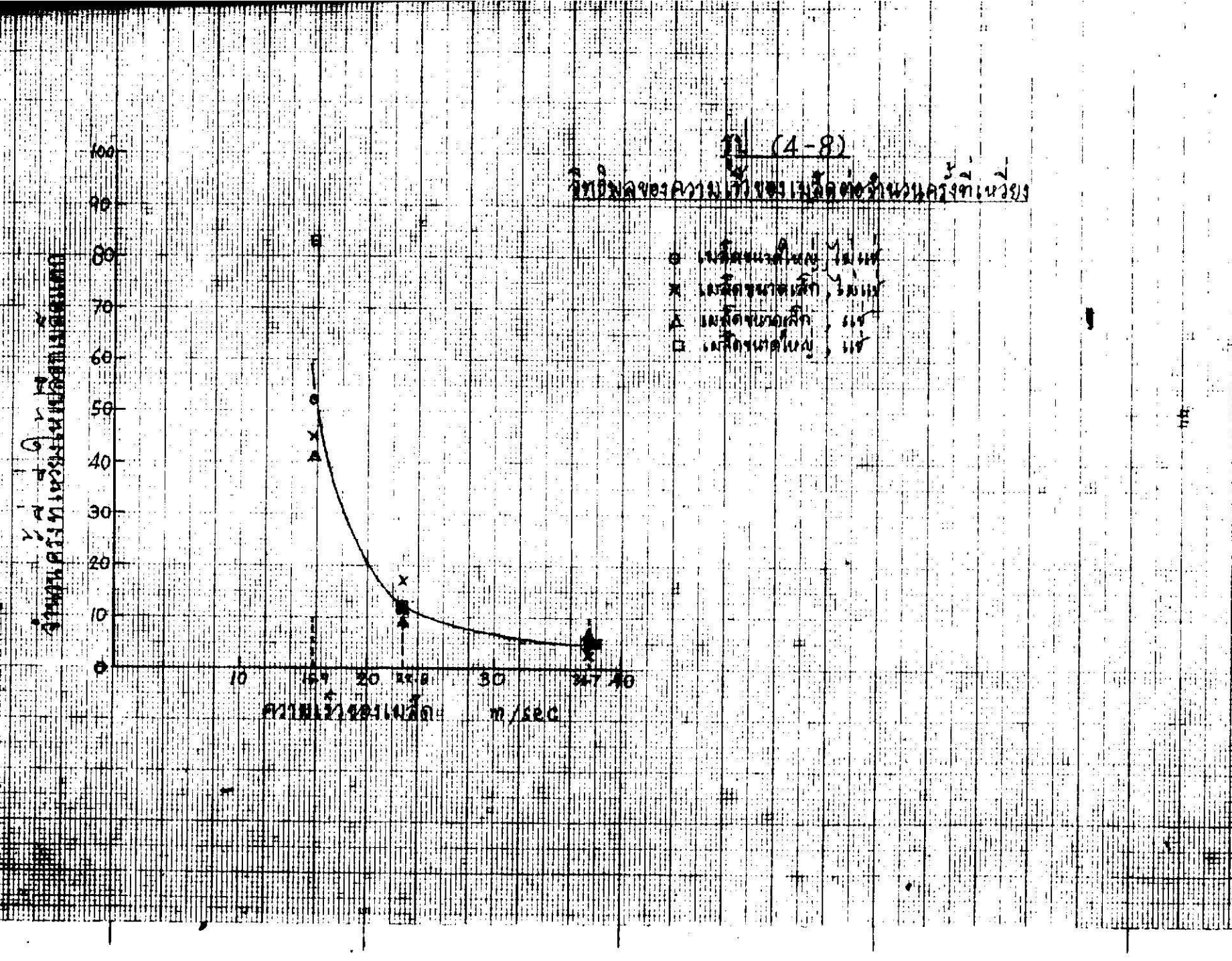


รูป (4-7)

การเปรียบความสามารถในการผลิตสินค้าในประเทศ
ของสินค้าในประเทศกับสินค้านำเข้า

รูป (4-8)

ลักษณะของความเร็วของเม็ดฝนที่พื้นครั้งที่เหวี่ยง



ตาราง (A - 2)

แสดงผลการทดสอบสมบัติฐาน

Sample No.	สมบัติฐาน					
	H1	H2	H3	H4	H5	H6
A1	++	++	+	-	-	+
A2	++	++	+	-	+	-
A3	++	++	-	-	+	-
A4	+-	+-	-	-	-	+
A6	++	++	-	+	-	+
A7	+-	++	-	+	+	+
A8	++	++	-	+	-	+
A9	+-	++	-	+	+	+
A10	++	+-	+	+	-	+
A11	+-	+-	+	+	+	+
A12	++	+-	+	-	-	+
A13	++	++	+	-	+	+
ผลรวม	+20/24	+20/24	+6/12	+6/12	+6/12	+10/12
%	+83.3	+83.3	+50.0	+50.0	+50.0	+83.3

4.3.4 สรุปผลการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับคุณภาพเมล็ดใน

จากข้อมูลที่ได้ในตาราง (4-1) เมื่อนำเอาข้อมูลเหล่านี้มาจับคู่กัน เพื่อหาว่าแต่ละคู่ (combination) ของข้อมูลยืนยันสมมุติฐานหรือไม่ จะได้ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองกับสมมุติฐานดังแสดงในตาราง (4-2) เครื่องหมาย แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นสนับสนุนสมมุติฐาน ส่วนเครื่องหมาย - แสดงว่าข้อมูลนั้นคัดค้านสมมุติฐาน

ถ้าเราจะตั้งเกณฑ์ง่าย ๆ ว่าเราจะยอมรับสมมุติฐานต่อเมื่อเปอร์เซ็นต์ของ combination ของข้อมูลมีค่าเกินกว่า 50% ก็จะสรุปผลได้ดังนี้

H 1 "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่จะเพิ่มขึ้นถ้าความเร็วในการเหวี่ยงลดลง" เป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากข้อมูล 83.3% ยืนยันสมมุติฐานนี้

H 2 "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดศึกจะเพิ่มขึ้นถ้าความเร็วในการเหวี่ยงลดลง" มีข้อมูลยืนยัน 83.3% จึงถือว่ายอมรับได้

H 3 "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่จะเพิ่มขึ้น ถ้าขนาดของเมล็ดเติบโตขึ้น" สมมุติฐานข้อนี้ไม่เป็นความจริง เพราะมีข้อมูลรับรองเพียง 50% ซึ่งไม่มีความหมาย

H 4 "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดศึกจะเพิ่มขึ้น ถ้าขนาดของเมล็ดเติบโตขึ้น" ข้อนี้ก็ไม่เป็นความจริง เพราะมีข้อมูลยืนยันเพียง 50% ซึ่งไม่มีความหมาย

H 5 "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่จะเพิ่มขึ้น ถ้าปรับความชื้นของเมล็ดดิบก่อนการทอดเมล็ด" สมมุติฐานข้อนี้ไม่จริง เพราะมีข้อมูลรับรองเพียง 50.0%

H 6 "เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดศึก จะเพิ่มขึ้นถ้าปรับความชื้นของเมล็ดดิบก่อนทอดเมล็ด" ข้อนี้ยอมรับได้เนื่องจากมีข้อมูลยืนยันถึง 83.3%

จากการทดสอบสมมุติฐานต่าง ๆ เหล่านี้ พอจะสรุปว่าหากต้องการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้ได้เมล็ดในประกบคู่ และเมล็ดในชิกมากที่สุดนั้น จำเป็นจะต้องทำการปรับความชื้นของเมล็ดดิบก่อนการทอด และถ้าใช้ cracker ring ที่ไม่บุผนังก็ควรจะเลือกใช้ความเร็วในการเหวี่ยงต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่ทำให้การเหวี่ยงใช้เวลานานเกินไป

ปัญหาสำคัญที่ผุดขึ้นมาก็คือว่า การเหวี่ยงเมล็ดด้วยความเร็วต่ำ จะทำให้ต้องเหวี่ยงเมล็ดหลายครั้ง ก่อนที่เปลือกเมล็ดจะแตกอย่างสมบูรณ์ และเมล็ดในหลุดออกจากเปลือก จำนวนครั้งที่จะต้องเหวี่ยงเมล็ดก่อนที่เมล็ดจะแตกสมบูรณ์เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งมีผลสำคัญต่อการเลือกสภาวะการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

4.3.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งที่เหวี่ยง

ในขั้นนี้จะได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งที่เหวี่ยง N ก่อนที่เปลือกจะแตกอย่างสมบูรณ์ ข้อมูลที่นำมาศึกษาได้มาจากตาราง (4-1)

จากการทดลองพล็อตจำนวนครั้ง N' บนแกนตั้งและความเร็ว V ในแกนนอน ดังแสดงในรูป (4-2) ได้พบแนวโน้มอย่างชัดเจนว่า N' จะลดลงเมื่อ V เพิ่มขึ้น และดูเสมือนว่าความสัมพันธ์ระหว่าง N' กับ V จะอยู่ในลักษณะของสมการ exponential กล่าวคือ

$$N' = aV^{-b}$$

เมื่อ a และ b เป็นค่าคงตัวซึ่งมีค่าเป็นบวก

เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนจำกัดจึงยังไม่สามารถกล่าวได้ว่า ขนาดของเมล็ดและการปรับความชื้นของเมล็ดดิบจะมีผลต่อจำนวนครั้งที่เหวี่ยงเมล็ดหรือไม่

4.4 ข้อสรุป

ในการทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยไม่มีการบุผนัง cracker ring ได้พบข้อสรุปดังต่อไปนี้

1. ความเร็วที่เมล็ดกระทบผนัง cracker ring เป็นปัจจัยสำคัญในการกะเทาะ กล่าวคือถ้าใช้ความเร็วสูงเปลือกเมล็ดจะกะเทาะอย่างรวดเร็ว แต่เมล็ดในจะแตกหักมาก ถ้าใช้ความเร็วต่ำเปลือกเมล็ดจะแตกช้าแต่จะให้เมล็ดในที่แตกหักน้อย

2. การปรับความชื้นของเมล็ดถั่วก่อนการทอดเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะช่วยให้เมล็ดในแตกหักน้อยลงกว่าการที่ไม่ได้ปรับความชื้นเลย และการปรับความชื้นของเมล็ดถั่วไม่มีผลว่าจะทำให้เปลือกเมล็ดแตกช้าหรือเร็วขึ้นแต่อย่างใด

3. ขนาดของเมล็ดถั่วไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดใน คือไม่ทำให้เปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกอบคู่หรือเมล็ดในซีกเปลี่ยนแปลงไป

อย่างไรก็ตามการทดลองในชุดนี้กระทำโดยมิได้มีการบุผนังของ cracker ring แต่อย่างใด อาจเป็นไปได้ว่าหากได้มีการบุผนังของ cracker ring แล้วจะทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนเปลี่ยนไป ซึ่งการทดลองโดยมีการบุผนังของ cracker ring จะได้แสดงไว้ในบทถัดไป

บทที่ 5

การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยมีการบุผนัง CRACKER RING

ในบทนี้ได้ทำการทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยมีการบุผนัง cracker ring ด้วยวัสดุนุ่ม ๆ เช่น แผ่นยาง หรือการะสอบปาน เพื่อจะศึกษาดูว่าการบุผนังจะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดในและจำนวนครั้งที่จะต้องเหวี่ยงเมล็ด เพื่อให้เปลือกเมล็ดแตกโดยสมบูรณ์

ก่อนที่จะทำการทดลองโดยบุผนัง ได้เริ่มการทดลองไม่บุผนังเสียก่อน โดยใช้ sample หมายเลข S1 เป็นข้อมูลเปรียบเทียบร่วมกับข้อมูลจาก sample หมายเลข S4 ในตารางบทที่ 4 หลังจากนั้นจึงทำการบุผนังด้วยวัสดุต่าง ๆ ในการทดลองทุกครั้งมีการปรับความชื้นของเมล็ดก่อนการทดลอง เพราะการปรับความชื้นจะช่วยให้คุณภาพของเมล็ดในดีขึ้น คือแตกหักน้อยตามที่ได้พบจากผลการทดลองในบทที่ 4

5.1 การทดลองชุดที่ 1 เมื่อบุผนังด้วยวัสดุต่าง ๆ

จากการกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยใช้เครื่องเหวี่ยงที่บุผนัง cracker ring เรียบร้อยแล้ว (ยกเว้น sample S1 ซึ่งไม่มีการบุผนัง) ได้วัดค่าต่าง ๆ ในการทดลองดังแสดงไว้ในตาราง (5-1) รหัสที่ใช้ในตาราง (5-1) มีดังนี้

No = ไม่บุผนัง คือผนังเป็นแผ่นเหล็กกล้า

R2 = บุผนังด้วยแผ่นยางปูพื้นรถยนต์ หนา 2 mm 2 ชั้น

J1 = บุผนังด้วยกระสอบปาน 1 ชั้น

R3J1 = บุผนังด้วยแผ่นปูพื้นรถยนต์ 3 ชั้น แล้วบุทับด้วยกระสอบปานอีก 1 ชั้น

ในการทดลองทั้งหมดในบทนี้จะไม่มีการคัดขนาดเมล็ด เพราะขนาดเมล็ดไม่มีผลต่อการกะเทาะ

ข้อมูลในบทนี้มีจำนวนค่อนข้างจำกัด ไม่สามารถบอกรายละเอียดได้มากนัก แต่สามารถชี้แนวทางที่ควรจะศึกษาค้นคว้าในอนาคตได้ เมื่อนำเอาข้อมูลเหล่านี้มาสร้างแผนภูมิแท่งดังแสดงในรูป (5-1) และ (5-2) ไม่พบอิทธิพลของการบุผนังต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่และเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดในอีกแต่อย่างใด จึงพอจะสรุปได้ว่า การบุผนังจะ

ตาราง (5-1)

ผลการทดลองเมื่อบุผนัง Cracker Ring ด้วยวัสดุต่าง ๆ

ปรับความชื้นก่อนทอยทุก sample ไม่คัดขนาดเมล็ดลับ

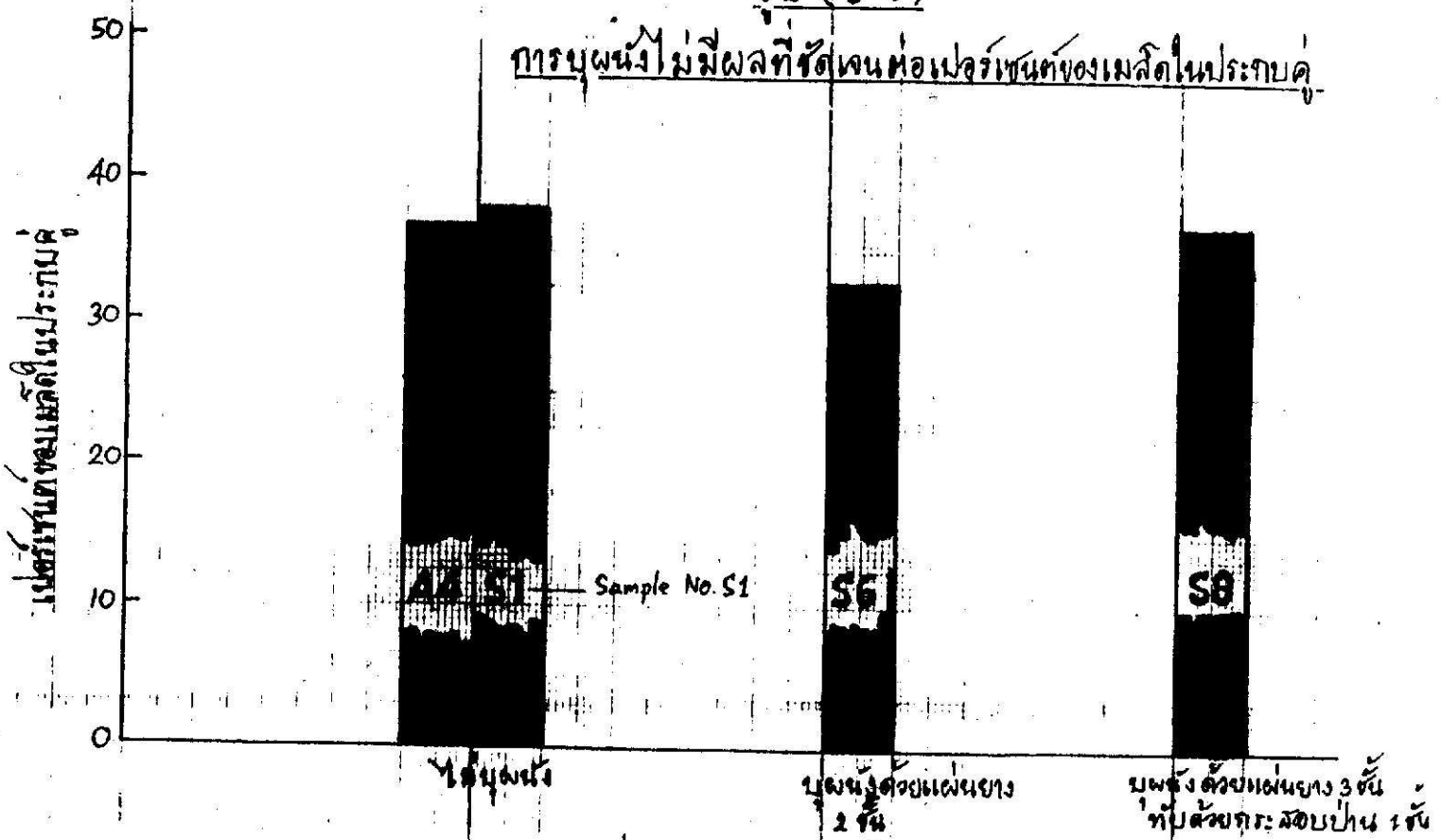
รหัส		รายการ						
		ไม่บุ	บุผนัง					
	Sample No.	S1	S2	S3	S5	S6	S8	หมายเหตุ
	การบุผนัง	No	J1	J1	R2	P2	R3J1	ค่าเฉลี่ย
	อุณหภูมิทอด ^{0}C	197	186	192	186	189	190	เฉพาะที่
V	ความเร็วเมล็ด m/sec	15.9	36.7	22.8	22.8	15.9	15.9	บุผนัง
W_1	น้ำหนักเมล็ดดิบ gm.	195.5	199.8	171.0	187.8	191.4	191.7	
W_2	น้ำหนักเมล็ดก่อนทอด gm.	197.6	213.7	173.8	204.2	204.0	204.4	
	ความชื้นที่เพิ่ม %	6.5	7.0	1.6	8.7	6.6	6.6	
W_3	น้ำหนักเมล็ดหลังทอด gm	150.2	193.0	134.7	153.1	156.0	162.9	159.9
n'	จำนวนครั้งที่เขย่า	60	10	37	41	134	176	
W_4	น้ำหนักเมล็ดคู่ gm	16.4	20.5	13.9	21.1	16.5	15.1	
W_5	น้ำหนักเมล็ดศีรษะ gm	14.3	24.8	19.0	11.0	23.3	15.2	
W_6	น้ำหนักเมล็ดหัก gm	12.4	10.2	14.7	12.0	10.6	10.6	
W_7	น้ำหนักเมล็ดลีบ gm	43.1	55.5	47.6	47.9	50.4	40.9	48.5
W_8	เมล็ดคู่ %	38.0	36.9	29.2	24.9	32.7	36.9	32.1
W_9	เมล็ดคู่และศีรษะ %	71.2	81.6	69.1	71.8	80.0	74.1	75.3
W_{10}	$100W_7/W_1$ %	28.1	27.8	27.8	25.5	26.3	21.3	25.7

NO = ไม่บุ, J1 = กาวล้อบปาน 1 ชั้น, R2 = แผ่นยาง 2 ชั้น

R3J1 = แผ่นยาง 3 ชั้น พับด้วยกระดาษปาน 1 ชั้น

รูป (5-1)

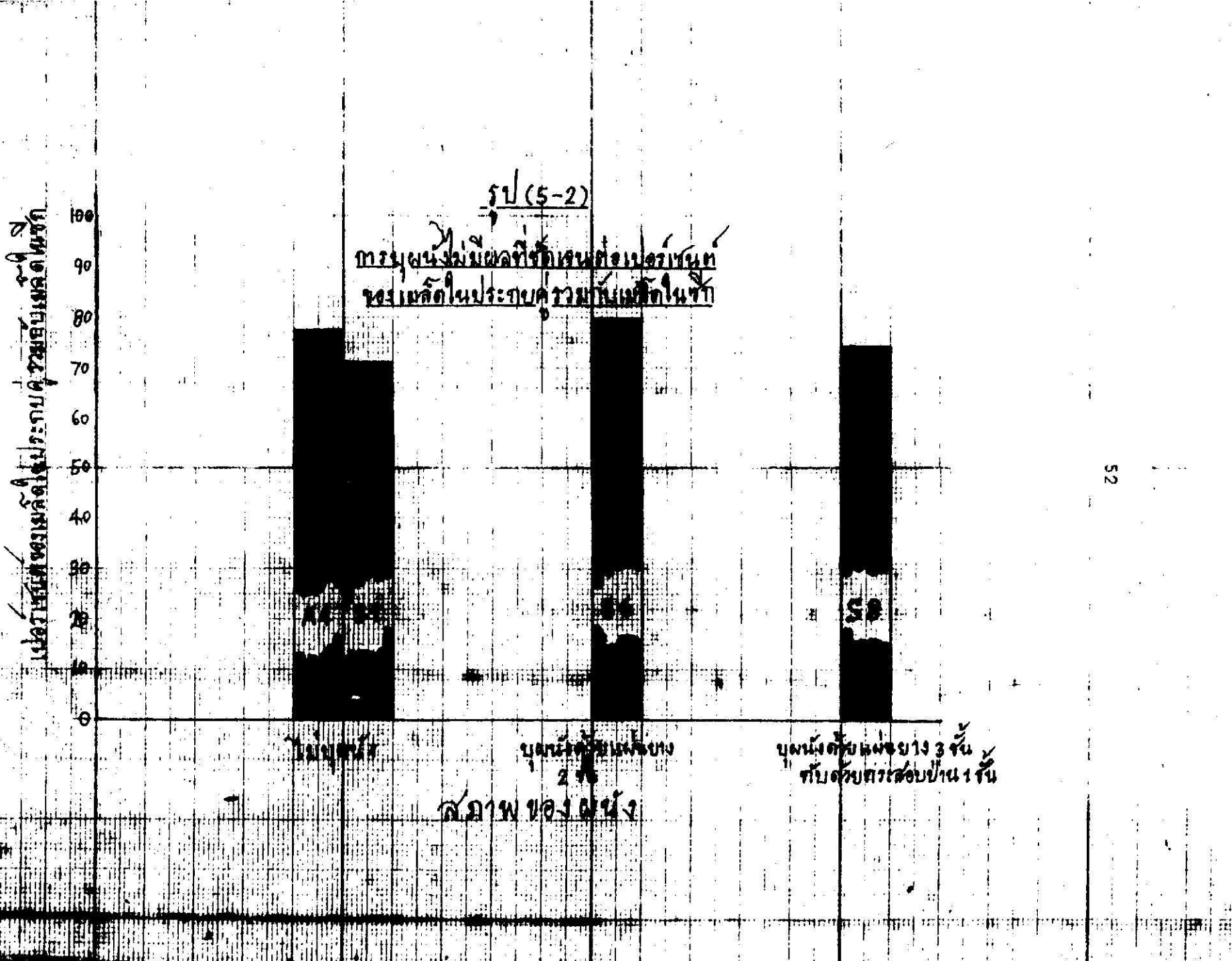
การบุผนังไม่มีผลที่ชัดเจนต่อเปอร์เซนต์ของเมลิดในประกบคู่

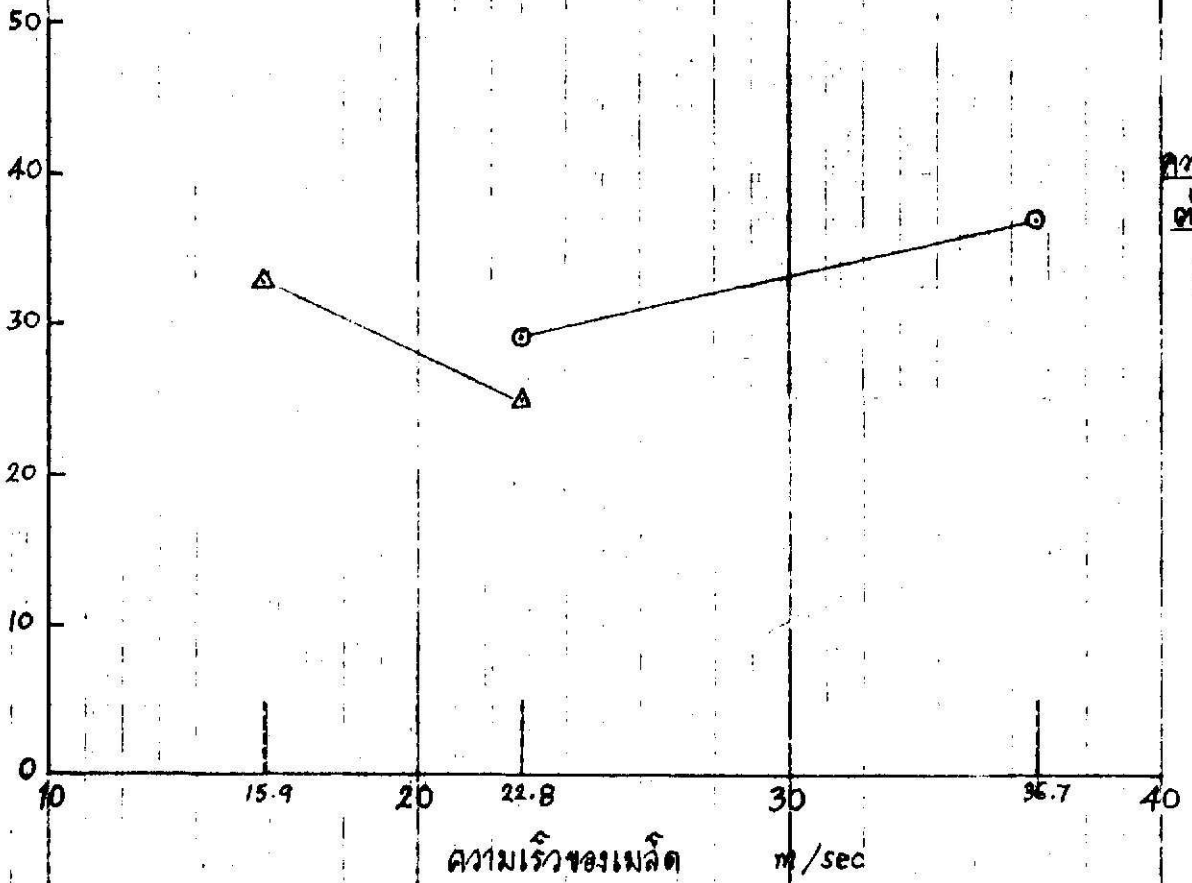


สภาพของผนัง

รูป (5-2)

การดูดซับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ของแผ่นในประกบด้วยแผ่นในรัก



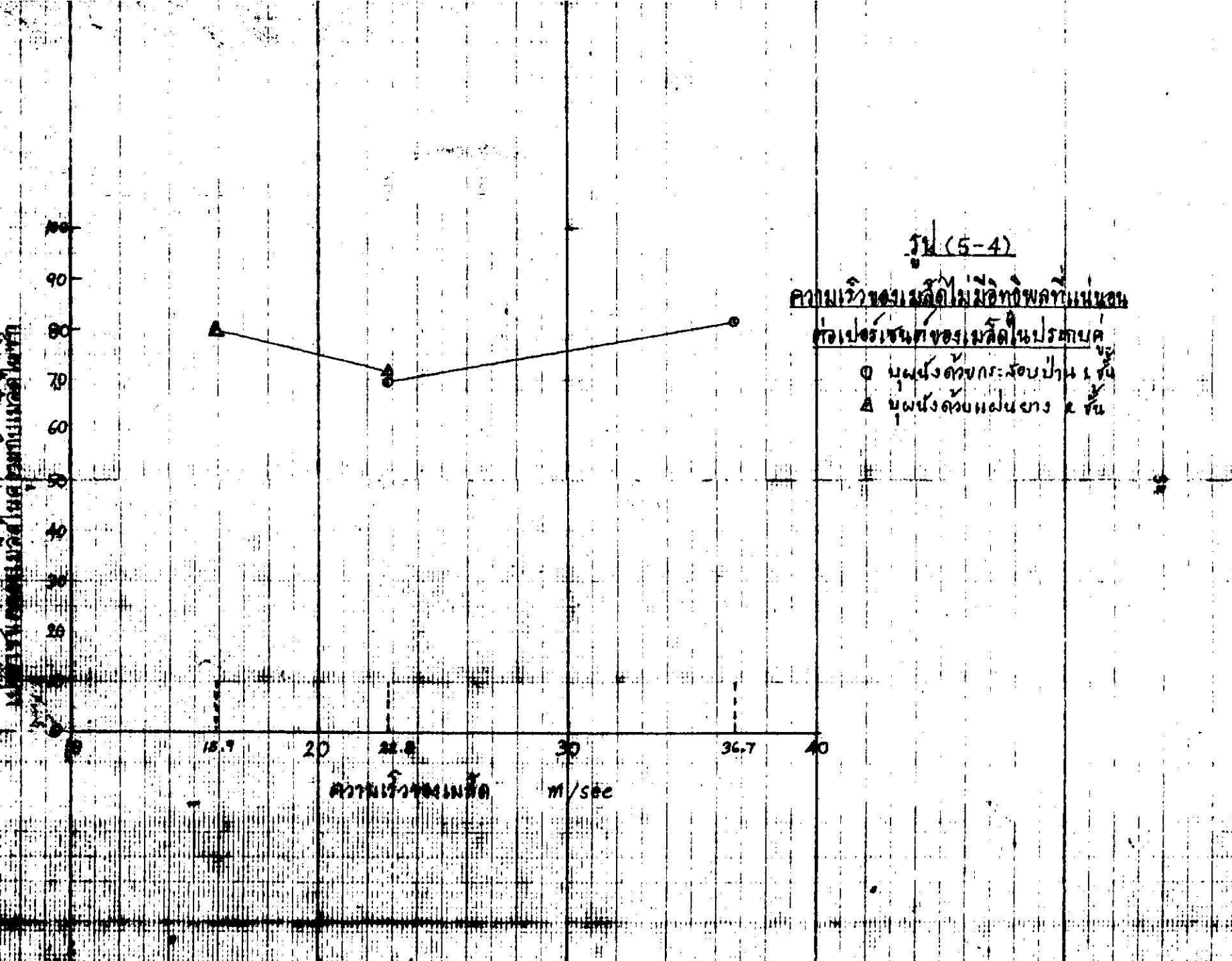


รูป (5-3)

ความเร็วของเมล็ดไม่มีอิทธิพลที่แน่นอน
ต่อเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในประกบคู่

⊙ = บุผนังด้วยกระดาษปาน 1 ชั้น

△ = บุผนังด้วยแผ่นยาง 2 ชั้น



รูป (5-4)

ความเร็วของเมล็ดไม่มีอิทธิพลที่แน่นอน
ต่อเปอร์เซนต์ของเมล็ดในประเภทคู่

○ บุผนังด้วยกระสอบป่าน 1 ชั้น
△ บุผนังด้วยแผ่นยาง 2 ชั้น

ไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดใน ซึ่งตรงกันข้ามกับที่คาดหมายกันไว้ว่าการบุผนังควรจะช่วยให้เมล็ดในแตกหักน้อยลง

รูป (5 - 3) แสดงว่าเมื่อทำการบุผนังแล้วความเร็วที่ใช้เหวี่ยงก็จะไม่มีผลต่อเปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่ รูป(5 - 4) แสดงว่าความเร็วในการเหวี่ยงไม่มีผลต่อเปอร์เซนต์ของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดซีก ดังนั้น จึงพอจะสรุปได้ว่า ถ้าทำการบุผนังแล้วความเร็วในการเหวี่ยงจะไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดในแต่อย่างใด ซึ่งเป็นข้อดีของการบุผนังคือเราสามารถเลือกใช้ความเร็วในการเหวี่ยงเท่าใดก็ได้ โดยเมล็ดในไม่แตกหักเพิ่มขึ้น

เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าเฉลี่ยของเมล็ดในประกบคู่มีเพียง 32,1 % ซึ่งนับว่าต่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่า 50 % โดยประมาณซึ่งได้จากเครื่องในต่างประเทศ ส่วนค่าเฉลี่ยของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดซีกสูงถึง 75,3 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เทียบกันได้กับเครื่องในต่างประเทศ

ในขณะนี้ยังไม่สามารถจะทราบได้ว่าความแตกต่างของเปอร์เซนต์เมล็ดในประกบคู่ระหว่างเครื่องกะเทาะนี้และเครื่องกะเทาะในต่างประเทศ จะเป็นเพราะคุณภาพของเมล็ดดีหรือเป็นเพราะคุณภาพของเครื่อง

แต่ผู้ดำเนินโครงการคิดว่าผลการทดลองนับว่าเป็นที่น่าพอใจในระดับนี้ และยอมรับว่าจำเป็นจะต้องมีการพัฒนาเครื่องให้ดีกว่านี้ก่อนที่จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างจริงจัง

ปัญหาที่สำคัญยิ่งประการหนึ่งในการกะเทาะเปลือกเมล็ด คือจำนวนครั้ง (n') ที่ใช้เหวี่ยงเมล็ดเข้ากระทบผนัง ซึ่งควรจะมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ คือพยายามให้ $n' = 1$ ทั้งนี้เพื่อให้ประหยัดเวลาในการกะเทาะเปลือกและลดต้นทุนการผลิต เมื่อนำเอาผลการทดลองมาพล็อต n' ในแกนตั้ง และความเร็วของเมล็ดในแกนนอนดังแสดงในรูป (5 - 5) ได้พบแนวโน้มอย่างชัดเจนว่า เมื่อความเร็วของเมล็ดเพิ่มขึ้นจำนวนครั้งในการเหวี่ยง (n') จะลดลงอย่างรวดเร็ว ในลักษณะคล้ายกับความสัมพันธ์แบบ exponential

ดังนั้น ถ้าเราต้องการให้จำนวนครั้งที่เหวี่ยงเมล็ดมีค่าน้อยก็ควรเลือกใช้ความเร็วในการเหวี่ยงสูง

รูป (5-5) ยังได้แสดงด้วยว่าการบุผนังจะทำให้จำนวนครั้ง (N') ที่ใช้เหวี่ยงจะสูงกว่าในกรณีที่ไม่บุผนัง ถ้าใช้ความเร็วของเมล็ดในระดับเท่า ๆ กัน

สภาวะการผลิตที่เหมาะสม จะมีลักษณะดังนี้

1. จำนวนครั้งในการเหวี่ยงเมล็ดต่ำ เพื่อประหยัดเวลาและต้นทุนการผลิต

2. เมล็ดในมีคุณภาพดีและแตกหักน้อย

ลักษณะทั้งสองประการนี้จะเกิดในสภาวะการผลิตที่บุผนัง Cracker ring ด้วยวัสดุนุ่ม ๆ และเหวี่ยงเมล็ดเข้าหาผนังด้วยความเร็วสูง ข้อสรุปนี้มีความสำคัญยิ่งซึ่งเป็นแนวทางชี้ถึงอนาคตของการพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในอนาคต

5.2 การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดครั้งละมาก ๆ

นับจนถึงขั้นนี้ได้ทำการกะเทาะเปลือกเมล็ดครั้งละ 40 เมล็ดเท่านั้น ซึ่งเป็นจำนวนน้อยมากทั้งนี้เพื่อความรวดเร็วในการดำเนินการทดลอง เพื่อจะให้สภาวะการกะเทาะเปลือกเมล็ดคล้ายสภาวะที่เป็นจริงในอุตสาหกรรมมากขึ้น จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยทำการกะเทาะเปลือกเมล็ดครั้งละมาก ๆ กล่าวคือ นำเอาเมล็ดตากแห้งโดยไม่ทำการคัดขนาดมาปรับความชื้นตามวิธีการในข้อ 4.3.2 ในบทที่ 4 หลังจากนั้นนำเมล็ดดิบเหล่านี้ไปทอดในกะทะน้ำยาง CNSL โดยควบคุมให้อุณหภูมิเฉลี่ยในการทอด 185 ^{0}C และใช้เวลาทอด ๓ นาที ดังที่เคยปฏิบัติมา

ในการทดลองกะเทาะเปลือก ได้นำเมล็ดดิบที่ทอดแล้ว 10 กิโลกรัมบรรจุในกรวยรับเมล็ดเข้าเครื่อง (hopper) ซึ่งปรากฏว่าเต็มกรวยรับเมล็ดพอดี เมล็ดจะไหลลงยังจานเหวี่ยงโดยรวดเร็วและถูกเหวี่ยงเข้าหาฝาผนังของ Cracker ring ซึ่งบุด้วยแผ่นยางหนา 2 mm 3 ชั้น ปูทับด้วยกระสอบป่านอีก 1 ชั้น

การทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดครั้งละมาก ๆ นี้ ได้เผยถึงแนวทางที่การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อีกหลายประการคือ

1. ควรทำการสร้างระบบสายพาน (Conveyor) เพื่อใช้ป้อนเมล็ดเข้าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ เพราะได้พบว่าการป้อนเมล็ดเข้าเครื่องโดยแรงคนเป็นการเสียเวลา เหน็ดเหนื่อยและซ้ำซ้อง

2. ควรสร้างระบบคัดเมล็ดที่ยังไม่แตกออกจากเมล็ดในและเศษเปลือก เพราะเมล็ดที่ยังไม่แตกจะต้องถูกป้อนเข้าเครื่องกะเทาะอีก ส่วนเมล็ดในและเศษเปลือกจะต้องนำไปคัดเอาเมล็ดในออกมาแยกไว้ต่างหาก การคัดเมล็ดที่ยังไม่แตกออกจากเมล็ดในและเศษเปลือกซึ่งใช้แรงคนจะกินเวลามากเกินกว่าที่จะใช้กับเครื่องกะเทาะในอุตสาหกรรมได้ ระบบคัดเมล็ดอาจจะสร้างในลักษณะของตะแกรงร่อน (Vibrating screen) ในโครงการได้ทดลองสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดอย่างง่าย ๆ แต่ยังทำงานได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ จำจะต้องทำการพัฒนาต่อไปในอนาคต

3. มีเมล็ดเป็นจำนวนมากตั้งค้างอยู่บนกรวยรับเมล็ดที่กระเด็นออกจากผนังลงถังรับเมล็ด รูปร่างและความลาดชันของฝากรวยจำต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

5.3 ข้อสรุป

จากการทดลองกะเทาะเปลือกเมล็ดเมื่อบุผนัง Cracker nine ได้พบว่าการบุผนังไม่ได้ช่วยให้จำนวนเมล็ดในที่แตกหักลดลง แต่การบุผนังช่วยได้สามารถเลือกใช้ความเร็วในการเหวี่ยงสูงขึ้นโดยที่ไม่ทำให้เมล็ดในแตกหักเพิ่มขึ้น การใช้ความเร็วในการเหวี่ยงสูงจะทำให้ใช้จำนวนครั้งในการเหวี่ยงให้เมล็ดแตกลดลง ทำให้การกะเทาะเปลือกสำเร็จโดยรวดเร็ว ดังนั้นจึงควรพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกโดยการเสริมบุผนังด้วยวัสดุที่เหมาะสม และเหวี่ยงเมล็ดด้วยความเร็วสูง ซึ่งแนวทางนี้ควรจะได้รับการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

เพื่อให้เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรสร้างระบบป้อนเมล็ดเข้าเครื่องโดยใช้สายพานแทนแรงคน เพื่อให้การทำงานรวดเร็วและประหยัดขึ้น ควรสร้างระบบคัดเมล็ดที่ยังไม่แตกออกจากเมล็ดในและเศษเปลือกเพื่อจะได้ป้อนเมล็ดที่ยังไม่แตกเข้าเครื่องกะเทาะโดยอัตโนมัติ เพราะการคัดเมล็ดโดยแรงคนทำได้ช้ามากและไม่เหมาะกับปริมาณการผลิตครั้งละมาก ๆ ตัวเครื่องกะเทาะก็ควรได้รับการปรับปรุง เช่น ออกแบบกรวยรับเมล็ดลงถังรับเมล็ดเสียใหม่ เพื่อลดการค้างของเมล็ดในกรวยรับเมล็ด

บทที่ 6

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและค้นคว้าในโครงการวิจัยนี้ พอจะรวบรวมข้อสรุปและข้อเสนอแนะโดยย่อดังต่อไปนี้

6.1 ข้อสรุป

ในโครงการนี้ได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการปลูก การกะเทาะเปลือกเมล็ดและการค้าเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ เพื่อไว้ใช้อ้างอิงและศึกษาต่อไป ได้ทำการศึกษาถึงกรรมวิธีการผลิตเมล็ดในแบบต่าง ๆ ที่ปฏิบัติกันอยู่ในประเทศไทยและในต่างประเทศ การพัฒนากระบวนการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในวงการนานาชาติ เพื่อหาลู่ทางพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกที่เหมาะสมต่อสภาพของเมืองไทย และได้ตัดสินใจออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifuge decorticator)และใช้เครื่องนี้ในการทดลองหาลู่ทางการพัฒนา

จากการทดลองได้พบว่าการบุผนังของเป้า Cracker ring จะช่วยให้สามารถเหวี่ยงเมล็ดด้วยความเร็วสูงและเมล็ดจะแตกรวดเร็ว โดยที่เมล็ดในจะไม่แตกหักเพิ่มขึ้น จากการทดลองบุผนังด้วยแผ่นยาง และกระสอบป่านพบว่าจะได้เมล็ดในประกบคู่ 32 % ซึ่งยังค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับ 50 % ในต่างประเทศ แต่ผลรวมของเมล็ดในประกบคู่รวมกับเมล็ดในซีก 75 % นับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่พอจะเทียบกันได้กับต่างประเทศ ตัวเลขดังกล่าวเหล่านี้แม้ยังไม่อาจกล่าวได้ว่าเครื่องกะเทาะใช้งานได้ดี แต่ก็พอจะกล่าวได้ว่าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดในแบบใช้แรงเหวี่ยงนี้ควรได้รับการพัฒนาต่อไปอีก และมีศักยภาพที่จะทำงานได้ดีเมื่อพัฒนาเต็มที่แล้ว

โครงการวิจัยนี้ได้ค้นพบแนวทางหลายประการที่ควรจะนำมาพิจารณาในการพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

เนื่องจากทรัพยากรของโครงการนี้มีจำกัด จึงจำต้องยุติโครงการไว้ในระดับนี้ เป็นที่คาดหมายว่าโครงการต่อเนื่องจากโครงการนี้จะได้รับการดำเนินงานต่อไปในอนาคต

6.2 ข้อเสนอแนะ

มีข้อเสนอแนะหลายประการที่ควรจะนำมาพิจารณาดำเนินการต่อไป ในโครงการต่อเนื่องจากโครงการนี้ เป็นต้นว่า

1. การแสวงหาวัสดุบุผนังที่เหมาะสมและความเร็วในการเหวี่ยงที่ทำให้เมล็ดในแตกหักน้อยและการกะเทาะเปลือกสิ้นสุดโดยรวดเร็ว ในการนี้น่าจะทดลองใช้วัสดุหลาย ๆ ประเภท มีการวัดความยืดหยุ่น (elasticity) และความสามารถในการสลายพลังงานในการกระทบ (damping capacity) ของวัสดุต่าง ๆ ประกอบไปด้วย เพื่อหาแนวโน้มที่แน่นอนอันจะนำไปสู่สภาวะการกะเทาะที่ดีที่สุด

2. ควรสร้างระบบสายพาน (Conveyor) ป้อนเมล็ดเข้าเครื่องโดยอัตโนมัติแทนการใช้แรงคน เพื่อประหยัดเวลาในการป้อนเมล็ด

3. ควรสร้างระบบคัดเมล็ดที่ยังไม่แตกออกจากเมล็ดใน และเศษเปลือกเพื่อป้อนเมล็ดที่ยังไม่แตกเข้าเครื่องกะเทาะโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อประหยัดเวลาในการคัดเมล็ด

4. จะต้องมีการปรับปรุงขนาดและลักษณะของกรวยรับเมล็ดเข้าเครื่อง (hopper) และกรวยรับเมล็ดลงถัง เพื่อกำจัดการตั้งค้างของเมล็ดในเครื่องกะเทาะ

เป็นที่คาดหมายว่าหากได้รับการพัฒนาในแนวทางดังที่เสนอแนะแล้ว เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อาจจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น จนถึงขั้นที่นำมาใช้งานในอุตสาหกรรมได้ แต่เนื่องจากการพัฒนาดังกล่าวจำต้องใช้เงินและทรัพยากรอื่น ๆ เป็นจำนวนมากพอสมควร ซึ่งไม่สามารถจะดำเนินต่อไปได้ในโครงการปัจจุบัน จึงจำต้องยุติโครงการไว้ในระดับนี้ และเตรียมการเพื่อเริ่มโครงการต่อเนื่องจากโครงการปัจจุบันในอนาคตอันใกล้นี้

เอกสารอ้างอิง

1. Morton, J.F. "The Cashew's Brighter Future" 1961, Economic Botany, Vol. 15, No.1, p. 57.

2. บรรลือ เชื้อชินทร์ "มะม่วงหิมพานต์ ต้นไม้เอนกประสงค์" รายงานทางวิชาการ กองบำรุง กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2512

3. กรมส่งเสริมการเกษตร "มะม่วงหิมพานต์" คำแนะนำที่ 19 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2520

4. พัน มาลีวรรณ "มะม่วงหิมพานต์ พืชเงินในอนาคต" วารสารพืชสวน ปีที่ 11 ฉบับที่ 4 หน้า 56 ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

5. อำพร เป็ญจะมโน และศุภโชค ริริยโกศล "สภาวะการตลาดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบในหาดใหญ่และบริเวณใกล้เคียง ในปี พ.ศ. 2522 " รายงานการวิจัย ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ พ.ศ. 2523

6. พัน มาลีวรรณ "กรรมวิธีกระเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ " เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาเรื่องมะม่วงหิมพานต์สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จัดโดย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ณ สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น พ.ศ. 2522

7. เมษ ตุงคะเศรณี "มะม่วงหิมพานต์" รายงานของกลุ่มศึกษาเศรษฐกิจที่ 6/2517 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๑๗

8. พัน มาลีวรรณ "เศรษฐกิจและตลาดมะม่วงหิมพานต์ " เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาเรื่อง มะม่วงหิมพานต์สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จัดโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ณ สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น พ.ศ. ๒๕๒๒

9. Shivanna, C.S. and Govinarajan," Processing of Cashew Nut ", 1973, Indian Food Packer, Vol. XXVII, No.5, p.15

10. Coward, L.G. "Summary : Experimental Work and Overseas Trials of A Cashew Nut Processing Plant Designed and Built by the Tropical Products Institute", United Nations Industrial Development Organization, paper No. ID/WG. 88/16/ SUMMARY, 1971 .

11. ศุภโชค วิริยโกศล และอำพร เบ็ญจะมโน "การผลิตเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์" บทความทางวิชาการ เสนอในการประชุมวิชาการ 2522 เรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ บางแสน ชลบุรี ธันวาคม พ.ศ. 2522

12. กรมกสิกรรม "มะม่วงหิมพานต์" คำแนะนำกรมกสิกรรมที่ 70 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2511

13. มา. พ ประกิตธรรังษี และวีระ อภิรักษ์ " การสร้างและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์" รายงานโครงงานนักศึกษา เลขที่ IES 5/1979 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2523

14. กรมส่งเสริมการเกษตร "การกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์" ใบปลิวที่ 8 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2518

15. Anonymous," Kernel Recovery", 1963, Stork Palmoil-review, Vol.3, No. 4-5,p.1 .