

ชื่อโครงการ “ การปรับปรุงกระบวนการอัดเม็ดเพื่อยกระดับมันสำปะหลังอัดเม็ดส่งออก ”

จิตติพร จันทนารัตน์ วิชาพร วีระไวทยะ¹⁾ อุทัย คั่นโธ²⁾ และ ณัฐชนก อมรเทวภัทร^{* 1)}

- 1) สาขาวิชาเทคโนโลยีกระบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Email : faginna@ku.ac.th
- 2) ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาอาหารสัตว์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การปรับปรุงกระบวนการอัดเม็ดมันสำปะหลังมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาการแตกหักและปริมาณฝุ่นของมันอัดเม็ดที่เกิดจากกระบวนการขนส่งและลำเลียง ทำให้ได้มันสำปะหลังอัดเม็ดที่มีคุณภาพทางกายภาพเพิ่มขึ้น โดยการปรับปรุงแก้ไขมุ่งที่ การปรับแก้ระบบลำเลียงวัตถุดิบออกจากท่อคลุกไอน้ำ การเพิ่มปริมาตรท่อคลุกร้อยละ 31.6 จากท่อคลุกไอน้ำเดิม และการเพิ่มตำแหน่งการเข้าของไอน้ำในท่อคลุกจาก 1 จุด เพิ่มขึ้นเป็น 4 จุด ผลการวิจัยพบว่า การอัดเม็ดมันสำปะหลังด้วยท่อคลุกไอน้ำปรับปรุง ที่อุณหภูมิ 72 °C เวลาในท่อคลุก 6.5 วินาที ความชื้นเพิ่มขึ้นระหว่างการคลุกไอน้ำ 2.4% ทำให้ได้มันสำปะหลังอัดเม็ดที่มีความคงทนของเม็ด 86.9% ความแข็ง 7.1 กิโลกรัม ปริมาณฝุ่น 1.3% และมีเปอร์เซ็นต์การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์ 14.87%

Keywords: conditioning, pelleting, durability, dustiness, enzyme susceptibility

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยสามารถผลิตส่งออกได้เป็นอันดับ 3 ของโลก จากสถิติในปีพ.ศ.2545 พบว่าสามารถที่จะผลิตมันสำปะหลังสดได้ผลผลิตต่อไร่ 2,731.2 กิโลกรัม โดยผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดโดยเฉลี่ย 45-50% แปรรูปเป็นมันเส้นและมันอัดเม็ด ส่วนมากใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป ตลาดมันสำปะหลังอัดเม็ดส่งออกที่สำคัญได้แก่ สหภาพยุโรป เกาหลี ไต้หวันและจีน (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2546) สถานการณ์มันสำปะหลังอัดเม็ดของประเทศไทยมีแนวโน้มที่ลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เนื่องจากข้อกำหนดด้านราคา และปัญหาเรื่องการแตกหักของมันอัดเม็ด และเกิดฝุ่นจากระบบการขนส่ง ลำเลียง ทำให้เกิดการสูญเสีย

เสียมูลค่าการส่งออก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, 2544)

การอัดเม็ดมันสำปะหลังด้วยไอน้ำจะช่วยเพิ่มความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์และลดฝุ่นในระหว่างการลำเลียง ซึ่งปัจจัยที่สำคัญในการอัดเม็ดมันสำปะหลังด้วยไอน้ำ เพื่อให้ได้มันอัดเม็ดที่มีความแข็งและความคงทน ประกอบด้วยวัตถุดิบร้อยละ 40; ขนาดของมันเส้นบดก่อนการอัดเม็ดร้อยละ 20; การคลุกไอน้ำร้อยละ 20; ชนิดและลักษณะของจานอัดร้อยละ 15 และการทำให้แห้งและเย็นร้อยละ 5 (Reimer, 1992)

จากปัจจัยทั้ง 5 ประการที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการเพิ่มความแข็งและความคงทนของเม็ดแล้ว ขั้นตอนการคลุกไอน้ำซึ่งประกอบด้วย ความร้อน ความชื้น และเวลา ยังทำให้แบ่งบางส่วนในวัตถุดิบ

อาหารสัตว์โดยเฉพาะที่บริเวณพื้นผิวรอบอนุภาคเกิดการเปลี่ยนแปลง(โครงสร้างของอนุภาคแบ่งที่สามารถทำให้เอนไซม์เข้าย่อยได้ง่าย และการเกิดเจลลิตไนซ์) และทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมยึด ช่วยให้เม็ดอาหารมีความคงทนและความแข็งเพิ่มขึ้น (Skoch et al., 1981)

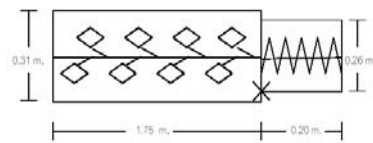
ดังนั้นจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของเม็ดอัดเม็ดประกอบกับสภาวะการผลิตของโรงงาน สิ่งทางโครงการนำเสนอเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเม็ดอัดเม็ดให้มีความคงทนเพิ่มขึ้นและปริมาณฝุ่นลดลง คือ การปรับปรุงในส่วนของการคลุกไอน้ำในสามส่วนดังนี้ 1) การปรับแยกระบบลำเลียงวัตถุดิบออกจากท่อคลุกไอน้ำ 2) การเพิ่มปริมาตรท่อคลุกไอน้ำ และ 3) การเพิ่มตำแหน่งการเข้าของไอน้ำในท่อคลุกจาก 1 จุดเพิ่มเป็น 4 จุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความคงทนและความแข็งของเม็ดอัดเม็ดหลังอัดเม็ด และเพื่อศึกษาผลของกระบวนการอัดเม็ดเม็ดอัดเม็ดสำหรับการเข้าย่อยได้ของเอนไซม์

วัตถุดิบและวิธีการ

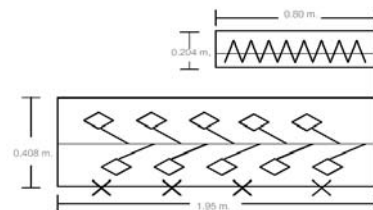
เม็ดอัดเม็ดเส้นแห้งที่ผ่านการร่อนทรายออก ถูกนำเข้าเครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ที่มีขนาดตะแกรงบด 22.3 มิลลิเมตร และนำไปผ่านกระบวนการคลุกไอน้ำและอัดเม็ดด้วยท่อคลุกไอน้ำ 2 ท่อ ได้แก่ ท่อคลุกไอน้ำเดิม และท่อคลุกไอน้ำที่ปรับปรุง โดยสิ่งที่เปลี่ยนแปลงของท่อคลุกไอน้ำประกอบด้วย การแยกส่วนท่อลำเลียงออกจากท่อคลุกไอน้ำและแยกมอเตอร์ควบคุม ซึ่งทำให้เวลาในการคลุกไอน้ำคงที่ การเพิ่มปริมาตรของท่อคลุกไอน้ำจากเดิม 0.97 ลูกบาศก์เมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.31 เมตร, ยาว 1.75 เมตร) เป็น 1.28 ลูกบาศก์เมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.408 เมตร, ยาว 1.95 เมตร) เพื่อให้มันเส้นและไอน้ำมีการคลุกเคล้าได้มากขึ้น และการเพิ่มตำแหน่งของไอน้ำจาก 1 จุดเป็น 4 จุด (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะของท่อคลุกไอน้ำท่อเก่า และท่อคลุกไอน้ำท่อใหม่

ภาพที่ 1ก. ท่อคลุกไอน้ำเก่า



ภาพที่ 1ข. ท่อคลุกไอน้ำใหม่



ในแต่ละการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ จุดก่อนเข้าท่อคลุกไอน้ำ จุดหลังออกจากท่อคลุกไอน้ำ และ จุดหลังออกจากหัวอัด เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลทางด้านเคมีและด้านกายภาพ โดยแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Designs) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ ในแต่ละทรีทเมนต์มี 3 ซ้ำ โดยทรีทเมนต์คือ

1. การคลุกไอน้ำและอัดเม็ดด้วยท่อเก่าที่ 60 °C
2. การคลุกไอน้ำและอัดเม็ดด้วยท่อเก่าที่ 70 °C
3. การคลุกไอน้ำและอัดเม็ดด้วยท่อใหม่ที่ 60 °C
4. การคลุกไอน้ำและอัดเม็ดด้วยท่อใหม่ที่ 70 °C

การตรวจวิเคราะห์ผลด้านกายภาพประกอบด้วย การหาปริมาณฝุ่น (มอก. 330-2523) การหาค่าความคงทนของเม็ดอาหาร (ASAE, 1987) การหาค่าความแข็งของเม็ดอาหาร (มอก. 330-2523) และการวัดความยาวของเม็ดอาหารโดยเครื่องวัดเวอร์เนียไมโครมิเตอร์ และการตรวจวิเคราะห์ผลด้านเคมีประกอบด้วย การวิเคราะห์หาปริมาณแป้ง (มอก. 274-2521) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเม็ดอัดเม็ด ได้แก่ ความชื้น เถ้า ทราย เยื่อใย โดยวิธี proximate analysis (มอก. 52-2516) และการวิเคราะห์การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์ โดยชุดตรวจสอบ Megazyme™ (Gibson et al, 1993)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การปรับปรุงกระบวนการอัดเม็ดมันสำปะหลัง เพื่อลดปัญหาการแตกหักและความเป็นฝุ่นในระหว่างการขนส่งและลำเลียง มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ วัตถุดิบ ขนาดของมันสำปะหลังเส้นบด ลักษณะหัวอัด การคลุกไอน้ำ และการทำให้เย็น (Reimer, 1992) แต่ปัจจัยที่สามารถแก้ไขปรับเปลี่ยนและมีผลกระทบต่อ การผลิตของโรงงานน้อยที่สุดคือ ขั้นตอนการคลุกไอน้ำ นอกจากนี้จากการศึกษาของ Steven (1987) พบว่า อุณหภูมิของไอน้ำที่ใช้ มีผลต่อปริมาณและตำแหน่ง การเกิดเจลาตินในชั้นของแป้งในข้าวโพดอัดเม็ด ซึ่งจะส่ง ผลต่อค่าความคงทนและความแข็งของเม็ดอาหาร

ข้อมูลเบื้องต้นก่อนการปรับเปลี่ยนท่อคลุกไอน้ำ พบว่า ช่วงอุณหภูมิการคลุกไอน้ำของมันสำปะหลัง

บดเพื่อผลิตเป็นมันเส้นอัดเม็ดอยู่ในช่วง 60-80 °C ความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการคลุกไอน้ำอยู่ในช่วง 1 - 3% โดยอุณหภูมิการคลุกที่ 80 °C ให้ค่าความคงทน ความแข็ง และความยาวมากที่สุด และมีปริมาณ ฝุ่นน้อยที่สุด ($P < 0.05$) แต่ในสภาวะการผลิตจริงผู้ ประกอบการไม่สามารถที่จะผลิตได้ เนื่องจากกำลังการผลิตต่อชั่วโมงต่ำมาก โดยผู้ประกอบการจะต้องคง กำลังการผลิตไว้ที่ 5 ตันต่อชั่วโมงต่อหัวอัด ดังนั้นช่วง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผลิตจึงอยู่ในช่วง 60-70 °C ทั้งในด้านประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นในกระบวนการอัดเม็ดมัน ณ ตำแหน่งต่างๆของสภาวะการทดลองที่ต่างกัน

คุณสมบัติ	สภาวะต่างๆ			
	ท่อเก่า		ท่อใหม่	
	60 °C	70 °C	60 °C	70 °C
อุณหภูมิ				
อุณหภูมิคลุกไอน้ำ ²	62.5	67.8	63.5	72.2
อุณหภูมิเม็ดอาหารร้อน ³	85.4	86.0	81.3	85.7
ความชื้น (%)				
ความชื้นเริ่มต้น ¹	12.68	12.68	12.74	12.74
ความชื้นในท่อคลุกไอน้ำ ²	14.88	15.00	15.38	15.16
ความชื้นสุดท้าย ³	10.84	10.77	12.73	11.23

¹ อุณหภูมิและความชื้นของมันสำปะหลังก่อนผ่านกระบวนการ

² อุณหภูมิและความชื้นของมันสำปะหลังบดในท่อคลุก เมื่อได้รับไอน้ำ

³ อุณหภูมิและความชื้นของมันสำปะหลังอัดเม็ดที่วัดทันที หลังออกจากหัวอัด

ผลของอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการ คลุกไอน้ำเปรียบเทียบระหว่างท่อคลุกเก่าและท่อคลุก ใหม่แสดงในตารางที่ 1 พบว่า อุณหภูมิการคลุกไอน้ำที่ สูงขึ้น จะส่งผลต่อการเพิ่มของความชื้น เนื่องจากไอน้ำเป็นแหล่งของอุณหภูมิและความชื้น Skoch et

al.(1983) รายงานว่า ไอน้ำจะเป็นตัวหล่อลื่นสำคัญ ที่ ช่วยลดแรงเสียดทานในระหว่างการรีดมันสำปะหลังบ่ม ไอน้ำผ่านช่วงเปิดของหัวอัด ซึ่งจะช่วยลดผลต่างของ อุณหภูมิคลุกไอน้ำกับอุณหภูมิเม็ดอาหารร้อน ป้องกัน การสีกหรือของจานอัด โดยข้อมูลจากตารางที่ 1 ช่วง

อุณหภูมิและความชื้นคลุกไอน้ำที่ใหม่และที่เก่า พบว่าอุณหภูมิคลุกไอน้ำของที่เก่าอยู่ในช่วง 62 - 67 °C ความชื้นอยู่ในช่วง 14.8-15.0% เวลาในการคลุก 3 วินาที ในขณะที่ที่ใหม่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 63 - 72 °C ความชื้นอยู่ในช่วง 15.2-15.4% เวลาในการคลุก 6.5 วินาที ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น อันเป็นผลมาจากการที่เพิ่มจุดการเข้าของไอน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มันสำปะหลังเส้นบดได้รับไอน้ำอย่างทั่วถึง

นอกจากนี้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างเม็ดอาหารร้อนและอุณหภูมิกลุกไอน้ำจากที่ใหม่มีค่าน้อยกว่าผลต่างของอุณหภูมิจากที่เก่า โดยสภาวะการ

ผลิตจากที่คอลลกใหม่ที่มีอุณหภูมิการคลุกไอน้ำ 72.2 °C และอุณหภูมิเม็ดอาหารร้อน 85.7 °C ได้ค่าผลต่างต่ำที่สุด 13.5% เปรียบเทียบกับผลต่างของอุณหภูมิที่ได้จากที่เก่า ณ ที่อุณหภูมิ 70 °C มีอุณหภูมิการคลุกไอน้ำที่ 62.2 °C และอุณหภูมิเม็ดอาหารร้อน 85.4 °C ได้ค่าผลต่าง 18.2% ซึ่งข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การอัดมันสำปะหลังโดยใช้ที่คอลลกไอน้ำใหม่ จะสามารถช่วยยืดอายุการใช้ของจานอัดเม็ดได้ยาวนานขึ้น

ตารางที่ 2 ข้อมูลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของมันสำปะหลังอัดเม็ดที่สภาวะการทดลองต่างกัน

คุณสมบัติ	สภาวะการทดลอง ¹			
	ที่เก่า		ที่ใหม่	
	60 °C	70 °C	60 °C	70 °C
คุณสมบัติทางกายภาพ				
ความคงทนปกติ, %	82.4 ^a	84.1 ^{ab}	81.5 ^a	86.9 ^b
ความคงทนดัดแปร, %	79.1 ^{ab}	80.9 ^{ab}	77.0 ^a	83.4 ^b
ฝุ่น, %	2.6 ^b	2.5 ^b	2.1 ^{ab}	1.3 ^a
ความยาว, (ซม.)	3.0 ^a	3.2 ^a	3.2 ^a	3.6 ^a
แรง, (กก.)	5.3 ^a	5.8 ^a	6.0 ^a	7.1 ^b
คุณสมบัติทางเคมี				
แป้ง (EEC method), %	78.6 ^a	76.9 ^a	78.1 ^a	76.6 ^a
ทราย, %	2.3 ^a	2.5 ^a	3.2 ^{ab}	2.9 ^{ab}
เถ้า, %	4.1 ^a	4.4 ^a	4.9 ^a	4.8 ^a
เยื่อใย, %	2.3 ^{ab}	3.1 ^b	2.1 ^a	2.8 ^{ab}

¹ ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ไอน้ำนอกจากจะเป็นตัวหล่อลื่นที่สำคัญในกระบวนการอัดเม็ดมันสำปะหลังแล้ว ยังมีผลต่อความคงทนและความแข็งของมันอัดเม็ด การใช้ไอน้ำจะช่วยทำให้มันสำปะหลังอัดเม็ดมีค่าความเป็นฝุ่นน้อยลงและมันสำปะหลังที่อัดมีความคงทนและความแข็งเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 2) ค่าความคงทนของเม็ดมันที่อุณหภูมิ 72.2 °C ของที่คอลลกไอน้ำที่ใหม่มีค่ามากที่สุดคือ 86.9 % แต่ไม่แตกต่างทางนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ

กับมันสำปะหลังอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 70 °C ของที่คอลลกตัวเก่า ($P < 0.05$) แรงที่ใช้ในการทำให้เม็ดแตกหักมีค่า 7.1 กิโลกรัม มีความแตกต่างทางนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 70 °C ของที่คอลลกตัวเก่า ($P < 0.05$) ในขณะเดียวกันมีค่าฝุ่นต่ำที่สุดคือ 1.3 % ($P < 0.05$) แต่ความยาวของมันอัดเม็ดมีความยาวใกล้เคียงกันแต่ไม่แตกต่างทางนัยสำคัญ ซึ่ง

ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ M.Thomas และคณะ (1996 และ 1997) และ Skoch และคณะ (1983) ที่พบว่า เมื่อมีการให้ความร้อนและปริมาณของไอน้ำจนถึงอุณหภูมิ 70 °C ค่าความคงทนของเม็ดที่อัดได้จะเพิ่มสูงขึ้นถึง 75 -98 % เนื่องจากเมื่อเกิดการคลุกไอน้ำกับวัตถุดิบอาหารสัตว์บดที่เหมาะสม ไอน้ำจะไปทำให้ผิวรอบของเม็ดแบ่งเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของไหล ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมให้อนุภาคแบ่งเกิดการยึดตัวกันดีขึ้น ส่งผลให้ลดการแตกหักและ

ลดปริมาณฝุ่นของมันเม็ด และเพิ่มค่าความคงทนของมันเม็ด

ผลของความร้อนและความชื้นจากไอน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของมันสำปะหลังอัดเม็ด ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งและเปอร์เซ็นต์เยื่อใยในมันสำปะหลังอัดเม็ดที่สภาวะต่างๆ แต่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้าและทรายลดลงเมื่อมีการอัดเม็ดด้วยไอน้ำ สาเหตุของการลดลงคาดว่าจะมาจากการลำเลียงมันสำปะหลังเข้าเครื่องบด ท่อคลุกและอัดเม็ด ทำให้เถ้าและทรายแยกออกจากมันสำปะหลังบด

ตารางที่ 3 ผลของอุณหภูมิการคลุกไอน้ำและอัดเม็ดต่อเปอร์เซ็นต์การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์

สภาวะการทดลอง	เปอร์เซ็นต์การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์		
	ก่อนการเข้าท่อคลุกไอน้ำ	หลังออกจากท่อคลุกไอน้ำ	หลังออกจากหัวอัด
ท่อเก่า 60 °C	4.48 ^{a,1}	4.57 ^{a,1}	16.29 ^{a,2}
ท่อเก่า 70 °C	4.73 ^{a,1}	4.58 ^{a,1}	15.47 ^{a,2}
ท่อใหม่ 60 °C	4.48 ^{a,1}	3.55 ^{a,1}	14.81 ^{a,2}
ท่อใหม่ 70 °C	4.55 ^{a,1}	2.95 ^{a,1}	14.87 ^{a,2}

^{a,b} ตัวอักษรในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันทางนัยสำคัญ (P<0.05)

^{1,2} ตัวเลขในแต่ละบรรทัดแสดงความแตกต่างกันทางนัยสำคัญ (P<0.05)

การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์ซึ่งทางโครงการใช้เป็นดัชนีบอกระดับการเจลาติไนซ์ของแป้ง (ตารางที่ 3) ถ้าแป้งมีการเจลาติไนซ์สูงจะทำให้เอนไซม์เข้าย่อยได้มากขึ้น โดยใช้ starch damage kits ซึ่งเป็นวิธี ceralpsa procedure (MegaZyme™) เนื่องจากงานวิจัยของ Gibson และคณะ (1993) พบว่า ข้อดีของวิธีนี้คือ ความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง ค่าความแปรปรวนต่ำ สะดวก รวดเร็ว จากผลการทดลอง พบว่า การบ่มมันสำปะหลังเส้นและไอน้ำในท่อคลุกไอน้ำไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์ทางนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับมันเส้นก่อนคลุกไอน้ำแต่เปอร์เซ็นต์การเข้าย่อยได้ของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 14.8 -16.5% ในส่วนของการอัดมันผ่านรูเปิดของหัวอัด

สำหรับการทดลองปรับเวลาในการคลุกไอน้ำให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเครื่องใหม่มีเวลาการคลุกไอน้ำอยู่ที่ 6.5 วินาทีนั้นทางโรงงานสามารถปรับเพิ่มโดยการปรับองศาใบพายขึ้นได้เพียง 3 วินาที จากงานวิจัยของ Briggs et al (1999) พบว่า การปรับเวลาในการคลุกไอน้ำเพื่อให้ความคงทนของเม็ดมันเพิ่มขึ้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ต้องปรับเวลาในการคลุกให้เพิ่มมากขึ้น 10 วินาที ดังนั้นจึงทางโครงการจึงเห็นว่าเวลาคลุกไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 3 วินาที ไม่มีผลเด่นชัดต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของมันสำปะหลังอัดเม็ด

สรุป

จากข้อมูลสมบัติทางกายภาพและเคมีของมันสำปะหลังอัดเม็ดต่ออุณหภูมิและความชื้นที่ใช้ในการอัดเม็ดสรุปได้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิ ความชื้น และ

ปริมาณที่อุณหภูมิ 72.2 °C เวลาในห่ออุณหภูมิ 6.5 วินาที ความชื้นเพิ่มขึ้นในระหว่างการคลุกไอน้ำ 2.4% ทำให้ได้มันสำปะหลังอัดเม็ดที่มีความคงทนของเม็ด 86.9% ความแข็ง 7.1 กก. ปริมาณฝุ่น 1.3% และมีเปอร์เซ็นต์การเข้าย้อยได้ของเอนไซม์ 14.87%

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญานิพนธ์ ประจำปี 2546

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ม.ป.ป. ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร
มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา

<http://www.doa.go.th/data-agri/CASS/1stat/st01.html> . 4 พฤศจิกายน 2546 .

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2516.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมัน
สำปะหลัง. 52-2516.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมัน
สำปะหลัง. 274-2521.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง
อัดเม็ดแข็ง. 52-2516.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2544.

แก้ววิฑูตส่งออกมันสำปะหลังอัดเม็ดไทย. แหล่งที่มา

http://www.thaienvironment.net/update_area/article_txt/tq_detail.asp?txt_id=atis086.

4 พฤศจิกายน 2546.

ASAE. 1987. Wafers, pellets, crumbles-definitions and methods for determining density, durability, and moisture content. ASAE Standard S269.3, Agricultural Engineers Yearbook of Standards. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. p.318.

Briggs, J.L., D.E. Maier, B.A. Watkins, and K.C.

Behnke. 1999. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. Poultry Sci. 78: 1464 – 1471.

Gibson, T. S., C. J. Kaldor and McCleary, B.

V., 1993. Collaborative evaluation of an enzymatic starch damage assay Kit and comparison with other method. Cereal Chem. 70(1): 47-51.

Reimer, L. 1992. Conditioning, Proc. Northern Crops

Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. Short Course, California Pellet Mill Co., Crawfordsville, IN, p.7..

Skoch, E. R., Behnke, K. C., Deyoe, C. W. and

Binder, S. F., Allee and G. L. , 1983. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet, Kansas State University, Anim. Sci. 57(4): 922- 935.

Skoch, E. R., Behnke, K. C., Deyoe, C. W. and

Binder, S. F., 1981. The effect of steam-conditioning rate on the

Thomas, M. and van der Poel, A.F.B , van

Zuilichem, and D. J. 1997. Physical quality of

pelleted animal feed 2. Contribution of processes and its conditions. Anim. Feed Sci. Technol. 64: 173-192.

Thomas, M. and van der Poel, A.F.B. 1996. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. Anim. Feed Sci. Technol. 61:89-112.