

รายงานผลการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2557

1. ชุดโครงการวิจัย -
2. โครงการวิจัย (เดี่ยว) ศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งเนื้อมังคุดด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) ศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งเนื้อมังคุดด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Study and Development on Mangosteen Dried Technology with Continuous Type Hot Air Dryer

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง:	นายพุทธินันท์ จารุวัฒน์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน	นายสากล วิริยานันท์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายศุภวรรณ ภามาตย์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายบัณฑิต จิตรจันทน์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายนิวัติ อาระวิล	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายเทียนชัย เหลลาลา	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นางสาวจรรุวรรณ รัตนสกุลธรรม	สังกัด	สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการ หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
	นางอภิรดี กอร์ปไพบูลย์	สังกัด	ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

5. บทคัดย่อ

ปัญหาผลิตผลทางการเกษตรในฤดูกาลเก็บเกี่ยวมีปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ลำไย ลิ้นจี่ มังคุด เงาะ เป็นต้น ซึ่งการขายในรูปแบบผลผลิตสดทั้งภายในประเทศและนอกประเทศยังไม่เพียงพอต่อการระบายผลผลิตออกสู่ตลาด ทำให้ราคาตกต่ำ การแปรรูปผลผลิตโดยเฉพาะการอบแห้งเป็นหนึ่งในกระบวนการที่มีศักยภาพสูงในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยผลิตภัณฑ์อบแห้งสามารถเก็บไว้จำหน่ายนอกฤดูกาลได้ ทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการมีรายได้เพิ่มขึ้น คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่อเนื่องเพื่อใช้ในการอบแห้งผักและผลไม้ โดยเครื่องต้นแบบได้ถูกออกแบบให้รองรับการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ 2 ระดับ ประกอบด้วยห้องอบแห้งอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและห้องผลิตผลเกษตรต่อเนื่องที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิต่ำลงในช่วงที่สอง จนกระทั่งได้ผลผลิตอบแห้งที่พร้อมทำการจำหน่ายสู่

ผู้บริโภค เครื่องต้นแบบมีพื้นที่การอบแห้งทั้งหมด 30 ตารางเมตร ชุดพัดลมเป็นชนิดไหลตัดแกนขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ชุดให้ความร้อนเป็นชนิดหัวพันแก๊ส ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งให้คงที่ได้ด้วยระบบควบคุมการตัดต่อแก๊ส LPG ด้วยอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์วผ่านอุปกรณ์ปรับตั้งอุณหภูมิ และหัววัดอุณหภูมิ ได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งเนื้อมังคุด ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมังคุดคือการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อมังคุดอบแห้งพบว่า เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช.136/2550) โดยเนื้อมังคุดอบแห้งมีผิวแห้ง เนื้อไม่แข็งกระด้าง สีสม่ำเสมอ ไม่มีสิ่งแปลกปลอม มีค่าความชื้น 17% โดยน้ำหนัก ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.52 และค่าจุลินทรีย์ที่ไม่เกินมาตรฐาน

6. คำนำ

มังคุดเป็นผลไม้ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นราชาแห่งผลไม้เมืองร้อน เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี ลักษณะรูปทรงและสีส้มของผลสวยงาม แปลกตาชวนให้รับประทาน มังคุดจึงเป็นหนึ่งในผลไม้ที่สร้างชื่อเสียงให้แก่ประเทศไทยและเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกมังคุดรายใหญ่ของโลก การส่งออกมังคุดมีทั้งส่งออกในรูปแบบผลสดและแช่แข็ง โดยตลาดมังคุดผลสดได้แก่ ฮองกง ไต้หวัน สาธารณรัฐประชาชน จีน ลาว สาธารณรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ฟิจิ เวียดนาม เนเธอร์แลนด์และแคนาดา ส่วนตลาดมังคุดแช่แข็ง ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ไต้หวัน นิวซีแลนด์ เกาหลี สิงคโปร์ และแคนาดา โดยในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีการส่งออกมังคุดในรูปแบบมังคุดสดแช่เย็นจำนวน 46,920 ตัน มูลค่า 728.5 ล้านบาท ส่งออกในรูปแบบมังคุดสดแช่แข็งจำนวน 312 ตัน มูลค่า 27.15 ล้านบาท และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต (หฤทัย, 2551) เนื่องจากมังคุดเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพในการส่งออก พื้นที่ปลูกมังคุดจึงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จากพื้นที่ปลูก 236,000 ไร่ ในปี 2538 เพิ่มขึ้นเป็น 454,000 ไร่ ในปี 2550 และมีพื้นที่ปลูกให้ผลผลิตแล้วกว่า 360,000 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 298,000 ตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ในเขตจังหวัด ชุมพร นครศรีธรรมราช นราธิวาส สุราษฎร์ธานี ระนอง และพังงา ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด และภาคตะวันออกในเขตจังหวัด ระยอง จันทบุรี และตราด ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด ผลผลิตในภาคตะวันออกจะเริ่มออกสู่ท้องตลาดในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ส่วนในภาคใต้จะออกในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม ประเทศไทยจึงมีระยะเวลาเก็บผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณ 5 เดือน ปัจจุบันเนื่องจากปัญหาผลิตผลในฤดูกาลเก็บเกี่ยวฝักและผลไม้มีปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น มังคุด ลำไย ลิ้นจี่ ทุเรียน เงาะ เป็นต้น เพราะมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น ตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการขายในรูปแบบผลสดทั้งภายในประเทศและนอกประเทศยังไม่เพียงพอต่อการระบายผลผลิตออกสู่ตลาด ทำให้เกิดปัญหาผลผลิตราคาตกต่ำ และมีความผันผวนไม่แน่นอน

ในแต่ละปี โดยมังคุดคุณภาพดีจะถูกส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศผ่านผู้ประกอบการส่งออก ส่วนมังคุดที่ตกเกรด จะถูกจำหน่ายในประเทศผ่านพ่อค้าคนกลาง โดยในปีที่มังคุดมีราคาดีเกษตรกรสามารถจำหน่าย มังคุดสดคุณภาพดีราคาประมาณ 30-50 บาท มังคุดสดตกเกรดราคาประมาณ 10-15 บาท แต่ในบางปีที่มังคุดมีราคาตกต่ำ เกษตรกรจะสามารถจำหน่ายมังคุดสดคุณภาพดีที่ราคาประมาณ 8-10 บาท และมังคุดตกเกรดที่ราคาประมาณ 3-5 บาท เท่านั้น ซึ่งสร้างความเดือดร้อนให้เกษตรกรเป็นอย่างมาก การแปรรูปผลผลิตเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดความรุนแรงของปัญหาผลผลิตล้นตลาดได้ ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมังคุดหลายรูปแบบเช่น ไวน์มังคุด แยมมังคุด มังคุดกวน มังคุดพับ เป็นต้น การแปรรูปโดยการอบแห้งเนื้อมังคุดเป็นอีกหนึ่งกระบวนการที่มีศักยภาพสูงในการลดปัญหาดังกล่าว โดยการนำมังคุดตกเกรดซึ่งมีราคาต่ำมาทำการแปรรูปโดยการอบแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่า จากการศึกษาทำให้คาดได้ว่าเกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบเป็นราคาขายมังคุดสดตกเกรดอย่างต่ำกิโลกรัมละ 2 บาท ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดราคาขายผลิตภัณฑ์เนื้อมังคุดอบแห้ง และต้นทุนการผลิต โดยผลมังคุดสด 10 กิโลกรัม จะได้เนื้อมังคุดสด 4 กิโลกรัม และเนื้อมังคุดอบแห้ง 1 กิโลกรัม โดยผลิตภัณฑ์อบแห้งสามารถเก็บไว้จำหน่ายนอกฤดูกาลได้ ทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการมีรายได้เพิ่มขึ้น ปัจจุบันเครื่องอบแห้งลมร้อนโดยใช้แก๊สสูงต้มเป็นเชื้อเพลิง ได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร วิชาหกิจชุมชนต่างๆ และผู้ประกอบการ ซึ่งเครื่องอบแห้งที่ใช้มีหลายรูปแบบและมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนมาอย่างต่อเนื่องให้มีประสิทธิภาพที่ดี การกระจายลมร้อนสม่ำเสมอ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทำงาน ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีคุณภาพที่ดี หากมีการนำเครื่องอบแห้งลมร้อนที่พัฒนาขึ้นมาใช้อบแห้งเนื้อมังคุด ศึกษากระบวนการผลิตและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดใหม่ได้ สามารถช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นและเป็นช่องทางใหม่สำหรับเกษตรกร นอกจากการขายผลผลิตสดที่ราคาต่ำ ในสถานการณ์ที่ผลผลิตล้นตลาดในฤดูกาล

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 100 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 2 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. สายวัดและไม้บรรทัด
5. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
6. นาฬิกาจับเวลา

วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อมังคุดอบแห้งทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ค่าสี (L , a^* , b^*), ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Brix), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (A_w), ค่าปริมาณกรด, ค่าความชื้น (Moisture content; %), เป็นต้น และศึกษาการอบแห้งเนื้อมังคุดที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส, 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษากระบวนการผลิตเนื้อมังคุดอบแห้ง

2. ศึกษาระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ชุดอุณหภูมิ คือชุดอุณหภูมิที่ 1 อบแห้งเนื้อมังคุดที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิสูง 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และอบแห้งเนื้อมังคุดต่อเนื่องที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง รวมเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง ชุดอุณหภูมิที่ 2 อบแห้งเนื้อมังคุดที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิสูง 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และอบแห้งเนื้อมังคุดต่อเนื่องที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง รวมเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง และชุดอุณหภูมิที่ 3 อบแห้งเนื้อมังคุดที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิสูง 85 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และอบแห้งเนื้อมังคุดต่อเนื่องที่ห้องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง รวมเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง

3. ทดสอบเก็บข้อมูลการอบแห้งเนื้อมังคุดตามแผนการทดลองที่ได้กำหนดไว้โดยใช้ผลมังคุดสดปริมาณ 100 กิโลกรัมต่อการทดลอง และวัดคุณภาพมังคุดอบแห้งที่ผลิตได้ ได้แก่ ค่าความชื้นสุดท้าย (Moisture content; %), ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, A_w) และค่าสี (L , a^* , b^*)

4. ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายเพื่อช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื้อมังคุดอบแห้ง โดยทดสอบร่วมกับชุดอุณหภูมิต่ำที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการแช่เนื้อมังคุดในสารละลาย 3 ชนิดคือ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl), โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) และกรดซิตริก (Citric acid) แต่ละชนิดมีความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ NaCl 2500 ppm, NaCl 5000 ppm, NaCl 7500 ppm, KMS 1000 ppm, KMS 1500 ppm, KMS 2000 ppm, Citric acid 1000 ppm, Citric acid 2000 ppm และ Citric acid 3000 ppm โดยกำหนดให้เนื้อมังคุดที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเป็นตัวควบคุม จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของผลไม้อบแห้งที่ได้ในด้านค่าความชื้นสุดท้าย (Moisture content; %), ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, A_w) และค่าสี (L , a^* , b^*)

5. วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของทุกกรรมวิธีการแช่สารละลาย เพื่อเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสม

6. นำตัวอย่างเนื้อมังคุดอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมและผ่านการแช่สารละลายและความเข้มข้นที่เหมาะสม ไปทำการเคราะห์ด้านจุลินทรีย์และเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง มผช.136/2550

7. สรุปและรายงานผลการทดลอง

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม 2555 – ระยะเวลาสิ้นสุด กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี
- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ทำการทดสอบวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อมังคุดสด (รูปที่ 1) เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมังคุด โดยผลการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรมีดังนี้

- ค่าสี ใช้เครื่องวัดสีรุ่น Konica Minolta CR-400 (รูปที่ 2.) ผลการทดสอบพบว่าเนื้อมังคุดสดมีค่าเฉลี่ย $L^* = 55.19$, $a^* = 3.71$ และ $b^* = 0.6$



รูปที่ 1. เนื้อมังคุดสด



รูปที่ 2. ทดสอบวัดค่าสี

- ค่า A_w (Water activity) คือค่าอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_0) ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรือปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่มีผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ ใช้เครื่องวัดชนิด

Thermoconstanter Novasina RTD-200 (รูปที่ 3) ผลการทดสอบพบว่าเนื้อมังคุดสด (รูปที่ 4) มีค่า Aw เฉลี่ย = 0.96



รูปที่ 3. เครื่องมือวัดค่า Aw (Water activity)



รูปที่ 4. ตัวอย่างทดสอบเนื้อมังคุดสด

- ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (บริกซ์) ใช้เครื่องวัดชนิด Hand refractometer (รูปที่ 5) ผลการทดสอบพบว่าน้ำมังคุดสด (รูปที่ 6) มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 17 บริกซ์



รูปที่ 5. อุปกรณ์ Hand refractometer



รูปที่ 6. ตัวอย่างน้ำมังคุดสดสำหรับทดสอบ

- ค่า pH ใช้เครื่องวัดค่า pH รุ่น Consort c861 (รูปที่ 7) ผลการทดสอบพบว่าเนื้อมังคุดสดมีค่า pH เฉลี่ย 3.3



รูปที่ 7. เครื่องมือวัดค่า pH

- ค่าปริมาณกรดในรูปกรด citric, กรด malic และกรด tataric ผลการทดสอบพบว่าเนื้อมังคุดสดมีค่าเฉลี่ยกรด citric = 1.73, ค่ากรด malic = 1.20 และค่ากรด tataric = 1.35 (รูปที่ 8.)



รูปที่ 8. การไตเตรทวัดค่ากรด

- ค่าความชื้น (% MC) ใช้วิธีการหาค่าความชื้นของเนื้อมังคุดสดตามมาตรฐาน A.O.A.C. 2000 (รูปที่ 9) ด้วยตู้อบไฟฟ้า (รูปที่ 10) ผลการทดสอบพบว่าเนื้อมังคุดสดมีค่าความชื้นเฉลี่ย 80%



รูปที่ 9. ทดสอบวัดค่าความชื้น

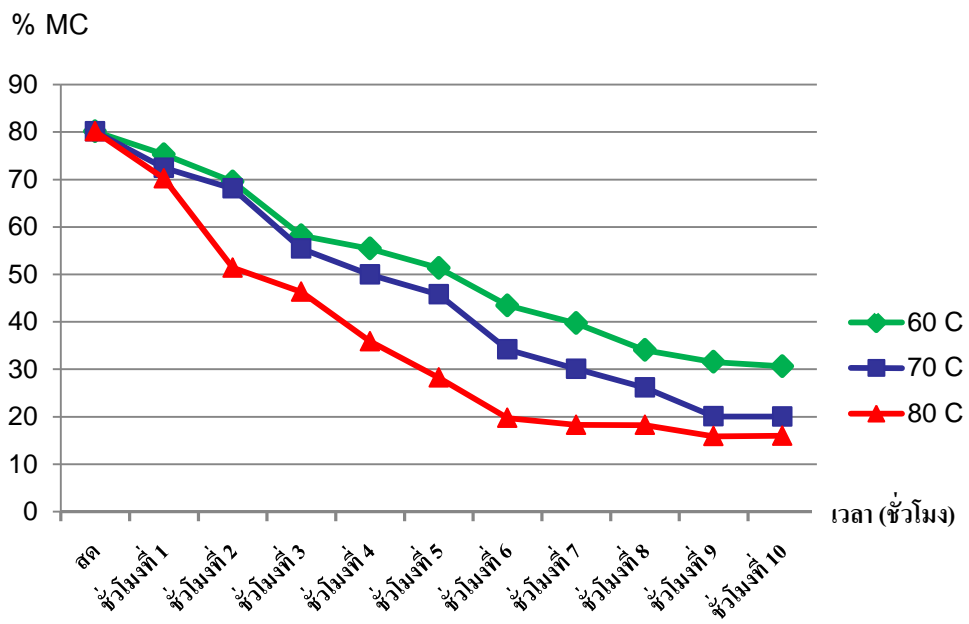


รูปที่ 10. ตู้อบไฟฟ้า

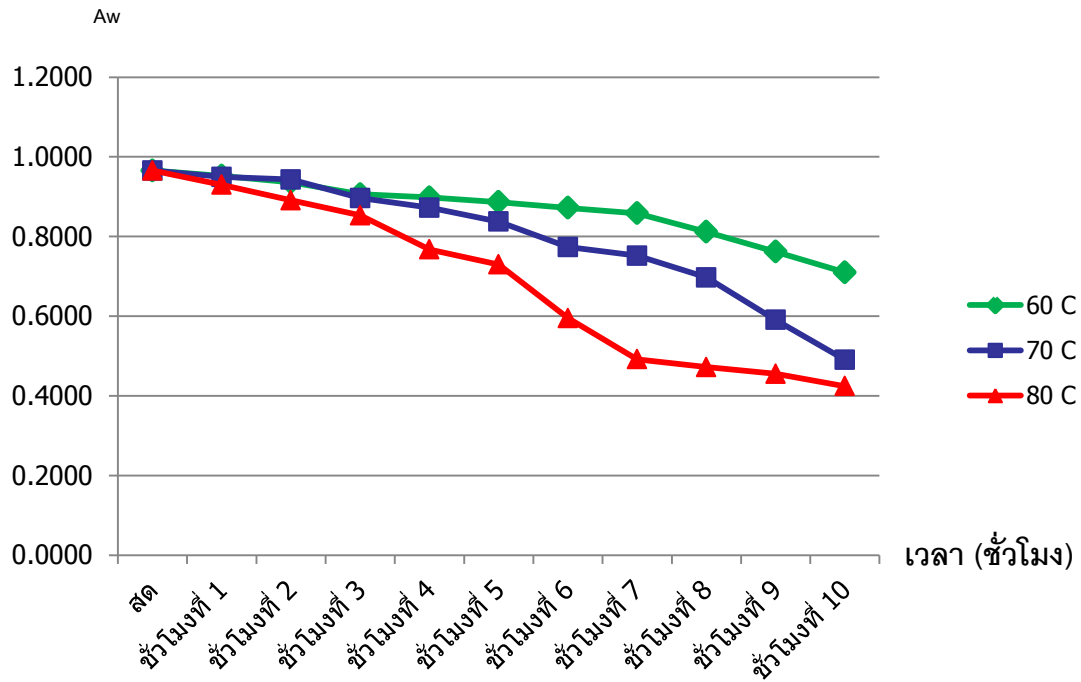
จากนั้นได้ทำการทดสอบอบแห้งเนื้อมังคุดเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 60c, 70c และ 80c ที่ระยะเวลา 10 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนต้นแบบที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร (รูปที่ 11; ภาคผนวก ข) เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมังคุด ผลการทดสอบพบแนวโน้มการลดลงของเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นและค่า Aw ของเนื้อมังคุดอบแห้ง ในแต่ละช่วงเวลาและอุณหภูมิการอบแห้งโดยแสดงไว้ในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นและค่า Aw ของเนื้อมังคุด



รูปที่ 11. เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่อเนื่องต้นแบบ



รูปที่ 12. แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นของเนื้อมังคุดที่ลดลงตามระยะเวลาการอบแห้ง



รูปที่ 13. แผนภูมิค่า Aw ของเนื้อมังคุดที่ลดลงตามระยะเวลาการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของเนื้อมังคุดอบแห้งที่สังเกตได้จากลักษณะภายนอกพบว่า เนื้อมังคุดอบแห้งจะมีสีเข้มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง โดยเนื้อมังคุดอบแห้งที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะดีที่สุดโดยสีของเนื้อมังคุดอบแห้งจะมีสีขาวปนเหลืองและแดง ลักษณะเนื้อไม่แห้งหรือแข็งเกินไป ต่างจากเนื้อมังคุดที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่มีลักษณะไม่แห้ง เนื้อมีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ และเนื้อมังคุดที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่มีสีแดงปนเหลืองเข้มเกินไป ลักษณะเนื้อแห้งและแข็งไม่น่ารับประทาน ผลมังคุดสด เนื้อมังคุดสดและเนื้อมังคุดที่ผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับแสดงไว้ในรูปที่ 14-18



รูปที่ 14. ผลมังคุดสด



รูปที่ 15. เนื้อมังคุดสด



รูปที่ 16. เนื้อมังคุดอบแห้ง 60 c รูปที่ 17. เนื้อมังคุดอบแห้ง 70 c รูปที่ 18. เนื้อมังคุดอบแห้ง 80 c

จากนั้นได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการศึกษาเทคโนโลยีชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมังคุดด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนต้นแบบ โดยเครื่องอบแห้งมีหลักการที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ผู้ผลิตสามารถทำการเตรียมเนื้อมังคุดด้วยการแกะเปลือกมังคุด แยกเนื้อมังคุดกลีบเล็กและกลีบใหญ่ (รูปที่ 19) และเรียงใส่ถาดสำหรับนำเข้าเครื่องอบแห้ง ได้ในเวลาเดียวกับขณะทำการอบแห้งเนื้อมังคุดจากรถเข็นคันก่อนหน้านี้ โดยรถเข็นแต่ละคันจะทยอยเข้าเครื่องทุกๆ 2 ชั่วโมง จนกระทั่งเสร็จสิ้นดังแสดงในรูปที่ 20 สำหรับเนื้อมังคุดอบแห้งจะใช้เวลาในการอบแห้งทั้งสิ้นประมาณ 10 ชั่วโมง ความเร็วลมในการอบแห้งประมาณ 1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 19. เนื้อมังคุดกลีบใหญ่และกลีบเล็กพร้อมทำการอบแห้ง



รูปที่ 20. รูปแบบการทำงานของเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่อเนื่องต้นแบบ

ทำการทดสอบเก็บข้อมูลชุดอุณหภูมิทั้งหมด 3 ชุดด้วยเครื่องต้นแบบ (รูปที่ 21) ได้แก่ ชุดอุณหภูมิที่ 1 (T1) อบแห้งที่อุณหภูมิ 75 c ระยะเวลา 2 hr และ 70 c ระยะเวลา 8 hr, ชุดอุณหภูมิที่ 2 (T2) อบแห้งที่อุณหภูมิ 80 c ระยะเวลา 2 hr และ 70 c ระยะเวลา 8 hr และชุดอุณหภูมิที่ 3 (T3) อบแห้งที่อุณหภูมิ 85 c ระยะเวลา 2 hr และ 70 c ระยะเวลา 8 hr จากนั้นนำเนื้อมังคุดอบแห้งที่ได้จากการทดลองทุกชุดอุณหภูมิ ส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร เพื่อเลือกชุดอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับเนื้อมังคุดต่อไป



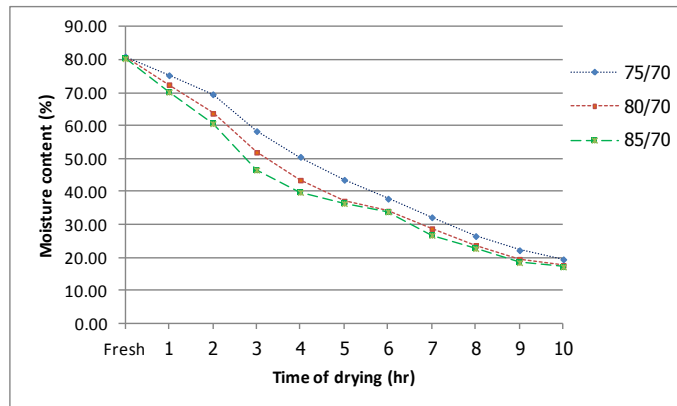
รูปที่ 21. ทดสอบอบแห้งเนื้อมังคุดด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนต้นแบบ

ผลการทดสอบพบว่าการอบแห้งเนื้อมังคุดชุดอุณหภูมิที่ 1 (T1), ชุดอุณหภูมิที่ 2 (T2) และชุดอุณหภูมิที่ 3 (T3) มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม 0.80 ก.ก./ชม., 0.90 ก.ก./ชม. และ 1 ก.ก./ชม. ตามลำดับ อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากันที่ 2.75 หน่วยต่อชั่วโมง โดยใช้ในส่วนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนและในส่วนของชุดควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งและโซลินอยด์วาล์วตัดต่อพลังงานเชื้อเพลิง และเมื่อพิจารณาในด้านคุณภาพของเนื้อมังคุดอบแห้งที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ พบว่าเนื้อมังคุดที่ผ่านการอบด้วยชุดอุณหภูมิที่ 2 (T2) มีคุณภาพดีกว่าชุดอุณหภูมิอื่นๆ โดยมีค่า Moisture content (%) และค่า a_w ที่ต่ำกว่าชุดอุณหภูมิการอบแห้งชุดที่ 1 (T1) และมีคุณภาพที่ดีกว่าชุดที่ 3 (T3) คือเนื้อมังคุดอบแห้งมีความสว่าง (ค่า L) มากกว่าและมีค่า a^* , b^* ที่ต่ำกว่า เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำให้สามารถเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่ายได้นานกว่า โดยผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 1. และรูปที่. 22-25 ซึ่งจากผลการทดสอบทั้งหมดทำให้สรุปได้ว่าชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมังคุดได้แก่ชุดอุณหภูมิที่ 2 (T2) คือการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 c ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ 70 c ระยะเวลา 8 ชั่วโมง รวมเป็น 10 ชั่วโมง

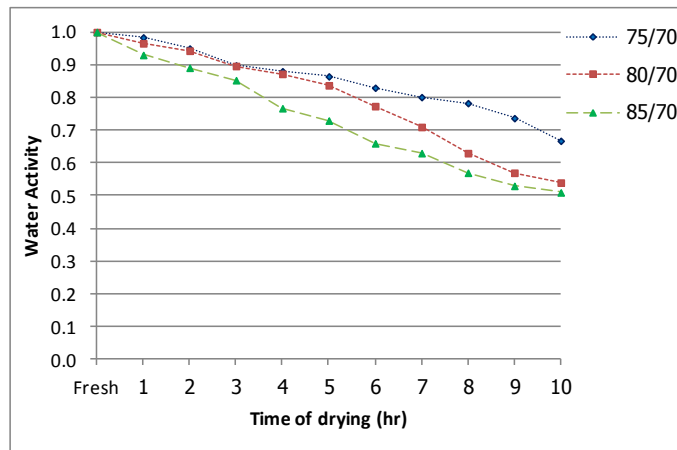
ตารางที่ 1. ผลการทดสอบการอบแห้งเนื้อมังคุดที่ชุดอุณหภูมิต่างๆ

หัวข้อ	อุณหภูมิการอบแห้ง			
	75/70 c (T1)	80/70 c (T2)	85/70 c (T3)	
น้ำหนักผลสด (กิโลกรัม)	100	100	100	
น้ำหนักเนื้อสด (กิโลกรัม)	40	40	40	
ความชื้นเริ่มต้น (เปอร์เซ็นต์)	80	80	80	
น้ำหนักสุดท้าย (กิโลกรัม)	10	10	10	
ความชื้นสุดท้าย (เปอร์เซ็นต์)	19.81b	17.32a	17.22a	
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw)	0.67c	0.54b	0.51a	
ค่าสี	L	45.08a	43.63a	40.14b
	a*	7.20a	8.13b	9.22c
	b*	6.49a	7.90b	8.63c
อุณหภูมิลมร้อนในห้องอบอุณหภูมิสูง (องศาเซลเซียส)	75	80	85	
ระยะเวลาการอบแห้งในห้องอบอุณหภูมิสูง (ชั่วโมง)	2	2	2	
อุณหภูมิลมร้อนในห้องอบอุณหภูมิต่ำ	70	70	70	

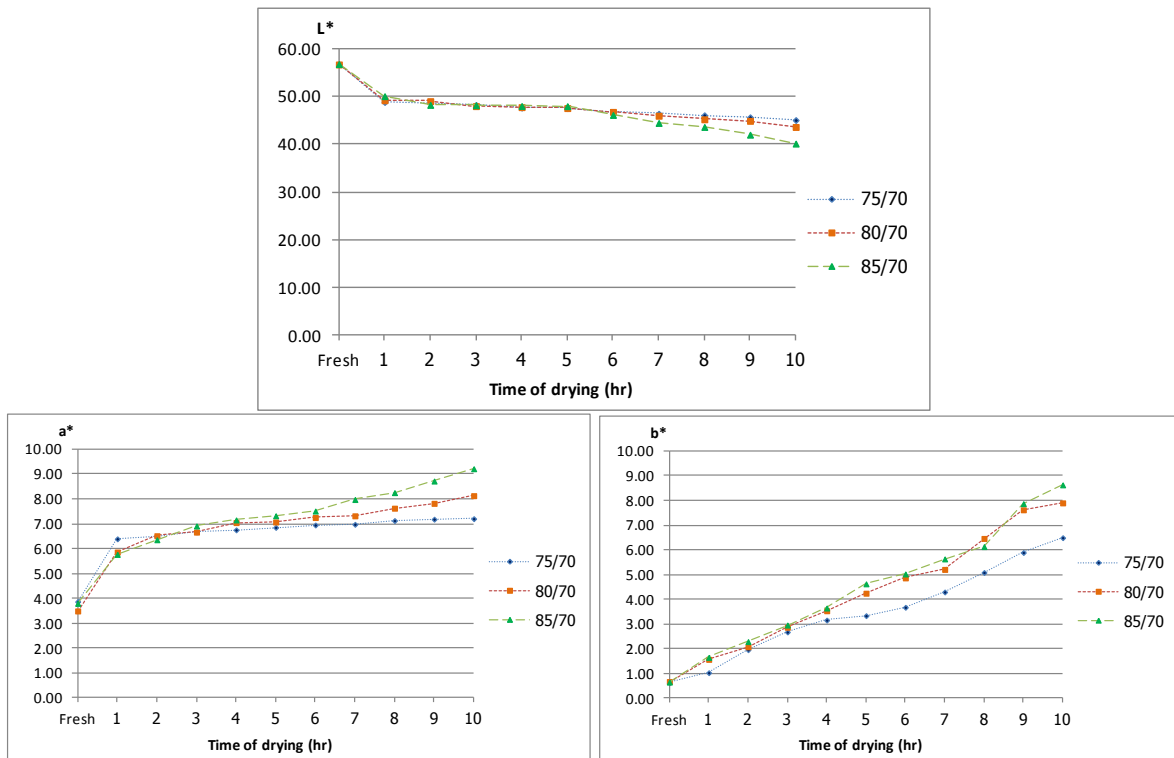
(องศาเซลเซียส)			
ระยะเวลาการอบแห้งในห้องอบอุณหภูมิต่ำ (ชั่วโมง)	8	8	8
เวลาทั้งหมดในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	10	10	10
อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	0.80	0.90	1
อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย/ชั่วโมง)	2.75	2.75	2.75
การใช้แรงงาน (คน)	2	2	2



รูปที่ 22. แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นของเนื้อมังคุดที่ลดลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่ชุดอุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 23. แผนภูมิค่า Aw ของเนื้อมังคุดตามระยะเวลาการอบแห้งที่ชุดอุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 24. แผนภูมิค่าสีของเนื้อหนังคุดตามระยะเวลาการอบแห้งที่ชุดอุณหภูมิต่างๆ



T1 (75/70 c)

T2 (80/70 c)

T3 (85/70 c)

รูปที่ 25. เนื้อหนังคุดอบแห้งที่ชุดอุณหภูมิต่างๆ

จากนั้นได้ทำการศึกษาทดสอบชนิดและความเข้มข้นของสารละลายที่จะนำมาใช้เพื่อช่วยชะลอการเสื่อมสภาพโดยเฉพาะการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อหนังคุดระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพื่อรอการจำหน่ายสู่ผู้บริโภค โดยทำการศึกษาสารละลาย 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และกรดซิตริก โดยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วย 3 ความเข้มข้นคือ 2,500, 5,000 และ 7,500 ppm โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ประกอบด้วย 3 ความเข้มข้นคือ 1,000, 1,500 และ 2,000 ppm และกรดซิตริก (Citric acid) ประกอบด้วย 3 ความเข้มข้นคือ 1,000, 2,000 และ 3,000 ppm โดยการศึกษาชนิดของสารละลายและความเข้มข้นที่เหมาะสมจะทำการทดสอบร่วมกับชุดเทคโนโลยีการอบแห้งเนื้อหนังคุดที่เหมาะสมที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ คือการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 c ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และ 70 c ระยะเวลา 8 ชั่วโมง รวมเป็น 10 ชั่วโมง

โดยเนื้อมัจจุคุดสดถูกแช่ในทุสารละลายและทุความเข้มข้นที่ระยะเวลาประมาณ 5 นาที ก่อนทำการอบแห้ง ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าเนื้อมัจจุคุดอบแห้งที่ผ่านการแช่ในทุสารละลายและทุความเข้มข้นมีค่า Moisture content (%) และค่า Aw ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของการวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อมัจจุคุดอบแห้งที่ได้ จะมีความแตกต่างกันในส่วน of ค่า a* (ค่าบอถึงความเป็นสีแดงด้านบวกและสีเขียวด้านลบ) โดยเนื้อมัจจุคุดอบแห้งที่ค่า a* สูงแสดงถึงคุณภาพของเนื้อมัจจุคุดที่มีแนวโน้มอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากสีของเนื้อมัจจุคุดอบแห้งจะมีการพัฒนาด้านสีที่เข้มข้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเนื้อมัจจุคุดที่แช่ด้วยสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1,500 และ 2,000 ppm จะมีค่า a* ที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับทริทเม้นต์อื่นๆ แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลดิบด้าน Moisture content (%) และค่า Aw ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญในการบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าการแช่เนื้อมัจจุคุดสดด้วยสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2,000 ppm จะมีค่า Moisture content (%) และค่า Aw ที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการแช่เนื้อมัจจุคุดสดด้วยสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2,000 ppm ก่อนทำการอบแห้งจะมีความเหมาะสมที่สุด ผลการทดสอบทั้งหมดและผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงไว้ในตารางที่ 2. และรูปที่ 26

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบด้านคุณภาพเนื้อมัจจุคุดอบแห้งที่แช่ด้วยสารละลาย NaCl, KMS และ Citric acid

ชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย	NaCl	NaCl	NaCl	KMS	KMS	KMS	Citric	Citric	Citric
	2500 ppm	5000 ppm	7500 ppm	1000 ppm	1500 ppm	2000 ppm	1000 ppm	2000 ppm	3000 ppm
หัวข้อวิเคราะห์คุณภาพ									
Moisture content (%)	21.96a	20.53a	19.75a	18.81a	19.81a	18.39a	19.51a	22.29a	18.19a
Aw	0.61a	0.59a	0.57a	0.55a	0.61a	0.54a	0.62a	0.59a	0.48a
L	44.09a	45.09a	49.18a	51.72a	50.63a	49.42a	47.63a	43.77a	51.17a

ค่าสี	a*	6.18bc	7.36ab	6.43bc	6.93abc	5.12c	5.28c	8.41a	7.52ab	8.8a
	b*	4.12a	4.84a	6.80a	7.16a	6.60a	6.14a	7.43a	3.78a	8.25a



รูปที่ 26. วิเคราะห์คุณภาพเนื้อมังคุดอบแห้ง

จากนั้นได้ทำการนำเนื้อมังคุดที่ผ่านการแช่สารละลายสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2,000 ppm ไปทำการตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ ผลการวิเคราะห์พบว่าเนื้อมังคุดอบแห้งผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง มพช.136/2550 รวมทั้งผ่านเกณฑ์ด้านค่าความชื้นและค่า Aw เช่นเดียวกัน โดยแสดงไว้ในตารางที่ 3 และผลิตภัณฑ์มังคุดอบแห้งแสดงไว้ในรูปที่ 27

ตารางที่ 3. ผลการวิเคราะห์เนื้อมังคุดอบแห้งด้านจุลินทรีย์

หัวข้อวิเคราะห์		ต.ย.เนื้อมังคุดอบแห้ง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช.136/2550
ด้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	10	$< 1 \times 10^6$
	เอสเชอริเชีย โคไล (เอ็มพีเอ็น/กรัม)	< 3	< 3

	ยีสต์ (โคโลนี/กรัม)	< 10	< 1×10^4
	รา (โคโลนี/กรัม)	< 10	< 500
	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	17.32	≤ 18
	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw)	0.54	≤ 0.75



รูปที่ 27. ผลิตภัณฑ์มังคุดอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ภาคผนวก ก.) ของการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่อเนื่องในการอบแห้งเนื้อมังคุด พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งเนื้อมังคุด 195.96 บาท/กิโลกรัมเนื้อมังคุดอบแห้ง จุดคุ้มทุนการผลิตเนื้อมังคุดอบแห้ง 6,948 กิโลกรัม/ปี ให้อัตราผลตอบแทนเงินทุน 53.57 เปอร์เซ็นต์/ปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี เมื่อทำการผลิตเนื้อมังคุดอบแห้ง 60 วัน/ปี ต้นทุนมังคุดสดคละเกรดที่นำมาอบแห้งในฤดูกาลผลิตเฉลี่ย 5 ปีล่าสุด 13 บาท/กิโลกรัม และราคาขายผลิตภัณฑ์เนื้อมังคุดอบแห้ง 220 บาท/กิโลกรัม

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้ทำให้ได้ชุดเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเนื้อมังคุดด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน ซึ่งนอกจากจะใช้กับเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่อเนื่องต้นแบบที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ยังสามารถนำไปใช้กับเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบอื่นๆที่เกษตรกร กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรและผู้ประกอบการมีใช้อยู่แล้ว โดยต้องมีความเร็วลมประมาณ 0.8-1.0 เมตรต่อวินาที การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อมังคุดอบแห้งจะมีประโยชน์เมื่อถึงภาวะการณ์ผลิตผลมังคุดสดล้นตลาดหรือเกิดปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำ นอกจากนั้นเป็นการเพิ่มมูลค่าของมังคุด

แตก ตกเกรดและมั่งคุดเนื้อแก้ว ยางไหล ซึ่งไม่สามารถจำหน่ายในราคาสูงได้ สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อมั่งคุดอบแห้งได้ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชนจึงควรนำผลการวิจัยไปพัฒนาต่อยอดและส่งเสริมให้เกิดการใช้จริงภายในประเทศต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

☒ เผยแพร่ วารสารวิชาการเกษตร, การประชุมวิชาการระดับชาติ, คู่มือสำหรับเกษตรกร

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานกลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยในการสร้างและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบต่อเนื่องต้นแบบ ให้พร้อมสำหรับการวิจัย ตลอดจนช่วยในการทดสอบเก็บข้อมูล และขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อมั่งคุดทดสอบ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ เวียง อารักษ์ และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. 2541. เอกสารเผยแพร่เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จตุจักร กทม.

พุทธธินันท์ จารุวัฒน์ พิมล วุฒิสินธ์ ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ และ ยงยุทธ คงชาน. 2551. รายงานผลงานวิจัย

เรื่องเติมศึกษาวิจัยเครื่องอบแห้งเนื้อลำไยแบบต่อเนื่อง. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม.

ไมตรี แนวพนิช ศรีวัย สิงหคเชนทร์ ยงยุทธ คงชาน และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. 2536. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเติม

เครื่องอบแห้งอเนกประสงค์แบบถาด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัย เกษตรวิศวกรรม

กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม.

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ นิทัศน์ ตั้งพิณิจกุล ยงยุทธ คงชาน และ สุภัทร หนูสวัสดิ์. 2537. เอกสาร

เผยแพร่เครื่องอบแห้งมะขามหวาน กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม.

หฤทัย แก่นลา. 2551. การผลิตมั่งคุดคุณภาพจังหวัดระยอง. จดหมายข่าวผลิใบ กรมวิชาการเกษตร ฉบับที่ 1

ประจำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551.

อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล และพิชญา บุญประสม พูลลาภ. 2553. ผลของกรรมวิธีการอบแห้งต่อคุณสมบัติทาง

กายภาพเคมีของไบโมะกรุคอบแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1).