



รายงานโครงการวิจัย

การทดสอบและพัฒนาเครื่องอบผลไม้สำหรับอบแห้งเนื้อลิ้นจี่และผลไม้ตามฤดูกาล
ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ

Research and Development on Agricultural Machinery for Litchi on Northern

นายสนอง อมฤกษ์

MR. SANONG AMAROEK

ปี พ.ศ. 2559

การทดสอบและพัฒนาเครื่องอบผลไม้สำหรับอบแห้งเนื้อลิ้นจี่และผลไม้ตามฤดูกาล

Testing and Development Fruits Dryer for aril Litchi and another Fruit on Northern

นายสนอง อมฤกษ์¹ นายธีรศักดิ์ โกเมศ¹ นายประพัฒน์ ทองจันทร์¹ นางสาวจารุวรรณ รัตนสกุลธรรม²

Mr. Sanong Amarok¹, Mr.Threerasak Komate¹, Mr.Prapat Thongjan¹ and

Miss Charuwan Rattanasakultham²

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

¹Chiangmai Agriculture Engineering Research Center, Agriculture Engineering Institute, Department of Agriculture

² กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

Post Harvest and Processing Product Research and Development Division, Department of Agriculture

บทคัดย่อ

โครงการทดสอบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้สำหรับอบเนื้อลิ้นจี่ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ นำมาอบแห้งเนื้อลิ้นจี่ โดยนำเครื่องต้นแบบจากสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มาทดสอบ พบปัญหาเรื่องการกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอ จึงได้ปรับปรุงชุดกระจายลมร้อน ให้กระจายลมร้อนได้ดีขึ้น โดยใส่ครีบอก ด้านล่างของชุดกระจายลมร้อน ทำให้ลมร้อนกระจายตัวได้ดีขึ้น พัฒนาชุดไฟล่อปรับเปลี่ยนจากหัวล่อไฟแก๊ส เป็นชุดเขี้ยวสปาร์คที่ทำงานได้แม่นยำ จากนั้นทำการทดสอบอบแห้งเนื้อลิ้นจี่ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าสามารถอบเนื้อลิ้นจี่ได้ ใช้อุณหภูมิอบแห้งเริ่มต้นอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นปรับอุณหภูมิลดลง เหลือ 65 องศาเซลเซียส จนลิ้นจี่แห้ง จากความชื้นเนื้อลิ้นจี่ 84 % มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้าย 17.06 % มาตรฐานเปียก โดยมีอัตราเนื้อผลสดต่อเนื้อผลแห้ง โดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.9:1 ระยะเวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9 ชั่วโมง ต้นทุนในการอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 133.2 บาทต่อกิโลกรัมเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง

ผลการศึกษาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene ถุงสุญญากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ตรวจเช็คคุณภาพทุก 2 เดือน ปัจจุบันผลการตรวจสอบได้ 6 เดือน พบว่าค่าความชื้นของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่อายุการเก็บรักษาที่ 4 เดือน เนื้อลิ้นจี่อบแห้งมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 18%) เมื่อเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า เนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และถุงสุญญากาศ (Vac) มีความชื้นมากกว่า 18% สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (Al) ยังคงมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 0.6) คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-6 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 73.80-80.27 สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นมีปริมาณของแข็งที่ละลาย

น้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 77.33-80.67ค่าความเป็นกรด-เบส ของเนื้อลื่นจี๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0-6 เดือนมีค่าอยู่ในช่วง 4.06-4.22 สำหรับเนื้อลื่นจี๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นมีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 4.22-4.28

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของเนื้อลื่นจี๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 6 เดือน แรกพบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื้อลื่นจี๊อบแห้งจะมีสีเข้มขึ้น ในขณะที่การเก็บรักษาเนื้อลื่นจี๊อบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นจะมีค่าความสว่างค่อนข้างคงที่

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลื่นจี๊อบแห้ง พบว่าเนื้อลื่นจี๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องเย็น มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของเนื้อลื่นจี๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็นมีค่าลดลงน้อยกว่าเนื้อลื่นจี๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้อง

Abstract

The project of the development and testing of lychee dryer aims to develop a new dryer for lychee by using the old model of fruit dryer of Agricultural Engineering Research Institute. The results of the pre-testing of the old model dryer was shown that the heat unstable flowed. The problem was solved by the unit of hot air distributor developing. The sharp fins were assembled at the lower of hot air distributor. The precision controlled burner was developed. The method of the developed lychee dryer testing was double temperature drying: firstly, 2 hour dry at 70 C then decreased temperature to be 65 C until lychee was dried. The primary moisture content of sample was 84% and the final moisture content was 17.06% within the average drying time 9.5 hour. The drying proportion of fresh and dried fruit was 5.9. The average costs of dried lychee was 133.2 THB/kg.

The study of shelf life of dried lychee in 3 types package: Polypropylene plastic (PP) bag, Vacuumed (Vac) bag and Aluminum foil (Al) bag. The method of testing was the quality check every 2 months and 1 year examine. The 6 months' results present the moisture content of dried lychee in three types of package in room temperature were getting high in tendency. However, at 4 months life shelf of dried lychee moisture content had lower than 18% that are acceptable. At 6 months, the moisture content of dried lychee in PP bag and Vac bag had over than 18% that are not acceptable while in Al bag the water activity was not over 0.6 that can acceptable. The microorganism value of three types of dried lychee package that keep in room temperature condition and in controlled temperature condition

for 6 months were 73.80-80.27 and 77.33-80.67 respectively. PH value of dried lychee that keep in room temperature condition and in controlled temperature condition for 6 months were 4.06-4.22 and 4.22-4.28 respectively. The texture color of dried lychee that keep in room temperature condition was darkened while in controlled temperature condition, the color was not much changed. The sensory test of dried lychee that keep in room temperature condition and in controlled temperature condition both were negative after the long shelf life. However, the dried lychee kept in controlled temperature condition was more acceptable.

คำนำ

ลิ้นจี่ชื่อวิทยาศาสตร์ *Litchi chinensis* Sonn. ลิ้นจี่ ภาษาอังกฤษจะใช้คำว่า **Lychee** ลักษณะลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีเปลือกสีแดงจัดอยู่ในวงศ์เดียวกับลำไยและเงาะ มีต้นกำเนิดในประเทศจีนตอนใต้และมีการปลูกแพร่หลายในประเทศไทยแถบภาคเหนือตอนบน เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา และน่าน นอกจากนี้ยังมีปลูกในประเทศเวียดนาม ญี่ปุ่นอินเดียตอนเหนือ บังคลาเทศ อเมริกาใต้และสหรัฐอเมริกาโดยสายพันธุ์ของลิ้นจี่นั้นมีอยู่หลากหลาย แต่ที่เป็นที่นิยมก็ได้แก่สายพันธุ์จักรพรรดิ กิมเจ็งโอวเฮียะและ ฮงฮวย เป็นต้นลิ้นจี่เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยข้อมูลพื้นที่ปลูก ปี 2557 ประมาณ 112,891 ไร่ ผลผลิตประมาณ 59,199 ตันแหล่งผลิตสำคัญคือภาคเหนือตอนบนได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 73 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ แหล่งผลิตในภาคกลางได้แก่จังหวัดสมุทรสาคร และจันทบุรี ซึ่งมีพื้นที่ปลูกรวม 14,123 ไร่ ลิ้นจี่เป็นไม้ผลที่ให้ผลิตตามฤดูกาลเท่านั้น และยังไม่มีเทคโนโลยีในการควบคุมการออกดอก ลิ้นจี่ต้องการความหนาวเย็นชั้กน้ำให้ออกดอกซึ่งแตกต่างกันตามพันธุ์ ลิ้นจี่ที่ปลูกในภาคกลางออกดอกและเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่ต้นเดือนเมษายน ซึ่งก่อนลิ้นจี่ที่ปลูกในภาคเหนือที่เก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่ต้นเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป แต่ตอนกลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปก็จะตรงกับผลผลิตของจีนออกสู่ตลาดเช่นกัน ทำให้ไม่สามารถส่งออกไปจีนได้และราคาตกต่ำ หากจัดการศัตรูพืชไม่ดีก็ทำให้ผลผลิตจะเสียหายเนื่องจากหนอนเจาะขี้ผล และอาการผิวเปลือกแห้ง การที่ลิ้นจี่มีอายุการวางจำหน่ายและอายุการเก็บรักษาสั้นก็เป็นข้อจำกัดในการกระจายผลผลิตออกสู่ตลาด รวมทั้งการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมีน้อย จึงไม่เพียงพอที่จะรองรับผลผลิตที่มากเกินไปความต้องการของตลาดผลสดได้การแปรรูปลิ้นจี่ด้วยการอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์มีความจำเป็น เนื่องจากเมื่อผลลิ้นจี่สดในฤดูออกมามากราคาจะตกลง การขายผลสดทำได้ยากขึ้นผลสดเสื่อมสภาพเร็ว การแปรรูปด้วยการอบแห้งจึงมีความสำคัญในการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าลิ้นจี่ที่นิยมแปรรูปด้วยการอบแห้งคือพันธุ์ “ฮงฮวย” ซึ่งเป็นพันธุ์เบา ผลดก

ดังนั้นแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตลิ้นจี่ให้มีคุณภาพ โดยการพัฒนาเครื่องอบแห้งเนื้อลิ้นจี่ให้มีประสิทธิภาพ สามารถที่จะแปรรูปเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง นำไปสู่การเพิ่มมูลค่าและยืดอายุ

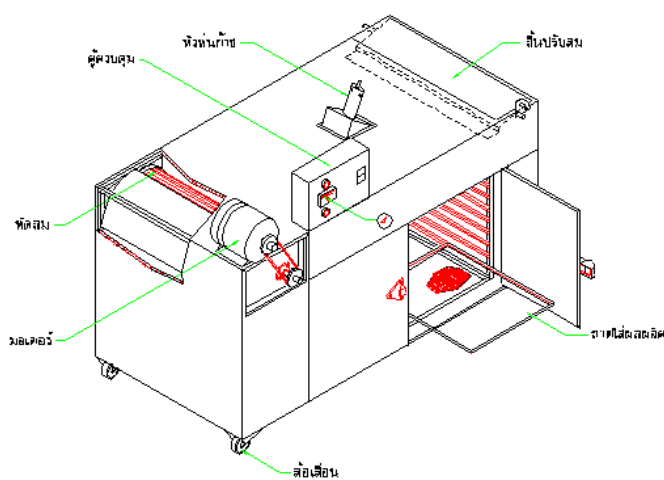
การจำหน่ายลิ้นจี่ได้ โดยมีกลุ่มแปรรูปลิ้นจี่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน นำเครื่องต้นแบบไปทดสอบการใช้งานระยะยาว

การทบทวนวรรณกรรม

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศและปลูกกันมากในเขตภาคเหนือตอนบน โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และพะเยา ในปัจจุบันได้มีการแปรรูปลิ้นจี่เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง แยมลิ้นจี่ น้ำลิ้นจี่ และลิ้นจี่อบแห้ง เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้มีการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและส่งจำหน่ายไปยังต่างประเทศ โดยเฉพาะลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง เป็นสินค้าส่งออกที่นำเงินตราเข้าประเทศได้เป็นจำนวนมาก

การทำแห้งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากเป็นวิธีที่ช่วยลดปริมาณความชื้นส่งผลให้ค่าออกซิเจนอิสระมีค่าน้อยลง ซึ่งเป็นการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย นอกจากนี้การทำแห้งยังเป็นการลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพื่อสะดวกและประหยัดต้นทุนในการขนส่ง (Ratti, 2009) การทำแห้งทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แสงแดด (sun drying) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (oven drying) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying หรือ lyophilization) เป็นต้น ซึ่งผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่มักใช้วิธีการตากแดดเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดแต่มีข้อเสียคือ กระบวนการทำแห้งไม่ถูกสุขลักษณะ ไม่สามารถควบคุมเวลาและสภาพภูมิอากาศในการทำแห้งได้ ดังนั้นการทำแห้งโดยการใช้ตู้อบลมร้อนจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการทำแห้งผลิตผลเกษตรมากกว่าการตากแดด เนื่องจากสะดวกและสามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ (Piga *et al.*, 2004) ในขณะที่ โมตรี และคณะ (2536) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งเอนกประสงค์แบบภาคมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.8 เมตร สูง 1.2 เมตร ถาดบรรจุวัสดุมีขนาดกว้าง 0.46 เมตร ยาว 0.91 เมตร เครื่องอบแห้งสามารถบรรจุถาดวัสดุได้ทั้งหมด 40 ถาด คิดเป็นพื้นที่การอบแห้งทั้งหมด 16.74 ตารางเมตร สามารถอบแห้งผลลำไยสดครั้งละ 250 กิโลกรัม ได้เนื้อลำไยอบแห้ง 25 กิโลกรัม ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง พัดลมเป็นชนิดใบพัด (Propeller type fan) จำนวน 2 ใบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร ใช้มอเตอร์ 0.25 แรงม้า เป็นต้นกำลัง สามารถอบแห้งเนื้อลำไยที่มีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ เหลือความชื้นสุดท้าย 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองแก๊สหุงต้ม 0.9 กิโลกรัม/กิโลกรัมของลำไยอบแห้ง

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบผักและผลไม้จนประสบผลสำเร็จ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์ ขับพัดลมซึ่งเป็นแบบไหล ตัดแนวแกนให้กำลังลมแรงที่รอบต่ำความเร็ว



รอบใบพัด 617 รอบ/นาที ออกแบบภาคใส่ผลผลิตให้มีแข็งแรงทนทาน ทำด้วยสแตนเลส ขนาด 75x100 ซม. จำนวน 18 ภาคขนาดต้อบ 1220 X 2440 X 1220 มม.ชุดจุดก๊าซระบบอัตโนมัติ ใช้คอยล์ และหัวเทียน สามารถตั้งเวลาการจุดประกายไฟได้ตามต้องการอุณหภูมิความร้อนสามารถปรับตั้งได้สะดวก มีหน้าปัทม์ แสดงอุณหภูมิภายในต้อบมองเห็นได้สะดวก และชัดเจนและมีล้อเลื่อน 4 ล้อติดอยู่ที่ฐานต้อบ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

ภาพที่ 1 ต้นแบบเครื่องอบผักและผลไม้ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

พุทธิพันธ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยแบบต่อเนื่อง ซึ่งพัฒนามาจากเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบอุโมงค์ และศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกเนื่องจากเนื้อลำไยมีความชื้นสูง และลดอุณหภูมิลงตามความชื้นของเนื้อลำไยที่ลดลง เครื่องอบแห้งประกอบด้วยห้องอบแห้ง 2 ชุด คือชุดห้องอบแห้งอุณหภูมิสูงมีขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.9 เมตร สูง 1.2 เมตร และชุดห้องอบแห้งอุณหภูมิต่ำมีขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 7.5 เมตร สูง 1.2 เมตร ผลการศึกษาพบว่าเครื่องอบแห้งต้นแบบสามารถอบแห้งเนื้อลำไยสดขนาด AA ในรถเข็นแต่ละคันได้ภายในระยะเวลา 7.5 ชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิที่ห้องอบอุณหภูมิสูง 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง และห้องอบอุณหภูมิต่ำ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยเนื้อลำไยมีความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นสุดท้าย 13 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 3.48 หน่วย/ชั่วโมง ใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนกำเนิดรังสีอินฟราเรดสำหรับนำไปอบแห้งเนื้อลำไย ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง อัตราการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม 0.5 กิโลกรัม/กิโลกรัมลำไยอบแห้ง เครื่องต้นแบบมีความสามารถอบแห้งผลลำไยสดได้ 1,300 กิโลกรัม/วัน

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. นำเครื่องต้นแบบจากสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มาทดลองอบแห้งเนื้อลิ้นจี่ เพื่อหาจุดบกพร่อง และหาสภาวะที่เหมาะสม (เนื่องจากเครื่องต้นแบบยังมีจุดอ่อนเรื่องการกระจายตัวของลม ปริมาณลมที่ใช้แต่ละพีชจะไม่เหมือนกัน ชุดไฟล่อที่ยังมีกลิ่นเมาจากวัน)
2. สร้างต้นแบบเครื่อง โดยใช้ข้อมูลและยึดหลักจากเครื่องต้นแบบจากสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ทดสอบเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่อง(บันทึกข้อมูลการสิ้นเปลืองพลังงาน อัตราน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของลิ้นจี่ ปริมาณลมที่ใช้ที่เหมาะสมกับลิ้นจี่ ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง)
3. นำไปทดสอบกับกลุ่มเกษตรกรในเขต จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย
4. การเตรียมวัตถุดิบก่อนการทดสอบ
 - 4.1 วิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ ได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($^{\circ}$ Brix) และค่าสี
 - 4.2 นำลิ้นจี่มาเด็ดก้านและใบออก ล้างน้ำ 1 ครั้ง คว้านเอาเมล็ดออก จากนั้นแกะเปลือกแล้วนำเนื้อลิ้นจี่แช่ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm (อัตราส่วนระหว่างเนื้อลิ้นจี่ต่อสารละลาย เป็น 1 : 2) โดยกำหนดให้เนื้อลิ้นจี่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเป็นตัวควบคุม และนำไปอบแห้ง จนได้ผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่อบแห้ง มีค่าความชื้นไม่เกิน 18%หรือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีไม่เกิน 0.75 (มผช. 136-2550) จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($^{\circ}$ Brix) และค่าสี

4.3 การประเมินผลทางสถิติ วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4.4 ทำการบรรจุเนื้อลึนจ๊อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดย Main plot จัดเรียง treatment เป็น RCB จำนวน 5 ซ้ำ กำหนดให้ Main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่

- ถุงพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) (ความหนา 76.2 ไมโครเมตร)
- ถุงสุญญากาศ (ไนลอน/พอลิเอทิลีน, ความหนา 84 ไมโครเมตร) และ
- ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (พอลิเอทิลีนเทเรพธาลาท/อะลูมิเนียม/พอลิเอทิลีน, ความหนา 119 ไมโครเมตร)

Sub plot คือ อายุการเก็บรักษา 7 ระดับ คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น, ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี, ค่าสี และปริมาณจุลินทรีย์

5. วิเคราะห์ผลการทดสอบพร้อมปรับปรุงและพัฒนาจุดบกพร่อง
6. ทดสอบการใช้งานจริงระยะยาวกับลึนจ๊อบและผลไม้ตามฤดูกาลในเขตพื้นที่ภาคเหนือ
7. เผยแพร่การใช้งานกับกลุ่มเกษตรกรในเขต จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย
8. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ รายงานผล สรุปผล

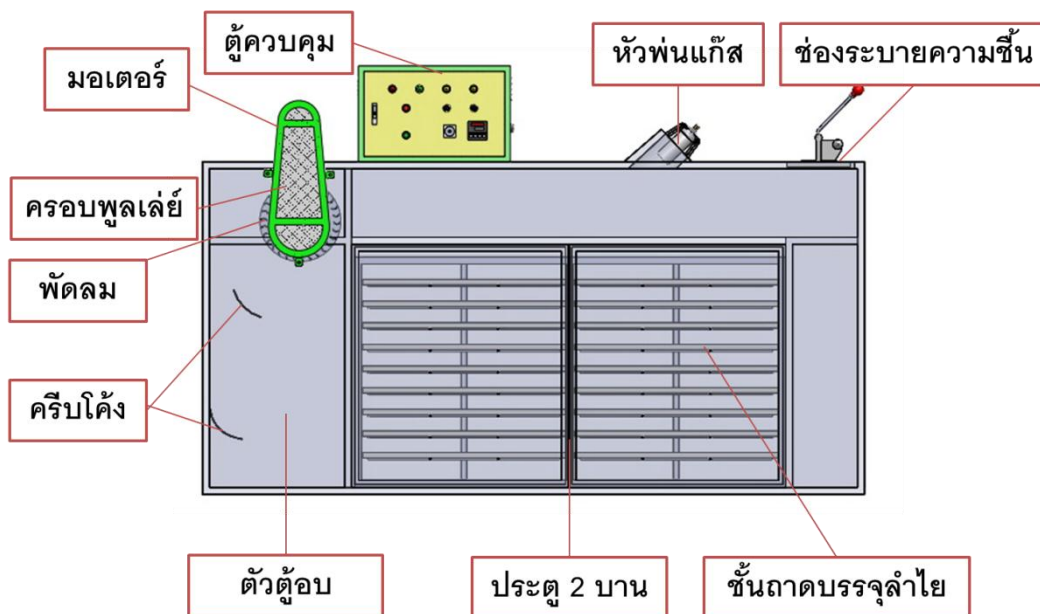
เวลาและสถานที่ ระยะเวลา (ตุลาคม 2557-กันยายน 2559)

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

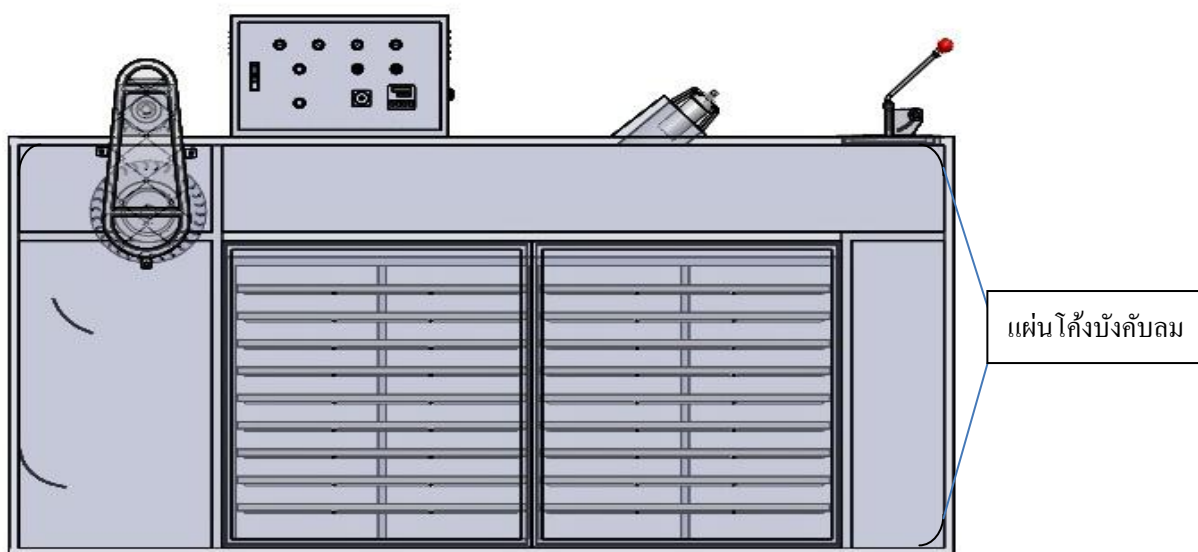
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป ผลผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย

ได้ดำเนินการทดสอบหาจุดบกพร่องของเครื่องต้นแบบพบว่า มีหลายจุดที่ต้องพัฒนา คือ การกระจายตัวของลมร้อน ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ชุดไฟล่อทำให้สิ้นเปลืองแก๊สและมีคราบเขม่า ชุดโรงชั้นถาด (เดิมมีชุดเดียว) แยกเป็นสองชุด



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบภายในเครื่องอบแห้งผลไม้ที่พัฒนา

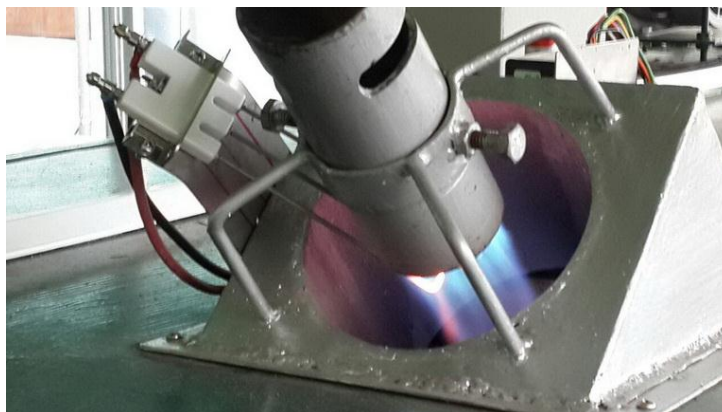


ภาพที่ 3 ส่วนประกอบภายในเครื่องอบแห้งผลไม้ที่พัฒนาโดยเพิ่มชุดแผ่นโค้งบังคับลม

การพัฒนาชุดกระจายลมร้อน ได้ปรับปรุงชุดกระจายลมร้อนโดนใส่ครัวบโค้ง ด้านล่างของชุดกระจายลมร้อน ทำให้ลมร้อนกระจายตัวได้ดีขึ้น และใส่แผ่นโค้งตรงมุมท้ายเครื่อง ทำให้ลมร้อนกระจายตัวได้ดีขึ้น ดังภาพที่ 3 สังเกตจากการแห้งของเนื้อลำไย ตัวต้นแบบ ถาดที่อยู่ชั้นล่างของเนื้อลำไยจะแห้งเร็วกว่าถาดที่อยู่ชั้นกลางและชั้นบน

ชุดไฟล่อ ปรับเปลี่ยนจากหัวล่อไฟแก๊สเป็นชุดเชื่อมสปาร์คที่ทำงานได้แม่นยำ ช่วยประหยัดแก๊ส และลดปัญหาเขม่าควันจากไฟล่อ นอกจากนี้ยังจัดทำชุดคอนโทรลใหม่ให้ง่ายกับการใช้งาน มีชุดควบคุมอุณหภูมิที่ตัดต่อการทำงานระบบเชื้อเพลิงละเอียดที่ 1 องศาเซลเซียส มีกล่องควบคุมการสปาร์คที่มีเซ็นเซอร์ หยุดสปาร์ค

เมื่อไฟหัวพ่นติด และจะตัดการทำงานหากสปาร์คเกิน 15 วินาทีเมื่อไฟยังไม่ติดซึ่งอาจจากโซลินอยด์วาล์วมีปัญหา หรือท่อทางแก๊สตัน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดเชื่อมสปาร์คที่ทำงานได้แม่นยำ ช่วยประหยัดแก๊ส

ชุดโครงถาดจากเดิมเป็นโครงจุดเดี่ยวใส่ถาดสองข้าง ทำให้เคลื่อนย้ายออกยากและไม่แข็งแรง จึงได้แยกชุดโครงออกเป็น 2 ชุด ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย และแข็งแรง นอกจากนี้ชุดถาด ชุดโครงวางถาด ฝาบุข้างในเปลี่ยนเป็นสแตนเลสทั้งหมด

สุดท้ายได้สร้างเครื่องและพัฒนาเครื่องอบผลไม้ให้สามารถอบแห้งลิ้นจี่ได้จนสำเร็จและได้ดำเนินการทดสอบการใช้งาน จนสามารถใช้งานได้ดี ดังภาพที่ 5 จากนั้นนำไปทดสอบเครื่องต้นแบบกับกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 5 เครื่องอบแห้งที่พัฒนา

ผลการทดสอบ

นำเครื่องต้นแบบไปทดลองกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านสันกอตาล ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย โดยการแปรรูปลิ้นจี่ด้วยการอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์มีความจำเป็น เนื่องจากเมื่อผลลิ้นจี่สดในฤดูออกมามากราคาจะตกลง การขายผลสดทำได้ยากขึ้น ผลสดเสื่อมสภาพเร็ว การแปรรูปด้วยการอบแห้งจึงมีความสำคัญในการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าลิ้นจี่ที่นิยมแปรรูปด้วยการอบแห้งคือพันธุ์ “ฮงฮวย” ซึ่งเป็นพันธุ์เบา ผลดกจึงใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในการทดสอบ ราคาผลสดกิโลกรัมละ 15 บาท โดยผลลิ้นจี่สด 1 กิโลกรัม แยกเป็นเมล็ด 0.18 กิโลกรัม เปลือก 0.2 กิโลกรัม และเนื้อ 0.62 กิโลกรัม ราคาจำจางควั่นเนื้อลิ้นจี่ 7 บาท ต่อกิโลกรัม

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ การเตรียมเนื้อลิ้นจี่ (พันธุ์ฮงฮวย)

- 1) นำผลลิ้นจี่สดทั้งข้อมาปาดล้างแยกก้าน ทำการควั่นแยกเมล็ดแยกเปลือก
- 2) นำเนื้อลิ้นจี่สดไปล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง
- 3) ต้มน้ำ 12 ลิตร กับน้ำตาลทราย 2.5 กิโลกรัมทำเป็นน้ำหมัก
- 4) นำเนื้อลิ้นจี่ 40 กิโลกรัม ลงหมักในน้ำหมัก ปิดฝาทิ้งไว้ 1 คืน
- 5) นำเนื้อลิ้นจี่ที่หมักแล้วมาจัดเรียงในถาดอบ
- 6) นำถาดบรรจุเนื้อลิ้นจี่เข้าเครื่องอบแห้งผลไม้สำหรับอบเนื้อลิ้นจี่



ภาพที่ 6 เกษตรกรนำผลลิ้นจี่สดมาส่งที่กลุ่มฯ



ภาพที่ 7 สมาชิกกลุ่มตัดแยกผลออกจากก้าน



ภาพที่ 8 สมาชิกช่วยกันคว้านเมล็ดลิ้นจี่ ภาพที่ 9 การคว้านแยกเมล็ดและเปลือกออกจากเนื้อ

วิธีการแยกเนื้อออกจากเปลือกและเมล็ดยังใช้แรงงานคน ยังไม่มีเครื่องจักรเข้ามาช่วย ทำให้เกิดลักษณะคอขวด ในกระบวนการแปรรูปลิ้นจี่ เนื่องจากทำงานได้ช้าและเกิดความเมื่อยล้า นอกจากนี้ยังขาดแคลนแรงงานด้วย สำหรับเครื่องมือที่ใช้ ใช้ปลายของด้ามซ้อน มีดเล็กๆ เครื่องมือปลายแหลมแบบต่างๆ ตามแต่จะหาได้ โดยรวมแล้ว ความสามารถในการทำงานไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 5-9)



ภาพที่ 10 เครื่องมือคว้านของเกษตรกร(แยกเอาเนื้อออกจากเปลือกและเมล็ด)



ภาพที่ 11 ผลลิ้นจี่สด 1 กิโลกรัมแยกเป็นเมล็ด 0.18 กิโลกรัม เปลือก 0.20 กิโลกรัม และเนื้อ 0.62 กิโลกรัม



ภาพที่ 11 เนื้อลิ้นจี่สดเรียงเต็ม 18 ชั้นถาด น้ำหนักรวมเฉลี่ย 73.48 กิโลกรัม



ภาพที่ 12 ใช้เวลาอบประมาณ 9 ชม. ได้น้ำหนักเนื้อแห้งรวมเฉลี่ย 20.27 กิโลกรัม

ทดสอบการใช้งาน แล้วนำไปทดสอบเครื่องฯ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านสันกอตาล ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย(ภาพที่ 10-12) โดยใช้ลีนี่จี่พันธุ์ฮวงหยู ราคาผลสดกิโลกรัมละ 15 บาท ผลการทดสอบจากผลลีนี่จี่ 118 กิโลกรัม ได้เนื้อลีนี่จี่สดรวมเฉลี่ย 73.48 กิโลกรัมได้เนื้อแห้ง 20.27 กิโลกรัม ใช้เวลาอบ 9.17 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊ส 4.97 กิโลกรัม(ประมาณ 126 บาท) ค่าไฟฟ้า 10 หน่วย (ประมาณ 38 บาท) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบอบแห้งเนื้อลีนี่จี่

ครั้งที่	ลีนี่จี่ทั้งเปลือก(กก.)	เนื้อลีนี่จี่สด(กก.)	เนื้อลีนี่จี่แห้ง(กก.)	นน.สด: นน.แห้ง	ระยะเวลาอบแห้ง(ชม.)	ปริมาณแก๊สที่ใช้(กก.)	ต้นทุน*(บาท/กก.แห้ง)
1	105	65.63	20.20	5.2:1	9	4.9	119.8
2	133	82.51	21.86	6.1:1	9	5.1	110.9
3	116	72.29	18.74	6.2:1	9	4.9	147.0
4	171	106.40	28.38	6.0:1	9	10	134.7
5	135	83.50	24.11	5.6:1	9	9.1	140.4
6	160	99.00	24.59	6.5:1	9	9.5	146.1
เฉลี่ย				5.9:1	9		133.2

* ต้นทุนประกอบไปด้วย

- ค่าลีนี่จี่สดทั้งเปลือก กิโลกรัมละ 15 บาท
- ค่าแก๊สเนื้อลีนี่จี่กิโลกรัมละ 7 บาท(ซึ่งเฉพาะเนื้อ)
- ค่าแรงคนเฝ้าเครื่องชั่วโมงละ 25 บาท(25×9=225 บาทต่อครั้ง)
- ค่าแก๊สกิโลกรัมละ 25บาท
- ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท ใช้มอเตอร์ 1 แรง (0.7 Kw) 1 ตัว (0.7×9×3=18.9 บาทต่อครั้ง)

สรุปผลการทดสอบ(ตารางที่ 1)พบว่าอัตราผลสดทั้งเปลือกต่อผลแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.9:1 ระยะเวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9 ชั่วโมง ต้นทุนในการอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 133.2 บาทต่อกิโลกรัมเนื้อลำใยแห้ง จากผลการทดสอบจะเห็นว่าเครื่องดังกล่าวสามารถที่จะอบแห้งเนื้อลีนี่จี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการใช้งานของเครื่องเกษตรกรใช้งานได้ง่าย มีระบบตั้งอุณหภูมิอัตโนมัติ ระบบล่อไปเป็นแบบเขี้ยวสปาร์ค(ทำให้ไม่ต้องเปิดไฟตลอดเวลา) ช่วยให้ประหยัดพลังงาน นอกจากนี้เครื่องดังกล่าวสามารถที่จะปรับปรุงให้อบแห้งผลไม้อื่นๆ ตามฤดูกาลได้อีกด้วย

การศึกษาชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะในการเก็บรักษาเนื้อลีนจ๊อบแห้ง

ทำการบรรจุเนื้อลีนจ๊อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดย Main plot จัดเรียง treatment เป็น RCB จำนวน 5 ซ้ำ กำหนดให้

Main plot คือ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่

- ถุงพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) (ความหนา 76.2 ไมโครเมตร)
- ถุงสุญญากาศ (ไนลอน/พอลิเอทิลีน, ความหนา 84 ไมโครเมตร) และ
- ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (พอลิเอทิลีนเทเรพธาลาท/อะลูมิเนียม/พอลิเอทิลีน, ความหนา 119 ไมโครเมตร)

Sub plot คือ อายุการเก็บรักษา 7 ระดับ คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน

ทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ความเป็นกรด-เบส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ความชื้น และคุณภาพด้านจุลินทรีย์อ้างอิงมาตรฐานเนื้อลำโยบแห้ง ดังนี้

- ความชื้น ไม่เกิน 18%
- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ไม่เกิน 0.6
- คุณภาพด้านจุลินทรีย์ กำหนดให้ Yeast ไม่เกิน 1×10^4 cfu/g
- Molds ไม่เกิน 500 cfu/g
- Escherichia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g
- Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 10 cfu/g
- Salmonella* spp. ไม่พบในตัวอย่าง 25g
- Clostridium perfringens* น้อยกว่า 10 cfu/g

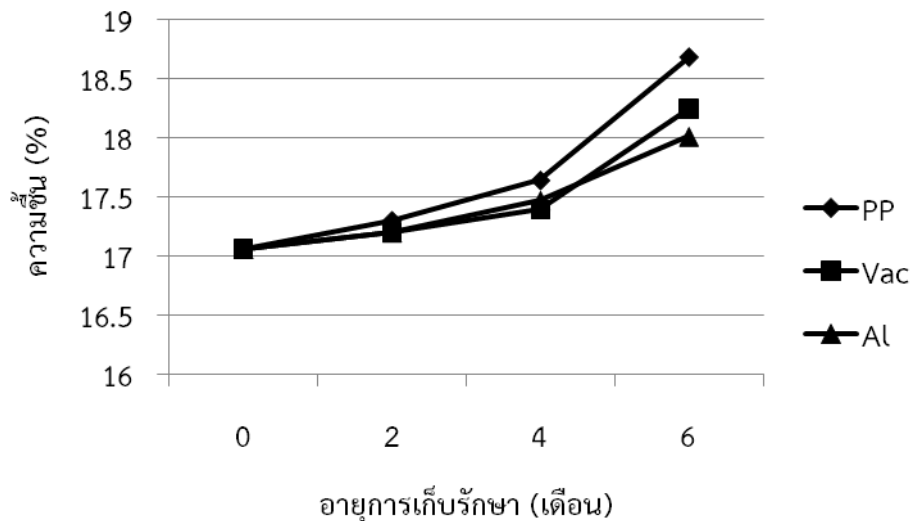
สำหรับค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เป็นองค์ประกอบทางเคมีซึ่งลีนจ๊อบแห้งและลำโยบสดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถอ้างอิงได้ โดยมีรายงานว่าลีนจ๊อบแห้งมีค่าความเป็นกรด-เบส 4.15 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 19.50 °Brix (ชูร์ตัน, 2553) ส่วนลำโยบสดมีค่าความเป็นกรด-เบส 6.22 (พงษ์ศักดิ์, 2547) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 19.90 °Brix (นิพัฒน์, 2550)



ภาพที่ 13 การบรรจุลึนจ๊อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด PP(PP)ถุงสุญญากาศ (Vac) และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์(Al)

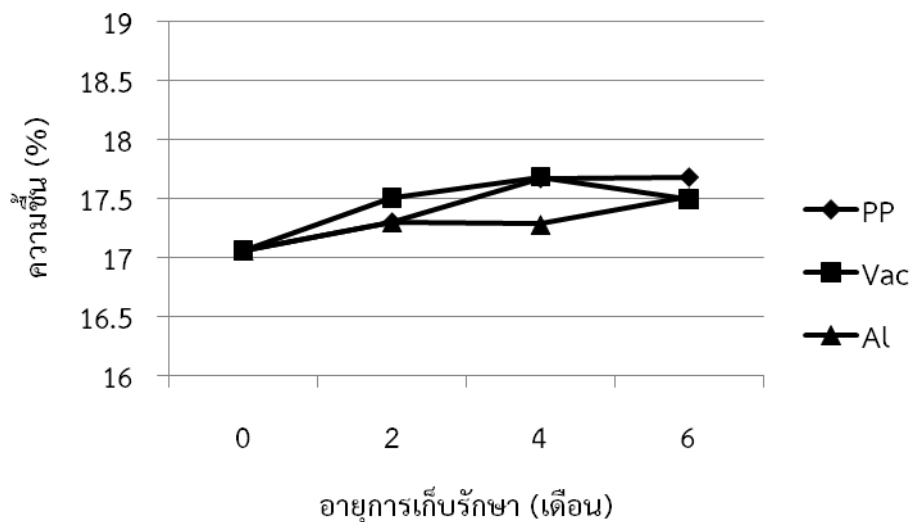
การวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อลึนจ๊อบแห้ง

ความชื้นของเนื้อลึนจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 14) โดยที่อายุการเก็บรักษาที่ 4 เดือน เนื้อลึนจ๊อบแห้งมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 18%) เมื่อเก็บรักษาเนื้อลึนจ๊อบแห้งเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า เนื้อลึนจ๊อบแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และถุงสุญญากาศ (Vac) มีความชื้นมากกว่า 18% สำหรับเนื้อลึนจ๊อบแห้งที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (Al) ยังคงมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน



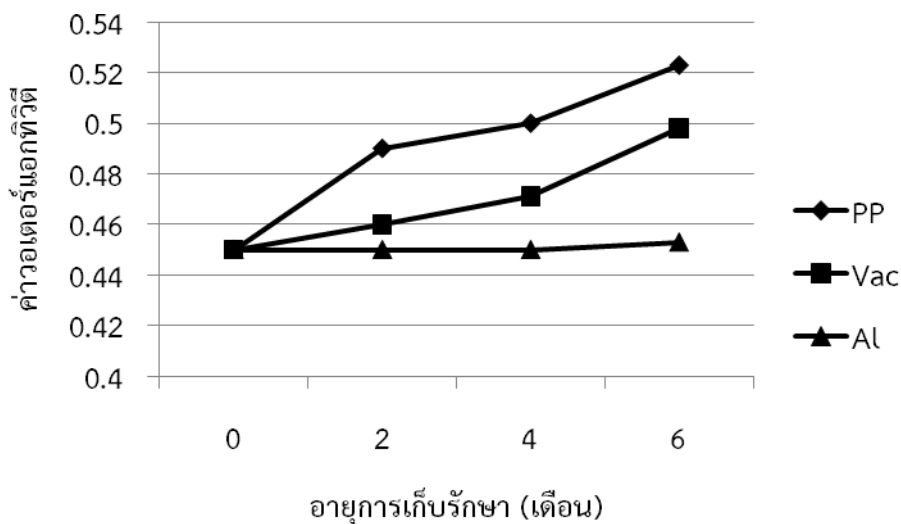
ภาพที่ 14 ความชื้นของเนื้อลึนจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง

ความชื้นของเนื้อลึนจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 15) แต่ยังคงมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 18%)

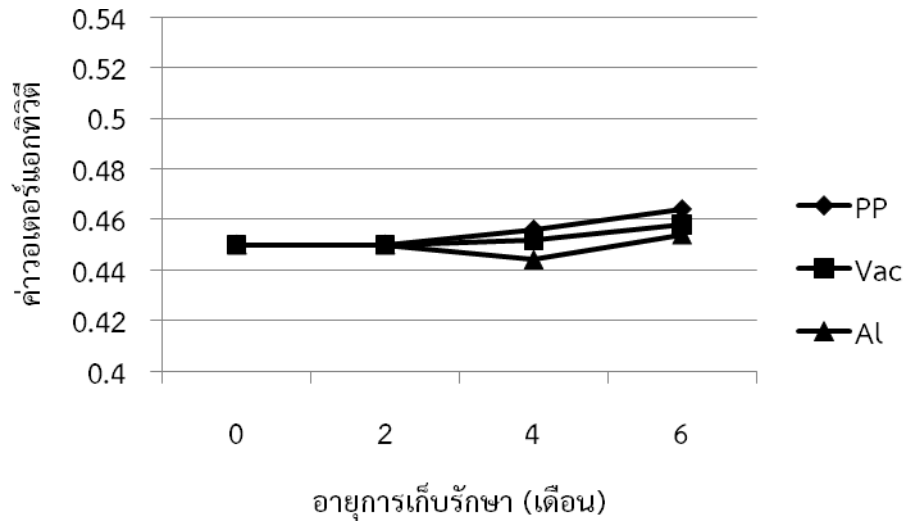


ภาพที่ 15 ความชื้นของเนื้อล้นจืดอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็น

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อล้นจืดอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น ที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 16 และ ภาพที่ 17) แต่ยังคงมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 0.6) โดยที่เนื้อล้นจืดอบแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงกว่าเนื้อล้นจืดอบแห้งที่บรรจุในถุงสุญญากาศและถุงอะลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 16 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อล้นจืดอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 17 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อสันจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็น

คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อล้นจืดอบแห้ง ในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บในอุณหภูมิห้องและ อุณหภูมิห้องเย็น เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเนื้อล้นจืดอบแห้งที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน

คุณภาพจุลินทรีย์	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อายุการเก็บรักษา (เดือน)						
		0	อุณหภูมิห้อง			อุณหภูมิเย็น		
			2	4	6	2	4	6
Yeast (CFU/g)	PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Vac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Al	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Molds (CFU /g)	PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Vac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Al	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	PP	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	Vac	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	Al	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU /g)	PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Vac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Al	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g)	PP	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Vac	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Al	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Clostridium perfringens</i> (CFU /g)	PP	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Vac	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	Al	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

หมายเหตุ : ND = Not Detected

PP = ถุงพลาสติกชนิด PP

Vac = ถุงสุญญากาศ

Al = ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของเนื้อล้นจืดอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0-6 เดือนมีค่าอยู่ในช่วง 73.80-80.27 สำหรับเนื้อล้นจืดอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเย็นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 77.33-80.67 (ตารางที่ 3) การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อล้นจืดอบแห้งเพิ่มขึ้นมากกว่าเนื้อล้นจืดสด ทั้งนี้เนื่องมาจาก เนื้อล้นจืดสดมีความชื้นมากกว่าเนื้อล้นจืดแห้ง คือมี

ปริมาณน้ำมากกว่า ซึ่งเมื่อเนื้อลื่นจี๊สผ่านการทำให้แห้งแล้วปริมาณความชื้นหรือน้ำในเนื้อลื่นจี๊สลดลง เช่น เนื้อลื่นจี๊ส มีความชื้น 80% คือ ในเนื้อลื่นจี๊ส 100 กรัม มีน้ำ 80 กรัม มีส่วนที่เป็นของแข็ง 20 กรัม เมื่อผ่านการทำให้แห้ง เนื้อลื่นจี๊สแห้งมีความชื้น 20% คือ เนื้อลื่นจี๊สแห้ง 100 กรัม มีน้ำ 20 กรัม มีส่วนที่เป็นของแข็ง 80 กรัม ดังนั้น เมื่อเทียบต่อน้ำหนักแล้ว เนื้อลื่นจี๊สแห้งจึงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมากกว่าเนื้อลื่นจี๊ส

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของเนื้อลื่นจี๊สแห้งที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	อุณหภูมิต้อง			อุณหภูมิต้องเย็น		
	PP	Vac	Al	PP	Vac	Al
0	77.73	77.73	77.73	77.73	77.73	77.73
2	78.33	76.33	78.67	80.67	79.67	78.00
4	80.27	76.73	79.00	80.20	79.20	77.87
6	75.87	73.80	78.33	77.33	77.67	77.47

การหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ นำตัวอย่างลื่นจี๊สที่ผ่านการทำให้แห้ง 10 กรัม เติมน้ำ 90 กรัม ปั่นให้ละเอียด ตั้งทิ้งไว้หรือกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง นำน้ำที่กรองได้ไปวัดค่าด้วย Hand Refractometer โดยค่าที่อ่านได้นำไปคูณด้วย 10 (ตัวอย่าง 1 ส่วน น้ำ 9 ส่วน)

ค่าความเป็นกรด-เบส ของเนื้อลื่นจี๊สแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต้องเป็นระยะเวลา 0-6 เดือนมีค่าอยู่ในช่วง 4.06-4.22 สำหรับเนื้อลื่นจี๊สแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต้องเย็นมีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 4.22-4.28 (ค่าความเป็นกรด-เบส วัดด้วย pH meter)

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรด-เบส ของเนื้อลื่นจี๊สแห้งที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	อุณหภูมิต้อง			อุณหภูมิต้องเย็น		
	PP	Vac	Al	PP	Vac	Al
0	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22	4.22
2	4.22	4.20	4.19	4.22	4.23	4.23
4	4.17	4.21	4.22	4.23	4.25	4.26
6	4.08	4.06	4.13	4.23	4.28	4.27

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื้อลื่นจ๊อบแห้งจะมีสีเข้มขึ้น (ภาพที่ 6) โดยสังเกตได้จากค่าความสว่าง (L^*) ในตารางที่ 4 จะมีค่าลดลง (0 เดือน มีค่า $L^* = 41.98$, 6 เดือน มีค่า $L^* = 36.74$) ในขณะที่การเก็บรักษาเนื้อลื่นจ๊อบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นจะมีค่าความสว่างค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 6 และ ตารางที่ 4)(ค่าสี วัดด้วยเครื่องวัดสี (chroma meter รุ่น CR-400 Minolta)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลื่นจ๊อบแห้ง พบว่าเนื้อจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็นมีค่าลดลงน้อยกว่าเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 19 และ ภาพที่ 20) เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมของเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 6 เดือน พบว่า มีคะแนนอยู่ในช่วง 3-4 ซึ่งเป็นระดับคะแนนไม่ชอบเล็กน้อยถึงระดับเฉยๆ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสมสำหรับบริโภคในรูปแบบเนื้อลื่นจ๊อบแห้งพร้อมบริโภค สำหรับคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมของเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็นที่ระยะเวลา 6 เดือน พบว่า มีคะแนนอยู่ในช่วง 5-6 ซึ่งเป็นระดับคะแนนชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง นั่นแสดงว่า ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคต้องการ(ในการทดลองจะทำการตรวจสอบคุณภาพที่ระยะเวลา 0-12 เดือน ดังนั้นจึงยังไม่ได้ทำการเปรียบเทียบทางสถิติ เมื่อครบระยะเวลา 12 เดือนแล้วจะทำการเปรียบเทียบทางสถิติ)

ดังนั้น จากการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องพบว่า การเก็บเนื้อลื่นจ๊อบแห้งในอุณหภูมิห้องโดยบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และถุงสุญญากาศ สามารถเก็บได้ไม่เกิน 4 เดือน โดยที่เนื้อลื่นจ๊อบแห้งยังคงมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 18%) เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน เนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด PP และถุงสุญญากาศมีค่าความชื้นเกินเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 18%) แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านด้านค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและด้านจุลินทรีย์พบว่า เนื้อลื่นจ๊อบแห้งยังคงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีการเปลี่ยนแปลงของสีคล้ำมากขึ้น ซึ่งอาจนำเนื้อลื่นจ๊อบแห้งนี้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น น้ำลื่นจ๊อบ สำหรับเนื้อลื่นจ๊อบแห้งที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สามารถเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 6 เดือน ซึ่งเนื้อลื่นจ๊อบแห้งยังคงมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อุณหภูมิต้อง

อุณหภูมิต้องเย็น

0 เดือน



2เดือน



4 เดือน



6เดือน



PP

Vac

Al

PP

Vac

Al

3

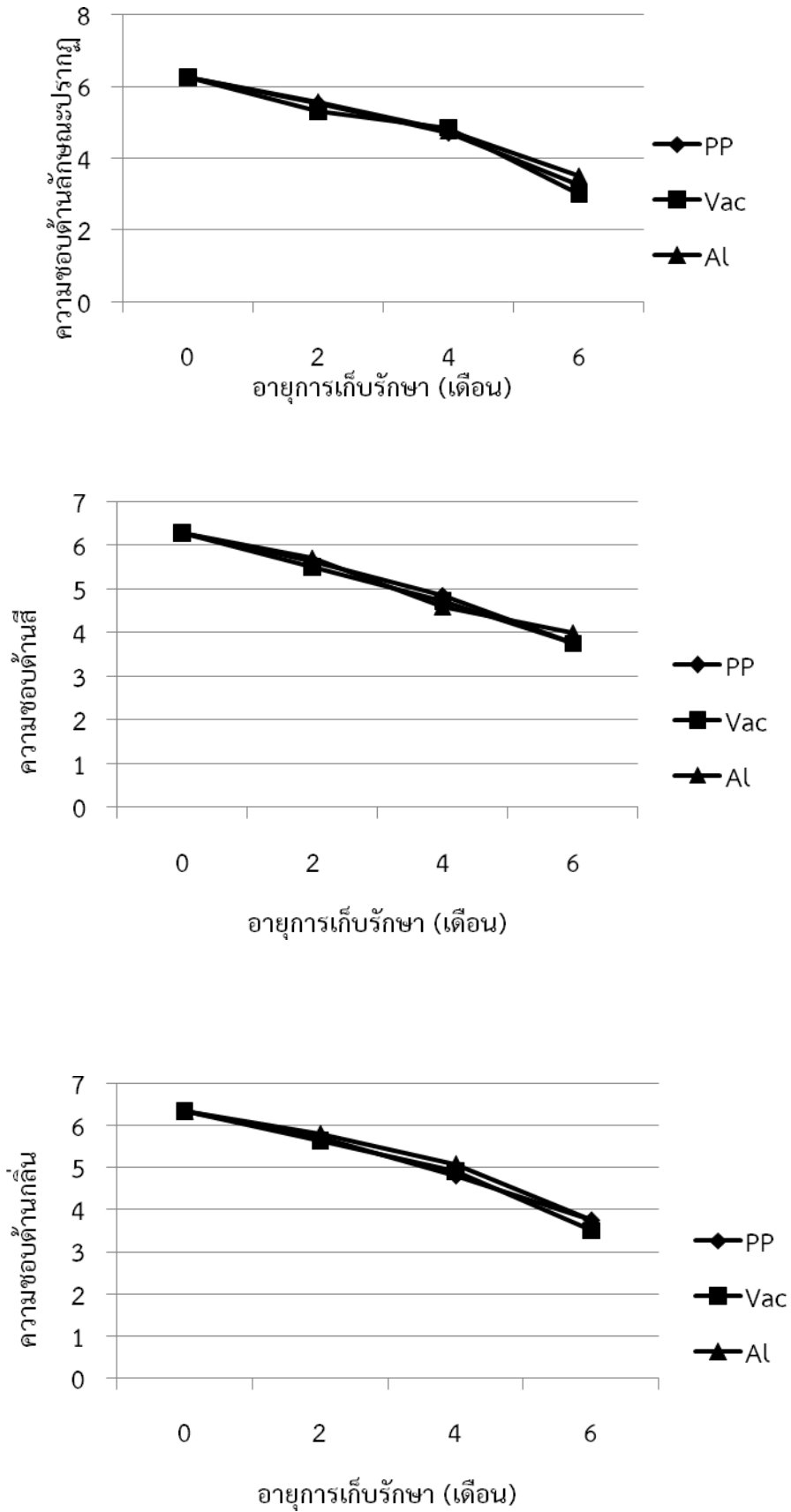
ตารางที่ 5 ค่าสี L* a* b* ของเนื้อลีนจื๊อบแห้งเก็บรักษาที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน

อุณหภูมิการเก็บรักษา	อายุการเก็บรักษา (เดือน)	PP			Vac			Al		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
อุณหภูมิห้อง	0	41.98	6.61	6.81	41.98	6.61	6.81	41.98	6.61	6.81
	2	40.16	7.00	6.66	40.53	6.40	5.78	40.32	6.52	5.62
	4	38.08	5.45	2.96	37.57	5.66	3.10	39.49	6.39	5.21
	6	36.74	6.54	-2.18	36.3	6.47	-2.49	37.96	6.38	-1.48
อุณหภูมิห้องเย็น	0	41.98	6.61	6.81	41.98	6.61	6.81	41.98	6.61	6.81
	2	40.28	6.02	6.46	41.44	6.16	7.21	41.01	6.45	7.02
	4	40.12	6.40	5.83	41.13	6.41	6.79	40.60	6.45	6.93
	6	41.85	8.16	3.34	41.51	7.87	3.35	43.09	7.41	3.38

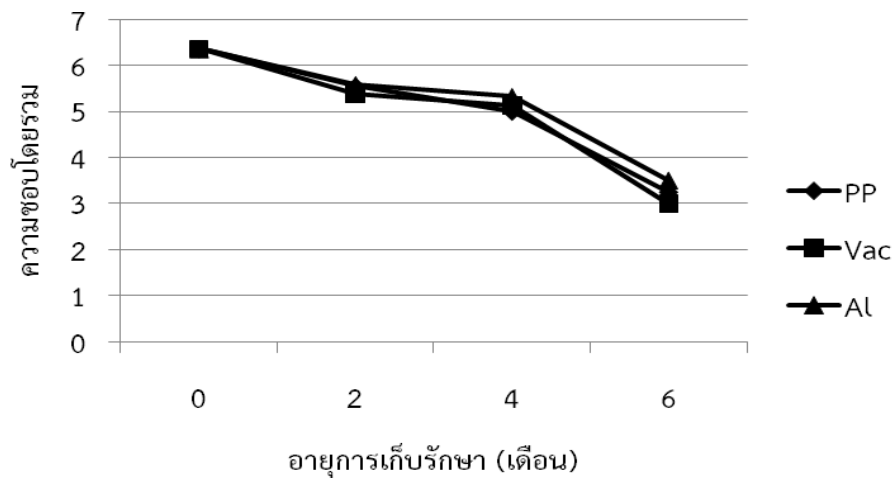
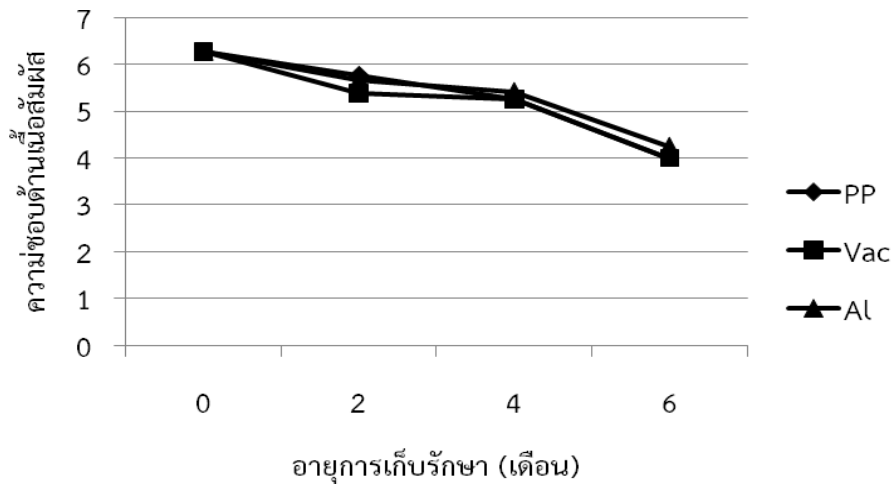
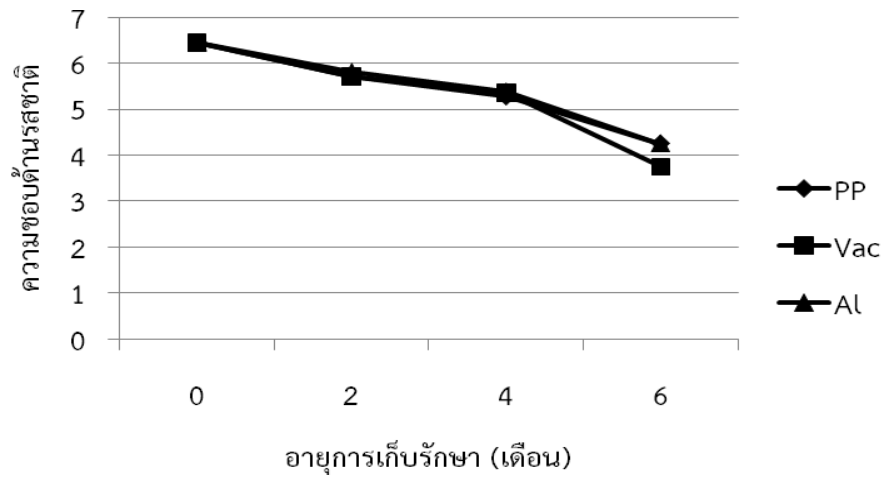
หมายเหตุ ค่าสี L* แสดงความสว่าง (0-100)

a* แสดงสีแดง (+a*) - เขียว (-a*)

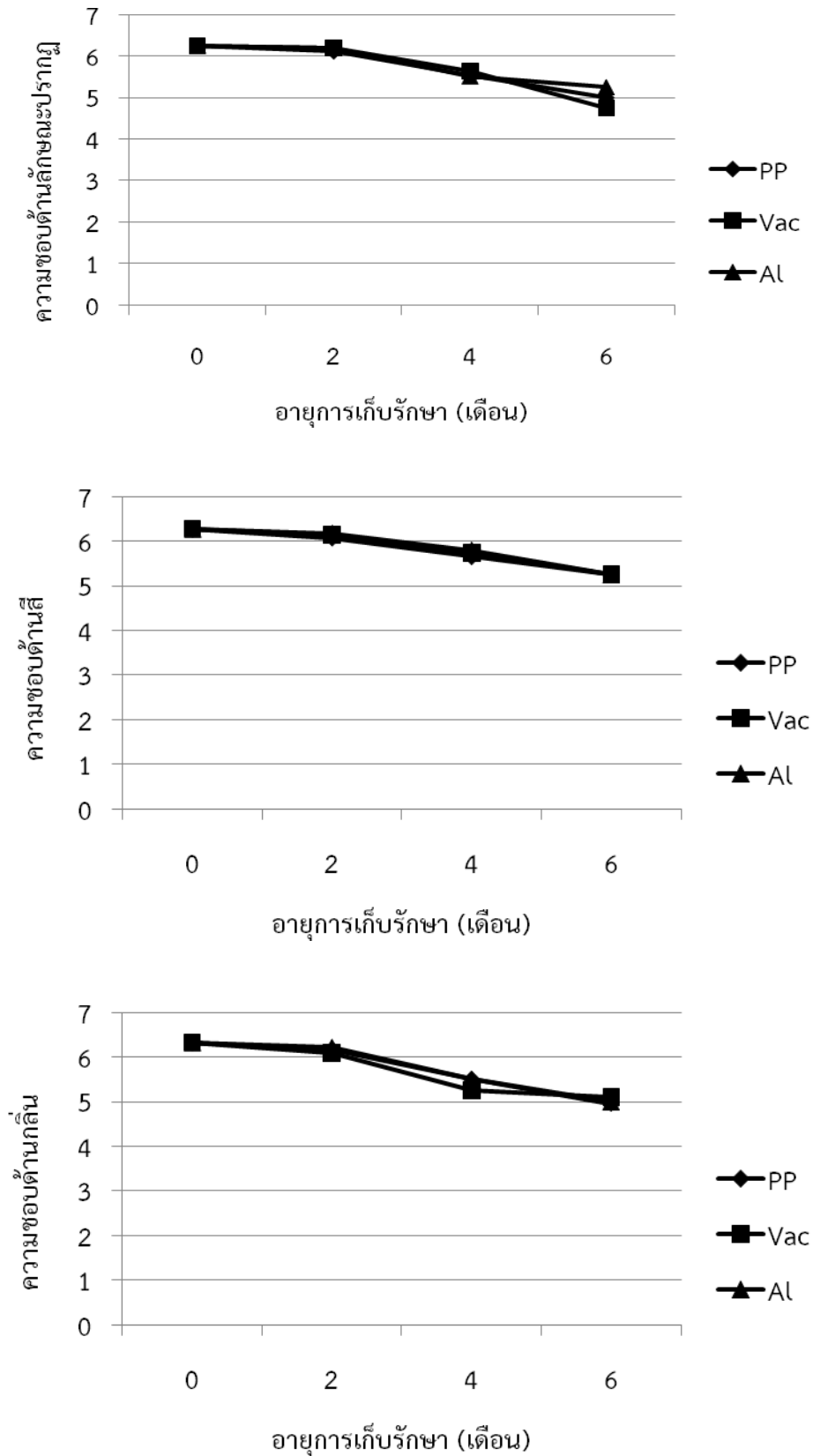
b* แสดงสีเหลือง (+b*) - น้ำเงิน (-b*)



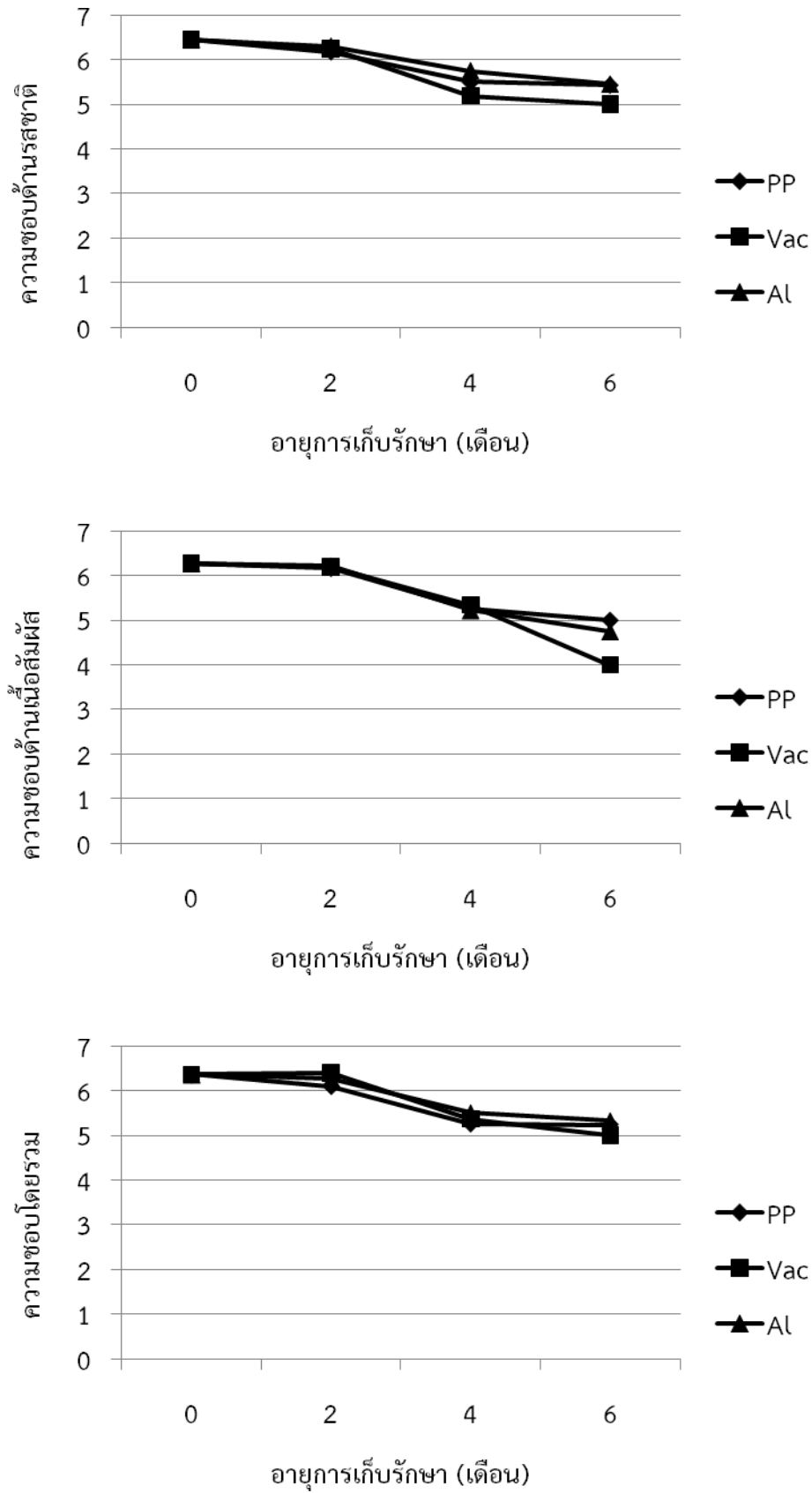
ภาพที่ 19 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 19 (ต่อ) คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อลีนจื๊อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 20 คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อลีนจืดบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็น



ภาพที่ 20 (ต่อ)คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็น

อภิปรายผล

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องอบผลไม้ โดยนำมาอบแห้งลิ้นจี่ ยังพบจุดด้อยของเครื่อง ที่ยังไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ คือการกระจายตัวของลมร้อน ทั้งที่แก้ไขเพิ่มชุดกระจายลมร้อนแล้วดีขึ้นระดับหนึ่ง แต่ก็ยังไม่สามารถให้ลมร้อนกระจายทั่วทั้งห้องอบ จึงใช้วิธีสลับถาดลิ้นจี่แทน สลับทั้งล่างขึ้นบน และด้านหลังกับด้านหน้า ทุกสองชั่วโมง จึงทำให้ลิ้นจี่แห้งสม่ำเสมอทั้งถาดแต่เกษตรกรก็ยังไม่ยอมรับได้กับวิธีการสลับถาดในระหว่างอบแห้ง การทดลองเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน เนื่องจากผลผลิตออกในช่วงเดือน เมษายน-มิถุนายน ทำให้การทดลองการเก็บรักษาหลังการอบแห้ง ต้องล่าช้าออกไปอีก 6 เดือน ทำให้ได้ผลการทดลอง 6 เดือน เท่านั้น

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการนำเครื่องอบแห้งผลไม้มาอบแห้งเนื้อลิ้นจี่ ผลการทดสอบพบว่าสามารถอบเนื้อลิ้นจี่ได้ โดยใช้อุณหภูมิอบแห้งเริ่มต้นอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นปรับอุณหภูมิตกลงเหลือ 65 องศาเซลเซียส จนลิ้นจี่แห้ง ต้องสลับชั้นถาดทุกสองชั่วโมง โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง จากความชื้นเนื้อลิ้นจี่ 84 % มาตรฐานเปียก จนเหลือความชื้นสุดท้าย 17 % มาตรฐานเปียกโดยมีอัตราผลสดต่อผลแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.7:1 ระยะเวลาในการอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 9 ชั่วโมง ต้นทุนในการอบแห้งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 133.2 บาทต่อกิโลกรัมเนื้อลิ้นจี่แห้ง

ผลการศึกษาการเก็บรักษาการเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิดได้แก่ ถุงพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) ถุงสุญญากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ตรวจเช็คคุณภาพทุก 2 เดือน ปัจจุบันผลการตรวจสอบได้ 6 เดือนพบว่า ค่าความชื้นของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ถุงพลาสติกชนิด PP และถุงสุญญากาศ (Vac) มีความชื้นมากกว่า 18% สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ (Al) ยังคงมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และคุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 73.80-80.27 สำหรับเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษา ค่าความเป็นกรด-เบส ของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 4.06-4.28

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น เนื้อลิ้นจี่อบแห้งจะมีสีเข้มขึ้น ในขณะที่การเก็บรักษาเนื้อลิ้นจี่อบแห้งในอุณหภูมิห้องเย็นจะมีค่าความสว่างค่อนข้างคงที่ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อลิ้นจี่อบแห้ง พบว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น โดยที่คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิห้องเย็นมีค่าลดลงน้อยกว่าเนื้อลิ้นจี่อบแห้งที่เก็บใน

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์



ภาพที่ 2.21 กลุ่มเกษตรกร จ.แพร่ นำไปอบกล้วยแผ่น มะม่วงแช่อิ่ม



ภาพที่ 2.22 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านผึ้ง จ.ลำพูน นำไปอบพืชสมุนไพร

มีกลุ่มเกษตรกรนำไปอบผลไม้สดตามฤดูกาลและนำไปอบพืชสมุนไพรในท้องถิ่นเช่น กลุ่มเกษตรกร จ.แพร่ นำไปอบกล้วย(กล้วยอบมันแผ่น)ใช้เวลาอบ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อบมะม่วงแช่อิ่ม ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านผึ้ง จ.ลำพูน นำไปอบพืชสมุนไพร (เชียงดา) ใช้เวลาอบ 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านสันกอตาล ต.สันติสุข อ.พาน จ.เชียงราย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านต้นผึ้ง ต.เหมืองง่า อ.เมือง จ.ลำพูน ที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมทุกท่าน ที่ช่วยให้งานนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากกองวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความร่วมมือและ
ตรวจสอบคุณภาพเนื้อลีนี้อย่างดี

ภาคผนวก

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

มกอช. 9 - 2549

THAI AGRICULTURAL COMMODITY AND FOOD STANDARD

TACFS 9 - 2006

เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูป

DRIED LONGAN FLESH

FOR FURTHER PROCESSING

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ถนนราชดำเนินนอก เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

โทรศัพท์ 0 2283 1600 www.acfs.go.th

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 123 ตอนที่ 99 ง

วันที่ 21 กันยายน พุทธศักราช 2549

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูป

1 ขอบข่าย

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาตินี้ใช้กับ เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูป (Dried Longan Flesh for Further Processing) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อนนำไปบริโภค ผลิตจากผลลำไยสด ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า “*Dimocarpus longan* Lour.” อยู่ในวงศ์ Sapindaceae หรือผลิตจากผลลำไยอบแห้งทั้งเปลือก

2 นิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูป มีดังต่อไปนี้

2.1 เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากลำไยอบแห้งทั้งเปลือกแล้วนำมาแกะเปลือกและเมล็ดออกหรือผลิตจากผลลำไยสดที่แกะเปลือกและเมล็ดออกแล้วนำมาผ่านกรรมวิธีลดความชื้นที่ใช้อุณหภูมิสูง อยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการปนเปื้อนและความชื้น และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และคืนรูปก่อนนำไปบริโภค หรือนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

2.2 วอเตอร์แอกติวิตี (water activity; a_w) หมายถึง ตัวเลขที่แสดงค่าน้ำอิสระที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงของอาหาร คำนวณจากอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิเดียวกัน

3 คุณภาพ

3.1 คุณภาพทั่วไป

เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูป มีลักษณะแห้ง มีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสตามลักษณะของผลิตภัณฑ์

3.2 คุณลักษณะทางเคมี

มกอช. 9 -2549 2

เนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูปให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

3.2.1 ความชื้น ไม่เกิน 18%

3.2.2 วอเตอร์แอกติวิตี ไม่เกิน 0.6

3.2.3 ความเป็นกรด-เบส (pH) ไม่ต่ำกว่า 5.0

3.3 ตำหนิ

จำนวนชิ้นเนื้อลำไยที่พบว่ามีตำหนิที่เกิดจากสิ่งแปลกปลอมต้องไม่เกินเกณฑ์กำหนด โดยวิธีคัดแยกชิ้นเนื้อลำไยที่มีสิ่งแปลกปลอม นับจำนวน คิดเป็นร้อยละของจำนวนชิ้นทั้งหมด ดังนี้

3.3.1 ตำหนิจากสิ่งแปลกปลอมที่เป็นชิ้นส่วนของลำไย ไม่เกิน 10% ของจำนวนชิ้นเนื้อลำไยทั้งหมด

3.3.2 ต่ำหนีจากสิ่งแปลกปลอมอื่นที่ไม่ใช่ชิ้นส่วนของลำไย ไม่เกิน 6% ของจำนวนชิ้นเนื้อลำไยทั้งหมด

4 การบรรจุ

บรรจุเนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูปในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ปลอดภัย ถูกสุขลักษณะ และสามารถรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้

5 สารปนเปื้อน

ชนิดและปริมาณสารปนเปื้อนในเนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูปให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง สารปนเปื้อน

6 สารพิษตกค้าง

ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในเนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูปให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และข้อกำหนดของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง สารพิษตกค้าง

7 สุขลักษณะ

การผลิตและการปฏิบัติต่อเนื้อลำไยอบแห้งสำหรับแปรรูปในขั้นตอนต่างๆ รวมถึงการเก็บรักษา และการขนส่ง ต้องปฏิบัติอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค