รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้กึ่งแห้งที่มีน้ำตาลต่ำ และผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งที่มีเกลือต่ำ : แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง

LOW SUGAR IM-FRUIT PRODUCTS AND LOW SALT IM-VEGETABLE PRODUCTS DEVELOPMENT : PROSPECTS TO IM-FRUIT AND VEGETABLE BAR DEVELOPMENT

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี

อาจารย์ สุจินดา ศรีวัฒนะ

พวงทอง ใจสันติ์

จิตรา กลิ่นหอม

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2544

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้กึ่งแห้งที่มีน้ำตาลต่ำ และผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งที่มีเกลือต่ำ : แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง (Low sugar IM-fruit products and low salt IM-vegetable products development : prospects to IM-fruit and vegetable bar development) ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง 4 ปี คือปีงบประมาณ 2539-2542 คณะผู้วิจัยขอบขอบพระคุณในการให้การสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บุคคล เจ้าหน้าที่ ในองค์กรต่างๆของหน่วยราชการที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอดดังต่อไปนี้

- โครงการอาหารสุขภาพดอยคำ มูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- หน่วยคัดบรรจุผักผลไม้เชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายๆท่านที่ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการสามารถดำเนินการไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ แนวความคิดต่างๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะทั้งปวง ผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปพัฒนาองค์ความรู้ให้มากขึ้นต่อไปในอนาคต องค์ความรู้ แนวทาง และข้อมูลต่างๆที่ได้จากการวิจัยนี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ และประเทศชาติโดยรวม

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ

คณะผู้วิจัย

ABSTRACT

Formulation of intermediate moisture japanese apricot product was investigated by use of sodium chloride, pectin and aspartame as the main studied factors. They were varied at the different levels as 1-2% for sodium chloride and pectin and also 0.4-0.6% for aspartame. The formulated product was heated at 90°C for 2 minutes and then cooled and added 0.2% potassium meta bisulfite before poured into stainless steel (0.5 kg per tray ; 28x21 cm). The product was dried at 60°C for 18 hours. For this study, it was found that pectin and sodium chloride added in formulation had an overall effect on the product quality significant difference at $P<0.05$ in terms of chemical, physical properties and sensory evaluation. In fact that it was affected not only on L and b* and also total acidity as citric acid. Additionally, it was also affected on physical property of the product (L and b*) at $P<0.05$. As a result of formulation study on pectin, sodium chloride and aspartame, the most suitable formula was 2% sodium chloride, 2% pectin and 0.4% aspartame. However, process parameter of intermediate moisture japanese apricot production was investigated by use of drying time at fixed temperature (60 °C) as the main studied factor varied for 16, 18 and 20 hours. The suitable formulated product was japanese apricot flesh (80-90% maturity) mixed with 2% sodium chloride 2% pectin and 0.4% aspartame. And the mixture was heated at 90°C for 2 minutes and then cooled and added 0.2% potassium meta bisulfite before poured into stainless steel (0.5 kg per tray ; 28x21 cm). The product was dried at 60°C for studied time. For this experiment, it was found that process parameter (different drying time) at 60 °C had an overall effect on the product quality significant difference at $P\leq0.05$ in terms of chemical, physical properties and sensory evaluation. Physically, it was affected only on yellow-blue colour (b*) of the product. Chemically, it was also affected on moisture content, dry matter, pH, and water activity (Aw) of the product significantly at $P\leq0.05$. Additionally, in terms of sensory evaluation, the drying time affected significantly on colour, apricot flavour, and sourness of the product. As a result of process parameter (drying time), the most suitable process was drying at 60 °C for 16 hours. The quality of the final product was analysed. The colour appearance as L a* b* was 45.86±1.32, 14.09±0.15 and 29.07±1.57 respectively. There were 24.32±0.90% moisture content, 75.68±0.90% dry matter, pH 2.50±0.03, 36.53±1.66% total acidity as citric acid and water activity (Aw) of 0.537±0.013. Additionally, for sensory evaluation, the mean ideal ratio scores of color, apricot flavour, sourness,

sweetness, saltiness, bitterness, toughness and overall acceptability were 1.00±0.12, 1.00±0.10, 0.98±0.14, 0.85±0.15, 1.01±0.31, 0.87±0.38, 1.12±0.15 and 0.70±0.07 respectively.

Formulation of intermediate moisture peach product was investigated by use of pectin and sucrose as the main studied factors. They were varied at the different levels as 1-2% for pectin and also 10-20 % for sucrose. The formulated product was heated at 90°C for 2 minutes and then cooled and added 0.2% potassium meta bisulfite before poured into stainless steel (0.5 kg per tray ; 28x21 cm). The product was dried at 60°C for 24 hours. For this study, it was found that pectin and sucrose added in formulation had a colour effect on the product quality significant difference at $P \leq 0.05$, both a^* value and sensory evaluation. They had also acidity effect on the product but sucrose had only effect on moisture content of the product. In terms of sensory evaluation, it was found that pectin affected significantly on colour, peach flavour, toughness and overall acceptability while sucrose affected on colour, sweetness and toughness of the product significantly at $P \leq 0.05$. As a result of formulation, pectin and sucrose, the most suitable formula was 2% pectin and 20 % sucrose. Additionally, formulation development of intermediate moisture peach product was also investigated by use of tapioca flour as a varied factor but pectin and sucrose were fixed in the formulation as 2% and 20% respectively. The tapioca flour was varied at the different levels at 0%, 2%, 4% and 6 %. The formulated product was heated at 90°C for 2 minutes and then cooled and added 0.2% potassium meta bisulfite before poured into stainless steel (0.5 kg per tray ; 28x21 cm). The product was dried at 60°C for 24 hours. For this study, it was found that the tapioca flour added in formulation had a colour effect on the product quality significant difference at $P \leq 0.05$, both physical values of L a^* and b^* and sensory evaluation. Increase in tapioca flour on the formulation, the colour particularly in a^* and b^* was diluted. However, addition of 2% tapioca flour seemed to be a less effect on colour of the product. It also affected on moisture content, dry matter, acidity and water activity of the product. In terms of sensory evaluation, it was found that the tapioca flour affected significantly on colour, sourness and sweetness significantly at $P \leq 0.05$. As a result of those, the suitable formulation of IM-peach production was 2% pectin, 20%sucrose and 2% tapioca flour. The quality of the product was analysed and L a* b* was 46.41±0.54, 13.50±0.17 and 29.30±0.79 respectively. There were 24.78±0.09% moisture content, 75.22±0.09% dry

matter, pH 3.60±0.05, 1.46±0.15% total acidity as citric acid and water activity of 0.771±0.015. Additionally, for sensory evaluation, the mean ideal ratio scores of color, dryness, peach flavour, sourness, sweetness, toughness and overall acceptability were1.01±0.09, 0.95±0.13, 0.72±0.19, 0.92±0.12, 0.97±0.10, 0.95±0.23 and 0.74±0.10 respectively.

The study on formulation of intermediate moisture GulfRuby plum was carried out by using pectin and sucrose as the main studied factors. The different levels of pectin (1-2%) and sucrose (10-20%) was investigated. The formulated product was heated at 90°C for 2 minutes and then cooled and added 0.2% potassium meta bisulfite before poured into stainless steel (0.5 kg per tray ; 28x21 cm). The product was dried at 60°C for 20 hours. For this study, it was found that pectin and sucrose added in formulation had a red colour effect (a^*) on the product quality significant difference at $P \leq 0.09$,while only sucrose had significantly a yellow colour effect (b^*) and also pectin had significantly a lightness effect (L) at $P \leq 0.07$ and $P \leq 0.10$ respectively. Moreover, pectin and sucrose affected significantly on moisture content, pH and total acidity of the product at $P \leq 0.07$. For sensory evaluation, it was found that sucrose affected significantly on dryness, sourness, toughness and overall acceptability at $P \leq 0.05$ while pectin had the effect on toughness and overall acceptability of the product significantly at $P \leq 0.08$. As a result of formulation, pectin and sucrose, the most suitable formula was 1% pectin and 20 % sucrose. The quality of the product was analysed and L a* b* was 44.71±0.47, 16.07±0.21 and 27.79±1.00 respectively. There were 31.79±0.33% moisture content, pH 2.74±0.01 and 5.29±0.15% total acidity as citric acid. Additionally, for sensory evaluation, the mean ideal ratio scores of color, dryness, plum flavour, sourness, sweetness, toughness and overall acceptability were 0.90±0.15, 0.69±0.38, 0.95±0.14, 1.39±0.44, 0.79±0.19, 0.86±0.29, and 0.59±0.13 respectively.

For the intermediate vegetable formulation, it was found that the suitable soaking solution for carrot and pumpkin was sodium chloride (1%), sucrose (20%), potassium sorbate (0.3%) and potassium metabisulphite (0.4%) respectively. The ratio of solution and vegetable was 1:1 with the soaking time 12-16 hours and drying temperature of carrot and pumpkin at 65°C for 4 and 4.5 hours respectively. However, the suitable soaking solution for cauliflower was sodium chloride (1%), sucrose (10%),

potassium sorbate (0.2%) and potassium metabisulphite (0.4%) respectively. The ratio was solution and cauliflower was of 2:1 with the soaking time 12-16 hours and drying temperature at 70 ^{O}C for 1 hour and 45 minutes.

For the production of fruit and vegetable muesli bar, it composed of dried carrot (20.26%), dried pumpkin (19.89%), dried cauliflower (15.64%), dried persimmon (13.65%), dried plum (16.12%) and dried pear (14.44%). The product accepted by panelists was good. Moreover, the recommend storage condition was that the product should be packed with vacuum condition and kept at 0 ^{O}C.

บทคัดย่อ

ในการศึกษาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้น ได้ทำการกำหนดปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษา คือ เกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม โดยทำการแปรผันระดับของปัจจัยดังกล่าวที่ร้อยละ 1-2, 1-2 และ 0.4-0.6 ตามลำดับ โดยสูตรการผลิตแต่ละสูตรจะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียม-เมต้าไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป แล้วเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28 X 21 เซนติเมตร) และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยหลัก เพคติน และเกลือที่เติมลงไปในสูตร การผลิตมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งโดยรวมทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P< 0.05$ กล่าวคือ มีผลต่อค่า L และ b* ของผลิตภัณฑ์และมีผลต่อความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกับกรดซิตริค รวมทั้งมีผลต่อค่าทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย และรสขมของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามปัจจัยหลักแอสปาร์เทมมีผลเฉพาะค่าทางด้านกายภาพ (L และ b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P< 0.05$ ซึ่งจากผลการทดลองสูตรของปัจจัยหลักดังกล่าวทั้งสามที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งคือควรใช้เกลือร้อยละ 2 เพคตินร้อยละ 2 และแอสปาร์เทมร้อยละ 0.4 ในการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้น ได้ทำการกำหนดปัจจัยทางกระบวนการในการศึกษา คือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส โดยทำการแปรผันระดับของตัวแปรทางกระบวนการดังกล่าวเป็น 16, 18 และ 20 ชั่วโมง สูตรการผลิตที่เหมาะสมคือ เนื้อบ๊วยสดที่มีความแก่อ่อนประมาณร้อยละ 80-90 มาผสมกับเกลือร้อยละ 2 เพคตินร้อยละ 2 และแอสปาร์เทมร้อยละ 0.4 โดยที่ส่วนผสมจะถูกเตรียมดังวิธีการข้างต้นและนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานตาม ตัวแปรกระบวนการที่ศึกษาข้างต้น จากผลการทดลองพบว่า ตัวแปรหลักทางกระบวนการ คือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งโดยรวมทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq 0.05$ กล่าวคือ มีผลต่อค่าสีเหลือง-น้ำเงิน(b*) ของผลิตภัณฑ์ และมีผลต่อความชื้นปริมาณของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีผลต่อค่าทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย และรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการทดลองตัวแปรทางกระบวนการ (เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง) ที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งคือการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 ชั่วโมง คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่า L a* b* โดยเฉลี่ยประมาณ 45.86 ± 1.32, 14.09 ± 0.15 และ 29.07 ± 1.57 ตามลำดับ มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 24.32 ± 0.90 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 75.68 ± 0.90 ความเป็นกรดด่างประมาณ 2.50 ± 0.03 ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคร้อยละ 36.53 ± 1.66 ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ

0.537±0.013 และค่าทางด้านประสาทสัมผัส สีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม ความเหนียว และความชอบโดยรวมมีค่า mean ideal ratio scores เท่ากับ 1.00±0.12, 1.00±0.10, 0.98±0.14, 0.85±0.15, 1.01±0.31, 0.87±0.38, 1.12±0.15, และ 0.70±0.07 ตามลำดับ

ในการศึกษาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้น ได้ทำการกำหนดปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษาคือ เพคติน และน้ำตาลซูโครส โดยทำการแปรผันระดับของปัจจัยดังกล่าวที่ร้อยละ 1-2 และ 10-20 ตามลำดับ โดยสูตรการผลิตแต่ละสูตรจะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป แล้วเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21เซนติเมตร) และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยหลักเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิต มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งทางด้านสีที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ทั้งค่าทางกายภาพ (ค่าสีแดง-เขียว) และค่าทางด้านประสาทสัมผัส นอกจากนี้น้ำตาลซูโครส และเพคตินยังมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านความเป็นกรดทั้งหมด ส่วนน้ำตาลซูโครสจะมีผลเฉพาะความชื้นของผลิตภัณฑ์เท่านั้น การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง พบว่า เพคตินมีผลต่อสีที่ปรากฏ กลิ่นท้อ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ในขณะที่น้ำตาลซูโครสจะมีผลต่อสีที่ปรากฏ ความหวาน และความเหนียวของ ผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ จากผลการวิเคราะห์โดยรวม พบว่าสูตรของปัจจัยหลักดังกล่าวทั้งสองที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งคือควรใช้เพคตินร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 นอกจากนี้ในการพัฒนาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้น ยังได้ทำการกำหนดปัจจัยผันแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ แป้งมัน โดยทำการแปรผันระดับของแป้งมันที่ร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 (โดยมีปัจจัยคงที่เป็น เพคตินร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20) โดยสูตรการผลิตแต่ละสูตรจะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป แล้วเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21เซนติเมตร) และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า แป้งมันที่เติมลงไปในสูตรการผลิต มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งทางด้านสีที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ทั้งค่าทางกายภาพ (ค่าความสุกสว่าง ค่าสีแดง-เขียว และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) และค่าทางด้านประสาทสัมผัส การเพิ่มปริมาณแป้งมันในสูตรมากขึ้นทำให้ค่าสีแดง และสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ลดลง สเกลสีที่ปรากฏก็ลดลงด้วย แต่การเติมแป้งมันในสูตรการผลิตที่ระดับต่ำร้อยละ 2 จะมีผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์โดยรวมน้อยที่สุด นอกจากนี้แป้งมันยังมีผลกระทบต่อ คุณภาพทางด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรดทั้งหมด คิดเทียบกรดซิตริค

และค่าน้ำอิสระการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง พบว่า แป้งมันมีผลต่อสีที่ปรากฏ ความเปรี้ยว และความหวานของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ จากผลการวิเคราะห์โดยรวม พบว่าสูตรที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งคือควรใช้เพคตินร้อยละ 2 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 ร่วมกับแป้งมันร้อยละ 2 จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ดี คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่า L a* b* โดยเฉลี่ยประมาณ 46.41±0.54,13.50±0.17 และ 29.30±0.79 ตามลำดับ มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 24.78±0.09 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 75.22±0.09 ความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 3.60±0.05 ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริกร้อยละ 1.46±0.15 ค่าน้ำอิสระเท่ากับ 0.771±0.015 และค่าทางด้านประสาทสัมผัส สีที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นท้อ รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวมมีค่า mean ideal ratio scores เท่ากับ 1.01±0.09, 0.95±0.13, 0.72±0.19, 0.92±0.12, 0.97±0.10, 0.95±0.23 และ 0.74±0.10 ตามลำดับ

ในการศึกษาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนั้น ได้ทำการกำหนดปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษาคือ เพคติน และน้ำตาลซูโครส โดยทำการแปรผันระดับของปัจจัยดังกล่าว ที่ร้อยละ 1-2 และ 10-20 ตามลำดับ โดยสูตรการผลิตแต่ละสูตรจะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป แล้วเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21เซนติเมตร) และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยหลักเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิตมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งทางด้านสีแดง (a^*) อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.09$ ส่วนน้ำตาลซูโครสมีผลต่อค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์และเพคตินมีผลต่อค่าความสุกสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.07$ และ $P \leq 0.10$ ตามลำดับ นอกจากนี้เพคตินและน้ำตาลซูโครสยังมีผลต่อคุณภาพทางด้านความชื้น ความเป็นกรดด่าง และความเป็นกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.07$ การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้ง พบว่า น้ำตาลซูโครสมีผลต่อความแห้ง ความเปรี้ยว ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ในขณะที่น้ำตาลเพคตินจะมีผลต่อความเหนียว และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.08$ จากผลการวิเคราะห์โดยรวม พบว่าสูตรของปัจจัยหลักดังกล่าวทั้งสองที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งคือควรใช้เพคตินร้อยละ 1 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่า L a* b* โดยเฉลี่ยประมาณ 44.71±0.47,16.07±0.21 และ 27.79±1.00 ตามลำดับ มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 31.79±0.33 ความเป็นกรดด่างประมาณ 2.74±0.01 ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริกร้อยละ 5.29±0.15 และค่าทางด้านประสาทสัมผัส สีที่ปรากฏ ความแห้ง

กลิ่นพลัม รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวมมีค่า mean ideal ratio scores เท่ากับ 0.90±0.15, 0.69±0.38, 0.95±0.14, 1.39±0.44, 0.79±0.19, 0.86±0.29 และ 0.59±0.13 ตามลำดับ

การศึกษาสูตรการผลิตผักกึ่งแห้งที่เหมาะสม พบว่า สูตรของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่แครอทและฟักทองญี่ปุ่น ประกอบด้วย เกลือแกง น้ำตาลซูโครส โปแตสเซียมซอร์เบท โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 1, 20, 0.3 และ 0.4 ตามลำดับ โดยใช้อัตราส่วนในการแช่สารละลายต่อผักเป็น 1:1 สูตรของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กะหล่ำดอกประกอบด้วย เกลือแกง น้ำตาลซูโครส โปแตสเซียมซอร์เบท โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ร้อยละ 1,10,0.2 และ 0.4 ตามลำดับ สารละลายดังกล่าว ใช้ในอัตราส่วนสารละลายต่อกะหล่ำดอกเป็น 2:1 ทำการเตรียมแครอทแล้วแช่ในสารละลายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-16 ชม. อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแครอทกึ่งแห้ง ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง และกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง เป็น 65 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง , 65 องศาเซลเซียส 4.5 ชั่วโมง และ 70 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง 45 นาที ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ได้ผักกึ่งแห้งที่มีคุณภาพโดยรวมดี อีกทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วย

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งแต่ละชนิดที่ได้ และผลไม้กึ่งแห้ง มาปั่นรวมกันแล้วอัดเป็นรูปแท่ง พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมในการอัดแท่งประกอบด้วย แครอทกึ่งแห้ง ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง พลับกึ่งแห้ง พลัมแผ่น และสาลี่กึ่งแห้ง ร้อยละ 20.26, 19.89, 15.64, 13.65, 16.12 และ14.44 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความชอบโดยรวมที่ดี เมื่อมีการเก็บรักษา สภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	V
สารบัญเรื่อง	IX
สารบัญภาพ	X
สารบัญตาราง	XIII
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	23
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	23
ขอบเขตของการวิจัย	24
อุปกรณ์ วัตถุดิบและสารเจือปน	25
การวิจัย	
การทดลองที่ 1 การศึกษาการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง	27
การทดลองที่ 2 การศึกษาการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง	46
การทดลองที่ 3 การศึกษาการผลิตพลัมแผ่นกึ่งแห้ง	64
การทดลองที่ 4 การศึกษาการผลิตผักกึ่งแห้ง	74
การทดลองที่ 5 การพัฒนาสูตรการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง (มูสลี่บาร์)	109
การทดลองที่ 6 การศึกษาอายุการเก็บและทดสอบผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง (มูสลี่บาร์)	118
การทดลองที่ 7 การทดสอบตลาดและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค	162
ข้อเสนอแนะเพื่อการผลิตในอนาคต	180
บรรณานุกรม	181
ภาคผนวก	183

บทนำ

ประเทศไทยมีผักผลไม้หลายประเภทที่มีประโยชน์ และมีคุณค่าทางโภชนาการทั้งเป็นแหล่งเกลือแร่ วิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี และแคโรทีนอยด์

ผักที่มีบทบาทและมีความสำคัญและมีการปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทย และเป็นพืชผักที่ทางมูลนิธิโครงการหลวงทำการส่งเสริมการผลิตอยู่ ได้แก่ แครอท กะหล่ำดอก และฟักทองญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังมีผลไม้ที่ทางมูลนิธิโครงการหลวงได้ทำการส่งเสริมการปลูก เช่น บ๊วย ท้อ พลัม พลับ และสาลี่ เป็นต้น ซึ่งผักและผลไม้ดังกล่าวมีศักยภาพทั้งในการจำหน่ายสดและการแปรรูป อย่างไรก็ตามเนื่องจากผักสดและผลไม้สดมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เน่าเสียได้ง่ายเพราะมีความชื้นสูง รวมทั้งมีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง ทำให้ผักและผลไม้จำนวนมากสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการสูญเสียได้ง่ายของผักและผลไม้ คือ ระบบการขนส่ง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ สามารถเจริญเติบโตได้ดีเช่นกัน

ปัจจุบันการส่งเสริมการปลูกพืชผักและผลไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามความต้องการของตลาดและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น การจำหน่ายตลาดสดเพียงอย่างเดียวอาจจะกระจายสินค้าไปได้เพียงบางส่วน ส่วนที่เกินความต้องการของตลาดสดจำเป็นต้องมีการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถกระทำได้ แต่ถ้าเก็บรักษาในสภาวะดังกล่าว เป็นเวลานานอาจจะมีปัญหาเรื่องการสูญเสียหรือการเสียหายเนื่องมาจากความเย็น (Chill injury) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องหาวิธีการเก็บรักษาพืชผักให้ยาวนานยิ่งขึ้น ดังนั้นความต้องการเร่งด่วนต่อการพัฒนากรรมวิธีการผลิตที่ง่าย ๆ สะดวก จึงเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อช่วยป้องกันการสูญเสียพืชผักและผลไม้ที่มีปริมาณมากและเป็นการถนอมให้อยู่ได้นานปราศจากการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่กำหนดโดยเฉพาะประเทศไทย อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้มีผลิตผลเพื่อการบริโภคนอกฤดูกาลและสามารถส่งออกจำหน่ายในพื้นที่ที่ไม่มีพืชผักและผลไม้หรืออาจจะมีน้อยได้อีกด้วย

วิธีการแปรรูปพืชผักและผลไม้ที่ง่ายและสะดวก ได้แก่ วิธีการทำแห้ง หรือวิธีการบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มักจะมีการดำเนินการโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผักและผลไม้ในกรณีที่มีปริมาณมากให้เหมาะสมและสามารถเก็บไว้บริโภคนอกฤดูกาล การทำแห้งได้มีการทำกันมานานแล้ว ซึ่งอาจจะอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการทำให้น้ำระเหยออกไป หรือใช้ความร้อนจากตู้อบก็ตาม ซึ่งวิธีการทั้งสองมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน

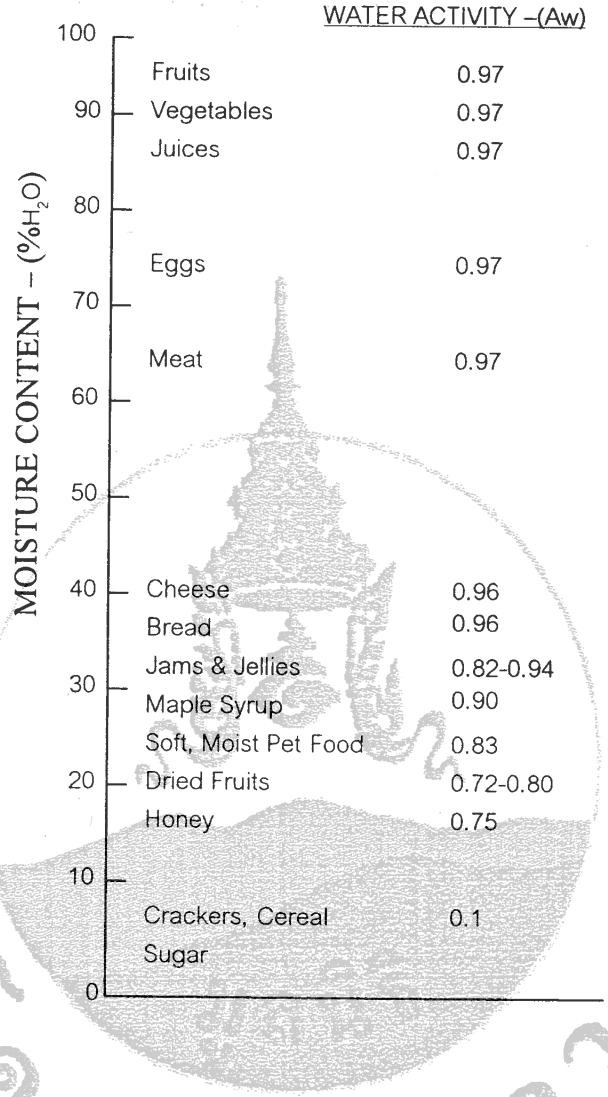
อย่างไรก็ตามวิธีการทำแห้งดังกล่าวจะทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก สีและกลิ่น ตลอดจนรสชาติจะด้อยกว่าพืชผักสดและผลไม้สด ผักและผลไม้แห้ง มักจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้าง และหดตัวมาก เนื่องจากกระทำแห้งแบบช้า ๆ และใช้เวลานานไป ส่วนการแปรรูปในแบบบรรจุกระป๋องนั้นมีข้อเสียที่ต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง สูญเสียกลิ่นและรสชาติพอสมควร แต่ก็มีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษเป็นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานอีกวิธีหนึ่ง (Davies, 1976) อย่างไรก็ตามการทำแห้งโดยให้ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความอ่อนนุ่ม แต่มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่ำ อาจจะใช้เทคโนโลยีการผลิตอาหารกึ่งแห้งมาใช้ได้

ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food : IMF)

โดยทั่วไปอาหารประกอบด้วยความชื้นประมาณร้อยละ 20-50 โดยน้ำหนัก และมีค่าน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.95-1.0 เช่น เนื้อสด ปลาสด กุ้ง ปู ผักและผลไม้ ดังภาพที่ 1 อาหาร ดังกล่าวมีปริมาณน้ำสูง และมีตัวถูกละลายไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ถ้าหากตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นถึงจุดที่ทำให้ค่าน้ำอิสระอยู่ในระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ก็จะทำให้อาหารสามารถยืดหยุ่นการเก็บรักษาได้นานขึ้นทำให้การเสื่อมเสียลดลง

อาหารกึ่งแห้งเป็นอาหารที่มีค่าน้ำอิสระอยู่ในระดับปานกลางคืออยู่ในช่วง 0.65-0.85 ซึ่งเป็นระดับที่เชื้อจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่อาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับเชื้อรา และยีสต์ที่อาจจะเจริญเติบโตได้ สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีส่วนใหญ่ที่อาจจะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในระหว่างการเก็บรักษา คือ การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันและไขมัน รวมถึงการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์

วัตถุประสงค์หลักในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง ก็เพื่อต้องการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานมากที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ โดยต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมีและชีวเคมีซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค รวมถึงความปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์



ภาพที่ 1 ปริมาณความชื้นและค่าน้ำอิสระของอาหาร

เทคโนโลยีการพัฒนาอาหารกึ่งแห้ง

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเตรียมการผลิตคือ องค์ประกอบของอาหารประเภทกึ่งแห้ง โดยปริมาณน้ำหรือค่าน้ำอิสระในองค์ประกอบของอาหารนั้นจะมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมเสียทั้งทางเคมีและจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ได้มีการนำสาร Humectants มาใช้ในการพัฒนาการผลิตอาหารกึ่งแห้ง เพื่อให้มีปริมาณน้ำหรือค่าน้ำอิสระที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ ตัวอย่างที่สำคัญในการนำมาใช้เพื่อ

ผลิตอาหารกึ่งแห้งก็คือ การเติมเกลือ และ/หรือน้ำตาลลงไปเป็นองค์ประกอบอาหารกึ่งแห้ง เพื่อช่วยลดปริมาณน้ำในอาหารให้เหมาะสม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะอ่อนนุ่ม ไม่แข็ง กระด้าง หรือแห้งจนเกินไป นอกจากนี้สารดังกล่าวยังเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย แต่เนื่องจากเกลือและน้ำตาลมีข้อจำกัดในการใช้ เพราะถ้าหากใช้มากเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเค็มหรือหวานจนเกินไป ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ จึงได้มีการพัฒนาหา Humectants ที่เหมาะสมมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น ได้มีการนำกลีเซอรอล โปรปิลีนไกลคอล และซอร์บิทอล มาใช้แทนหรือร่วมกับเกลือและน้ำตาลเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น สารดังกล่าวยังสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้เกลือหรือน้ำตาลเพียงอย่างเดียว และสามารถป้องกันการ เปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่างได้เช่น การเกิดสีน้ำตาล เนื่องมาจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์

การพัฒนาสูตรการผลิตอาหารกึ่งแห้ง

หลักการผลิตอาหารจำพวกกึ่งแห้งคือ การลดค่าน้ำอิสระให้ต่ำลง และมีกลิ่นรสชาติ รวมทั้งลักษณะปรากฏที่ดี ปัจจุบันได้มีการนำ Humectants มาใช้ร่วมเพื่อให้ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สารประกอบพวก Polyhydric alcohols ก็มีคุณสมบัติเป็น Humectants โดยจะมีความคงตัวต่อสารเคมี และความร้อนได้ดีกว่าสารประเภทน้ำตาล คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ Polyhydric alcohols มีต่อผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ เพิ่มความหนืดหรือ Body ป้องกันการตกผลึก เพิ่มความกลมกล่อมของรสชาติหรือความหวาน ดูดซับความชื้นหรือรักษาความชื้น ช่วยในการละลาย ช่วยในการคืนตัว ช่วยในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ป้องกันการหืนของอาหาร ป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อนุ่มและเป็น Bulking agents รวมทั้งช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากมีปริมาณ Reducing sugar ต่ำ

การพัฒนากระบวนการผลิตอาหารกึ่งแห้ง

ในปัจจุบันอาหารกึ่งแห้งได้มีการพัฒนาและนำเทคโนโลยีมาใช้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งใหม่ ๆ มีความเหมาะสมในการบริโภคทั้งในด้านโภชนาการ ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติและลักษณะปรากฏการณ์ของอาหารกึ่งแห้ง วิธีการผลิตอาหารกึ่งแห้งมี 2 วิธีคือ

1. นำอาหารที่จะทำการผลิตเป็นอาหารกึ่งแห้งมาแช่ในสารละลาย แล้วปล่อยให้เกิดการสมดุล อาจจะมีการเติมสารกันเสียลงในสารละลายด้วย จนกระทั่งได้ค่า Aw ตามต้องการ วิธีนี้เรียกว่า "Moist infusion" หรือ "Desorption"

2. เป็นวิธีการนำอาหารแช่ในสารละลายเป็นระยะเวลาสั้นในสภาพที่กำหนด หลังจากที่ทำให้แห้งโดยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dried) หรือทำแข็งแบบสุญญากาศ (Vacuum dried) มาก่อนแล้ว วิธีนี้จะไม่ทำให้เกิดสมดุลในระบบเรียกการผลิตวิธีนี้ว่า "Dry infusion" หรือ "Adsorption"

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหารกึ่งแห้ง

อาหารประเภทกึ่งแห้งมีความชื้นต่ำ แม้ว่าจะเป็นการลดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ก็ตาม แต่ก็จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างในอาหาร แม้ว่าจะมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการผลิต

การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันและไขมัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมัน มักจะเกิดที่ช่วงค่าน้ำอิสระของอาหารประเภทกึ่งแห้ง ถ้าค่าน้ำอิสระสูงจะมีอัตราการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันสูง และสามารถวัดค่าได้ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าน้ำอิสระต่ำ ปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำมันและไขมันที่ค่าน้ำอิสระต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะใช้ผลลัพธ์สุดท้ายต่างกันด้วย

การเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวมีวิธีควบคุมอยู่หลายวิธีด้วยกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของ ผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บ วิธีการควบคุมอาจจะคลุมถึงการลดปริมาณไขมันในสูตรอาหาร และ/หรือการใช้ไขมันที่คงตัว การเติมสารกันหืน หรือปรับปริมาณความชื้นในอาหาร

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์

ปฏิกิริยานี้มักเกิดที่ช่วงค่าน้ำอิสระของอาหารประเภทกึ่งแห้ง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนจนเป็นสีดำในที่สุด ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นไหม้ของน้ำตาลและรสชาติไม่เป็นที่ต้องการ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าน้ำอิสระ ถ้าหากอุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10° C อัตราการเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 3-4 เท่า ทั้งนี้ขึ้นกับค่าน้ำอิสระ ถ้าหากค่าน้ำอิสระเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิลดลง และส่งผลต่อ

การเกิดสีน้ำตาลน้อยลง สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างนั้น ถ้าหากเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นด้วย ปฏิกิริยาจะช้าลงถ้าหากความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 5-6

การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของอาหารกึ่งแห้ง

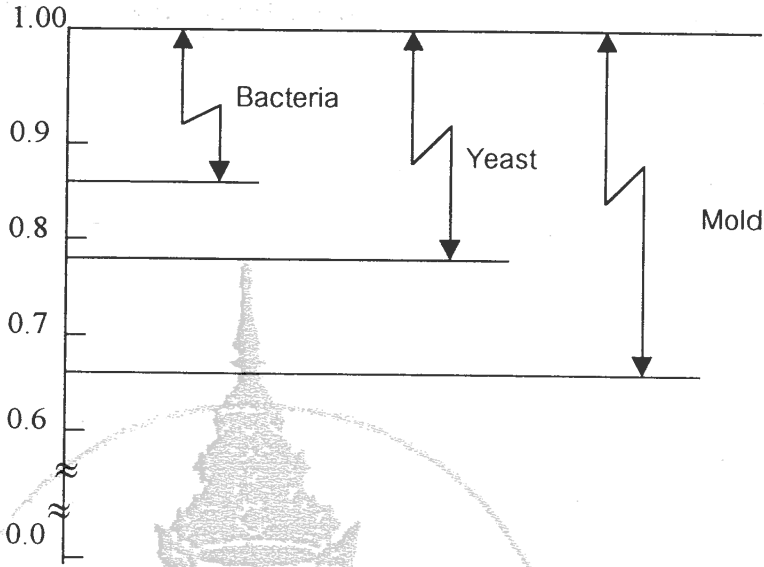
เชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะเจริญเติบโตที่ค่าน้ำอิสระสูง มีเชื้อจุลินทรีย์เพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีค่าน้ำอิสระต่ำ ดังนั้น ถ้าหากค่าน้ำอิสระลดลงจะมีเชื้อจุลินทรีย์จำนวนน้อยที่สามารถเจริญเติบโตได้ ภาพที่ 2 แสดงถึงผลของค่าน้ำอิสระต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ความทนทานของจุลินทรีย์ในอาหารที่มีค่าน้ำอิสระต่ำนั้น เชื้อรามักจะทนได้ดีกว่ายีสต์ และยีสต์ทนได้ดีกว่าแบคทีเรีย

ในการศึกษาค่าน้ำอิสระกับความทนทานของเชื้อจุลินทรีย์นี้ ส่วนมากใช้เกลือแกงเป็นสารที่นำมาปรับค่าน้ำอิสระให้แตกต่างกัน ความต้องการค่าน้ำอิสระต่ำสุดของเชื้อจุลินทรีย์อาจจะแปรผันไปขึ้นอยู่กับสารถูกละลายที่นำมาปรับค่าน้ำอิสระ รวมทั้งความชื้นในอาหารด้วย

ถ้าหากมีการนำคาร์โบไฮเดรตมาใช้ในการปรับค่าน้ำอิสระ เช่น น้ำตาล เชื้อจุลินทรีย์ สามารถผลิตกรดจากน้ำตาลนั้นจะไม่ทนทานเมื่อค่าน้ำอิสระที่ต่ำลง นอกจากนี้การลดค่าน้ำอิสระให้ต่ำลงยังขึ้นกับวิธีการเตรียมอาหารด้วยเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงของอาหารกึ่งแห้งเนื่องมาจากแบคทีเรีย

การเจริญของเชื้อแบคทีเรียในอาหารกึ่งแห้งมีปัญหาไม่มากนัก เพราะมีแบคทีเรียเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถเจริญได้ที่ค่าน้ำอิสระต่ำกว่า 0.9 เช่น *Staphylococcus aureus* ซึ่งสามารถเจริญได้ที่ค่าน้ำอิสระ 0.86 นอกจากนี้อาจมีแบคทีเรียชนิดทนเกลือซึ่งสามารถเจริญได้ดีที่ค่าน้ำอิสระ 0.75 ฉะนั้นวิธีการควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ดีที่สุดคือ การปรับค่าน้ำอิสระให้ต่ำกว่าค่าที่เชื้อแบคทีเรียสามารถเจริญได้



ภาพที่ 2 ผลของค่าน้ำอิสระต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงของอาหารกึ่งแห้งเนื่องมาจากเชื้อยีสต์

การเจริญของเชื้อยีสต์มีลักษณะคล้ายกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ทั้งนี้เพราะว่าการเจริญของเชื้อยีสต์จะชะงักที่ค่าน้ำอิสระประมาณ 0.88 แต่บางครั้งก็พบเชื้อยีสต์ที่สามารถเจริญได้ที่ค่าน้ำอิสระต่ำถึง 0.60 การควบคุมการเจริญของเชื้อยีสต์ปฏิบัติเช่นเดียวกับการควบคุมการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนี้จะเติมสารเคมีบางชนิดก็ได้

การเปลี่ยนแปลงของอาหารกึ่งแห้งเนื่องมาจากเชื้อรา

การเสื่อมเสียของอาหารกึ่งแห้งส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา ทั้งนี้เพราะว่าเชื้อราหลายชนิดสามารถเจริญได้ในช่วงค่าน้ำอิสระ 0.80 โดยเฉพาะพวกเชื้อราที่สามารถเจริญที่ความชื้นต่ำ ซึ่งสามารถเจริญได้ดีที่ค่าน้ำอิสระ 0.65 สำหรับวิธีการควบคุมนั้นมักจะเติมสารกันเชื้อราในอาหารหรือในภาชนะบรรจุ รวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในการเก็บรักษา

ปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการทำแห้ง

เป็นที่ทราบกันดีว่า ถ้าควบคุมกระบวนการอบแห้งไม่ถูกต้องแล้ว จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านรูปร่างหรือโครงสร้าง เช่น เกิดรอยแตกผิวหน้าแข็ง การเสียโครงสร้างของโปรตีน เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เกิดออกซิเดชันของสารประกอบที่ไม่คงตัว หรือการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ อันเนื่องมาจากกระบวนการทางกายภาพ เคมี หรือชีวเคมี เมื่อนำอาหารเข้าอบแห้งจะมีกระบวนการพื้นฐานเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 กระบวนการ คือ (ดังภาพที่ 3 และ 4)

1. การถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นที่จุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิหรือจากตัวนำความร้อน การดำเนินการอบแห้งทางการค้าอาจใช้การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธี การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน หรือใช้หลายวิธีที่กล่าวข้างต้นร่วมกัน

1.1 การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งกับโมเลกุลข้างเคียง สภาพการนำความร้อน (Thermal activity) เป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัตถุ ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน Thermal acitivity ขึ้นกับอุณหภูมิและความร้อน Thermal activity ของน้ำจะมีค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร อย่างไรก็ตาม ขณะการอบแห้งดำเนินอยู่นั้น Thermal activity จะลดลง

1.2 การพาความร้อน การถ่ายเทความร้อนภายในวัตถุที่มีลักษณะทึบจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนทั้งสิ้น แต่สำหรับของเหลวและก๊าซการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนเกิดขึ้นน้อยมาก ในทางปฏิบัติการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธีจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยบางอย่าง เช่น วัตถุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็ก ๆ ซึ่งภายในช่องว่างเต็มไปด้วยของเหลวหรือไอ การถ่ายเทความร้อนภายในที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบการนำความร้อน แต่ถ้าช่องว่างภายในมีขนาดใหญ่และมีของเหลวอยู่ด้วย การถ่ายเทความร้อนภายในของของเหลวจะเป็นแบบการพาความร้อน ซึ่งจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น

1.3 การแผ่รังสี การถ่ายเทพลังงานโดยการแผ่รังสีนั้นเกิดเพียงส่วนน้อยในกระบวนการอบแห้งอาหารแต่ในกรณีการอบแห้งแบบสุญญากาศและการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะมีการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีเป็นหลัก

2. การเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหาร เมื่ออาหารได้รับความร้อนระหว่างการอบแห้ง ในขณะเดียวกันน้ำที่อยู่ในอาหารก็จะเคลื่อนตัวออกจากอาหาร โดยที่น้ำในอาหารอาจจะเกิดในลักษณะ การเคลื่อนที่ของของเหลวหรือไอ กล่าวคือ น้ำหรือไอภายในอาหารจะ

เคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าของวัตถุ จากนั้นน้ำที่ผิวหน้าจะกลายเป็นไอระเหยออกไปสู่บรรยากาศรอบ ๆ ตู้อบ ชนิดของการเคลื่อนที่ของน้ำอาจเกิดขึ้นจาก

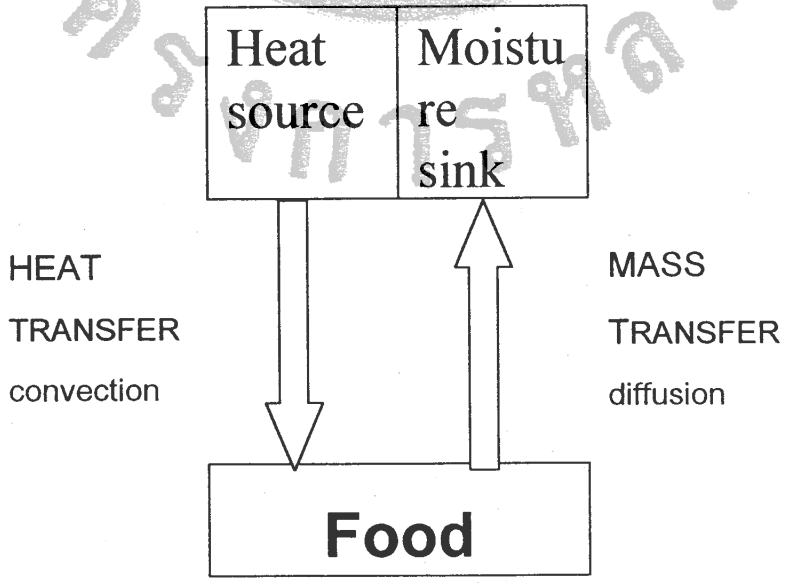
2.1 เกิดจากแรงคะปิลลารี่ (Capillary force) การเคลื่อนตัวแบบนี้พบว่ามีลักษณะที่ซับซ้อนมาก ยากต่อการคำนวณและจำแนกว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบที่เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้น หรือจากแรงคะปิลลารี่

2.2 การแพร่ของของเหลว (Liquid diffusion) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารอาจจะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของของเหลวหรือของไอ ถ้าเป็นสภาวะของของเหลว การเคลื่อนที่ของน้ำจะเกิดขึ้นจากความเข้มข้นที่ต่างกันโดยเกิดขึ้นเมื่อน้ำระเหยไปจากผิวหน้า นั่นคือความเข้มข้นของของแข็งเพิ่มขึ้นขณะที่ปริมาณน้ำลดลง

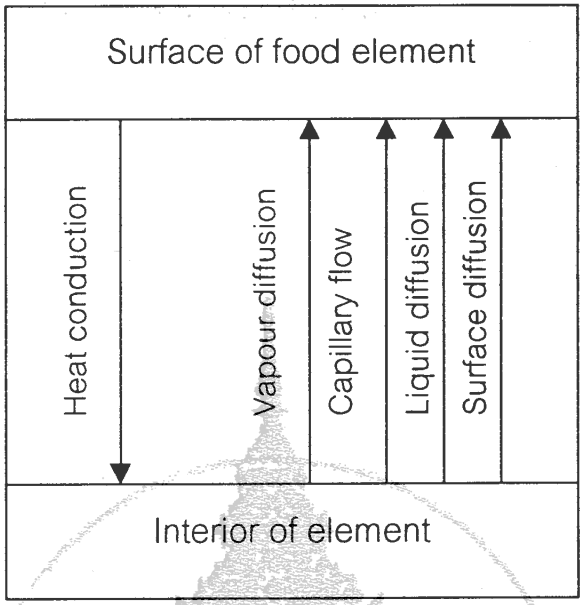
2.3 การดูดซึมของไอน้ำ (Water vapour diffusion) เกิดจากการแตกต่างของความดันย่อยของอากาศที่มีอยู่ในรูเปิดเล็ก ๆ มีลักษณะคงที่ แต่พอไอน้ำที่เกิดจากการระเหย ของน้ำในระหว่างการอบแห้งแพร่ซึมผ่านเข้าไปในรูเปิดเล็ก ๆ จะทำให้อากาศจากบริเวณที่มี ความดันไอน้ำสูงเคลื่อนไปสู่บริเวณที่มีความดันไอน้ำต่ำ อัตราการเคลื่อนที่ขึ้นกับการต้านทานต่อการดูดซึมของไอน้ำ

2.4 การแพร่ของไอ เกิดจากความแตกต่างของความดันไอ ความชื้นอาจจะเคลื่อนที่โดยการดูดซึมของไอผ่านอาหารที่เป็นของแข็งได้โดยกรณีที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ การระเหยหรือการดูดซึมของไออาจเกิดขึ้นในอาหารที่เป็นของแข็งโดยอาหารนั้น ได้รับความร้อนด้านหนึ่ง และการระเหยเกิดขึ้นอีกด้านหนึ่ง หรือการอบแห้งแบบสุญญากาศ

2.5 การแพร่ของของเหลวที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอาหาร การแพร่ของน้ำที่ดูดซับไว้ที่ผิวหน้าในอาหารจะเกิดขึ้นและมีความชื้นค่อนข้างต่ำ เพียงร้อยละ 10-15 การแพร่แบบนี้ เรียกว่าการแพร่โดยการกระตุ้น



ภาพที่ 3 ปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งของอาหาร



ภาพที่ 4 การเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหาร เมื่ออาหารได้รับความร้อนระหว่างการอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงในเนื้อเยื่อระหว่างการทำแห้ง

การเหี่ยวย่น เซลล์เนื้อเยื่อสัตว์และพืชของสิ่งมีชีวิตมีความเปล่งหรืออวบน้ำ ซึ่งหมายความว่า ของเหลวที่อยู่ภายในแต่ละเซลล์จะทำให้เซลพองออก จนมีโครงสร้างเหนียวแน่นคล้ายกับลูกบอลลูน ผนังเซลล์จะมีลักษณะอยู่ภายใต้แรงตึงผิว ในขณะที่ของเหลวภายในเซลล์จะถูกแรงอัดโครงสร้างของผนังเซลล์จะมีลักษณะแข็งแรงและยืดหยุ่น แต่เมื่อเนื้อเยื่อเซลล์ได้ผ่านกระบวนการบางกระบวนการ เช่น การลวก ผนังเซลล์จะมีลักษณะที่ให้ความร้อนซึมผ่านได้ง่ายขึ้น ความเปล่งของเซลล์จะหายไป

โครงสร้างอาหารจะเปลี่ยนแปลงทันทีเมื่อผ่านการอบแห้ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของของเหลวการกระจายตัวใหม่ของตัวถูกละลายรวมทั้งมีการเหี่ยวย่นเกิดขึ้น ทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่หรือการส่งผ่านมวลจะเปลี่ยนไป

ความหนาแน่นรวม ถ้าหากอาหารถูกอบแห้งเร็วจนเกินไป จะทำให้อาหารมีค่าความหนาแน่นรวมน้อยกว่าอาหารที่ถูกอบแห้งอย่างช้า ๆ

การสูญเสียสิ่งที่ระเหย เมื่อน้ำกลายเป็นไอระเหยไปจากอาหารจะพาสิ่งที่ระเหยได้ไปด้วยในปริมาณที่ต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปปรากฏการณ์นี้เป็นสิ่งที่ไม่เป็นที่ยอมรับ

องค์ประกอบของไอขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหาร และความดันไอของสิ่งที่ระเหย แต่องค์ประกอบของสิ่งที่ระเหยจะมีผลจากความสามารถในการละลายของสารนั้น ๆ ไม่ว่าจะในน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ

การเกิดสีน้ำตาล หรือความเสียหายเนื่องจากความร้อน ปัญหาที่สำคัญและเห็นได้ชัดที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบแห้ง ก็คือการเปลี่ยนแปลงของสีซึ่งเรียกชื่อต่าง ๆ เช่น การเกิดสีน้ำตาล การไหม้ หรือความเสียหายอันเนื่องจากความร้อน อัตราการเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเสียหายในลักษณะนี้มักจะเป็นปัจจัยรวมระหว่างอุณหภูมิและเวลา

ข้อมูลพื้นฐานของวัตถุดิบและสารเจือปนที่ใช้ในงานวิจัย

บ๊วย (Japanese apricot)

บ๊วย (Japanese apricot) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Prunus mume* Sieb.et.Zuce. เป็นผลไม้เขตหนาวชนิดผลัดใบ ได้รับการส่งเสริมให้เกษตรกรบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยปลูกเพื่อการค้า ทั้งนี้เพราะบ๊วยเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตเร็วไม่ต้องการการเอาใจใส่ดูแลมาก โรคและแมลงที่รบกวนมีน้อย ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จึงให้ความสนใจและยอมรับการปลูกบ๊วยเพื่อเป็นอาชีพแทนการปลูกฝิ่นและทำไร่เลื่อนลอย (นรินทร์ชัย, 2537)

เนื่องจากผลบ๊วยรับประทานสดไม่ได้ เพราะมีรสเปรี้ยวจัดและขมเกษตรกรมักจะขายผลสดเพื่อเข้าโรงงานแปรรูป ราคาตลาดรับซื้อเฉลี่ยประมาณ 20-25 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งแล้วแต่ขนาดและคุณภาพของผล ผลที่มีคุณภาพดีจะต้องเป็นผลที่แก่จัดโดยที่ยังแข็งอยู่

ในปี พ.ศ.2512 โครงการหลวงเริ่มผลิตผลบ๊วยสดออกสู่ตลาด ได้ประมาณ 2 ตัน จนกระทั่งปริมาณเพิ่มเป็น 50 ตันในปี 2534 ประมาณว่าในปีพ.ศ.2540 จะมีผลผลิตไม่น้อยกว่า 300 ตัน จากปริมาณผลผลิตที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตอย่างมากมายจึงต้องหาตลาดเพื่อรองรับผลผลิตรวมทั้งกรรมวิธีการแปรรูปให้เป็นที่นิยมของตลาดเพิ่มมากขึ้นด้วย ตลาดบ๊วยที่น่าสนใจมากคือ ประเทศญี่ปุ่น กล่าวกันว่าคนญี่ปุ่นจะขาดบ๊วยไม่ได้เลยเพราะเชื่อว่ารับประทานบ๊วยแล้วทำให้รู้สึกชุ่มคอ มีสุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง มีความกระฉับกระเฉงกระชุ่มกระชวย

ปัจจุบันบ๊วยสามารถที่จะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ เช่น บ๊วยดองในน้ำเกลือ บ๊วยหวาน บ๊วยเค็มแบบญี่ปุ่น น้ำบ๊วยเข้มข้น ลูกอมบ๊วย อย่างไรก็ตามการที่จะนำ

บ๊วยมาทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จำเป็นจะต้องผ่านกระบวนการดองในน้ำเกลือเพื่อลดรสเปรี้ยวและรสขม ซึ่งในการดองนั้นจะต้องหมักทิ้งไว้เป็นเวลานาน 2-3 เดือน ทำให้เปลืองเนื้อที่ในการเก็บและยังเป็นการทำให้ต้นทุนเพิ่มตามระยะเวลาที่เก็บอีกด้วย ดังนั้นหากศึกษาถึงผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำผลบ๊วยสดมาใช้ในกระบวนการแปรรูปได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านการดองก่อน ก็จะเป็นการช่วยให้สามารถทำเงินจากผลบ๊วยสดได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและเป็นการขยายตลาดผลิตภัณฑ์จากบ๊วยเพิ่มมากขึ้นอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทางเลือกหรือตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้มากขึ้นอีกด้วย

ดังที่กล่าวข้างต้นแล้วว่าบ๊วยสดมีรสเปรี้ยวจัดและขม ดังนั้นหากต้องการผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจะต้องใช้น้ำตาลปริมาณมาก อย่างไรก็ตามมีการแนะนำให้ลดการใช้น้ำตาลในอาหารอันเนื่องมาจากผลของการเกิดน้ำตาลซูโครสต่อการเป็นโรคฟันผุ การเป็นโรคหัวใจ การมีไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง การเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่ การเป็นโรคเบาหวาน และการมีผลเสียต่อการมองเห็น จึงได้มีการพยายามหาสารที่มีรสหวานเพื่อใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีการศึกษาสารให้รสหวานนับร้อยตัวมีอยู่หลายตัวที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามสารให้ความหวานบางประเภทที่ไม่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดทางความปลอดภัยถูกระงับการใช้ไป เช่น แซคคารีน ไซคลาเมท เป็นต้น สำหรับปัจจุบันนี้มีสารให้รสหวานชนิดหนึ่งชื่อว่า แอสปาร์เทม (Aspartame or L-aspartyl-L-phenylalanine methyl ester) เป็นสารให้รสหวานที่มีศักยภาพสูง ได้มีการใช้อย่างกว้างขวางในอเมริกา โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมในอาหารแห้ง และเครื่องดื่ม (Lindsay, 1985) สารดังกล่าวมีลักษณะรสคล้ายคลึงกับน้ำตาลมากที่สุด เป็นผงผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสหวาน 180-200 เท่าของความหวานของน้ำตาลซูโครสเมื่อน้ำหนักเท่ากัน ละลายน้ำได้ง่าย โดยธรรมชาติแอสปาร์เทมจะให้พลังงาน 4 แคลลอรี่ต่อกรัม แต่เนื่องจากความหวานสูงจึงใช้ปริมาณน้อยมาก (Beck, 1978; Cloninger and Baldwin,1974 ; ศิริลักษณ์, 2531) แม้ว่าแอสปาร์เทมประกอบด้วยกลุ่มของกรดอะมิโน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณที่ร่างกายควรได้รับต่อวันควรเป็นปริมาณที่น้อย (0.8 กรัมต่อคน) (Lindsay, 1985) ซึ่งเป็นการตระหนักถึงขีดความปลอดภัยของการใช้สารดังกล่าวในแง่สารเจือปนในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การพัฒนาตัวแปรทางกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งก็มีความสำคัญยิ่งด้วยการที่ต้องลดปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ให้มีค่าตามที่ต้องการ และถูกกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง

ท้อ (Peach)

ท้อ (Peach) มีแหล่งกำเนิดในประเทศจีน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Prunus persica* ประเทศไทยปลูกท้อกันมาเป็นเวลานานแล้ว โดยเฉพาะชาวเขาที่อพยพมาจากประเทศจีนและมาตั้งหลักแหล่งทางตอนเหนือของประเทศไทย ท้อเป็นไม้ผลยืนต้นขนาด

ค่อนข้างเล็ก ทรงต้นเป็นพุ่มแจ้ ให้ผลดกและตกผลได้เร็วกว่าไม้ผลผลัดใบชนิดอื่นๆ ลักษณะของผลจะมีขนปกคลุมทั่วไปบริเวณผิว ซึ่งเป็นลักษณะประจำตัว ส่วนของเนื้อมีตั้งแต่สีเหลืองจัดไปจนถึงสีขาว เมื่อสุกเนื้อจะมีลักษณะนุ่ม เม็ดในมีลักษณะแข็งซึ่งภายในมีเมล็ดอยู่

การเก็บเกี่ยวผลท้อจะต้องมีความระมัดระวังสูง เนื่องจากผลท้อมีผิวที่อ่อนนิ่ม ไม่ควรมีรอยช้ำเสียหายระหว่างการเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจจะใช้วิธีการสังเกตสีของผลท้อในการเก็บเกี่ยวก็ได้ โดยจะเก็บเมื่อผลเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและมีสีแดงเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 50 50 บางครั้งอาจจะใช้ค่าทางเคมีเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถเห็นความสัมพันธ์โดยตรงกับรสชาติของผลท้อ เนื่องจากการสร้างสีผิวของผลนั้นขึ้นกับปัจจัยของอิทธิพลหลายอย่าง เช่น ความเข้มของแสง และออกซิเจนมีผลต่อการสังเคราะห์สารคาโรที-นอยด์ (Carotenoid) อุณหภูมิมีผลต่อการสร้างสารไลโคปีน (Lycopene) เป็นต้น ดังนั้นการใช้ปัจจัยอื่นๆร่วมในการตัดสินใจเก็บเกี่ยวผลท้อจึงมีความจำเป็น เช่น อาจจะใช้วิธีการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรด ความหนาแน่นของเนื้อ และอาจจะวัด Maturity ratio ประกอบด้วย (นรินทร์ชัย , 2537)

ผลท้อสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้มากมาย เช่น ท้อดอง ท้อกวน ท้อแห้ง ท้อแช่อิ่ม แยมท้อ ท้อดัดแปลงผสมในโยเกิตร์ และท้อลอยแก้วบรรจุกระป๋อง เป็นต้น เนื่องจากท้อเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญบนที่สูงพืชหนึ่ง การจำหน่ายสดสามารถปฏิบัติได้ระดับหนึ่ง การแปรรูปเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ท้อจะเป็นหนทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาเมื่อมีปริมาณท้อมากในฤดูกาลผลิต ดังในการศึกษาทดลองเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะช่วยแก้ไขปัญหาท้อที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอและไม่สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้แล้ว ยังเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการที่จะนำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งในลักษณะแท่งต่อไป (ไพโรจน์, 2539)

พลัม (Plum)

พลัม (Plum) เป็นไม้ผลตระกูล Rosaceae อยู่ใน Genus Prunus ซึ่งมีมากมายหลายสายพันธุ์ แต่ที่นิยมได้แก่ พลัมญี่ปุ่น (*Prunus salicina)* และพลัมฝรั่ง (*Prunus domestica)* แต่พลัมที่จะกล่าวในที่นี้เป็นพลัมญี่ปุ่น ซึ่งพวกนี้สามารถปลูกได้ในพื้นที่กว้าง โดยผลพลัมญี่ปุ่นนี้จะมีผลใหญ่ มีผิวสีเหลืองจนถึงแดง หรือม่วงแดง เนื้อสีเหลือง ส้ม และแดงคล้ายเลือด บางทีเรียกว่า Blood plum มีปริมาณน้ำสูง เนื้อแน่น

พลัมที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทยเป็นพลัมญี่ปุ่น ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากไต้หวัน อเมริกา ญี่ปุ่น และอินเดีย นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ลูกผสมอีกมากมาย เช่น พันธุ์

GulfRuby, GulfGold, Ban-luang Red, Ban-luang Yellow, Indian Red และ Indian Yellow เป็นต้น (นรินทร์ชัย, 2537)

คุณภาพของผลพลัมจะดีถ้าหากปล่อยให้ผลพลัมสุกเต็มที่บนต้นในขณะที่ผลมีเนื้อสัมผัสที่แข็งอยู่ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อการเก็บเกี่ยว ในทางปฏิบัติมักจะเก็บเมื่อผลเปลี่ยนสีเป็นสีแดงหรือเหลืองจัด ซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของพลัม พลัมที่ดีเนื้อของพลัมจะต้องไม่เละ คงความมีเนื้อสัมผัสที่แน่น พลัมญี่ปุ่นที่เก็บโดยพิจารณาดัชนีดังกล่าวจะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานประมาณ 2-3 สัปดาห์ โดยที่ยังคงมีเนื้อสัมผัสเหมือนเดิม

ดังนั้นในการตรวจสอบคุณภาพของพลัมเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร จึงควรพิจารณาความแข็งของเนื้อพลัม รวมทั้งความแก่อ่อนของพลัม สีของพลัม ซึ่งอาจจะใช้ค่าทั้งทางประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพ เป็นดัชนีในการกำหนดก็ได้ ในปัจจุบันผลพลัมสามารถนำมาแปรรูปเป็นสินค้าทางอุตสาหกรรมเกษตรมากมาย เช่น พลัมกวน พลัมแห้ง พลัมแช่อิ่ม แยมพลัม พลัมดัดแปลงผสมในโยเกิร์ต และน้ำพลัมบรรจุกระป๋อง เป็นต้น เนื่องจากพลัมเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญบนที่สูงพืชหนึ่ง การจำหน่ายสดสามารถปฏิบัติได้ระดับหนึ่ง การแปรรูปเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์พลัมจะเป็นหนทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาเมื่อมีปริมาณพลัมมากในฤดูกาลผลิต ดังในการศึกษาทดลองเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งเป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่น่าสนใจ เพราะนอกจากจะช่วยแก้ไขปัญหาพลัมที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ และไม่สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้แล้ว ยังเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการที่จะนำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งในลักษณะแท่งต่อไป (ไพโรจน์, 2539)

แครอท (Carrot)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Daucus carota var. sativa*

ลักษณะทั่วไป เป็นพืชกินหัว ต้องการพื้นที่แปลงปลูกค่อนข้างมาก แต่ใช้ปัจจัยการผลิตและแรงงานต่ำเทียบกับขนาดพื้นที่ปลูก สำหรับการปลูกในฤดูร้อนต้องให้น้ำ จึงมักปลูกกันในพื้นที่ขนาดเล็กลง และต้องเอาใจใส่ดูแลมากกว่าการปลูกโดยอาศัยน้ำฝน

การใช้ประโยชน์
- นำมาแกะสลักเพื่อตกแต่งอาหาร
- นำมาดอง
- หั่นบาง ๆ ปนกับสลัด ให้มีสีสวยงาม
- นำมาทำส้มตำแบบมะละกอ
- ปั่นหรือคั้นเอาน้ำสด ๆ รับประทาน
- หั่นบาง ๆ ต้มกับน้ำผสมกับน้ำตาลทรายกรวดเป็นน้ำแครอท
- นำมาขูดให้ละเอียด แล้วนำไปกวน เป็นขนม

ข้อมูลการผลิต

พันธุ์	หงส์แดง New Kuruda
ระยะปลูก (ต้น x แถว)	1 x 15 ซม. เวลาหยอดเมล็ด
	8 x 15 ซม. หลังจากถอนแยก
ความลึก	1 ซม.
จำนวนต้น	80.8 ต้น/ตร.ม.
เก็บเกี่ยวได้หลังจากอายุ	80 – 100 วัน
ฤดูปลูก	ตลอดปี
ระดับความสูง	600 – 1300 เมตร
ความเป็นกรดด่างของดิน	5.5 – 6.5
ชนิดของดิน	ร่วนปนทราย

ฟักทองญี่ปุ่น (Japanese Pumpkin)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucurbita pepo*

ลักษณะทั่วไป ปลูกง่าย อายุสั้น ใช้แรงงานต่ำ ระยะปลูกห่าง น้ำหนักผลผลิตต่อจำนวนพื้นที่สูง งานอาจมีมากขึ้น ถ้าเกษตรกรปลูกแบบทำค้าง ซึ่งจะช่วยป้องกันหนูกัดกินผลและเพื่อลดการเกิดโรคในฤดูฝน

การใช้ประโยชน์

- เลือกขนาดเล็กนำมาแกะสลัก
- นำมาผัดกับเครื่องแกง
- เลือกขนาดเล็ก นำมาทำฟักทองสังขยา
- นำมาปรับปรุงกับแกงเผ็ด
- ทำฟักทองแกงบวด
- ทำฟักทองกวน
- ชุปแป้งทอด

ข้อมูลการผลิต

พันธุ์	Delica, Baby Delica
ฤดูปลูก	ตลอดปี
ระดับความสูง	600 – 1400 เมตร
ความเป็นกรดด่างของดิน	6.0 – 7.0
ชนิดของดิน	ร่วนปนทราย
ระยะปลูก (ต้น x แถว)	100 x 350 ซม. (ไม่ขึ้นค้าง)
	100 x 150 ซม. (ปลูกแบบขึ้นค้าง)
ขนาดของแปลงกว้าง	4 เมตร (ไม่ทำค้าง) 2 เมตร (ทำค้าง)
ระหว่างแปลงห่าง	50 ซม.

จำนวนต้น 0.66 ต้น/ตร.ม.
ระยะเวลาเจริญเติบโตเต็มที่ 110 – 150 วัน

แป้งมัน

โดยทั่วไปแป้งมันที่ได้จากส่วนที่เป็นราก (หัวมันสำปะหลัง) จากการศึกษาทางด้านจุลภาพ เม็ดแป้งเป็นสารประกอบมี 2-8 ชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนมีขนาด 5-35 μm ขนาดโดยเฉลี่ยเป็น 15 μm เม็ดแป้งโดยมากมีลักษณะรูปไข่ตัด ปลายด้านหนึ่งเว้าเข้า บางเม็ดเป็นโค้งด้านหนึ่งอีกด้านหนึ่งร่บเรียบ โดยปกติเม็ดแป้งจะประกอบด้วยอะไมโลสร้อยละ 17 และอะไมโลเพคตินร้อยละ 71 โดยทั่วไปแป้งมันสำปะหลังที่แยกได้จากหัวมันด้วยกระบวนการแยกกากโปรตีน แป้งมันคงคุณสมบัติตามปกติ เรียกว่า แป้งดิบ (Native starch) ซึ่งเป็นสินค้าทั่วๆไปในตลาด ปัจจุบันประเทศไทยผลิตแป้งมันสำปะหลังนี้ได้ปริมาณสูง และมีแนวโน้มการผลิตมากขึ้น หากแป้งดิบนี้ได้รับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมี คุณสมบัติจะเปลี่ยนไปเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลเพื่อให้เหมาะสมในการใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เรียกว่า แป้งดัดแปร (Modified starch) ซึ่งเป็นสินค้าที่มีตลาดเฉพาะตัว

ในอุตสาหกรรมอาหารปัจจุบันมีการใช้ในรูปของแป้งแท้ๆ และในรูปที่ต้องดัดแปลงไปจากสภาพเดิม และมักจะใช้เป็นแป้งประกอบอาหารโดยตรง หรือใช้เพิ่มความข้นของอาหาร หรือใช้เป็นตัวเจือจาง รวมทั้งการใช้เป็นตัวเชื่อมหรือเป็นตัวทำให้เกาะกันหรืออาจจะใช้เป็นตัวถ่วงเพื่อให้เติมน้ำได้มากๆ

น้ำตาล (Sugar)

โดยทั่วไปน้ำตาลซูโครสจัดว่าเป็นอาหารประจำบ้าน เป็นน้ำตาลชนิดหนึ่งในหลาย ๆ ชนิดที่มีตามธรรมชาติ น้ำตาลเป็นตัวแทนชนิดหนึ่งของการให้ความหวาน ซึ่งช่วยให้มนุษย์เกิดความพอใจต่อรสหวานในอาหารประจำวันของแต่ละคน ซึ่งจะพบว่ามีการใช้สารให้ความหวานไม่ชนิดใดก็ชนิดหนึ่งเสมอ น้ำตาลมักใช้เติมในอาหารระหว่างรับประทานหรืออาจใช้เป็นส่วนผสมของการประกอบอาหาร

การใช้น้ำตาลในอุตสาหกรรมมีลักษณะเหมือนกับที่ใช้ในครัวเรือน โดยใช้เพื่อความหวานเป็นหลัก นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีกหลายอย่าง ซึ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การทำหน้าที่เป็นสารกันเสียในกรณีที่ใช้น้ำตาลในปริมาณสูง จะสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

ชนิดของน้ำตาลที่นิยมใช้ในกระบวนการหมัก ได้แก่ ซูโครส และกลูโคส โดยซูโครสจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล ส่วนกลูโคสจะให้กลิ่นที่ดี น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่ใช้กันมา ตั้งแต่โบราณและเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสและฟรุกโตส เป็นผลึกสีขาว มีรสหวานหลอมตัวเป็นอุณหภูมิ 54° C มีความสามารถละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย สามารถละลายในน้ำได้ในปริมาณ 204 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายซูโครสอิ่มตัวจะมีน้ำตาลซูโครส 67.1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง ถ้าอุณหภูมิเป็น 100° C น้ำตาลซูโครสสามารถละลายได้ในน้ำ 100 กรัม เป็นจำนวน 487 กรัม

ปฏิกิริยาต่อต้านจุลินทรีย์ของน้ำตาลซูโครสเกิดจากการที่น้ำตาลซูโครสไปลดค่าน้ำอิสระในระบบการถนอมอาหาร อาจทำได้โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลหรืออาจเติมน้ำตาลโดยตรงก็ได้ ค่าน้ำอิสระที่ลดลงขึ้นกับปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในระบบของอาหาร

เกลือ (Salt)

เกลือที่ใช้ในอาหารก็เพื่อเป็นสารที่ให้รสเค็ม แต่ถ้าใช้เกลือมากเกินไปก็เป็นผลให้เกิดรสปร่า และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผิดแปลกไปได้ เกลือนั้นมีความสามารถในการป้องกันการเน่าเสียของอาหาร ได้มีการใช้ในอุตสาหกรรมมาเป็นเวลานาน เพราะเกลือเป็นตัวลดความชื้นหรือลด Water activity ของอาหารลง เนื่องจากเกลือละลายน้ำ สารละลายที่เกิดขึ้นนั้น น้ำจะถูกแรงดึงตัวเกาะกันกับเกลือเกิดเป็น Ion hydration ขึ้น คุณสมบัติหรือความเป็นอิสระของน้ำ จึงเปลี่ยนไปในสารละลายเกลือมีการ Dehydration ของเซลล์เกิดขึ้น อันเนื่องจาก Osmotic pressure ซึ่งเป็นเหตุให้เซลล์จุลินทรีย์เกิดการเสียน้ำอย่างแรง (Plasmolysis) และหยุดการเจริญเติบโต เกลือยังเป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยตรง อนุมูลพวก Sodium, Potassium, Calcium, Magnesium มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ เมื่อมีมากเกินความต้องการ (เกลือ Sodium chloride มีความเป็นพิษมากกว่า Potassium chloride และเกลือ Sodium sulfate มีความเป็นพิษมากกว่า Sodium chloride) อนุมูลของ Chloride ก็มีความเป็นพิษในตัวเอง

น้ำเกลือช่วยลดการแพร่หรือการแทรกซึมของ Oxygen ฉะนั้นจำนวน Oxygen จะซึมลงไปในสารละลายได้น้อยลง จุลินทรีย์ที่ต้องการใช้ Oxygen จะเจริญเติบโตได้ยากขึ้น เกลือเป็นตัวทำลาย Enzyme บางชนิด เนื่องจากเมื่อเกลือมีความเข้มข้นสูงระดับหนึ่งจะสามารถทำให้โปรตีนบางตัวเกิดแปรสภาพและเสียคุณสมบัติ เนื่องจากขบวนการ Salting-out ทำให้จุลินทรีย์หยุดการเจริญเติบโต

ประสิทธิภาพการเป็นสารกันเสียของเกลือขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ทั้งภายในและภายนอก เช่น ประสิทธิภาพการทำงานของเกลือจะลดลงที่อุณหภูมิ แต่เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณเกลือที่ต้องการใช้เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์จะลดลง

กลีเซอรอล (Glyceral)

เป็นสารเจือปนในอาหารอีกประเภทหนึ่งที่สามารถเลือกใช้ร่วมกับเกลือหรือน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ได้ เพื่อช่วยลดความเค็มและความหวานมากเกินไปในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้สารดังกล่าวยังไม่มีพิษและสามารถรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ทางด้านจุลินทรีย์ได้ด้วยและยังสามารถลดปริมาณของสารเจือปนในอาหารประเภทอื่น ๆ ลงได้ เช่น เกลือ หรือน้ำตาล เพื่อให้ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้นด้วย

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟต์

Sulfites ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ Sodium sulfites, Potassium sulfite, Sodium bisulfite, Potassium metabisulfite เป็นต้น

เมื่อละลายน้ำจะได้ Sulfurus acid (H_2SO_3) ไบซัลไฟต์อิออน (HSO_3^-) และซัลไฟต์อิออน (SO_3^{2-}) ซึ่งอัตราส่วนที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นกับความเป็นกรดเป็นด่างของอาหาร สำหรับประสิทธิภาพของ Sulfur dioxides และ Sulfites จะขึ้นกับปริมาณ Sulfurus acid ที่เกิดขึ้นและต้องอยู่ในรูปไม่แตกตัวด้วย และถ้ายิ่งมีปริมาณ Sulfurus acid เกิดขึ้นมากเท่าไร ความสามารถในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์จะสูงขึ้น

Sulfurus acid จะไปทำปฏิกิริยากับ Enzyme ของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้การทำงานผิดปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งหรือทำลาย ดังนั้นอาหารที่ควรจะใช้วัตถุกันเสียชนิดนี้ควรเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างต่ำ เช่น น้ำผลไม้ต่าง ๆ รวมทั้งมีการใช้ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้แห้ง ผลิตภัณฑ์เนื้อและปลา

Sulfite ยังมีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ต่อการผลิตอาหาร เช่น ป้องกันการเปลี่ยนสี การเกิด Oxidation การเกิด Browning ทั้งแบบที่มี Enzyme และไม่มี Enzyme

กรดซิตริค (Citric acid)

กรดซิตริคเป็นกรดประเภทที่มีการใช้ในอาหารมานานกว่า 100 ปีแล้ว และมีการใช้มากกว่ากรดชนิดอื่น ๆ การใช้มีมากถึง ร้อยละ 60 ของบรรดากรดทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีการใช้กรดซิตริคเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบในการศึกษาผลของกรดชนิดต่าง ๆต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ กรดซิตริคพบมากในผลไม้ประเภทส้มและมะนาวเป็นกรดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับ Respiration cycle ของพืชและสัตว์ กรดซิตริคมีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่น ๆ กล่าวคือสามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ และเป็น Chelating agent ที่มีประสิทธิภาพสูง กรดซิตริคและเกลือของกรดนี้เป็นที่นิยมใส่ในอาหารประเภทน้ำผลไม้และน้ำหวานชนิดต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ กรดซิตริคที่เติมนอกจากจะไปช่วยปรับความเป็นกรดเป็นด่างแล้วยังไปช่วยรวมตัวกับโลหะที่ปนเปื้อนมาเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้นทำให้กรดแอสคอร์บิค ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในผักหรือผลไม้คงตัวขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อเนื่องไปถึงความคงตัวของสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะกรดแอสคอร์บิคเป็นวัตถุกันหืนตามธรรมชาติและกรดซิตริคที่เติมลงไปยังไปช่วยทำปฏิกิริยากับด่างที่อาจจะหลงเหลือจากขั้นตอนการปอกเปลือกด้วยด่าง ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ ซึ่งด่างที่หลงเหลือมานี้จะไปทำให้กรดแอสคอร์บิค สลายตัวไป

กรดซอร์บิคและเกลือซอร์เบท (Sorbic acid ; 2,4 –Hexadienoic acid)

* คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

กรดซอร์บิคและเกลือซอร์เบท เป็นวัตถุกันเสียอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และที่สำคัญคือไม่ทำให้กลิ่นและรสของอาหารเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถถูก Metabolized ได้แบบเดียวกับกรดไขมันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น Caproic acid และ Butyric acid ดังนั้น อันตรายที่จะได้รับจากวัตถุกันเสียชนิดนี้จึงค่อนข้างน้อย กรดซอร์บิคและเกลือซอร์เบท สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายจุลินทรีย์พวกยีสต์และราได้ดีกว่าพวกแบคทีเรีย และประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้ จะสูงสุดในช่วงที่ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 6.5 จนถึงความเป็นกรดเป็นด่าง 6.5 (กรดที่ไม่แตกตัวจะผันแปรตาม pH กล่าวคือ ที่ pH3 จะมีส่วนที่ไม่แตกตัว 98% และที่ pH 7 ส่วนที่ไม่แตกตัวจะมีเพียง 0.66% ซึ่งเป็นลักษณะที่ตรงข้ามกับวัตถุกันเสียชนิดอื่น ๆ) กรดซอร์บิคจะให้ผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าของเกลือเบนโซเอทและเกลือโปรปิโอเนท แต่จะมีส่วนคล้ายเกลือเบนโซเอทและเกลือโปรปิ-โอเนท คือ เมื่อความเป็นกรดของอาหารลดลง หรือความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้จะลดลงด้วย การเติมเกลือและน้ำตาลลงในอาหารและส่งเสริมประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้เช่นเดียว

กัน Cysteine และ Cystine แต่การมีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมคลอไรด์ในอาหารจะทำให้ประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียชนิดนี้ลดลง

ตารางที่ 1 การละลายของกรดซอร์บิคและโปแตสเซียมซอร์เบทเป็นกรัมต่อ 100 กรัมของตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย (Solvent)	กรดซอร์บิค	โปแตสเซียมซอร์เบท
น้ำที่ 20° C	0.16	138
น้ำที่ 50° C	0.60	150
น้ำที่ 100° C	3.90	175
ethanol 5% v/v	0.16	130
ethanol 20% v/v	0.03	120
ethanol 50% v/v	5.00	80
ethanol absolute	14.50	2
น้ำเกลือ 5%	0.10	90
น้ำเกลือ 10%	0.07	45
น้ำเชื่อม 10%	0.14	132
น้ำเชื่อม 50%	0.10	55
ไขมันและน้ำมัน	0.6-0.8	0.01

ที่มา: โครงการตำราวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม (2526)

กรดซอร์บิคสามารถใช้แทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ดีเพราะใช้ได้กับอาหารชนิดเดียวกัน ดังนั้นจึงช่วยลดอันตรายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงได้

สูตรโครงสร้างมีดังนี้

$CH_3 - CH = CH - CH = CHCOOH$ กรดซอร์บิค

$CH_3 - CH = CH - CH = CHCOOK$ โปแตสเซียมซอร์เบท

กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid)

L-ascorbic acid หรือวิตามินซี เป็นสารที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง โครงสร้างประกอบด้วย Steriochemical isomer อีก 3 ชนิด แต่มีไอโซเมอร์เพียงชนิดเดียวที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร คือ D-isoascorbic acid ลักษณะกรดแอสคอร์บิคจะเป็นเกล็ดสีขาวปราศจากกลิ่น สามารถละลายในน้ำได้ง่าย ในรูปสารละลายกรดแอสคอร์บิค มีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ pH ระหว่าง 4.0-6.0

กรดแอสคอร์บิคถูกออกซิไดส์ได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ความร้อน และจะสูญเสียไปในกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น การล้าง และขั้นตอนการลวก (Blanching) เป็นต้น การสลายตัวของกรดแอสคอร์บิคเกิดมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หรือมีสารเร่งการเกิดปฏิกิริยา (Catalyze) เช่น โลหะต่าง ๆ โดยเฉพาะเหล็ก ทองแดง metalchelating agent เช่น Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) หรือ Enzymes ต่าง ๆ เช่น Ascorbic acid oxidase ปฏิกิริยาการเกิด Reversible reaction ระหว่างกรดแอสคอร์บิค และ Dehydroascorbic acid นั้น สามารถเกิดขึ้นได้โดยมีปัจจัยต่าง ๆ กัน ถ้าต้องการให้เกิดเป็น Dehydroascorbic acid สามารถทำได้โดยใช้ UV irradiation และการออกซิเดชั่นกับฮาโลเจน หรือเฟอร์ริกคลอไรด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนตที่เป็นกลาง และเซลิเนียมออกไซด์ เป็นต้น ในทางกลับกันถ้าต้องการให้อยู่ในรูป Reduce forms คือกรดแอสคอร์บิคโดยใช้ ไฮโดรเจนไอโอไดด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ โฮโมซิสเตอีน กลูตะไทโอน เป็นต้น

กรดแอสคอร์บิคที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปผลไม้มีคุณสมบัติเป็น Antioxidant ในขณะเดียวกันกรดแอสคอร์บิคในรูปที่เกิดออกซิไดซ์แล้วคือ Dehydroascorbic acid ทำหน้าที่ป้องกันการเปลี่ยนสีของแอนโธไซยานิน

เพคติน (Pectin)

สารประกอบเพคติน เป็นกลุ่มของโพลีแซคคาไรด์ที่พบอยู่ใน Middle lamellae ของผนังเซลพืช โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลให้ติดกันคล้ายเป็นซีเมนต์ สารประกอบเพคตินที่ถูกสร้างขึ้นในพืช คือ โปรโตเพคติน (Protopectin) พบมากในผักและผลไม้โดยเฉพาะในผลไม้ดิบ

สารประกอบเพคตินเป็นโพลีเมอร์สายยาวของกรดกาแลคตูโรนิค (D-galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะกลัยโคไซด์ที่ตำแหน่ง β - (1 $\rightarrow$ 4) โดยหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ในโมเลกุลของกรดกาแลคตูโรนิคบางส่วนจะถูกเอสเตอริไฟด์ด้วยหมู่เมธิล ได้เป็นเมธอกซิลเอสเตอร์ และมีบางส่วนยังคงเหลือเป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ นอกจากนั้นหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่คาร์บอนตำแหน่ง 2 และ 3 อาจถูก Acetylated ได้

เพคตินเป็น Gelling agent ที่ดี คุณสมบัติในการเกิดเจลของเพคตินขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ ความยาวของสายโพลีเมอร์ และ Degree of methoxylation และจะเกิดเจลได้ในภาวะที่มีกรดและน้ำตาล โครงสร้างโมเลกุลของเพคตินจะเป็นเกลียว (Coiled) มากกว่าสายตรงและมีพันธะไฮโดรเจนน้อยกว่าพวกโพลีเมอร์สายยาว เช่น เซลลูโลส

การเกิดเจลของเพคตินจะต้องมีสารช่วยดูดน้ำออกจากโมเลกุล (Dehydrating agent) เช่น น้ำตาล จะช่วยลดการละลายของเพคตินให้น้อยลง และมีกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยไฮโดรเจนอิออน (H^+) จากกรดจะช่วยลดจำนวนประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลให้น้อยลง ทำให้ลดการผลักดันระหว่างประจุลบที่หมู่คาร์บอกซิลทำให้สายของเพคตินโมเลกุลเข้ามาใกล้กันได้ และเกาะตัวกันเป็นตาข่ายเพคตินที่เกิดเจลดีที่สุดคือเพคตินในที่มีหมู่เมธอกซิลในโมเลกุลประมาณ ร้อยละ 8 คือมี Degree of methoxylation ประมาณร้อยละ 50

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ศึกษาปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมที่เหมาะสมในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง
2. ศึกษาตัวแปรทางกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง
3. ศึกษาปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง
4. ศึกษาผลของแป้งมันต่อการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง
5. ศึกษาปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตพลัมแผ่นกึ่งแห้ง
6. ศึกษาผลของเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสต่อผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้งและกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง
7. ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาต่อการผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้งและกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง
8. ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตผักกึ่งแห้งที่มีปริมาณเกลือต่ำ ประเภทแครอท ฟักทองญี่ปุ่นและกะหล่ำดอก
9. ศึกษาสัดส่วนน้ำตาลซูโครส เพคตินและกรดซิตริคต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งที่ขึ้นรูปแบบแท่ง
10. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการใช้เนื้อพลับ พลัม สาลี่ ร่วมกับเนื้อแครอท ฟักทองญี่ปุ่น และกะหล่ำดอก ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งที่ขึ้นรูปแบบแท่ง
11. ศึกษาแนวทางที่เป็นไปได้ในกระบวนการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่งในระดับอุตสาหกรรม
12. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และทดสอบผู้บริโภค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตผักกึ่งแห้งที่มีเกลือต่ำ รวมทั้งแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งในรูปแบบแท่ง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรม โดยเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งของผักผลไม้กึ่งแห้งที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคบางกลุ่มได้ ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักและผลไม้ให้สูงขึ้นด้วย

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งชนิดแท่งจะแบ่งการวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

1.1 ศึกษาปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมที่เหมาะสมในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

1.2 ศึกษาตัวแปรทางกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

ตอนที่ 2 การศึกษาการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง

2.1 ศึกษาปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง

2.2 ศึกษาผลของแป้งมันต่อการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง

ตอนที่ 3 การศึกษาการผลิตพลัมแผ่นกึ่งแห้ง

ศึกษาปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตพลัมแผ่นกึ่งแห้ง

ตอนที่ 4 การศึกษาการผลิตผักกึ่งแห้ง

4.1 ศึกษาผลของเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสต่อผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง

4.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง

ตอนที่ 5 การพัฒนาการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง

พัฒนาสูตรการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง โดยศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งที่ขึ้นรูปแบบแท่ง

ตอนที่ 6 การศึกษาอายุการเก็บและทดสอบผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง (มูสลี่บาร์)

6.1 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

6.2 การทดสอบผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ตอนที่ 7 การทดสอบตลาดและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ปัจจุบันนี้ได้มีความพยายามหาวิธีการต่าง ๆ มาใช้เพื่อการแปรรูปผักผลไม้เพื่อลดลักษณะที่ไม่ดีดังกล่าวข้างต้น การแปรรูปผักผลไม้ให้เป็นผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งชนิดแท่ง (IM- fruit and vegetable bar) เป็นแนวทางหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยวิธีการดังกล่าวเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นไม่ต่ำเกินไปนัก ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มและคงตัว โดยปกติมักทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นประมาณร้อยละ 10-70 จากนั้นนำมาขึ้นรูปอัดเป็นแท่ง ผลิตภัณฑ์นี้มีความเหมาะสมสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาในแง่ที่สามารถผลิตให้สอดคล้องกับภาวะทางด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวก สามารถดัดแปลงเครื่องมือในการผลิตได้ไม่ยากนัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความคงตัวภายใต้สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิห้อง มีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษ ผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการใช้และให้คุณค่าทางโภชนาการที่ดีเป็นการช่วยประหยัดพลังงานและมีการลงทุนที่ต่ำ (Karel, 1983) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งชนิดแท่งยังมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นเสบียงอาหารในยามสงครามของกองทัพเป็นอย่างดี (Davies, 1976) เนื่องจากมีการขนส่งที่สะดวกและเก็บรักษาได้ค่อนข้างนาน

การศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาวิจัย และวิเคราะห์ถึงปัญหาทางด้านเทคโนโลยีการเตรียมผักผลไม้กึ่งแห้งในวัตถุดิบเฉพาะอย่างของมูลนิธิโครงการหลวงที่มีศักยภาพในการผลิต โดยทำการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตให้เหมาะสม

อุปกรณ์ วัตถุดิบและสารเจือปน

อุปกรณ์

1. เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Drier, Progress : Model PE-555, USA)
2. เครื่องวัดสีระบบ Hunter (Minota Camala : Model CR-300, Japan)
3. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser, Instron : Model 5565, Instron Crop.)
4. เครื่องวัดค่าน้ำอิสระ (Novasina : AWC 200 Operating Instruction, Switzerland)
5. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven, Memmert : Model ULM-400, USA)
6. เครื่องปั่นผสม (Blender, National : Model MX-T31 GN, Taiwan)
7. เครื่องชั่ง (Analytical Balance, Mettler : Model CH-8606, Switzerland)
8. โถอบแห้ง (Desiccator, Glaswerk : Model GL.32, Werthein)

วัตถุดิบ

1. บ๊วยพันธุ์ไต้หวัน (*Prunus mume* Sieb.et.Zuce)
2. ท้อพันธุ์ไต้หวัน
3. พลัมพันธุ์ GulfRuby
4. พลับ
5. สาลี่
6. แครอท (*Daucus var. sativus*)
7. ฟักทองญี่ปุ่น (*Cucurbita sp.*)
8. กะหล่ำดอก (*Brassica olevacea var. betrytis*)

สารเจือปน

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; NaOH, J.T. Braker, USA)
2. กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid ; $C_6H_8O_6$, Merck, Germany)
3. โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (Potassium metabisulfite ; KMS, Merck, Germany)
4. โปแตสเซียมซอร์เบท (Potassium sorbate ; $C_6H_7KO_2$, Fluka, Germany)
5. กรดซิตริค (Citric acid ; $C_6H_8O_7$, Merck, Germany)
6. โมโนโซเดียมกลูตาเมต (Monosodium glutamate ; MSG, Ajinomote)
7. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride ; NaCl, Merck, Germany)
8. โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate ; $NaHCO_3$, Merck, Germany)
9. กลีเซอรอล (Glycerol ; $C_3H_8O_3$, Merck, Germany)
10. เพคติน (Pectin)
11. แอสปาร์เทม (Aspartame or L-aspartyl-L-phenylalanine methyl ester)
12. แป้งมัน
13. น้ำตาลซูโครส (Sucrose)

การวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมที่เหมาะสมในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการทำบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ บ๊วยพันธุ์ไต้หวัน (*Prunus mume* Sieb.et.Zuce) เกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม

บ๊วยสดที่มีความแก่อ่อนประมาณร้อยละ 80-90 นำล้างให้สะอาด ใช้มีดผ่าครึ่งและนำเอาแต่ส่วนเนื้อบ๊วย(แยกเปลือกออก)นำมาตีปั่น หลังจากนั้นเติมเพคตินร้อยละ 1-2 เนื้อบ๊วยดังกล่าวจะถูกนำมาให้ความร้อนและคงอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป จากนั้นทำการเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21 เซนติเมตร) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์บ๊วยแห้งที่ได้จะถูกนำออกมาในรูปแผ่นก่อนและทำการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท

ศึกษาปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมที่เหมาะสมในการทำบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการพัฒนาสูตร โดยมีปัจจัยเกลือแกง เพคตินและแอสปาร์เทม เป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษาในระดับที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ดังต่อไปนี้

ปัจจัย A = เกลือแกง

a_1 = ร้อยละ 1

a_2 = ร้อยละ 2

ปัจจัย B = เพคติน

b_1 = ร้อยละ 1

b_2 = ร้อยละ 2

ปัจจัย C = แอสปาร์เทม

c_1 = ร้อยละ 0.4

c_2 = ร้อยละ 0.6

การทดลองนี้เป็น 2^3 Factorial experiment โดยทำการเติมสิ่งทดลองที่จุดกึ่งกลางของปัจจัยทั้งสองอีก 4 สิ่งทดลอง ดังนั้นในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment + 4 center points (ตารางที่ 2) ดังนี้

ตารางที่ 2 แผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment ที่มีเกลือแกง เพคตินและแอสปาร์เทม เป็นปัจจัยหลักในการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๋วยแผ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา		
		เกลือแกง (ร้อยละ)	เพคติน (ร้อยละ)	แอสปาร์เทม (ร้อยละ)
	1	2	2	0.6
	0	1.5	1.5	0.5
	-1	1	1	0.4
(1)		-1	-1	-1
a		+1	-1	-1
b		-1	+1	-1
ab		+1	+1	-1
c		-1	-1	+1
ac		+1	-1	+1
bc		-1	+1	+1
abc		+1	+1	+1
cp1		0	0	0
cp2		0	0	0
cp3		0	0	0
cp4		0	0	0

(1) = all low levels; a = เกลือแกง; b = เพคติน; c = แอสปาร์เทม ; cp = center point

นำผลิตภัณฑ์บ๋วยแผ่นกึ่งแห้งที่ได้สุดท้ายมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta camera Co., Ltd., 1991)

2. คุณภาพทางเคมี ได้แก่

- ค่าความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (1984)
- ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้ pH meter (A.O.A.C.1984)
- ค่าความเป็นกรด ตามวิธีของ (A.O.A.C.1984)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การหาเค้าโครงลักษณะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Ideal Ratio Profile) เพื่อศึกษาคุณลักษณะของประสาทสัมผัสดังนี้ คือ สี กลิ่นบ๊วย รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม ความเหนียว และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมระดับ ห้องปฏิบัติการจำนวน 9 คน ทำการทดสอบชิมในห้องชิมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เสนอตัวอย่างให้ผู้ชิมโดยวางบนจานพลาสติกสีขาวที่มีรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว และแนะนำให้ผู้ชิมเคี้ยวขนมปังจืดและบ้วนปากด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง (ไพโรจน์, 2535)

4. ข้อมูลทางด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งจะนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SP123 (Walonick,1987) เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเกลือ (ร้อยละ 1-2) เพคติน (ร้อยละ 1-2) และแอสปาร์เทม (ร้อยละ 0.4-0.6) นั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีค่าของ L ในช่วง 43.25 - 48.79 ส่วนค่า a^* มีค่าในช่วง 14.22-16.04 และค่า b^* อยู่ในช่วง 22.01-28.56 ตัวแสดงในตารางที่ 3 จากค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งมีสีเหลืองค่อนข้างเข้มโดยมีสีแดงปนบ้างพอสมควร

ตารางที่ 3 ค่าสี L a* b* ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L	a*	b*
(1)	47.66±0.39	15.64±0.17	26.38±0.80
a	43.70±0.20	15.87±0.36	22.67±0.34
b	50.48±0.59	14.94±0.25	28.56±0.73
ab	48.79±0.33	15.79±0.25	28.29±0.57
c	46.26±0.66	16.04±0.32	24.63±0.97
ac	43.25±0.67	15.54±0.48	22.01±0.61
bc	47.66±0.59	14.22±0.13	25.49±0.68
abc	46.14±0.62	15.83±0.30	24.98±0.31
cp1	44.73±0.45	15.24±0.22	23.43±0.51
cp2	45.54±0.50	14.78±0.20	23.84±0.52
cp3	44.78±0.51	15.04±0.20	23.07±0.76
cp4	43.95±0.61	14.95±0.13	22.65±0.57

(1) = all low levels; a = เกลือแกง; b = เพคติน; c = แอสปาร์เทม; cp = center point

คุณภาพผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งในด้านสีที่ปรากฏนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักทั้งสามชนิดที่ใช้คือ เกลือแกง เพคติน แอสปาร์เทม ต่างก็มีผลต่อค่า L ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.02$ กล่าวคือ ถ้ายังเพิ่มปริมาณเพคตินให้มากขึ้น (ระดับสูง) จะทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นไปได้การลดปริมาณเกลือแกง และแอสปาร์เทมลง (ระดับต่ำ) จะทำให้ค่าของความสว่างมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ และ $P<0.02$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า L ดังกล่าวนี้ยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเกลือในลักษณะที่ไม่ได้เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแต่เป็นความสัมพันธ์ในลักษณะ เส้นโค้ง (Quadratic curve) ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$\text{ความสุกสว่าง(L)} = 44.7500 - 1.2725\,(\text{เกลือ}) + 1.5250\,(\text{เพคติน}) - 0.9150\,(\text{แอสปาร์เทม}) + 1.9925\,(\text{เกลือ})^2$$

$$R^2 = 90.88\%$$

สำหรับค่าสีของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งในเทอมของค่าสีแดง-เขียว (a^*) นั้น พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นเกลือแกง เพคติน และแอสปาร์เทม ไม่มีผลต่อค่าสีแดง-เขียว ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ส่วนค่า b^* ซึ่งเป็นค่าสีเหลือง-น้ำเงินของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง พบว่า ปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษา คือ เกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม มีผลต่อค่า b^* ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ โดยที่ผลิตภัณฑ์จะมีสีเหลืองมากขึ้น ถ้าหากเพิ่มปริมาณเพคตินให้มากขึ้น(ระดับสูง) และลดปริมาณเกลือและแอสปาร์เทมให้มาอยู่ที่ระดับต่ำ นอกจากนี้ การที่ผลิตภัณฑ์จะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณเกลือในลักษณะที่เป็นเส้นโค้ง (Quadratic curve) ไม่ใช่เส้นตรง ตลอดจนเพคตินที่จะมีความเกี่ยวข้อง (Interaction) กับปริมาณเกลือ และปริมาณแอสปาร์เทมที่ใช้อยู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.01$ และ $P<0.03$ ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าหากเป็นไปได้ปัจจัยหลักที่ควรใช้คือ ใช้เกลือและแอสปาร์เทมที่ระดับต่ำ (-) และใช้เพคตินที่ระดับสูง(+) ดังนั้นความเกี่ยวข้องกันระหว่างเกลือกับเพคตินจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองที่ลดลงไปบ้าง ในขณะที่ความเกี่ยวข้องกันระหว่างแอสปาร์เทมกับเพคติน จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งกึ่งแห้งมีสีเหลืองที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.03$ ดังแสดงในสมการ (coded equation) ดังนี้

$$\text{ค่าสีเหลือง } (b^*) = 23.2470 - 0.8887\,(\text{เกลือ}) + 1.4538\,(\text{เพคติน}) - 1.0987\,(\text{แอสปาร์เทม}) + 2.1287\,(\text{เกลือ})^2 + 0.0637\,(\text{เกลือx เพคติน}) - 0.4963\,(\text{แอสปาร์เทม x เพคติน})$$

$$R^2 = 97.91\%$$

คุณภาพทางเคมี

ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเกลือ (ร้อยละ 1-2) เพคติน (ร้อยละ 1- 2) และแอสปาร์เทม (ร้อยละ 0.4-6) เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีความชื้นในช่วงร้อยละ 23.56 - 26.04 ส่วนค่า pH อยู่ในช่วง 2.22 - 2.34 และมีค่าความเป็นกรดในช่วงร้อยละ 48.71-58.07 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความชื้น (ร้อยละ) pH และความเป็นกรด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม ในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ความชื้น (ร้อยละ)	pH	ความเป็นกรด (ร้อยละ)
(1)	26.04±0.16	2.28±0.01	58.07±0.01
a	23.70±0.11	2.22±0.01	52.76±2.55
b	25.22±0.30	2.34±0.01	53.28±3.66
ab	24.76±0.01	2.27±0.01	48.71±0.12
c	24.96±0.32	2.33±0.01	56.20±0.50
ac	24.18±0.26	2.26±0.01	51.48±1.48
bc	25.11±0.16	2.32±0.01	55.30±0.25
abc	24.52±0.09	2.32±0.01	49.00±0.06
cp1	24.12±0.21	2.32±0.01	50.77±0.14
cp2	24.40±0.23	2.32±0.01	52.07±0.42
cp3	24.12±0.21	2.26±0.01	51.99±0.01
cp4	23.56±0.18	2.32±0.01	51.02±0.01

(1) = all low levels; a = เกลือแกง; b = เพคติน; c = แอสปาร์เทม; cp = center point

สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งในด้านเคมี พบว่าความชื้นในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ รวมทั้งมีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นโค้งกับปริมาณเกลือเช่นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.02$ โดยที่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณเกลือให้สูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความชื้นโดยรวมเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย ดังสมการ

$$\text{ความชื้น} = 24.0500 - 0.5212\,(\text{เกลือ}) + 0.7693(\text{เกลือ})^2 \quad R^2 = 68.53\%$$

ในด้านความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนี้ ปริมาณเกลือมีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์นี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.06$ กล่าวคือ ถ้าหากมีการลดลงของปริมาณเกลือในสูตรของผลิตภัณฑ์จะมีผลทำให้ pH สูงขึ้นบ้างพอสมควร แต่ความสอดคล้องของสมการยังไม่ดีพอ เนื่องจากข้อมูลจากการทดลองสามารถอธิบายได้เพียง 31.93% เท่านั้น ส่วนเหลืออีก 68.07% ยังไม่สามารถอธิบายได้เช่นกัน ดังแสดงในสมการ

$$\text{pH} = 2.2950 - 0.256\ (\text{เกลือ}) \qquad R^2 = 31.93\%$$

ส่วนในด้านความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกับกรดซิตริคของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง พบว่า ปัจจัยหลักที่เป็นเกลือและเพคตินมีผลต่อคุณภาพทางด้านปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ ทั้งนี้ความเป็นกรดทั้งหมดยังมีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นโค้งกับปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.01$ เช่นกัน โดยที่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณเกลือและเพคตินให้มากขึ้น (ระดับสูง) จะทำให้ปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์ลดลงได้ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามความเป็นกรดทั้งหมดยังมีความเกี่ยวข้องกันระหว่างเพคตินกับแอสปาร์เทมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.02$ โดยที่ถ้าหากใช้ปริมาณแอสปาร์เทมและเพคตินในระดับสูงหรือต่ำทั้งคู่ในการทดลองจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเป็นกรด ดังนั้นแอสปาร์เทมและเพคตินชนิดใดชนิดหนึ่งควรใช้ในปริมาณสูงหรือต่ำ เพื่อลดปริมาณกรดทั้งหมดลงได้ ดังสมการ

ความเป็นกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดซิตริค) $= 51.4625 - 2.6125$ (เกลือ) $- 1.5275$ (เพคติน) $+ 1.6325(\text{เกลือ})^2 + 0.6825$(แอสปาร์เทม x เพคติน)

$R^2 = 97.30\%$

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมในระดับต่าง ๆ ในรูปของค่า mean ideal ratio scores ในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ทดลอง พบว่า มีค่า mean ideal ratio scores ของลักษณะสีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม ความเหนียว และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 0.98-1.20, 0.77-0.88, 1.00-1.10, 0.78-0.95, 0.84-1.07, 0.78-0.88, 1.06-1.22 และ 0.57-0.76 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ในรูปของ Mean ideal ratio scores ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม ในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่นบ๊วย	รสเปรี้ยว	รสหวาน	รสเค็ม	รสขม	ความเหนียว	ความชอบโดยรวม
(1)	1.09±0.10[a]	0.85±0.13	1.10±0.10	0.85±0.16	1.07±0.34	0.78±0.13	1.11±0.25	0.60±0.19
a	1.16±0.11	0.86±0.13	1.08±0.11	0.82±0.13	0.94±0.19	0.86±0.09	1.10±0.17	0.62±0.20
b	0.99±0.03	0.83±0.16	1.05±0.09	0.80±0.11	0.99±0.13	0.85±0.10	1.21±0.20	0.65±0.20
ab	0.98±0.08	0.85±0.11	1.03±0.08	0.87±0.12	0.84±0.11	0.88±0.11	1.06±0.29	0.65±0.19
c	1.12±0.12	0.85±0.12	1.04±0.11	0.85±0.14	0.91±0.14	0.82±0.11	1.09±0.10	0.65±0.20
ac	1.07±0.12	0.84±0.12	1.08±0.11	0.91±0.12	1.02±0.21	0.85±0.08	1.16±0.18	0.65±0.22
bc	1.09±0.10	0.87±0.13	1.03±0.06	0.84±0.14	0.93±0.12	0.86±0.07	1.19±0.17	0.63±0.18
abc	1.00±0.09	0.88±0.14	1.06±0.08	0.95±0.08	0.88±0.20	0.87±0.15	1.13±0.18	0.67±0.18
cp1	1.09±0.13	0.84±0.18	1.09±0.13	0.89±0.10	0.95±0.16	0.88±0.08	1.10±0.21	0.76±0.17
cp2	1.20±0.12	0.77±0.13	1.10±0.12	0.85±0.11	0.99±0.20	0.86±0.10	1.19±0.23	0.67±0.19
cp3	1.10±0.09	0.80±0.18	1.00±0.15	0.78±0.14	0.90±0.13	0.82±0.13	1.09±0.16	0.63±0.23
cp4	1.15±0.17	0.87±0.09	1.02±0.24	0.89±0.16	0.84±0.25	0.84±0.19	1.22±0.18	0.57±0.20

(1) = all low levels; a = เกลือแกง; b = เพคติน; c = แอสปาร์เทม; cp = center point

หมายเหตุ [a] ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน
2. ค่า Ideal ratio scores สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00

จากการวิเคราะห์ผลในด้านการหาความสัมพันธ์ของค่าสีที่ปรากฏทางด้านประสาทสัมผัสกับปัจจัยหลักทั้งสามที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่าลักษณะสีที่ปรากฏจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเพคตินที่เติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.02$ โดยที่ ถ้าหากมีการเติมปริมาณเพคตินในระดับสูง (+) จะมีผลทำให้ค่า mean ideal ratio score ของสีลดลงเข้าใกล้ค่าในอุดมคติคือ 1.00 นอกจากนี้ปัจจัยหลักคือ เกลือมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้งต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.04$ โดยที่การเติมปริมาณเกลือในระดับสูง (+) หรือต่ำ (-) ก็ตามมีผลต่อการลดลงของสเกลค่าสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับดังกล่าว ดังแสดงในสมการ

$$\text{สเกลสีที่ปรากฏ} = 1.1350 - 0.0475\,(\text{เพคติน}) - 0.0721\,(\text{เกลือ})^2 \quad R^2 = 61.59\%$$

นอกจากนี้กลิ่นบ๊วยที่ผู้ทดสอบชิมได้ทำการทดสอบนั้น พบว่า ปัจจัยหลักที่เป็นเกลือที่เติมลงไปในสูตรมีผลต่อกลิ่นบ๊วยแผ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.08$ โดยที่กลิ่นบ๊วยนี้ มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้งกับปริมาณเกลือที่เติม ดังแสดงในสมการ

$$\text{สเกลกลิ่นบ๊วย} = 0.8200 + 0.0337\ (\text{เกลือ})^2 \qquad R^2 = 28.59\%$$

แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าว ค่อนข้างต่ำคิดเป็น $R^2 = 28.59\%$ ซึ่งน่าจะมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องเช่น กลิ่นธรรมชาติของบ๊วยเองในวัตถุดิบ รวมทั้งองค์ประกอบอื่นๆ ในวัตถุดิบอาจจะมีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้กระบวนการผลิตอาจจะมีผลต่อกลิ่นบ๊วยดังกล่าวเช่นกัน ซึ่งการเติมเกลือในปริมาณที่สูง (+) หรือต่ำ (-) ก็มีผลต่อการเพิ่มกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับดังกล่าว

ส่วนรสขมของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนี้ จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลักคือ เกลือ และเพคตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.03$ และ $P<0.03$ ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าหากมีการใช้ปริมาณเกลือในระดับสูง (+) จะเป็นการเพิ่มค่าสเกลของผลิตภัณฑ์นี้ในด้านรสขมเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากที่สุดคือ 1.00 ส่วนการเติมเพคตินในระดับสูงก็จะเป็นการทำให้ค่ารสขมของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ค่าอุดมคติเช่นกัน ดังแสดงในสมการ

$$\text{สเกลรสขม} = 0.8475+0.0188\ (\text{เกลือ}) +0.0187\ (\text{เพคติน}) \quad R^2 = 60.98\%$$

อย่างไรก็ตาม การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมทางด้านรสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม ความเหนียว และความชอบโดยรวม ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลักคือ เกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม ที่ใช้ในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งจากค่าความชอบโดยรวมยังมีสเกลที่ค่อนข้างต่ำกล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.64 ± 0.05 และมีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 1.14 ± 0.05 โดยที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ประมาณร้อยละ 24.56 ± 0.70 ซึ่งถ้าหากเป็นเช่นนี้ การพัฒนากระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อให้มีความชื้นมากขึ้นกว่าเดิมจะมีการลดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลงได้ระดับหนึ่ง ซึ่งอาจจะทำให้ ค่าคะแนนความชอบรวมโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าเดิมได้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง โดยทำการทดสอบปัจจัยหลักคือ เกลือ ที่ระดับร้อยละ 1-2 และเพคตินระดับ 1-2 และแอสปาร์เทมที่ระดับ 0.4-0.6 นั้น พบว่า ปัจจัยหลักคือเพคติน และเกลือ มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่น

กึ่งแห้งมากที่สุดทั้งทางด้านกายภาพ (L, b*) ทางด้านเคมี (ความเป็นกรดด่างและความเป็นกรดทั้งหมด) รวมทั้งทางด้านประสาทสัมผัส (สีที่ปรากฏ กลิ่น และรสขม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ และจากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า สูตรบ๊วยแผ่นกึ่งแห้งควรใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับสูงคือร้อยละ 2 และเกลือที่ระดับสูงคือร้อยละ 2 เช่นกัน ในขณะที่แอสปาร์เทมมีผลกระทบต่อค่าสี L และ b* โดยถ้าหากมีการใช้แอสปาร์เทมที่ระดับต่ำ (ร้อยละ 0.4) จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาตัวแปรทางกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

จากการทดลองศึกษาถึงสูตรการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง โดยที่จะทำการศึกษาถึงปริมาณเกลือ เพคติน และแอสปาร์เทมที่เหมาะสมในการทำบ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่าปัจจัยหลักเพคตินและเกลือที่เติมลงไปในสูตรการผลิตมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งโดยรวมทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือ มีผลต่อค่า L และ b* ของผลิตภัณฑ์ และมีผลต่อความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกับกรดซิตริค รวมทั้งมีผลต่อค่าทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย และรสขมของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามปัจจัยหลักแอสปาร์เทมมีผลเฉพาะค่าทางด้านกายภาพ (L และ b*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ซึ่งจากผลการทดลองสูตรของปัจจัยหลักดังกล่าวทั้งสามที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งคือ ควรใช้เกลือร้อยละ 2 เพคตินร้อยละ 2 และแอสปาร์เทมร้อยละ 0.4

คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่า L a* b* โดยเฉลี่ยประมาณ 48.79 ± 0.33, 15.79 ± 0.25 และ 28.29 ± 0.57 ตามลำดับ มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 24.76 ± 0.01 ความเป็นกรดด่างประมาณ 2.27 ± 0.01 ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคร้อยละ 48.71 ± 0.12 และค่าทางด้านประสาทสัมผัส สีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม ความเหนียว และความชอบโดยรวมมีค่า mean ideal ratio scores เท่ากับ 0.98 ± 0.08, 0.85 ± 0.11, 1.03 ± 0.08, 0.87 ± 0.12, 0.84 ± 0.11, 0.88 ± 0.11, 1.06 ± 0.29, และ 0.65 ± 0.19 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามการพัฒนาตัวแปรทางกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งก็มีความสำคัญยิ่ง ด้วยการที่ต้องลดปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ให้มีค่าตามที่ต้องการและถูกกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาตัวแปรทางกระบวนการในการทำแห้ง โดยเฉพาะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง สาเหตุที่การทดลองนี้ไม่ทำการผันแปรอุณหภูมิในการอบ ซึ่งเป็นตัวแปรทางกระบวนการที่สำคัญอีก

ตัวแปรหนึ่งเพราะการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสที่ได้ทำการทดลองในการพัฒนาสูตรมีความเหมาะสมทั้งในเชิงการปฏิบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงกำหนดอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และผันแปรเวลาในการอบเป็นตัวแปรที่ทำการศึกษาเพื่อที่จะประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่ได้ต่อไป

การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการทำบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ บ๊วยพันธุ์ไต้หวัน (*Prunus mume* Sieb.et.Zuce) เกลือ เพคติน และแอสปาร์เทม

บ๊วยสดที่มีความแก่อ่อนประมาณร้อยละ 80-90 นำล้างให้สะอาด ใช้มีดผ่าครึ่งและนำเอาแต่ส่วนเนื้อบ๊วย(แยกเปลือกออก)นำมาตีปั่น หลังจากนั้นเติมเพคตินร้อยละ 1-2 เนื้อบ๊วยดังกล่าวจะถูกนำมาให้ความร้อนและคงอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป จากนั้นทำการเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21 เซนติเมตร) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์บ๊วยแห้งที่ได้จะถูกนำออกมาในรูปแผ่นก่อนและทำการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท

ศึกษาตัวแปรทางกระบวนการ (เวลาในการทำแห้ง) ที่เหมาะสมในการทำบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการศึกษาตัวแปรทางกระบวนการในการผลิตบ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง โดยมีปัจจัยเวลาในการทำแห้ง เป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษาในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ,18 และ 20 ชั่วโมง โดยได้ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ดังนั้นแผนการทดลองนี้จึงเป็น Single Treatment in Completely Randomized Design (CRD) (ตารางที่ 6) ดังนี้

ตารางที่ 6 แผนการทดลอง Single Treatment in Completely Randomized Design (CRD) ที่มีเวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นปัจจัยหลักในการศึกษาทางกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง/ ซ้ำที่	ลำดับสุ่ม	ปัจจัยทางกระบวนการ	
		ตัวแปรคงที่ (อุณหภูมิ) องศาเซลเซียส	ตัวแปรผันแปร (เวลาในการทำแห้ง) ชั่วโมง
1/1	001	60	16
2/1	003	60	18
3/1	002	60	20
1/2	003	60	16
2/2	001	60	18
3/2	002	60	20

นำผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ได้สุดท้ายมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta camera Co., Ltd., 1991)

2. คุณภาพทางเคมี ได้แแก่
   - ค่าความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990)
   - ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้ pH meter (A.O.A.C.1990)
   - ค่าความเป็นกรด ตามวิธีของ (A.O.A.C.1990)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การหาเค้าโครงลักษณะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Ideal Ratio Profile) เพื่อศึกษาคุณลักษณะของประสาทสัมผัสดังนี้ คือ สี กลิ่นบ๊วย รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม ความเหนียว และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน ทำการทดสอบชิมในห้องชิมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เสนอตัวอย่างให้ผู้ชิมโดยวางบนจานพลาสติกสีขาวที่มีรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว และแนะนำให้ผู้ชิมเคี้ยวขนมปังจืดและบ้วนปากด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง (ไพโรจน์, 2535)

4. ข้อมูลทางด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SP123 (Walonick,1987) เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

ผลการการทดลอง

จากการศึกษาหาตัวแปรทางกระบวนการที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง โดยเฉพาะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสีที่ปรากฏ (L a^* b^*) ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีค่าของ L ในช่วง 44.65 - 45.86 ส่วนค่า a^* มีค่าในช่วง 1.38-14.09 และค่า b^* อยู่ในช่วง 25.84-29.07 ตัวแสดงในตารางที่ 7 จากค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งมีสีเหลืองค่อนข้างเข้มโดยมีสีแดงปนบ้างพอสมควร

ตารางที่ 7 ค่าสีที่ปรากฏ (L a^* b^*) ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้งต่างๆกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	ค่าสีที่ปรากฏ		
	L	a^*	b^*
1	45.86±1.32	14.09±0.15	29.07±1.57[a]
2	45.28±1.20	13.83±0.39	27.25±1.99[b]
3	44.65±0.96	14.02±0.37	25.84±1.26[b]

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

คุณภาพผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งในด้านสีที่ปรากฏนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้งไม่มีผลต่อค่า L และ a^* ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ถ้าเพิ่มเวลาในการทำแห้งจาก 16 ชั่วโมง เป็น 18 ชั่วโมง และ 20 ชั่วโมงตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะไม่ทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์และค่าสีแดง-เขียวของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันเลย

ส่วนค่า b^* ซึ่งเป็นค่าสีเหลือง-น้ำเงินของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง พบว่าปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่แตกต่างกัน (16, 18 และ 20 ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีผลต่อค่า b^* ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ โดยที่ผลิตภัณฑ์จะมีสีเหลืองลดลงถ้าหากเพิ่มเวลาในการทำแห้งให้มากขึ้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์จะมีค่าสีเหลือง-น้ำเงินเป็น 29.07 ± 1.57 ,27.25 ± 1.99 และ 25.84 ± 1.26 เมื่อใช้เวลาในการทำแห้ง 16 ชั่วโมง 18 ชั่วโมง และ 20 ชั่วโมงตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยที่ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้ง 18 และ 20 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันในด้านสีเหลือง-น้ำเงินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การทำแห้งที่อุณหภูมิดังกล่าวแต่ใช้เวลา 16 ชั่วโมงมีความแตกต่างทางด้าน สีเหลือง-น้ำเงินจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทั้งสองข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมงน่าจะให้สีเหลือง-น้ำเงินที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ได้

คุณภาพทางเคมี

ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน (16, 18 และ 20 ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีความชื้นในช่วงร้อยละ 21.19-24.32 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 75.68-78.81 ส่วนค่า pH อยู่ในช่วง 2.49-2.54 และมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคในช่วงร้อยละ 36.53-37.62 นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีค่าน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.492-0.537 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าความชื้น (ร้อยละ) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ) ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดซิตริค ; ร้อยละ) และค่าน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ความเป็นกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่าน้ำอิสระ (Aw)
1	24.32 ± 0.90^{a}	75.68 ± 0.90^{a}	2.50 ± 0.03^{ab}	36.53 ± 1.66	0.537 ± 0.013^{a}
2	22.56 ± 0.20^{b}	77.44 ± 0.20^{b}	2.54 ± 0.02^{a}	36.82 ± 0.21	0.500 ± 0.006^{b}
3	21.19 ± 0.16^{c}	78.81 ± 0.16^{c}	2.49 ± 0.03^{b}	37.62 ± 0.58	0.492 ± 0.016^{b}

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งในด้านเคมี พบว่าความชื้นในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับเวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือที่อุณหภูมิดังกล่าว ถ้าหากปล่อยเวลาในการทำแห้งให้มากขึ้นจาก 16 ชั่วโมง เป็น 18 ชั่วโมง และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับจะทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ คือมีปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละ 24.32 ± 0.90 22.56 ± 0.20 และ 21.19 ± 0.16 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตามความชื้นในช่วงดังกล่าวทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างถือว่าเป็นความชื้นที่อยู่ในช่วงอาหารกึ่งแห้ง จากผลการทดลองถ้าพิจารณาในแง่น้ำหนักที่ควรจะเป็นแล้ว การทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง ก็น่าจะเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง

ในคุณสมบัติทางด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับเวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือที่อุณหภูมิดังกล่าว ถ้าหากปล่อยเวลาในการทำแห้งให้มากขึ้นจาก 16 ชั่วโมง เป็น 18 ชั่วโมง และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับ จะทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ คือมีปริมาณของแข็งทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 75.68 ± 0.90, 77.44 ± 0.20 และ 78.81 ± 0.16 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้าหากทำแห้ง

ผลิตภัณฑ์บ๋วยแผ่นกึ่งแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง จะมีปริมาณความชื้นที่มากกว่าอีกสองตัวอย่าง และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่น้อยกว่าอีกสองตัวอย่างเช่นกัน

ในด้านความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์บ๋วยแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่าการใช้เวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์นี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยเฉพาะตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมงจะมีค่า pH เท่ากับ 2.49 ± 0.03 ต่ำกว่าตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง (มีค่า pH เท่ากับ 2.54 ± 0.02) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะความร้อนที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้นานมากขึ้นมีผลต่อโครงสร้างของกรดบางชนิดในผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อความร้อนและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งที่อุณหภูมิดังกล่าว นาน 18 และ 20 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างในด้าน pH กับตัวอย่างที่ทำแห้งนาน 16 ชั่วโมงแต่อย่างไรในเชิงสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8) และเมื่อพิจารณาในแง่ปริมาณกรดทั้งหมด คิดเทียบกรดซิตริคพบว่าผลิตภัณฑ์บ๋วยแผ่นกึ่งแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาแตกต่างกัน (16, 18 และ 20 ชั่วโมง) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8) กล่าวคือ มีปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคคิดเป็นร้อยละ 36.53-37.62

ในด้านค่าน้ำอิสระ (Aw) ในผลิตภัณฑ์บ๋วยแผ่นกึ่งแห้งที่ทำการผลิตโดยใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำแห้งแตกต่างกัน พบว่า ค่าน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในการทำแห้งนาน 16 ชั่วโมงมีค่าน้ำอิสระที่สูงกว่าอีกสองตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ (ตารางที่ 8) ส่วนตัวอย่างที่ทำแห้งนาน 18 และ 20 ชั่วโมงที่อุณหภูมิดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างในค่าน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างใด แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าน้ำอิสระในตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมงพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.537 ± 0.013 ซึ่งเป็นค่าน้ำอิสระที่ค่อนข้างต่ำ เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษอาจจะไม่สามารถใช้ปริมาณดังกล่าวในการเจริญเติบโตได้

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้งต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนั้นสามารถแสดงในรูปของค่า mean ideal ratio scores ในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ทดลอง พบว่า มีค่า mean ideal ratio scores ของลักษณะสีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม ความเหนียว และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 1.00-1.24 , 0.84-1.00 , 0.98-1.18 , 0.85-0.98 , 0.93-1.01 , 0.87-0.99 , 1.12-1.32 และ 0.62-0.72 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ในรูปของ Mean ideal ratio scores ของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้เวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

สิ่งทดลอง	สี	กลิ่นบ่วย	รสเปรี้ยว	รสหวาน
1	1.00 ± 0.12^{a}	1.00 ± 0.10^{a}	0.98 ± 0.14^{a}	0.85 ± 0.15
2	1.09 ± 0.13^{b}	0.92 ± 0.12^{b}	1.09 ± 0.14^{b}	0.91 ± 0.13
3	1.24 ± 0.14^{b}	0.84 ± 0.14^{c}	1.18 ± 0.15^{c}	0.98 ± 0.12

สิ่งทดลอง	รสเค็ม	รสขม	ความเหนียว	ความชอบโดยรวม
1	1.01 ± 0.31	0.87 ± 0.38	1.12 ± 0.15	0.70 ± 0.07^{ab}
2	0.98 ± 0.22	0.94 ± 0.33	1.25 ± 0.17	0.72 ± 0.08^{a}
3	0.93 ± 0.25	0.99 ± 0.38	1.32 ± 0.20	0.62 ± 0.07^{b}

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็น ค่าเฉลี่ย$\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ
2. ค่า Ideal ratio scores สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00

จากการวิเคราะห์ผลในด้านการหาความสัมพันธ์ของค่าสีที่ปรากฏทางด้านประสาทสัมผัสกับปัจจัยเวลาที่ใช้ในการทำแห้งในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ กัน (16,18 และ 20 ชั่วโมง) แล้วนั้น

ลักษณะสีที่ปรากฏจะมีความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการทำแห้งดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือ ถ้าเพิ่มเวลาให้นานขึ้นจาก 16 ชั่วโมง เป็น 18 ชั่วโมง และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับ จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของค่าสีของผลิตภัณฑ์สูงมากขึ้นเป็น 1.00 ± 0.12 ,1.09 ± 0.13 และ 1.24 ± 0.14 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าหากเพิ่มเวลาในการทำแห้งให้มากขึ้นจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มมากขึ้น (ตารางที่ 9) และก็สอดคล้องกับค่าทางกายภาพ L ที่ลดความสุกสว่างลงเมื่อมีการเพิ่มเวลาในการทำแห้งให้นานขึ้นด้วย (ตารางที่ 7)

ในกรณีลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่า เมื่อมีการใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสในการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆกันนั้น กลิ่นของบ๊วยจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มเวลาในการทำแห้งให้นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ (ตารางที่ 9) โดยที่กลิ่นของบ๊วยยังคงดีมีค่าตรงกับค่าในอุดมคติเมื่อมีการใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำแห้งนาน 16 ชั่วโมง (1.00 ± 0.10) แตกต่างจากตัวอย่างทดลองอีกสองตัวอย่างคือตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 และ 20 ชั่วโมง ซึ่งมีค่า Mean ideal ratio score ของค่าดังกล่าวเป็น 0.92 ± 0.12 และ 0.84 ± 0.14 ตามลำดับ และตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง ก็มีกลิ่นที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ จากตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิดังกล่าวแต่ใช้เวลานาน 18 ชั่วโมง

ทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งโดยเฉพาะรสเปรี้ยวและรสหวานปรากฏว่า เมื่อมีการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานแตกต่างกัน (16 ,18 และ 20 ชั่วโมง) รสหวานของตัวอย่างทั้งสามไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างใด กล่าวคือมีค่า Mean ideal ratio score ของรสหวานในช่วง 0.85-0.98 (ตารางที่ 9) แต่ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ทำแห้งโดยใช้เวลาที่แตกต่างกันจะมีผลต่อรสเปรี้ยวที่ไม่เหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยที่ตัวอย่างที่ใช้เวลาในการทำแห้งมากขึ้นจะมีความเปรี้ยวสูงขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งมีค่า Mean ideal ratio score ของรสเปรี้ยวในตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง เท่ากับ 0.98 ± 0.14, 1.09 ± 0.14 และ1.18 ± 0.15 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานที่แตกต่างกัน (16, 18 และ 20 ชั่วโมง) ในแง่ของรสเค็ม และรสขมนั้นพบว่า ตัวอย่างทั้งสามที่ทำแห้งที่เวลาแตกต่างกันทั้งสามช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างในด้านรสเค็มและรสขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างใด กล่าวคือ ค่า Mean ideal ratio score ของรสเค็มของตัวอย่างทั้งสามดังกล่าวเท่ากับ 1.01 ± 0.31, 0.98 ± 0.22 และ 0.93 ± 0.25 ตามลำดับ และค่า Mean ideal ratio score

ของ รสชมของตัวอย่างทั้งสามดังกล่าวเท่ากับ 0.87±0.38 , 0.94±0.33 และ 0.99±0.38 ตามลำดับ

ในด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งนั้นพบว่า เมื่อทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 16, 18 และ 20 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)แต่อย่างใดทั้งสามตัวอย่าง กล่าวคือมีค่า Mean ideal ratio score ของความเหนียวของตัวอย่างทั้งสามดังกล่าวเท่ากับ 1.12±0.15 ,1.25±0.17 และ 1.32±0.20 ตามลำดับ แต่มีข้อสังเกตว่า ถ้ายิ่งเพิ่มเวลาในการทำแห้งให้นานขึ้นความเหนียวของผลิตภัณฑ์ดูเหมือนว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ตารางที่ 9)

ในด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งที่ศึกษาจากตัวแปรทางกระบวนการคือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียสนั้น พบว่า การใช้เวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 16 และ 18 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างในด้านการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05) คือมีค่า Mean ideal ratio score ของการยอมรับเป็น 0.70±0.07และ 0.72±0.08 ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการทำแห้งนานเป็น 20 ชั่วโมง จะมีการยอมรับรวมที่ลดลงแตกต่างจากตัวอย่างที่ทำแห้งที่ 18 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤0.05 คือมีค่า Mean ideal ratio score ของการยอมรับเป็น 0.62±0.07 (ตารางที่ 9)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้ง โดยทำการทดสอบตัวแปรหลักทางกระบวนการผลิตคือ เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียสนั้นพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่แตกต่างกัน (16, 18 และ 20 ชั่วโมง) มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งทั้งทางด้านกายภาพ (b*) ทางด้านเคมี (ความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรดด่างและค่าน้ำอิสระ) รวมทั้งทางด้านประสาทสัมผัส (สีที่ปรากฏ กลิ่นบ๊วย และรสเปรี้ยว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤0.05

และจากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์บ๊วยแผ่นกึ่งแห้งควรใช้ตัวแปรทางกระบวนการผลิตคือเวลาในการทำแห้งที่ 16 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้มีคุณภาพโดยรวมที่ดี แต่ถ้าจะเพิ่มเวลาในการทำแห้งให้นานขึ้นก็ไม่ควรให้เกิน 18 ชั่วโมงที่อุณหภูมิดังกล่าว

การทดลองที่ 2 การศึกษาการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง

การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการทำท้อแผ่นกึ่งแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ท้อพันธุ์ไต้หวัน เพคติน และน้ำตาลซูโครส

ท้อสดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 12 บริกส์ นำมาล้างให้สะอาด ใช้มีดผ่าครึ่งและนำเอาแต่ส่วนเนื้อท้อ (แยกเปลือกและเมล็ดออก) นำมาตีป่น หลังจากนั้นเติมเพคติน ร้อยละ 1-2 และน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10-20 เนื้อท้อดังกล่าวจะถูกนำมาให้ความร้อนและคงอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป จากนั้นทำการเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัม ต่อถาดที่มีขนาด 28X21 เซนติเมตร) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ท้อแห้งที่ได้จะถูกนำออกมาในรูปแผ่นก่อนและทำการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท

ศึกษาปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการทำท้อแผ่นกึ่งแห้ง

การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการพัฒนาสูตร โดยมีปัจจัยเพคติน และน้ำตาลซูโครส เป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษาในระดับที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ดังต่อไปนี้

ปัจจัย A = เพคติน

a_1 = ร้อยละ 1

a_2 = ร้อยละ 2

ปัจจัย B = น้ำตาลซูโครส

b_1 = ร้อยละ 10

b_2 = ร้อยละ 20

การทดลองนี้เป็น 2^2 Factorial experiment โดยทำการเติมสิ่งทดลองที่จุดกึ่งกลางของปัจจัยทั้งสองอีก 2 สิ่งทดลอง ดังนั้นในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment + 2 center points (ตารางที่ 10) ดังนี้

ตารางที่ 10 แผนการทดลอง 2^2 Factorial experiment ที่มีเพคตินและน้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยหลักในการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา	
		เพคติน (ร้อยละ)	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)
	+1	2	20
	0	1.5	15
	-1	1	10
(1)		-1	-1
a		+1	-1
b		-1	+1
ab		+1	+1
cp1		0	0
cp2		0	0

(1) = all low levels ; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

นำผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ได้สุดท้ายมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta camera Co., Ltd., 1991)

2. คุณภาพทางเคมี ได้แแก่
   - ค่าความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (1984)
   - ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้ pH meter (A.O.A.C.1984)
   - ค่าความเป็นกรด ตามวิธีของ (A.O.A.C.1984)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การหาเค้าโครงลักษณะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Ideal Ratio Profile) เพื่อศึกษาคุณลักษณะของประสาทสัมผัสดังนี้ คือ สีที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นท้อ รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน ทำการทดสอบชิมในห้องชิมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เสนอตัวอย่างให้ผู้ชิมโดยวางบนจานพลาสติกสีขาวที่มีรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว และแนะนำให้ผู้ชิมเคี้ยวขนมปังจืดและบ้วนปากด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง (ไพโรจน์, 2535)

4. ข้อมูลทางด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SP123 (Walonick, 1987) เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน (ร้อยละ 1-2) และน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ 10-20) นั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีค่าของ L ในช่วง 45.08 - 46.10 ส่วนค่า a^* มีค่าในช่วง 11.66 -13.20 และค่า b^* อยู่ในช่วง 27.59 - 29.94 กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้มีสีเหลืองค่อนข้างเข้ม ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L	a^*	b^*
(1)	45.89±0.99	13.20±0.33	29.37±1.84
a	45.34±0.64	12.89±0.30	29.94±0.31
b	45.41±0.28	12.17±0.14	27.59±0.72
ab	46.10±0.45	11.66±0.11	29.11±0.80
cp1	45.08±0.65	12.32±0.31	27.83±1.20
cp2	45.87±0.81	12.55±0.11	28.95±1.25

(1) = all low levels; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

คุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในด้านสีที่ปรากฏนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักทั้งสองชนิดที่ใช้คือ เพคติน และน้ำตาลซูโครส ต่างก็ไม่มีผลต่อค่า L และค่า b^* ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ผลิตได้จะมีค่าความสุกสว่างของผลิตภัณฑ์ (L) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 45.58 ± 0.40 และมีค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ (b^*) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 28.70 ± 0.85

สำหรับค่าสีของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในเทอมของค่าสีแดง-เขียว (a^*) นั้น พบว่า ปัจจัยหลักน้ำตาลซูโครสมีผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.0002$ ในขณะที่เพคตินมีผลต่อค่าสี a^* ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.0165$ กล่าวคือถ้าเพิ่มปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสจากระดับต่ำที่ใช้ในสูตรการผลิต (ร้อยละ 1 และร้อยละ 10 ตามลำดับ) ไปสู่การใช้สารดังกล่าวในระดับสูง (ร้อยละ 2 และร้อยละ 20 ตามลำดับ) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามค่าสีแดงเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้มีค่าเท่ากับ 12.46 ± 0.46 ซึ่งทั้งน้ำตาลซูโครส และเพคตินอาจจะไปบดบังสีของเนื้อท้อในระหว่างการแปรรูปก็เป็นได้ ซึ่งสามารถแสดงผลในรูปสมการ (Coded equation) ดังนี้คือ

ค่าสีแดง (a^*) = 12.4575 -0.5650 (น้ำตาลซูโครส) - 0.2050 (เพคติน)

$R^2 = 95.57$ %

คุณภาพทางเคมี

ผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน (ร้อยละ 1- 2) และน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ 10-20) เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีความชื้นในช่วงร้อยละ 24.13 ± 1.52 ส่วนค่า pH อยู่ในช่วง 3.77 ± 0.02 และมีค่าความเป็นกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดซิตริค) ในช่วงร้อยละ 1.84 ± 0.28 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าความชื้น (ร้อยละ) pH และความเป็นกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครส ในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ความชื้น (ร้อยละ)	pH	ความเป็นกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
(1)	22.37±0.46	3.76±0.01	2.28±0.15
a	22.80±0.03	3.75±0.01	2.28±0.15
b	25.81±0.35	3.79±0.02	1.58±0.05
ab	26.10±0.27	3.74±0.01	1.65±0.05
cp1	25.04±0.37	3.77±0.01	1.79±0.05
cp2	22.93±0.01	3.79±0.01	1.65±0.05

(1) = all low levels; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในด้านเคมี พบว่าความชื้นในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.0091$ กล่าวคือ ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้สูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความชื้นโดยรวมเพิ่มขึ้น ดังสมการ (Coded equation)

ความชื้น = 24.127 + 1.6850 (น้ำตาลซูโครส) $R^2 = 70.51\ \%$

ในด้านความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้ ทั้งปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครส ต่างไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์นี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ถ้าหากมีการเพิ่มหรือลดลงของปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสในสูตรของผลิตภัณฑ์จะไม่มีผลทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 ± 0.02

ส่วนในด้านความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกับกรดซิตริคของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง พบว่าปัจจัยหลักที่เป็นน้ำตาลซูโครสและเพคตินมีผลต่อคุณภาพทางด้านปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.002$ และ $P \leq 0.0047$ ตามลำดับ ทั้งนี้ความเป็นกรดทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นโค้งกับปริมาณเพคตินของผลิตภัณฑ์ โดยที่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้มากขึ้น (ระดับสูง) จะทำให้ปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์ลดลงได้ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามถ้าหากมีการเพิ่มหรือลดลงของปริมาณเพคตินในสูตรการผลิต จะทำให้ความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเนื่องจากเพคตินมีผลต่อความเป็น

กรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง ดังแสดงสมการ (Coded equation)

ความเป็นกรดทั้งหมด = 1.7200 - 0.3325 (น้ำตาลซูโครส) + 0.2275 (เพคติน ^{2})
(คิดเทียบกรดซิตริค) R^2 = 96.12%

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ ในรูปของค่า mean ideal ratio score ในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ทดลอง พบว่า มีค่า mean ideal ratio scores ของลักษณะสีที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นท้อ รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียวและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 0.83 ± 0.05 , 1.01 ± 0.06 , 1.14 ± 0.03 , 1.27 ± 0.09 , 1.10 ± 0.06 , 1.10 ± 0.12 และ 0.64 ± 0.05 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสในรูปของ Mean ideal ratio scores ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	สีที่ปรากฏ	ความแห้ง	กลิ่นท้อ	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความเหนียว	ความชอบโดยรวม
(1)	0.84±0.17[a]	1.01±0.31	1.17±0.15	1.38±0.19	1.03±0.19	1.24±0.25	0.56±0.11
a	0.94±0.13	1.07±0.22	1.15±0.21	1.27±0.33	1.06±0.19	1.27±0.26	0.59±0.18
b	0.77±0.11	0.98±0.29	1.20±0.14	1.20±0.36	1.17±0.12	0.90±0.44	0.59±0.25
ab	0.80±0.14	0.92±0.34	1.15±0.18	1.22±0.36	1.14±0.21	1.00±0.30	0.65±0.20
cp1	0.86±0.12	1.07±0.11	1.12±0.21	1.38±0.20	1.06±0.11	1.11±0.19	0.69±0.08
cp2	0.80±0.09	0.98±0.31	1.12±0.28	1.17±0.39	1.15±0.16	1.10±0.27	0.66±0.17

(1) = all low levels; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

หมายเหตุ [a] ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน
2. ค่า Ideal ratio scores สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00

จากการวิเคราะห์ผลในด้านการหาความสัมพันธ์ของค่าสีที่ปรากฏทางด้านประสาทสัมผัสกับปัจจัยหลักทั้งสองที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่าลักษณะสีที่ปรากฏจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ P=0.0205 และมีความสัมพันธ์กับปริมาณเพคตินที่เติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0934 โดยที่ถ้าหากมีการเติมปริมาณน้ำตาลซูโครสในระดับที่สูง (+) จะมีผลทำให้ค่า mean ideal ratio score ของสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากมีการเติมปริมาณเพคตินในระดับสูง (+) จะมีผลทำให้ค่า mean ideal ratio score ของสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเข้าใกล้ค่าในอุดมคติคือ 1.00 ดังแสดงในสมการ (Coded equation)

สเกลสีที่ปรากฏ = 0.8338 -0.0525 (น้ำตาลซูโครส) + 0.0325 (เพคติน)

R^2= 75.54%

ส่วนปัจจัยหลักน้ำตาลซูโครส และเพคตินที่ใช้ในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่า ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านความแห้ง และรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) โดยมีค่าเฉลี่ย mean ideal ratio score ของความแห้งและรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1.01 $\pm$ 0.06 และ 1.27 $\pm$ 0.09 ตามลำดับ

นอกจากนี้กลิ่นท้อที่ผู้ทดสอบชิมได้ทำการทดสอบนั้น พบว่า ปัจจัยหลักที่เป็นเพคตินที่เติมลงไปในสูตรมีผลต่อกลิ่นบ๊วยแผ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0142 โดยที่กลิ่นท้อนี้มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้งกับปริมาณเพคตินที่เติมเช่นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.009 ดังแสดงในสมการ

สเกลกลิ่นท้อ = 1.1200 +0.0475 (เพคติน^2) -0.0175 (เพคติน)

R^2 = 92.73%

ส่วนรสหวานของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้ จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลักคือ น้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.0299 กล่าวคือถ้าหากมีการใช้ปริมาณน้ำตาลซูโครสในระดับสูง (+) จะเป็นการเพิ่มค่าสเกลของผลิตภัณฑ์นี้ในด้านรสหวาน ดังแสดงในสมการ

สเกลรสหวาน = 1.1025 + 0.0550 (น้ำตาลซูโครส) R^2= 57.21%

อย่างไรก็ตาม การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมทางด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้นพบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครส

และเพคตินที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.0001 และ P=0.0003 ตามลำดับ กล่าวคือถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสในระดับสูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลง ส่วนถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณเพคตินในระดับที่สูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลซูโครส และเพคตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0027 เช่นกัน ดังแสดงในสมการ (Coded equation)

สเกลความเหนียว = 1.1038 -0.1525 (น้ำตาลซูโครส)+0.0325 (เพคติน)
+ 0.0175 (น้ำตาลซูโครส xเพคติน) R^2 = 99.89%

ส่วนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้มีความสัมพันธ์กับเพคตินที่ใช้ในสูตรการผลิตในลักษณะที่เป็นเส้นโค้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.0097 ดังแสดงในสมการ (Coded equation)

สเกลความชอบโดยรวม = 0.6750 -0.0775 (เพคติน^2) R^2= 69.89%

เมื่อพิจารณาการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมแล้ว พบว่า การยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้มีความสัมพันธ์กับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังนี้ คือ กลิ่นท้อ ความเหนียว ความหวาน สีที่ปรากฏ และ ความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P= 0.0001, P=0.0001, P=0.004, P= 0.001 และ P= 0.0456 ตามลำดับ ดังแสดงในสมการ ดังนี้

สเกลความชอบโดยรวม= 3.2357-1.7093(กลิ่นท้อ) -0.3881(ความเหนียว)
-0.2993 (ความหวาน) +0.1527 (สีที่ปรากฏ)
-0.0106 (ความเปรี้ยว) R^2= 99.99%

จากสมการจะเห็นได้ว่าความชอบรวมของผู้ทดสอบชิมได้พิจารณาจาก กลิ่นท้อ ความเหนียว ความหวาน สีที่ปรากฏ และความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นถ้าหากมีการพัฒนาลักษณะต่างๆเหล่านี้ให้มีค่าใกล้ค่าในอุดมคติคือ 1.00 มากขึ้น ก็สามารถทำให้ผู้ทดสอบชิมมีการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งได้มากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง โดยทำการทดสอบปัจจัยหลักคือ เพคติน ที่ระดับร้อยละ 1-2 และน้ำตาลซูโครสระดับ 10-20 นั้น พบว่า ปัจจัยหลักคือเพคติน และน้ำตาลซูโครส มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งทางด้านสีแดง (a^*) นอกจากนี้น้ำตาลซูโครสยังมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านเคมีเช่น ความชื้น และปริมาณกรดทั้งหมด ส่วนเพคตินก็มีผลกระทบต่อค่าความเป็นกรดทั้งหมดเช่นกัน

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ความแห้งของผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการยอมรับโดยรวม แต่ลักษณะอื่นๆ มีผลกระทบต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ และพบว่าน้ำตาลซูโครสมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านสีที่ปรากฏ ความหวาน และความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่เพคตินมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านสีที่ปรากฏ กลิ่นท้อ ความเหนียว

จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า สูตรท้อแผ่นกึ่งแห้งควรใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับสูงคือร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครสที่ระดับสูงคือร้อยละ 20 จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาผลของแป้งมันต่อการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง

จากการศึกษาถึงปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการทำท้อแผ่นกึ่งแห้ง และเพื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ผลิตได้ ซึ่งในการศึกษาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้น ได้ทำการกำหนดปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษา คือ เพคติน และน้ำตาลซูโครส โดยทำการแปรผันระดับของปัจจัยดังกล่าว ที่ร้อยละ 1-2 และ 10-20 ตามลำดับ พบว่า ปัจจัยหลักเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิต มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งทางด้านสีที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ทั้งค่าทางกายภาพ (ค่าสีแดง-เขียว) และค่าทางด้านประสาทสัมผัส นอกจากนี้น้ำตาลซูโครสและเพคตินยังมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านความเป็นกรดทั้งหมด ส่วนน้ำตาลซูโครสจะมีผลเฉพาะความชื้นของผลิตภัณฑ์เท่านั้น

การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง พบว่าเพคตินมีผลต่อสีที่ปรากฏ กลิ่นท้อ ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ในขณะที่น้ำตาลซูโครสจะมีผลต่อสีที่ปรากฏ ความหวาน และความเหนียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

จากผลการวิเคราะห์โดยรวม พบว่าสูตรของปัจจัยหลักดังกล่าวทั้งสองที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง คือ ควรใช้เพคตินร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20

คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีค่า L a* b* โดยเฉลี่ยประมาณ 46.10±0.45, 11.66±0.11 และ 29.11±0.80 ตามลำดับ มีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 26.10±0.27 ความเป็นกรดด่างประมาณ 3.74±0.01 ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริกร้อยละ 1.65±0.05 และค่าทางด้านประสาทสัมผัส สีที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นท้อ รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวมมีค่า mean ideal ratio scores เท่ากับ 0.80±0.14, 0.92±0.34, 1.15±0.18, 1.22±0.36, 1.14±0.21, 1.00±0.30 และ 0.65±0.20 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะเห็นว่ารสเปรี้ยว และรสหวานของผลิตภัณฑ์มีค่า Mean ideal ratio scores ที่ค่อนข้างสูง กล่าวคือผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว และรสหวานที่มากเกินไป ดังนั้นในการพัฒนาสูตรครั้งต่อไปจึงได้กำหนดปัจจัยแป้งมันขึ้นมาเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบเสริมในสูตรการผลิตท้อแผ่นกึ่งแห้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดความเปรี้ยวและความหวานของผลิตภัณฑ์ลงมาระดับหนึ่ง โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งทางด้านเคมีกายภาพ ตลอดจนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการทำท้อแผ่นกึ่งแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ท้อพันธุ์ไต้หวัน เพคติน น้ำตาลซูโครส และแป้งมัน

ท้อสดทั้งเปลือก(ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 85 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 1.2 บริกส์ ความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 3.7 หรือความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคประมาณร้อยละ 0.87) นำมาล้างให้สะอาด ใช้มีดผ่าครึ่งและนำเอาแต่ส่วนเนื้อท้อ(แยกเปลือกและเมล็ดออก) ซึ่งสามารถวัดปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 89-90 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 11.5 บริกส์ ความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 3.6 หรือความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคประมาณร้อยละ 0.49) นำมาตีป่น หลังจากนั้นเติมเพคติน ร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 20 และเติมแป้งมัน (ปัจจัยที่ศึกษา) ในปริมาณที่ผันแปร (ตารางที่ 13) เนื้อท้อดังกล่าวจะถูกนำมาให้ความร้อนและคงอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป จากนั้นทำการเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21 เซนติเมตร) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์

ท้อแห้งที่ได้จะถูกนำออกมาในรูปแผ่นก่อนและทำการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท

ศึกษาปริมาณแป้งมันที่เหมาะสมในการทำท้อแผ่นกึ่งแห้ง

การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการพัฒนาสูตร โดยมีปัจจัยแป้งมันเป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษาในระดับที่แตกต่างกัน 4 ระดับกล่าวคือที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4, และ 6 โดยได้ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ

ดังนั้นแผนการทดลองนี้จึงเป็น Single Treatment in Completely Randomized Design (CRD) ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แผนการทดลอง Single Treatment in Completely Randomized Design (CRD)ที่มีเพคตินและน้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยคงที่ และมีปัจจัยผันแปรเป็นแป้งมันเพื่อใช้ในการศึกษาการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง/ซ้ำที่	ลำดับสุ่ม	ปัจจัยที่ใช้ในสูตรการผลิต		
		ตัวแปรคงที่ (เพคติน) ร้อยละ	ตัวแปรคงที่ (น้ำตาลซูโครส) ร้อยละ	ตัวแปรผันแปร (แป้งมัน) ร้อยละ
1/1	002	2	20	0
2/1	004	2	20	2
3/1	001	2	20	4
4/1	003	2	20	6
½	001	2	20	0
2/2	004	2	20	2
3/2	002	2	20	4
4/2	003	2	20	6

สิ่งทดลองที่ 1 เป็นตัวอย่างควบคุม (Control)

นำผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ได้สุดท้ายมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta camera Co., Ltd., 1991)

2. คุณภาพทางเคมี ได้แก่

- ค่าความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990)
- ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดยใช้ pH meter (A.O.A.C.1990)
- ค่าความเป็นกรดทั้งหมด ตามวิธีของ (A.O.A.C.1990)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การหาเค้าโครงลักษณะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Ideal Ratio Profile) เพื่อศึกษาคุณลักษณะของประสาทสัมผัสดังนี้ คือ สีที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นท้อ รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน ทำการทดสอบชิมในห้องชิมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เสนอตัวอย่างให้ผู้ชิมโดยวางบนจานพลาสติกสีขาวที่มีรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว แนะนำให้ผู้ชิมเคี้ยวขนมปังจืด และบ้วนปากด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง (ไพโรจน์, 2535)

4. ข้อมูลทางด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SP123 (Walonick, 1987) เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาปริมาณแป้งมันที่เหมาะสมในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง (ผันแปรที่ระดับร้อยละ 0 , 2 , 4 และ 6) โดยได้ทำการกำหนดปัจจัยคงที่ในสูตรเป็นเพคตินร้อยละ 2 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันร้อยละ 0 , 2 , 4 และ 6 นั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีค่าของ L ในช่วง 45.64 - 47.44 ส่วนค่า a^* มีค่าในช่วง 12.19 -13.52 และค่า b^* อยู่ในช่วง 23.78 - 29.30 กล่าวคือผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้มีสีเหลืองค่อนข้างเข้ม ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L	a^*	b^*
1	45.64 ± 0.56^c	13.52 ± 0.55^a	28.67 ± 0.52^a
2	46.41 ± 0.54^a	13.50 ± 0.17^a	29.30 ± 0.79^a
3	47.44 ± 1.03^b	12.87 ± 0.20^b	25.34 ± 1.49^b
4	46.44 ± 1.06^a	12.19 ± 0.17^c	23.78 ± 1.36^c

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

คุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในด้านสีที่ปรากฏนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยผันแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ แป้งมันต่างก็มีผลต่อค่า L a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ผลิตได้จะมีค่าความสุกสว่างของผลิตภัณฑ์ (L) เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่า ถ้ามีการเติมแป้งมันลงไปในสูตรการผลิตจะทำให้ความสุกสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยที่ตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันในระดับร้อยละ 2 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความสุกสว่าง($P > 0.05$) แต่ตัวอย่างดังกล่าวทั้งสองจะมีความสุกสว่างที่แตกต่างจากตัวอย่างที่เติมแป้งมันร้อยละ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ (ตารางที่ 15)

สำหรับค่าสีของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในเทอมของค่าสีแดง-เขียว (a^*) นั้น พบว่า ปัจจัยผันแปร (แป้งมัน) มีผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยพบว่าตัวอย่างที่มีเติมแป้งมันที่ระดับต่ำร้อยละ 2 ลงในสูตรการผลิตจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง-เขียวที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่มีการเติมแป้งมันเลยในสูตรการผลิต ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันที่ระดับมากขึ้น (ร้อยละ 4-6) จะทำให้สีแดง-เขียวของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างจากตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันในระดับต่ำ (ร้อยละ 2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมแป้งมันมากขึ้นจะทำให้สเกลสีแดงจางลงค่อนมาทางสเกลของสีเทา

สำหรับค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่าการเติมแป้งมันที่ระดับต่ำร้อยละ 2 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลือง-น้ำเงินที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่มีการเติมแป้งมันเลยในสูตรการผลิต ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันที่ระดับมากขึ้น (ร้อยละ 4-6) จะทำให้สีเหลือง-น้ำเงินของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างจากตัวอย่าง

ที่มีการเติมแป้งมันในระดับต่ำ (ร้อยละ 2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมแป้งมันมากขึ้นจะทำให้สเกลสีเหลืองจางลงค่อนมาทางสเกลของสีเทาเช่นเดียวกัน

คุณภาพทางเคมี

ผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีความชื้นในช่วงร้อยละ 24.26-27.94 ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 72.05-75.73 ส่วนค่า pH อยู่ในช่วง 3.60-3.64 มีค่าความเป็นกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดซิตริค) ในช่วงร้อยละ 1.30-1.58 และปริมาณน้ำอิสระในช่วง 0.753-0.771ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าความชื้น (ร้อยละ) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ความเป็นกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดซิตริค; ร้อยละ) และค่าน้ำอิสระ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ความเป็นกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ค่าน้ำอิสระ (Aw)
1	24.26 ± 0.82^{a}	75.74 ± 0.82^{a}	3.62 ± 0.04	1.58 ± 0.09^{c}	0.753 ± 0.018^{a}
2	24.78 ± 0.09^{a}	75.22 ± 0.09^{a}	3.60 ± 0.05	1.46 ± 0.15^{ac}	0.771 ± 0.015^{a}
3	27.95 ± 1.70^{b}	72.05 ± 1.70^{b}	3.62 ± 0.05	1.41 ± 0.09^{ad}	0.813 ± 0.016^{b}
4	27.63 ± 0.32^{b}	72.37 ± 0.32^{b}	3.64 ± 0.06	1.30 ± 0.03^{bd}	0.820 ± 0.016^{b}

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในด้านเคมี พบว่าตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันในระดับต่ำ(ร้อยละ2) จะมีปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่เติมแป้งมันในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การเติมแป้งมันให้มากขึ้นในสูตรการผลิตพบว่า จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยที่ตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันในสูตรการผลิตที่ระดับร้อยละ 4 และ 6 มีความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ตัวอย่างดังกล่าวทั้งสอง (ที่มีแป้งมันร้อยละ 2 และ 4 ในสูตรการผลิต) จะมีความชื้นที่แตกต่างจากตัวอย่างที่มีแป้งเพียงร้อยละ 2 ในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ (ตารางที่ 16)

สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในแง่ปริมาณของแข็งทั้งหมดพบว่า ตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันในระดับต่ำ(ร้อยละ2) จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่เติมแป้งมันในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การเติมแป้งมันให้มากขึ้นในสูตรการผลิตพบว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ โดยที่ตัวอย่างที่มีการเติมแป้งมันในสูตรการผลิตที่ระดับร้อยละ 4 และ 6 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ตัวอย่างดังกล่าวทั้งสอง (ที่มีแป้งมันร้อยละ 2 และ 4 ในสูตรการผลิต) จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แตกต่างจากตัวอย่างที่มีแป้งเพียงร้อยละ 2 ในสูตรการผลิตอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ $P\leq0.05$ (ตารางที่ 16)

ในด้านความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้ การผันแปรปริมาณแป้งมันทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์นี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ถ้าหากมีการเติมหรือไม่เติมแป้งมันลงในสูตรการผลิต รวมทั้งถ้าเติมแป้งมันในปริมาณร้อยละ 2-6 ลงในสูตรการผลิตจะไม่มีผลทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในช่วง 3.60-3.64 (ตารางที่ 16)

ส่วนในด้านความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกับกรดซิตริคของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง พบว่าแป้งมันที่เติมลงไปในสูตรการผลิตมีผลต่อความเป็นกรดทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ อย่างไรก็ตามการเติมแป้งมันร้อยละ 2-4 จะมีความเป็นกรดที่สูงกว่าการเติมแป้งมันที่ระดับร้อยละ 4-6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ (ตารางที่ 16)

ในเรื่องปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ที่ทำการผลิตโดยใช้แป้งมันที่แตกต่างกัน 4 ระดับ (ร้อยละ 0, 2, 4 และ 6) พบว่าตัวอย่างที่เติมแป้งมันที่ระดับต่ำ (ร้อยละ 2) มีปริมาณน้ำอิสระที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่ได้เติมแป้งมันเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ทำการเติมแป้งมันในระดับที่สูงขึ้น (ร้อยละ 4-6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ (ตารางที่ 16)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันในระดับต่าง ๆ ในรูปของค่า mean ideal ratio score ในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ทดลอง พบว่า มีค่า mean ideal ratio scores ของลักษณะสีที่ปรากฏ

ความแห้ง กลิ่นท้อ รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และ ความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 0.92±0.18 , 0.86±0.18 , 0.81±0.19 , 0.87±0.21 , 0.94±0.15 , 0.92±0.22 และ 0.70± 0.09 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสในรูปของ Mean ideal ratio scores ของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณแป้งมันในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	สีที่ปรากฏ	ความแห้ง	กลิ่นท้อ
1	1.03 ± 0.18^{a}	0.92±0.19	0.79±0.15
2	1.02 ± 0.09^{a}	0.95±0.13	0.72±0.19
3	0.84 ± 0.15^{ab}	0.82±0.16	0.85±0.16
4	0.80 ± 0.17^{b}	0.78±0.19	0.88±0.21

สิ่งทดลอง	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความเหนียว	ความชอบโดยรวม
1	1.08 ± 0.10^{a}	1.05 ± 0.08^{bc}	0.92±0.21	0.69±0.10
2	0.92 ± 0.12^{ab}	0.97 ± 0.10^{ab}	0.95±0.23	0.74±0.10
3	0.70 ± 0.20^{c}	0.84 ± 0.16^{a}	0.87±0.24	0.66±0.09
4	0.78 ± 0.17^{bc}	0.89 ± 0.17^{ac}	0.96±0.20	0.71±0.09

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ
2. ค่า Ideal ratio scores สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00

จากการวิเคราะห์ผลในด้านประสาทสัมผัสของค่าสีที่ปรากฏกับปัจจัยแป้งมันที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่า การเติมแป้งมันในสูตรการผลิตที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 มีสีที่ปรากฏทางด้านประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมแป้งมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามการเติมแป้งมันที่ระดับร้อยละ 6 ในสูตรการผลิตมีความแตกต่างในด้านสีที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P\leq0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมแป้งมันในสูตรการผลิตรวมทั้งการเติมไปไม่มากนัก (ร้อยละ2) แต่จะไม่มีผลแตกต่างทางด้านสีที่ปรากฏจากตัวอย่างที่เติมแป้งมันร้อยละ 4 และ ดูเหมือนว่าสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้จะมีค่า Mean ideal ratio score ที่ห่างจากค่าในอุดมคติ (1.00) เมื่อมีการเติมแป้งมันมากขึ้นในสูตรการผลิต (ตารางที่ 17)

ส่วนปัจจัยแป้งมันที่ใช้ในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งในระดับต่างๆนี้ พบว่า ไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านความแห้ง กลิ่นท้อ ความเหนียว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย mean ideal ratio score ของความแห้ง กลิ่นท้อ ความเหนียว และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.86 ± 0.18 , 0.81 ± 0.19 , 0.92 ± 0.22 และ 0.70 ± 0.10 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเฉพาะแต่ความชอบโดยรวมแล้วพบว่า การเติมแป้งมันร้อยละ 2 ลงไปในสูตรการผลิตจะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของความชอบโดยรวมมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่นๆ แม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม คือมีค่าเท่ากับ 0.74 ± 0.10

สำหรับรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่าถ้าหากไม่มีการเติมแป้งมันลงไปในสูตรการผลิต ผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้จะมีค่า Mean ideal ratio score ที่สูงกว่าค่าในอุดมคติ แต่เมื่อมีการเติมแป้งมันลงไปในสูตรการผลิต ค่า Mean ideal ratio score จะลดต่ำลง โดยเฉพาะถ้าหากมีการเติมแป้งมันร้อยละ 2 จะมีค่าดังกล่าวเท่ากับ0.92 ± 0.12 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติเล็กน้อย และจากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบว่าการเติมแป้งมันที่ระดับร้อยละ 2 นี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านความเปรี้ยวกับกลุ่มตัวอย่างควบคุม แต่ถ้าเพิ่มปริมาณแป้งมันมากขึ้นสเกลของค่าความเปรี้ยวนี้จะห่างออกไปจากค่าในอุดมคติมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ (ตารางที่ 17)

สำหรับรสหวานของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่า ถ้าหากไม่มีการเติมแป้งมันลงไปในสูตรการผลิต ผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งนี้จะมีค่า Mean ideal ratio score ที่สูงกว่าค่าในอุดมคติ (1.05 ± 0.08) แต่เมื่อมีการเติมแป้งมันลงไปในสูตรการผลิต ค่า Mean ideal ratio score จะลดต่ำลง โดยเฉพาะถ้าหากมีการเติมแป้งมันร้อยละ 2 จะมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 0.97 ± 0.10 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าในอุดมคติเล็กน้อย และจากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบว่าการเติมแป้งมันที่ระดับร้อยละ 2 นี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านความหวานกับกลุ่มตัวอย่างควบคุม แต่ถ้าเพิ่มปริมาณแป้งมันมากขึ้นสเกลของค่าความหวานนี้จะห่างออกไปจากค่าในอุดมคติมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P\leq0.05$ (ตารางที่ 17)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพัฒนาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้ง โดยทำการทดสอบปัจจัยหลักคือ แป้งมัน ที่ระดับร้อยละ 0 , 2 , 4 และ 6 นั้น พบว่า แป้งมันที่ใช้เติมลงไปในสูตรการผลิตมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท้อแผ่นกึ่งแห้งทางด้านความสุกสว่าง

สีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แป้งมันยังมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านเคมีเช่น ความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าน้ำอิสระ

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ปัจจัยแป้งมันที่ใช้ในสูตรการผลิตมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านสีที่ปรากฏ ความเปรี้ยว และความหวาน

จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า สูตรท้อแผ่นกึ่งแห้งควรใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับคงที่ (ร้อยละ 2) น้ำตาลซูโครสที่ระดับคงที่ (ร้อยละ 20) ร่วมกับการใช้แป้งมันร้อยละ 2 ในสูตรการผลิต จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นโดยรวมได้

การทดลองที่ 3 การศึกษาการผลิตพลัมแผ่นกึ่งแห้ง

การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการทำพลัมแผ่นกึ่งแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ พลัมพันธุ์ GulfRuby เพคติน และน้ำตาลซูโครส

พลัมสดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 16.8 บริกส์ นำมาล้างให้สะอาด ใช้มีดผ่าครึ่งและนำเอาแต่ส่วนเนื้อพลัม (แยกเปลือกและเมล็ดออก) นำมาตีป่น หลังจากนั้นเติมเพคติน ร้อยละ 1-2 และน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 10-20 เนื้อพลัมดังกล่าวจะถูกนำมาให้ความร้อนและคงอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นและเติมโปแตสเซียมเมต้าไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 ลงไป จากนั้นทำการเทส่วนผสมทั้งหมดลงไปในถาดปลอดสนิม (0.5 กิโลกรัมต่อถาดที่มีขนาด 28X21 เซนติเมตร) นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์พลัมแห้งที่ได้จะถูกนำออกมาในรูปแผ่นก่อนและทำการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท

ศึกษาปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการทำพลัมแผ่นกึ่งแห้ง

การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการพัฒนาสูตร โดยมีปัจจัยเพคติน และน้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษาในระดับที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ดังต่อไปนี้

ปัจจัย A = เพคติน

a_1 = ร้อยละ 1

a_2 = ร้อยละ 2

ปัจจัย B = น้ำตาลซูโครส

b_1 = ร้อยละ 10

b_2 = ร้อยละ 20

การทดลองนี้เป็น 2^2 Factorial experiment โดยทำการเติมสิ่งทดลองที่จุดกึ่งกลางของปัจจัยทั้งสองอีก 2 สิ่งทดลอง ดังนั้นในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment + 2 center points (ตารางที่ 18) ดังนี้

ตารางที่ 18 แผนการทดลอง 2^2 Factorial experiment ที่มีเพคติน และน้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยหลักในการศึกษาการพัฒนาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา	
		เพคติน (ร้อยละ)	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)
	+1	2	20
	0	1.5	15
	-1	1	10
(1)		-1	-1
a		+1	-1
b		-1	+1
ab		+1	+1
cp1		0	0
cp2		0	0

(1) = all low levels ; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

นำผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ได้สุดท้ายมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta camera Co., Ltd., 1991)

2. คุณภาพทางเคมี ได้แแก่
   - ค่าความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C. (1984)
   - ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้ pH meter (A.O.A.C.1984)
   - ค่าความเป็นกรด ตามวิธีของ (A.O.A.C.1984)

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การหาเค้าโครงลักษณะที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ (Ideal Ratio Profile) เพื่อศึกษาคุณลักษณะของประสาทสัมผัสดังนี้ คือ สีที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นพลัม รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน ทำการทดสอบชิมในห้องชิมอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส เสนอตัวอย่างให้ผู้ชิมโดยวางบนจานพลาสติกสีขาวที่มีรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว แนะนำให้ผู้ชิมเคี้ยวขนมปังจืด และบ้วนปากด้วยน้ำสะอาดอุณหภูมิห้องก่อนชิมแต่ละตัวอย่าง (ไพโรจน์, 2535)

4. ข้อมูลทางด้านการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งจะนำมาทำการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SP123 (Walonick,1987) เพื่อทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้ง เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน (ร้อยละ 1-2) และน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ 10-20) นั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีค่าของ L ในช่วง 44.32 - 46.64 ส่วนค่า a^* มีค่าในช่วง 15.95 -17.75 และค่า b^* อยู่ในช่วง 25.40 - 29.74 ดังแสดงในตารางที่ 19 จากค่าดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์พลัมกึ่งแห้งมีสีเป็นสีเหลืองค่อนข้างเข้มและออกแดงเล็กน้อย

ตารางที่ 19 ค่าสี L a^* b^* ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และ น้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L	a^*	b^*
(1)	44.32±0.62	17.75±0.31	26.12±1.11
a	45.86±0.52	17.11±0.14	25.40±0.78
b	44.71±0.47	16.07±0.21	27.79±0.90
ab	48.82±0.37	15.95±0.24	29.74±0.68
cp1	44.64±0.40	16.73±0.29	25.65±0.73
cp2	46.64±0.51	16.54±0.16	28.21±0.39

(1) = all low levels; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

คุณภาพผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งในด้านสีที่ปรากฏนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่ใช้ในสูตรการผลิตได้แก่ เพคติน มีผลต่อค่าความสุกสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P= 0.0922 กล่าวคือผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ผลิตได้จะมีค่าความสุกสว่างของผลิตภัณฑ์ (L) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 45.83 $\pm$ 1.70 ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณเพคตินให้อยู่ที่ระดับสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความสุกสว่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสามารถแสดงค่าความสุกสว่างของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ดังสมการ (Coded equation) ดังนี้

ค่าความสุกสว่าง (L) = 45.8313 +1.4115 (เพคติน) R^2 = 54.84%

สำหรับค่าสีของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งในเทอมของค่าสีแดง-เขียว (a^*) นั้น พบว่า ปัจจัยหลักทั้งเพคติน และ น้ำตาลซูโครสมีผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P= 0.0851 และ P = 0.0069 ตามลำดับ กล่าวคือถ้าเพิ่มปริมาณเพคตินและน้ำตาลซูโครส จากระดับต่ำที่ใช้ในสูตรการผลิต (ร้อยละ 1 และร้อยละ 10 ตามลำดับ) ไปสู่การใช้สารดังกล่าวในระดับสูง (ร้อยละ 2 และร้อยละ 20 ตามลำดับ) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างเพคตินและน้ำตาลซูโครสก็มีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.1562 เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าสีแดงเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนี้มีค่าเท่ากับ 16.69 $\pm$ 0.67 ซึ่งทั้งน้ำตาลซูโครส และเพคตินอาจจะไปบดบังสีของเนื้อพลัมในระหว่างการแปรรูปก็เป็นได้ ซึ่งสามารถแสดงผลในรูปสมการ (Coded equation) ดังนี้คือ

ค่าสีแดง (a^*) = 16.6927 -0.7105 (น้ำตาลซูโครส) - 0.1895 (เพคติน)
+ 0.1315 (เพคติน x น้ำตาลซูโครส) R^2 = 95.57 %

ส่วนค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่าน้ำตาลซูโครสมีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0642 กล่าวคือผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ผลิตได้จะมีค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ (b^*) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 27.15 $\pm$ 1.71 ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้อยู่ที่ระดับสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย ซึ่งสามารถแสดงค่าเหลืองของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ดังสมการ (Coded equation) ดังนี้

ค่าสีเหลือง (b^*) = 27.1510 + 1.5005 (น้ำตาลซูโครส) R^2 = 61.67%

คุณภาพทางเคมี

ผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน (ร้อยละ 1- 2) และน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ 10-20) เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ผลิตภัณฑ์ทดลองที่ได้มีความชื้นในช่วงร้อยละ 31.82 $\pm$ 1.17 ส่วนค่า pH อยู่ในช่วง 2.82 $\pm$ 0.04 และมีค่าความเป็นกรดทั้งหมด (คิดเทียบกรดซิตริค) ในช่วงร้อยละ 5.88 $\pm$ 0.77 ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าความชื้น (ร้อยละ) pH และความเป็นกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครส ในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ความชื้น (ร้อยละ)	pH	ความเป็นกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
(1)	30.84±0.11	2.80±0.01	6.48±0.15
a	29.58±0.21	2.77±0.01	7.43±0.10
b	31.79±0.33	2.74±0.01	5.29±0.15
ab	31.45±0.01	2.84±0.01	6.02±0.01
cp1	32.94±0.08	2.85±0.01	5.18±0.10
cp2	32.53±0.74	2.84±0.01	5.74±0.01

(1) = all low levels; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งในด้านเคมี พบว่าความชื้นในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณเพคติน และปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0603 และ P = 0.0102 ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณเพคตินให้สูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้สูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความชื้นโดยรวมเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ยังขึ้นกับปริมาณเพคติน ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้งในการสร้างสมการเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0011 นั่นคือถ้าหากมีการเพิ่มหรือลดปริมาณเพคตินในสูตรการผลิตจะทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมาก เช่นกัน ดังสมการ (Coded equation)

$$\text{ความชื้น} = 32.7350 - 0.4000\,(\text{เพคติน}) - 1.8200\,(\text{เพคติน}^2) + 0.7050\,(\text{น้ำตาลซูโครส}) \qquad R^2 = 96.06\ \%$$

ในด้านความเป็นกรดด่าง (pH)ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่าเพคตินมีผลต่อค่าดังกล่าวในลักษณะที่เป็นเส้นตรงและเส้นโค้งในการสร้างสมการสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0033 และ P =0.0001 ตามลำดับ อีกทั้งความสัมพันธ์ร่วมระหว่างเพคตินและน้ำตาลซูโครสก็มีผลต่อค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์เช่นกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0003 กล่าวคือ ถ้าหากมีการเพิ่มหรือลดปริมาณเพคตินในสูตรการผลิตจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งถ้าหากในสูตรการผลิตมีการเพิ่มปริมาณเพคตินและซูโครสจะทำให้ความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เปรี้ยวจนเกินไปได้ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ (Coded equation) ดังนี้

ค่าความเป็นกรดด่าง = 2.84 +0.0175 (เพคติน) -0.0575 (เพคติน^2)
+0.0325 (เพคติน xน้ำตาลซูโครส) R^2 = 98.97%

ส่วนในด้านความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกับกรดซิตริคของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้ง พบว่าปัจจัยหลักทั้งที่เป็นเพคติน และน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคุณภาพทางด้านปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P= 0.0422 และ P = 0.0104 ตามลำดับ นอกจากนี้ความเป็นกรดทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นโค้งกับปริมาณเพคตินของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0138 โดยที่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้มากขึ้น (+) จะทำให้ปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์ลดลงได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ถ้าหากมีการลดของปริมาณเพคตินในสูตรการผลิต จะทำให้ความเป็นกรดทั้งหมดลดลงด้วย ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าไม่สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ข้างต้น ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากค่าความเป็นกรดด่างที่วัดได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนที่มากกว่าการวัดปริมาณกรดทั้งหมดซึ่งใช้วิธีการไตเตชั่น ที่สามารถให้ค่าที่ค่อนข้างละเอียดกว่านั่นเอง นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองในด้านความเป็นกรดทั้งหมดอาจจะแตกต่างกันไม่มากนักซึ่งควรต้องใช้วิธีการที่ค่อนข้างละเอียดมาใช้ในการวัดจะสามารถได้ผลที่อธิบายได้ดีกว่า ดังแสดงสมการ (Coded equation)

ความเป็นกรดทั้งหมด = 5.4600 + 0.4200 (เพคติน) + 0.8450 (เพคติน ^{2})
(คิดเทียบกรดซิตริค) - 0.6500 (น้ำตาลซูโครส) R^2 = 92.15%

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ ในรูปของค่า mean ideal ratio score ในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ทดลอง พบว่า มีค่า mean ideal ratio scores ของลักษณะสี

ที่ปรากฏ ความแห้ง กลิ่นพลัม รสเปรี้ยว รสหวาน ความเหนียว และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 1.01 $\pm$ 0.09 , 0.77 $\pm$ 0.06 , 0.95 $\pm$ 0.02 , 1.48 $\pm$ 0.06 , 0.74 $\pm$0.04 , 0.92 $\pm$ 0.10 และ 0.54 $\pm$ 0.04 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 20 จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ค่าสีที่ปรากฏ กลิ่นพลัม และความเหนียวของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้ค่าในอุดมคติมากแล้ว

ส่วนค่าความแห้งของผลิตภัณฑ์ยังคงต่ำกว่าค่าในอุดมคติมาก ซึ่งอาจจะเพิ่มความแห้งของผลิตภัณฑ์โดยการทำการอบแห้งให้นานกว่าที่ทดลอง (20 ชั่วโมง) ส่วนในด้านความเปรี้ยวจะเห็นว่ามีค่ามากกว่าค่าในอุดมคติมากทีเดียว ควรทำการลดความเปรี้ยวลงให้มาก อาจจะทำการเติมน้ำตาลให้มากขึ้น แต่ไม่ควรเกินร้อยละ 30 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลมากเกินไป นอกจากนี้การเติมน้ำตาลดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มสเกลของความหวานของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้นด้วย โดยที่ค่าความหวานจากการทดลองนี้ยังมีค่าที่ต่ำอยู่ โดยภาพรวมดังกล่าวจะทำให้สเกลของความชอบเพิ่มขึ้นได้จากเดิม

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ในรูปของ Mean ideal ratio scores ของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งที่ใช้ปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	สีที่ปรากฏ	ความแห้ง	กลิ่นพลัม	รสเปรี้ยว	รสหวาน	ความเหนียว	ความชอบโดยรวม
(1)	1.07$\pm$0.11[a]	0.82$\pm$0.31	0.92$\pm$0.18	1.55$\pm$0.50	0.70$\pm$0.27	1.06$\pm$0.38	0.48$\pm$0.11
a	1.07$\pm$0.11	0.82$\pm$0.31	0.92$\pm$0.18	1.55$\pm$0.50	0.70$\pm$0.27	1.06$\pm$0.38	0.48$\pm$0.11
b	0.90$\pm$0.15	0.69$\pm$0.38	0.96$\pm$0.14	1.39$\pm$0.44	0.79$\pm$0.19	0.86$\pm$0.29	0.59$\pm$0.13
ab	1.06$\pm$0.11	0.73$\pm$0.33	0.94$\pm$0.12	1.45$\pm$0.53	0.71$\pm$0.25	0.92$\pm$0.23	0.51$\pm$0.11
cp1	0.93$\pm$0.27	0.77$\pm$0.41	0.99$\pm$0.14	1.49$\pm$0.49	0.79$\pm$0.25	0.82$\pm$0.25	0.56$\pm$0.15
cp2	0.98$\pm$0.08	0.74$\pm$0.30	0.94$\pm$0.17	1.44$\pm$0.54	0.74$\pm$0.27	0.92$\pm$0.26	0.55$\pm$0.14

(1) = all low levels; a = เพคติน ; b = น้ำตาลซูโครส ; cp = center point

หมายเหตุ [a] ค่าเฉลี่ย$\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ทดสอบชิมระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 10 คน
2. ค่า Ideal ratio scores สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00

จากการวิเคราะห์ผลในด้านการหาความสัมพันธ์ของค่าทางด้านประสาทสัมผัสกับปัจจัยหลักทั้งสองที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนั้น พบว่า ลักษณะสีที่ปรากฏ กลิ่นพลัม และความหวาน ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพคติน และน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.5$) โดยมีค่าเฉลี่ย mean ideal ratio scores ของสีที่ปรากฏ กลิ่นพลัม และความหวานของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1.01 ± 0.09, 0.95 ± 0.02 และ 0.74 ± 0.04 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ความแห้งของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบชิมได้ทำการทดสอบนั้น พบว่า ปัจจัยหลักที่เป็นน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรมีผลต่อความแห้งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0053 และความแห้งของผลิตภัณฑ์ยังเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างเพคตินกันน้ำตาลซูโครสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.1341 อีกด้วย ถ้าหากมีการลดปริมาณน้ำตาลซูโครสและเพคตินลงจะมีผลทำให้สเกลความแห้งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากการมีปริมาณของน้ำตาลซูโครสและเพคตินมากจะเป็นการหน่วงเหนียวการออกของความชื้นในผลิตภัณฑ์ได้ รวมทั้งถ้าหากมีการเพิ่มเวลาในการทำให้แห้งนานมากขึ้นกว่าเดิม (มากกว่า 20 ชั่วโมง) ก็อาจจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านนี้ได้ ดังแสดงในสมการ

สเกลความแห้ง = 0.7667 -0.0625 (น้ำตาลซูโครส)
+0.0175 (เพคติน x น้ำตาลซูโครส) $R^2 = 95.02\%$

ส่วนรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนี้ จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลัก คือ น้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.0122 กล่าวคือ ถ้าหากมีการใช้ปริมาณน้ำตาลซูโครสในระดับสูง (+) จะเป็นการลดค่าสเกลของผลิตภัณฑ์นี้ในด้านรสเปรี้ยว ดังนั้นในการทดลองที่ใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 ซึ่งถ้าหากมีการใช้ในปริมาณที่มากกว่านี้ จะเป็นการช่วยลดสเกลของความเปรี้ยวให้ใกล้ค่าในอุดมคติมากขึ้น ดังแสดงในสมการ

สเกลรสเปรี้ยว = 1.4783 - 0.0650 (น้ำตาลซูโครส) $R^2 = 82.51\%$

อย่างไรก็ตาม การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมทางด้านความเหนียวของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนั้นพบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครสและเพคติน (ในลักษณะที่เป็นเส้นโค้ง) ที่เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.0144 และ P=0.0247 ตามลำดับ กล่าวคือถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสในระดับสูงขึ้น (+) จะมีผลทำให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ลดลง ส่วนถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณเพคติน

ไม่ว่าในระดับที่สูงขึ้น (+) หรือต่ำลง (-) จะมีผลทำให้ความเหนียวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในสมการ (Coded equation)

สเกลความเหนียว = 0.8700 -0.0900 (น้ำตาลซูโครส)+0.1100(เพคติน^2)

R^2 = 82.51%

ส่วนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนี้ พบว่าน้ำตาลซูโครสมีผลต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P = 0.0415 และยังพบว่า ความชอบโดยรวมมีความสัมพันธ์กับเพคตินที่ใช้ในสูตรการผลิตในลักษณะที่เป็นเส้นโค้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.0789 โดยที่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้มากขึ้น จะเป็นการเพิ่มความชอบโดยรวมให้มากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับต่ำหรือสูงก็ตามมีผลในการลดลงของความชอบโดยรวม ซึ่งอาจจะตัดสินใจในการใช้ปริมาณที่ต่ำกว่า เนื่องจากเหตุผลในแง่ต้นทุนการผลิต ดังแสดงในสมการ (Coded equation)

สเกลความชอบโดยรวม = 0.5550 +0.0350 (น้ำตาลซูโครส)
-0.0400 (เพคติน^2) R^2= 71.05%

เมื่อพิจารณาการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมแล้ว พบว่าการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งนี้มีความสัมพันธ์กับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังนี้คือ สีที่ปรากฏ ความเปรี้ยว ความแห้ง กลิ่นพลัม และ ความเหนียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P= 0.0001, P=0.0001, P=0.001, P= 0.001 และ P= 0.0009 ตามลำดับ ดังแสดงในสมการ ดังนี้

สเกลความชอบโดยรวม = 1.3566 -0.3666(สีที่ปรากฏ) - 0.6137(ความเปรี้ยว)
+0.4535 (ความแห้ง) +0.1295(กลิ่นพลัม) -0.0228 (ความเหนียว)
R^2= 99.99%

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า ค่าสเกลของสีที่ปรากฏ กลิ่นพลัม และความเหนียวของผลิตภัณฑ์ เข้าใกล้ค่าในอุดมคติ(1.00) มากแล้ว อย่างไรก็ตามความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มีมากเกินไป (1.48$\pm$0.06) รวมทั้งความหวานก็ต่ำเกินไป (0.74 $\pm$ 0.04) ดังนั้น ถ้าสามารถลดสเกลของความเปรี้ยว และเพิ่มสเกลของความหวานได้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้ผลิตภัณฑ์ในอุดมคติมากขึ้น อาจจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสให้อยู่ที่ระดับสูง เพื่อเป็นการเพิ่มความหวาน และลดความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ลง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าสเกล

ของความแห้งก็ค่อนข้างต่ำ (0.77 $\pm$ 0.06) ถ้าต้องการปรับให้ค่าเข้าใกล้ 1.00 ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพใกล้อุดมคติมากขึ้นด้วย มีผลทำให้ความชอบโดยรวมดีขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้ง โดยทำการทดสอบปัจจัยหลักคือ เพคติน ที่ระดับร้อยละ 1-2 และน้ำตาลซูโครสระดับ 10-20 นั้น พบว่า ปัจจัยหลักคือเพคติน และน้ำตาลซูโครส มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พลัมแผ่นกึ่งแห้งทางด้านสีแดง (a^*) ส่วนเฉพาะเพคตินจะมีผลกระทบต่อค่าความสุกสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ และเฉพาะน้ำตาลซูโครสก็จะมีผลกระทบต่อค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ทั้งเพคตินและน้ำตาลซูโครสยังมีผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านเคมีเช่น ความชื้น ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์เช่นกัน

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ลักษณะบางลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่นสีที่ปรากฏ กลิ่นพลัม และความเหนียว มีค่าใกล้ค่าในอุดมคติมากแล้ว ส่วนค่าความเปรี้ยว ความหวาน และความแห้ง ยังมีค่าที่ห่างจากค่าในอุดมคติพอสมควร โดยที่ปัจจัยน้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความเปรี้ยวและความแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการพิจารณาปริมาณน้ำตาลที่ต้องเติมลงในสูตรการผลิตจึงมีความสำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตามทั้งน้ำตาลซูโครส และเพคตินต่างก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ด้วย

จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า สูตรพลัมแผ่นกึ่งแห้งควรใช้ปริมาณเพคตินที่ระดับต่ำคือร้อยละ 1 และน้ำตาลซูโครสที่ระดับสูงคือร้อยละ 20 จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวมดีขึ้นได้

การทดลองที่ 4 การศึกษาการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้ง

การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการทำผักกึ่งแห้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ แครอท (*Daucus var. sativus*) ฟักทองญี่ปุ่น (*Cucurbita sp.*) กะหล่ำดอก (*Brassica olevacea var. betrytis*) เกลือแกง น้ำตาลซูโครส กลีเซอรอล โปแตสเซียมซอร์เบท โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์

ผักที่ใช้ในการวิจัย เป็นผักที่มีการส่งเสริมการปลูกโดยมูลนิธิโครงการหลวง โดยจะเลือกวัตถุดิบที่ดี ไม่มีตำหนิจากการเสื่อมเสียเนื่องมาจากการขนส่งหรือถูกสัตว์กัดแทะ รวมทั้งไม่มีเกิดการเน่าเสียเนื่องมาจากจุลินทรีย์

1. แครอท และฟักทองญี่ปุ่น

หั่นเป็นชิ้นขนาด 1 x 1 x 1 cm.

↓

ลวกด้วยน้ำ 90-95° C 5 นาที

↓

ทำให้เย็นทันที (แช่ในน้ำเย็น+น้ำแข็ง) จนถึงอุณหภูมิ 20° C

↓

แช่ในสารละลายด่าง (NaOH) ร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 1 นาที

↓

แช่ในสารละลายที่เตรียมจากกรดแอสคอร์บิค และ MSG ชนิดละร้อยละ 0.5 นาน 1 นาที

2. การเตรียมกะหล่ำดอก

ตัดแต่งแล้วหั่นเป็นชิ้น ๆ ยาวและหนา 3.5 cm. และ 1 cm. ตามลำดับ

↓

ลวกในสารละลายที่เตรียมจาก NaCl และ $NaHCO_3$ ชนิดละร้อยละ 1.2 และ 0.1 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 70° C 20 วินาที และ 98° C 10 วินาที

↓

ทำให้เย็นทันที (แช่ในน้ำเย็น+น้ำแข็ง) อุณหภูมิ 20° C

↓

แช่ในสารละลายด่าง (NaOH) ร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 1 นาที

↓

แช่ในสารละลายที่เตรียมจากกรดแอสคอร์บิคและ MSG ชนิดละร้อยละ 0.5 นาน 1 นาที

กรรมวิธีการทำผักกึ่งแห้ง

ผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งจะถูกเตรียมขึ้นโดยวิธี Moist-infusion technique โดยทำการผลิตในสารละลายที่กำหนด แล้วนำไปผ่านการระเหยน้ำออกบางส่วนด้วยลมร้อนและนำผักที่เตรียมได้จากขั้นตอนข้างต้น แช่ในสารละลายดังต่อไปนี้

1. แครอทและฟักทองญี่ปุ่น แช่ในสารละลายต่อไปนี้ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก:ปริมาตร

เกลือแกง	ร้อยละ 3.0
น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ 10.0
กลีเซอรอล	ร้อยละ 5.0
โปแตสเซียมซอร์เบท	ร้อยละ 0.3
โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ร้อยละ 0.4

2. กะหล่ำดอก แช่ในสารละลายต่อไปนี้ในอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก : ปริมาตร

เกลือแกง	ร้อยละ 3.0
น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ 10.0
กลีเซอรอล	ร้อยละ 5.0
โปแตสเซียมซอร์เบท	ร้อยละ 0.2
โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ร้อยละ 0.4

การแช่ผักทั้งสามชนิดในสารละลายดังกล่าว จะทำการแช่ที่อุณหภูมิ 4° C เป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง และทำการช้อนผักทั้งหมดออกจากสารละลายแล้วนำไปแผ่บนตะแกรงเพื่อนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิเริ่มต้น 55-70° C เพื่อให้ได้ความชื้นประมาณร้อยละ 45-55

อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส

เริ่มแรกสร้างแบบทดสอบเค้าโครงสร้างผลิตภัณฑ์ หรือ Ideal Ratio Profile ขึ้นเพื่อจำแนกลักษณะต่าง ๆ ที่ควรจะเป็นของผลิตภัณฑ์ โดยให้ผู้บริโภคเขียนคำที่อธิบายลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ และลักษณะที่ผู้บริโภคคิดว่าเป็นลักษณะที่ควรคำนึงถึงของผลิตภัณฑ์ แบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อ คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รสชาติ และลักษณะเนื้อ

สัมผัส ทำการรวบรวมและสรุปลักษณะที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คิดว่าเป็นลักษณะที่ควรคำนึงถึงของผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้แบบทดสอบ Ideal Ratio Profile ของผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งแต่ละชนิด ซึ่งจะใช้แบบทดสอบนี้เพื่อประกอบการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสคือให้ผู้บริโภคทำเครื่องหมาย X แสดงจุดที่ผลิตภัณฑ์เป็นอยู่เทียบกับ Ideal จากนั้นรวบรวมผล เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบหาสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละการทดลอง

การทดลองที่ 4.1 การศึกษาผลของเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสต่อผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาในการทดลองนี้มีทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ A , B และ C ให้ a1 , a2 , b1 , b2 และ c1 , c2 แทนปัจจัยต่าง ๆ ในระดับสูงและระดับต่ำ ตามลำดับโดย

ปัจจัย A = เกลือแกง
a1 = ร้อยละ 3
a2 = ร้อยละ 1

ปัจจัย B = กลีเซอรอล
b1 = ร้อยละ 5
b2 = ร้อยละ 0

ปัจจัย C = น้ำตาลซูโครส
c1 = ร้อยละ 20
c2 = ร้อยละ 10

การทดลองนี้ จะทำการสร้างสิ่งทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางของระดับของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาดังกล่าวทั้งสองปัจจัยอีก 4 สิ่งทดลอง ร่วมกับการออกแบบข้างต้น ดังนั้นแผนการทดลองรวมจึงเป็นการทดลองแบบ 2^3 Factorial design + 4 center points ทำให้การทดลองนี้มีสิ่งทดลองทั้งหมดเป็น 12 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial design โดยมีเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสเป็นปัจจัยที่ศึกษาต่างกัน 2 ระดับ

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา		
		เกลือแกง (ร้อยละ)	กลีเซอรอล (ร้อยละ)	น้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)
	+1	3	5	20
	0	2	2.5	15
	-1	1	0	10
(1)		-1	-1	-1
a		+1	-1	-1
b		-1	+1	-1
ab		+1	+1	-1
c		-1	-1	+1
ac		+1	-1	+1
bc		-1	+1	+1
abc		+1	+1	+1
cp1		0	0	0
cp2		0	0	0
cp3		0	0	0
cp4		0	0	0

cp = center point ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส

(1) = all low levels

+1 = ระดับสูงของปัจจัย ; -1 = ระดับต่ำของปัจจัย ; 0 = ระดับกึ่งกลางของปัจจัย

เนื่องจากในการทดลองนี้ต้องการศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ในส่วนผสมของสารละลายที่ใช้แช่ผักจึงทำการกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองไว้ดังนี้ คือ

แครอท อบที่อุณหภูมิ 70° C เวลา 1 ชั่วโมง
นำออกมาพักไว้ในอุณหภูมิห้อง 30 นาที
อบต่อที่อุณหภูมิ 60° C เวลา 1 ชั่วโมง

ฟักทองญี่ปุ่น อบที่อุณหภูมิ 70° C เวลา 1.5 ชั่วโมง
นำออกมาพักไว้ในอุณหภูมิห้อง 30 นาที
อบต่อที่อุณหภูมิ 60° C เวลา 1 ชั่วโมง

กะหล่ำดอก อบที่อุณหภูมิ 70° C เวลา 45 นาที
นำออกมาพักไว้ในอุณหภูมิห้อง 20 นาที
อบต่อที่อุณหภูมิ 60° C เวลา 30 นาที

*โดยจะมีการศึกษาถึงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบภายหลังในการทดลองที่ 4.2

เมื่อได้สิ่งทดลองทั้งหมดแล้ว จะนำตัวอย่างของแต่ละสิ่งทดลองมาทำการวิเคราะห์ค่า Aw ปริมาณน้ำ ค่าสี L, a* และ b* รวมทั้งทำการประเมินผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ Ideal Ratio Profile Technique (ไพโรจน์, 2536) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear regression ในโปรแกรม SX ver 4.0 โดยที่ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์จะทำการ coding ปัจจัยที่มีระดับสูง กลางและต่ำ ให้รหัสเป็นค่า +1, 0 และ –1 ตามลำดับ เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองถึงสูตรที่เหมาะสมของสารละลายที่ใช้ในการแช่ผักและมีผลต่อคุณภาพและความพึงพอใจในผักกึ่งแห้ง โดยนำเอาสมการที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากค่า R^2 (Coefficient of multiple determination) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษามาทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรของแต่ละสมการ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

หลักการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรของสมการ Coded equation ดังกล่าว สามารถทำได้โดยการนำเอาสมการ Coded equation ที่มีปัจจัยที่ยังไม่ได้ทำการถอดรหัส (Coded variables) มาแก้ไขสมการ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส} = \text{ค่าจริง} - \frac{[\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น}] / 2}{[\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น}] / 2}$$

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้ไปแทนในสมการ Coded equation และแก้สมการได้เป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นได้ โดยการแทนค่าระดับต่ำ-สูงของปัจจัยลงในสมการ

ผลการทดลอง

จากปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อย่างมาก 3 ปัจจัย คือ เกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครส ดังนั้นจึงทำการพัฒนาสูตรการผลิตผักกึ่งแห้งที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial design ผลการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 23 และ 24

1. ศึกษาผลของเกลือแกง น้ำตาลซูโครส และกลีเซอรอลต่อผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีของแครอทกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	Aw	L	a*	b*
(1)	46.02 ± 0.80*	0.82 ± 0.016*	50.59 ± 0.830**	33.36 ± 0.652**	23.38 ± 2.314**
a	41.95 ± 0.42	0.766 ± 0.002	50.23 ± 0.345	34.56 ± 0.070	30.72 ± 3.721
b	42.92 ± 0.70	0.822 ± 0.012	51.31 ± 1.508	32.22 ± 1.277	23.91 ± 0.830
ab	41.82 ± 0.83	0.786 ± 0.012	50.07 ± 0.306	32.83 ± 0.288	27.02 ± 0.418
c	41.81 ± 0.05	0.833 ± 0.002	49.39 ± 0.589	34.37 ± 0.553	29.88 ± 1.840
ac	43.84 ± 0.02	0.803 ± 0.005	51.83 ± 0.434	30.91 ± 0.800	20.01 ± 1.078
bc	37.92 ± 0.07	0.842 ± 0.003	50.91 ± 0.352	32.68 ± 0.399	24.29 ± 0.522
abc	41.42 ± 0.06	0.827 ± 0.004	48.10 ± 1.290	32.00 ± 1.014	30.94 ± 4.487
cp1	30.53 ± 0.12	0.723 ± 0.004	47.81 ± 0.159	34.00 ± 0.250	25.42 ± 0.718
cp2	51.11 ± 0.10	0.831 ± 0.003	49.55± 0.522	34.23 ± 0.483	31.15 ± 2.032
cp3	59.59 ± 0.63	0.859 ± 0.002	50.81 ± 0.215	33.16 ± 0.453	27.11 ± 0.687
cp4	33.98 ± 0.05	0.749 ± 0.011	49.53 ± 0.190	33.31 ± 0.325	27.78 ± 0.976

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

(1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแครอทกึ่งแห้ง (Mean ideal ratio scores)

สิ่งทดลอง	สีของแครอท	กลิ่นรสของแครอท	กลิ่นแปลกปลอมของแครอท	รสหวานของแครอท
(1)	0.790 ± 0.096*	0.82 ± 0.163*	0.91 ± 0.078*	0.83 ± 0.113*
a	0.840 ± 0.155	0.87 ± 0.110	0.92 ± 0.051	0.62 ± 0.214
b	0.82 ± 0.082	0.89 ± 0.082	0.94 ± 0.039	0.80 ± 0.144
ab	0.87 ± 0.077	0.81 ± 0.082	0.91 ± 0.051	0.64 ± 0.168
c	0.90 ± 0.070	0.89 ± 0.074	0.93 ± 0.058	0.90 ± 0.090
ac	0.90 ± 0.050	0.87 ± 0.06	0.95 ± 0.033	0.75 ± 0.211
bc	0.88 ± 0.042	0.92 ± 0.049	0.93 ± 0.022	0.84 ± 0.127
abc	0.84 ± 0.074	0.86 ± 0.065	0.95 ± 0.037	0.75 ± 0.107
cp1	0.78 ± 0.153	0.88 ± 0.070	0.94 ± 0.064	0.71 ± 0.183
cp2	0.86 ± 0.087	0.76 ± 0.142	0.92 ± 0.076	0.70 ± 0.110
cp3	0.89 ± 0.097	0.89 ± 0.069	0.91 ± 0.264	0.84 ± 0.173
cp4	0.83 ± 0.062	0.90 ± 0.033	0.93 ± 0.054	0.80 ± 0.148

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแครอทกึ่งแห้ง (Mean ideal ratio scores) (ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความเหนียว	ความกรอบของเนื้อแครอท	ความนุ่มของเนื้อแครอท	ความชอบโดยรวม
1	0.83 ± 0.109*	0.84 ± 0.113*	0.83 ± 0.111*	0.77 ± 0.134*
a	0.84 ± 0.095	0.79 ± 0.166	0.72 ± 0.251	0.53 ± 0.223
b	0.79 ± 0.145	0.71 ± 0.171	0.77 ± 0.156	0.65 ± 0.231
ab	0.69 ± 0.154	0.72 ± 0.163	0.79 ± 0.324	0.47 ± 0.162
c	0.72 ± 0.182	0.76 ± 0.179	0.85 ± 0.087	0.73 ± 0.178
ac	0.84 ± 0.154	0.82 ± 0.117	0.86 ± 0.066	0.59 ± 0.214
bc	0.78 ± 0.148	0.85 ± 0.091	0.83 ± 0.109	0.75 ± 0.187
abc	0.80 ± 0.125	0.83 ± 0.121	0.86 ± 0.087	0.58 ± 0.183
cp1	0.79 ± 0.110	0.64 ± 0.243	0.82 ± 0.151	0.62 ± 0.167
cp2	0.82 ± 0.130	0.81 ± 0.087	0.79 ± 0.131	0.56 ± 0.187
cp3	0.77 ± 0.110	0.80 ± 0.210	0.84 ± 0.140	0.64 ± 0.192
cp4	0.80 ± 0.099	0.79 ± 0.144	0.82 ± 0.113	0.64 ± 0.164

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear Regression ใน Program SX ver 4.0 พบว่า ความหวาน กลิ่นรสของแครอท และความชอบโดยรวม สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ ได้ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง โดยใช้เกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครส ในปริมาณที่แตกต่างกัน

Response Variables	Coded equations	R^2
ความชอบโดยรวม	= 0.63250 – 0.09125 (salt)	0.8654
ความหวาน	= 0.78700 – 0.07625 (salt) + 0.04375 (sucrose)	0.8658
กลิ่นรสของแครอท	= 0.78700 + 0.04375 (sucrose) – 0.07625 (salt)+0.03300 {(glycerol)^2* salt}	0.8658

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P > 0.05 คือ Aw ค่าสี L, a* และ b* ส่วนค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.05 คือ ปริมาณน้ำ ส่วนค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.05 คือ สี กลิ่นแปลกปลอม ความเหนียว ความกรอบ และความนุ่มเนื้อของแครอท

จากตารางที่ 25 นำสมการของความชอบโดยรวม ความหวาน และกลิ่นรสของแครอทมาถอดรหัสตัวแปร เพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการผลิตแครอทมาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิต-ภัณฑ์มากที่สุด สามารถแสดงสมการที่ถอดรหัสแล้วดังต่อไปนี้

1. ความชอบโดยรวม = 0.815 – 0.09125 (salt) .....(1)

   R^2 = 0.8654

2. ความหวาน = 0.80825 – 0.07625 (salt) + 0.00875 (sucrose) ....(2)

   R^2 = 0.8658

3. กลิ่นรสของแครอท = 0.74225 – 0.4325 (salt) + 0.00875 (sucrose)
   +0.00528 (glycerol)^2*salt – 0.01056 (glycerol)^2
   -0.0264 (salt*glycerol) + 0.05288 (glycerol) ....(3)

   R^2 = 0.8658

เมื่อทำการแก้สมการที่ถอดรหัสได้ทั้ง 2 สมการ ดังกล่าวข้างต้น แทนค่าระดับต่ำ-สูง ของปัจจัยเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครส ลงในสมการ โดยค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจะเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด พบว่า ปริมาณเกลือแกง กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมคือร้อยละ 1 , 0 และ 20 ตามลำดับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง

ที่มีคุณภาพที่ดี ทั้งในด้านลักษณะสีที่ปรากฏ กลิ่นและรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ตลอดจนความชอบโดยรวม

จากการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เกลือแกง ควรใช้ที่ระดับต่ำร้อยละ 1 (-) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (1) จะเห็นว่า ถ้าใช้เกลือแกงที่ระดับต่ำ จะทำให้ผู้บริโภคมีความพอใจในด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มากกว่าการใช้ที่ระดับสูง และเมื่อพิจารณาสมการ (2) และ (3) ร่วมด้วยจะเห็นว่า ผู้บริโภคพอใจในด้านความหวานและกลิ่นรสของแครอทมากกว่าเมื่อใช้เกลือแกงที่ระดับต่ำ

2. น้ำตาลซูโครส ควรใช้ที่ระดับสูงร้อยละ 20 (+) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (2) จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เกลือแกงที่ระดับต่ำควรใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับสูงด้วย เพื่อเพิ่มความพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ในด้านรสหวาน

3. กลีเซอรอล เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (3) ลองแทนค่าทั้งที่ระดับกลางและสูง พบว่า ให้ค่าความพอใจในด้านกลิ่นรสของแครอทต่ำกว่า เมื่อไม่ใช้กลีเซอรอล เพราะฉะนั้นจึงสรุปว่า ไม่จำเป็นต้องใช้กลีเซอรอลในสารละลายที่ใช้แช่แครอท

ดังนั้นจากการทดลองสามารถสรุปสูตรของสารละลายที่ใช้แช่แครอทที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

เกลือแกง	ร้อยละ 1
กลีเซอรอล	ร้อยละ 0
น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ 20
โปแตสเซียมซอร์เบท	ร้อยละ 0.3
โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ร้อยละ 0.4

โดยใช้สารละลายต่อแครอทในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก

2. ศึกษาผลของเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสต่อผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	Aw	L	a*	b*
(1)	36.02 ± 0.735*	0.874±0.013*	49.33±0.665**	7.51 ± 0.282**	43.19±0.689**
a	36.15 ± 1.835	0.880 ± 0.005	49.71 ± 0.908	8.31 ± 0.337	43.81 ± 1.022
b	42.59 ± 3.430	0.836 ± 0.004	49.51 ± 0.279	7.87 ± 0.204	42.97 ± 0.616
ab	39.18 ± 0.615	0.902 ± 0.002	50.49 ± 0.517	9.01 ± 0.124	44.57 ± 0.804
c	36.71 ± 0.195	0.888 ± 0.003	51.34 ± 0.954	7.92 ± 0.257	45.65 ± 2.010
ac	38.26 ± 0.865	0.920 ± 0.009	54.75 ± 0.388	7.99 ± 0.277	50.64 ± 0.787
bc	41.03 ± 0.405	0.887 ± 0.005	50.77 ± 0.618	6.90 ± 0.192	45.54 ± 1.014
abc	34.49 ± 0.750	0.845 ± 0.014	48.66 ± 0.970	6.83 ± 0.303	41.24 ± 1.915
cp1	42.84 ± 2.050	0.876 ± 0.012	52.41 ± 0.484	8.28 ± 0.154	48.15 ± 3.245
cp2	38.62 ± 0.435	0.866 ± 0.007	50.23 ± 0.434	8.03 ± 0.360	45.22 ± 0.962
cp3	42.33 ± 0.895	0.887 ± 0.003	53.07 ± 0.587	8.41 ± 0.374	49.87 ± 0.795
cp4	38.24 ± 0.580	0.900 ± 0.001	51.67 ± 0.823	7.95 ± 0.175	47.83 ± 1.672

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

(1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores)

สิ่งทดลอง	สีของฟักทองญี่ปุ่น	กลิ่นรสของฟักทองญี่ปุ่น	กลิ่นแปลกปลอมของฟักทองญี่ปุ่น	รสหวานของฟักทองญี่ปุ่น
(1)	0.76 ± 0.129*	0.76 ± 0.074*	0.88 ± 0.132*	0.79 ± 0.082*
a	0.72 ± 0.113	0.76 ± 0.088	0.80 ± 0.167	0.63 ± 0.170
b	0.81 ± 0.127	0.67 ± 0.111	0.79 ± 0.198	0.73 ± 0.153
ab	0.76 ± 0.122	0.63 ± 0.172	0.84 ± 0.140	0.71 ± 0.183
c	0.87 ± 0.060	0.78 ± 0.192	0.91 ± 0.140	0.79 ± 0.132
ac	0.85 ± 0.070	0.80 ± 0.153	0.80 ± 0.153	0.80 ± 0.109
bc	0.81 ± 0.105	0.83 ± 0.113	0.81 ± 0.217	0.67 ± 0.219
abc	0.73 ± 0.107	0.72 ± 0.160	0.88 ± 0.095	0.66 ± 0.189
cp1	0.74 ± 0.227	0.77 ± 0.156	0.85 ± 0.148	0.72 ± 0.081
cp2	0.85 ± 0.134	0.89 ± 0.076	0.91 ± 0.091	0.75 ± 0.144
cp3	0.81 ± 0.158	0.82 ± 0.094	0.93 ± 0.069	0.74 ± 0.149
cp4	0.76 ± 0.144	0.72 ± 0.142	0.88 ± 0.115	0.70 ± 0.121

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores) (ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความเหนียว	ความกรอบของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น	ความนุ่มของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น	ความชอบโดยรวม
(1)	0.76 ± 0.097*	0.61 ± 0.214*	0.69 ± 0.168*	0.4 ± 0.204*
a	0.71 ± 0.174	0.77 ± 0.121	0.81 ± 0.134	0.43 ± 0.164
b	0.75 ± 0.105	0.79 ± 0.193	0.86 ± 0.104	0.51 ± 0.101
ab	0.84 ± 0.087	0.72 ± 0.092	0.54 ± 0.231	0.51 ± 0.124
c	0.90 ± 0.154	0.74 ± 0.183	0.69 ± 0.228	0.73 ± 0.141
ac	0.83 ± 0.115	0.97 ± 0.025	0.74 ± 0.216	0.74 ± 0.158
bc	0.83 ± 0.164	0.74 ± 0.177	0.70 ± 0.226	0.58 ± 0.242
abc	0.65 ± 0.110	0.60 ± 0.191	0.72 ± 0.087	0.62 ± 0.156
cp1	0.77 ± 0.119	0.86 ± 0.087	0.73 ± 0.084	0.60 ± 0.215
cp2	0.85 ± 0.136	0.87 ± 0.083	0.73 ± 0.159	0.63 ± 0.207
cp3	0.81 ± 0.148	0.78 ± 0.077	0.78 ± 0.140	0.62 ± 0.222
cp4	0.72 ± 0.193	0.82 ± 0.130	0.79 ± 0.145	0.70 ± 0.181

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear Regression ใน Program SX ver 4.0 พบว่า ความชอบโดยรวม ความนุ่มของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น และค่าสี a* สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$ ได้ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ของลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง โดยใช้เกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่แตกต่างกัน

Response Variables	Coded equations	R^2
ค่าสี a*	= 7.91952 + (0.48422) salt	0.3407
ความนุ่มของเนื้อฟักทอง	= 0.75598 – (0.05957) salt*sucrose*glycerol	0.4488
ความชอบโดยรวม	= 0.61846 + (0.10490) sucrose	0.7509

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P> 0.05 คือ Aw ค่าสี L และ b* ส่วนค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P > 0.05 คือ ปริมาณน้ำ ส่วนค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P > 0.05 คือ สี กลิ่นของฟักทองญี่ปุ่น กลิ่นแปลกปลอมของฟักทองญี่ปุ่น รสหวานของฟักทองญี่ปุ่น ความเหนียวและความกรอบของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น

จากตาราง 28 นำสมการของค่าสี a* ความนุ่มของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น และความชอบโดยรวมมาถอดรหัสตัวแปรเพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อการผลิตฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด สามารถแสดงสมการที่ถอดรหัสแล้วดังต่อไปนี้

1. ค่าสี a* = 6.95108 + 0.48422(salt) ....(4)

   R^2 = 0.3407

2. ความนุ่มของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น = 0.399 + 0.00477(salt*sucrose*glycerol) – 0.715 (salt*sucrose) + 0.179 (salt) – 0.00953 (glycerol*sucrose) + 0.143 (glycerol) + 0.0238 (sucrose) .....(5)

   R^2 = 0.4488

3. ความชอบโดยรวม = 0.30376 + 0.02098 (sucrose) ....(6)

   R^2 = 0.7509

เมื่อทำการแก้สมการที่ถอดรหัสได้ 3 สมการดังข้างต้น แทนค่าระดับต่ำ-สูงของปัจจัยเกลือแกง กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส ลงในสมการ โดยค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจะเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด พบว่า ปริมาณเกลือแกง กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส ที่เหมาะสมคือร้อยละ 1 , 0 และ 20 ตามลำดับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

ที่มีคุณภาพที่ดี ทั้งในด้านลักษณะสีที่ปรากฏ กลิ่นและรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ตลอดจนความชอบโดยรวม

จากการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เกลือแกง เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (4) จะเห็นว่าถ้าใช้เกลือแกงที่ระดับสูงจะทำให้ ค่าสี a* มีค่ามากขึ้น ซึ่งค่าสี a* นี้หากมีค่าเป็นบวกมาก แสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีแดง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบนี้คือฟักทองญี่ปุ่นควรมีสีเหลือง ดังนั้น สมการที่ (4) นี้จึงไม่ใช่สมการที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพิจารณา ผู้ทดลองจึงได้เลือกพิจารณาสมการอื่น ๆ แทนคือ เมื่อพิจารณาสมการ (5) เมื่อลองแทนค่าเกลือแกงในระดับต่ำ (-) ร่วมกับส่วนผสมอื่น ๆ พบว่า ผู้บริโภคมีความพอใจในด้านความนุ่มของเนื้อฟักทองมากกว่าเมื่อใช้เกลือแกงในระดับที่สูง

2. น้ำตาลซูโครส ควรเลือกใช้ระดับที่สูง (+) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (6) จะเห็นว่า ถ้าใช้น้ำตาลซูโครสในระดับสูง จะทำให้ผู้บริโภคมีความพอใจในด้านความชอบโดยรวมมากกว่าใช้ในระดับต่ำ และเมื่อพิจารณาสมการที่ (5) ร่วมด้วยก็ให้ผลในทางบวกเช่นเดียวกัน คือ ผู้บริโภคจะมีความพอใจในด้านความนุ่มเนื้อของฟักทองมากขึ้น

3. กลีเซอรอล มีความสัมพันธ์กับลักษณะของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญในด้านของความนุ่มเนื้อของฟักทอง เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (5) พบว่าถ้าใช้กลีเซอรอลในระดับที่ต่ำ (ร้อยละ 0) ร่วมกับเกลือแกงร้อยละ 1 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 (ที่พิจารณาแล้วข้างต้น) ให้ผลในด้านความพอใจของผู้บริโภคในด้านความนุ่มเนื้อของฟักทองมากที่สุด เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้กลีเซอรอลในระดับต่ำ หรือไม่เติมกลีเซอรอลนั่นเอง

ดังนั้น จากการทดลอง สามารถสรุปสูตรของสารละลายที่ใช้แช่ฟักทองญี่ปุ่นที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

เกลือแกง	ร้อยละ 1
กลีเซอรอล	ร้อยละ 0
น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ 20
โปแตสเซียมซอร์เบท	ร้อยละ 0.3
โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ร้อยละ 0.4

โดยใช้สารละลายต่อฟักทองญี่ปุ่นในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก

3. ศึกษาผลของเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสต่อผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	Aw	L	a*	b*
(1)	72.27 ± 0.270*	0.907±0.007*	67.28±0.224**	-3.86±0.180**	29.22±0.720**
a	71.28 ± 1.105	0.926 ± 0.027	66.39 ± 0.556	-3.58 ± 0.563	26.23 ± 1.943
b	76.34 ± 2.910	0.879 ± 0.001	66.65 ± 0.311	-4.25 ± 0.263	28.90 ± 0.694
ab	60.84 ± 1.440	0.914 ± 0.003	66.45 ± 0.302	-2.95 ± 0.147	26.35 ± 0.820
c	62.71 ± 0.330	0.918 ± 0.002	67.16 ± 0.638	-2.75 ± 0.264	24.84 ± 1.423
ac	59.86 ± 0.980	0.880 ± 0.004	64.94 ± 0.418	-2.89 ± 0.204	24.23 ± 1.260
bc	66.98 ± 1.615	0.890 ± 0.011	65.63 ± 0.497	-3.72 ± 0.372	26.95 ± 1.930
abc	60.51 ± 0.385	0.885 ± 0.004	65.16 ± 0.165	-3.94 ± 0.343	29.62 ± 0.611
cp1	66.88 ± 0.740	0.926 ± 0.015	65.55 ± 0.055	-3.54 ± 0.053	28.77 ± 0.456
cp2	66.58 ± 1.155	0.896 ± 0.007	65.46± 0.419	-3.38 ± 0.53	28.03 ± 1.95
cp3	69.19 ± 0.710	0.900 ± 0.001	66.83 ± 0.712	-3.33 ± 0.530	25.40 ± 1.750
cp4	69.96 ± 1.135	0.918 ± 0.017	66.15 ± 0.197	-3.94 ± 0.309	29.37 ± 0.371

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

(1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores)

สิ่งทดลอง	สีของกะหล่ำดอก	กลิ่นรสของกะหล่ำดอก	กลิ่นแปลกปลอมของกะหล่ำดอก	รสหวานของกะหล่ำดอก
(1)	0.70 ± 0.134*	0.78 ± 0.150*	0.83 ± 0.145*	0.74 ± 0.195*
a	0.77 ± 0.160	0.79 ± 0.185	0.87 ± 0.120	0.71 ± 0.179
b	0.82 ± 0.140	0.80 ± 0.133	0.86 ± 0.130	0.71 ± 0.210
ab	0.76 ± 0.167	0.76 ± 0.177	0.82 ± 0.164	0.64 ± 0.195
c	0.83 ± 0.165	0.78 ± 0.155	0.87 ± 0.133	0.80 ± 0.115
ac	0.82 ± 0.130	0.82 ± 0.102	0.86 ± 0.102	0.71 ± 0.201
bc	0.75 ± 0.169	0.80 ± 0.185	0.86 ± 0.194	0.70 ± 0.113
abc	0.86 ± 0.128	0.81 ± 0.150	0.75 ± 0.208	0.72 ± 0.179
cp1	0.82 ± 0.155	0.78 ± 0.128	0.88 ± 0.117	0.72 ± 0.185
cp2	0.84 ± 0.129	0.75 ± 0.157	0.86 ± 0.138	0.78 ± 0.190
cp3	0.77 ± 0.136	0.76 ± 0.228	0.84 ± 0.23	0.74 ± 0.235
cp4	0.79 ± 0.159	0.77 ± 0.167	0.85 ± 0.155	0.75 ± 0.181

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio และ score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores) (ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความเหนียว	ความกรอบของเนื้อกะหล่ำดอก	ความนุ่มของเนื้อกะหล่ำดอก	ความชอบโดยรวม
(1)	0.81 ± 0.171*	0.87 ± 0.147*	0.75 ± 0.118*	0.72 ± 0.179*
a	0.74 ± 0.173	0.72 ± 0.168	0.87 ± 0.107	0.67 ± 0.143
b	0.86 ± 0.145	0.8 ± 0.234	0.62 ± 0.106	0.75 ± 0.149
ab	0.84 ± 0.130	0.93 ± 0.083	0.62 ± 0.195	0.57 ± 0.180
c	0.85 ± 0.114	0.80 ± 0.176	0.78 ± 0.197	0.71 ± 0.157
ac	0.70 ± 0.155	0.89 ± 0.100	0.55 ± 0.210	0.62 ± 0.174
bc	0.75 ± 0.115	0.68 ± 0.186	0.78 ± 0.165	0.69 ± 0.125
abc	0.73 ± 0.201	0.77 ± 0.135	0.70 ± 0.176	0.70 ± 0.171
cp1	0.75 ± 0.243	0.81 ± 0.132	0.70 ± 0.204	0.65 ± 0.171
cp2	0.73 ± 0.741	0.87 ± 0.13	0.82 ± 0.165	0.68 ± 0.189
cp3	0.94 ± 0.077	0.76 ± 0.285	0.68 ± 0.223	0.74 ± 0.174
cp4	0.75 ± 0.153	0.85 ± 0.115	0.82 ± 0.144	0.71 ± 0.169

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio และ score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = เกลือแกง ; b = กลีเซอรอล ; c = น้ำตาลซูโครส ; cp = จุดกึ่งกลาง

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear Regression ใน Program SX ver 4.0 พบว่า มีเฉพาะค่าปริมาณน้ำที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) ซึ่งสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ได้ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง โดยใช้เกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่แตกต่างกัน

Response Variables	Coded equations	R^2
ปริมาณน้ำ	= 66.95 – 3.22625 (salt) – 3.83375 (sucrose)	0.6774

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P > 0.05 คือ Aw ค่าสี L,a*, b* ส่วนค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P > 0.05 คือ สี กลิ่นของกะหล่ำดอก กลิ่นแปลกปลอมของกะหล่ำดอก รสหวานของกะหล่ำดอก ความเหนียว ความนุ่ม ความกรอบของกะหล่ำดอก และความชอบโดยรวม

จากตารางที่ 31 นำสมการของค่าปริมาณน้ำ มาถอดรหัสตัวแปรเพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือ น้ำตาลซูโครส และกลีเซอรอลที่เหมาะสมต่อการผลิตกะหล่ำดอกกึ่งแห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด สามารถแสดงสมการที่ถอดรหัสแล้วดังต่อไปนี้

ปริมาณน้ำ = 84.90375 – 3.22625 (salt) – 0.76675 (sucrose) ....(7)

R^2 = 0.6774

เมื่อทำการแก้สมการที่ถอดรหัสได้ดังข้างต้น แทนค่าระดับต่ำ-สูงของปัจจัยเกลือแกง กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส ลงในสมการ พบว่าปริมาณเกลือแกง กลีเซอรอลและน้ำตาลซูโครส ที่เหมาะสมคือร้อยละ 1 , 0 และ 10 ตามลำดับ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้งที่มีคุณภาพที่ดี ทั้งในด้านลักษณะสีที่ปรากฏ กลิ่นและรสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสตลอดจนความชอบโดยรวม

จากการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เกลือแกงและน้ำตาลซูโครส ควรใช้ที่ระดับต่ำเพื่อช่วยลดปริมาณความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งหากใช้ในระดับที่สูงพบว่าความชื้นของ ผลิตภัณฑ์จะต่ำเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งแข็ง

2. กลีเซอรอล เนื่องจากไม่พบสมการที่มีความสัมพันธ์กับกลีเซอรอลเลย แสดงว่าสามารถใช้กลีเซอรอลที่ระดับใดก็ได้ ไม่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้ทดลองจึงเลือกที่จะไม่ใส่กลีเซอรอลลงในสารละลายที่ใช้แช่เพื่อเป็นการประหยัด และลดต้นทุนการผลิต

ดังนั้นจากการทดลองสามารถสรุปสูตรของสารละลายที่ใช้แช่กะหล่ำดอกที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

เกลือแกง	ร้อยละ 1
กลีเซอรอล	ร้อยละ 0
น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ 10
โปแตสเซียมซอร์เบท	ร้อยละ 0.2
โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์	ร้อยละ 0.4

โดยใช้สารละลายต่อกะหล่ำดอกในอัตราส่วน 1 : 2 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก

การทดลองที่ 4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง

เมื่อได้สูตรการผลิตผักกึ่งแห้งที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 4.1 แล้วจึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนการพัฒนากระบวนการผลิตผักกึ่งแห้งแต่ละชนิด โดยศึกษาปัจจัย 2 ปัจจัย ในระดับต่ำและระดับสูง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเป็น 2^2 Factorial design โดยจะทำการเติมสิ่งทดลองที่จุดกึ่งกลางของปัจจัยทั้งสองอีก 2 สิ่งทดลอง

ดังนั้นในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองแบบ 2^2Factorial design + 2 center points โดยปัจจัยที่ศึกษาในผักแต่ละชนิดเป็นดังนี้ คือ

1. การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง

ปัจจัย A = อุณหภูมิ

a1 = 60° C

a2 = 70° C

ปัจจัย B = เวลา

b1 = 3 ชั่วโมง

b2 = 4 ชั่วโมง

แผนการทดลองรวมจึงเป็นการทดลองแบบ 2^2 Factorial design + 2 center points ทำให้การทดลองนี้มีสิ่งทดลองทั้งหมดเป็น 6 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design ของแครอทกึ่งแห้ง โดยมีอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่ศึกษาต่างกัน 2 ระดับ

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา	
		อุณหภูมิ (°C)	เวลา (hr.)
	+1	70	4
	0	65	3.5
	-1	60	3
(1)		-1	-1
a		+1	-1
b		-1	+1
ab		+1	+1
cp1		0	0
cp2		0	0

cp = center point ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา

(1) = all low levels

+1 = ระดับสูงของปัจจัย ; -1 = ระดับต่ำของปัจจัย ; 0 = ระดับกึ่งกลางของปัจจัย

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

ปัจจัย A = อุณหภูมิ
a1 = 60° C
a2 = 70° C
ปัจจัย B = เวลา
b1 = 3.5 ชั่วโมง
b2 = 4.5 ชั่วโมง

แผนการทดลองรวมจึงเป็นการทดลองแบบ 2^2Factorial design + 2 center points ทำให้การทดลองนี้มีสิ่งทดลองทั้งหมดเป็น 6 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design ของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง โดยมอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่ศึกษาต่างกัน 2 ระดับ

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา	
		อุณหภูมิ (°C)	เวลา (hr.)
	+1	70	4.5
	0	65	4
	-1	60	3.5
(1)		-1	-1
a		+1	-1
b		-1	+1
ab		+1	+1
cp1		0	0
cp2		0	0

cp = center point ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา

(1) = all low levels

+1 = ระดับสูงของปัจจัย ; -1 = ระดับต่ำของปัจจัย ; 0 = ระดับกึ่งกลางของปัจจัย

3. การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง

ปัจจัย A = อุณหภูมิ

a1 = 60° C

a2 = 70° C

ปัจจัย B = เวลา

b1 = 1.5 ชั่วโมง

b2 = 2 ชั่วโมง

แผนการทดลองรวมจึงเป็นการทดลองแบบ 2^2Factorial design + 2 center points ทำให้การทดลองนี้มีสิ่งทดลองทั้งหมดเป็น 6 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design ของกะหล่ำดอกกึ่งแห้งโดยมีอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยที่ศึกษาต่างกัน 2 ระดับ

สิ่งทดลอง	รหัส	ปัจจัยที่ศึกษา	
		อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)	เวลา (hr.)
	+1	60	2
	0	65	1 hr 45 min
	-1	70	1.5
(1)		-1	-1
a		+1	-1
b		-1	+1
ab		+1	+1
cp1		0	0
cp2		0	0

cp = center point ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา

(1) = all low levels

+1 = ระดับสูงของปัจจัย ; -1 = ระดับต่ำของปัจจัย ; 0 = ระดับกึ่งกลางของปัจจัย

เมื่อได้สิ่งทดลองทั้งหมดแล้ว จะนำตัวอย่างของแต่ละสิ่งทดลองมาทำการวิเคราะห์ค่า Aw ปริมาณน้ำ ค่าสี L, a* และ b* รวมทั้งทำการประเมินผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ Ideal Ratio Profile Technique นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear regression ในโปรแกรม SX ver 4.0 โดยที่ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์จะทำการ Coding ปัจจัยที่มีระดับสูง กลางและต่ำ ให้รหัสเป็นค่า +1, 0 และ –1 ตามลำดับ เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองถึงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบผักกึ่งแห้ง โดยนำเอาสมการที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ และพิจารณาค่า R^2 (Coefficient of multiple determination) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษามาทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรของแต่ละสมการ วิธีการ Decode ทำเช่นเดียวกับที่ทำในการทดลองที่ 4.1 แล้วนำสมการที่ Decode แล้วไปคะเนผลที่จะเกิดขึ้นโดยการแทนค่าระดับต่ำ-สูงของปัจจัยลงในสมการ

ผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีของแครอทกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	Aw	L	a*	b*
(1)	32.28 ± 0.03*	0.775±0.006*	48.67±0.382**	32.80±0.193**	36.55±1.831**
a	27.01 ± 0.10	0.751 ± 0.005	47.99 ± 0.752	30.60 ± 0.598	31.56 ± 2.719
b	27.63 ± 0.02	0.776 ± 0.006	48.72 ± 0.433	31.47 ± 0.254	30.17 ± 0.705
ab	19.29 ± 0.02	0.5545±0.016	49.08 ± 0.176	27.35 ± 0.083	25.89 ± 0.219
cp1	27.17 ± 0.04	0.708 ± 0.005	48.09 ± 0.315	32.13 ± 0.182	34.97 ± 0.814
cp2	33.15 ± 0.06	0.738 ± 0.003	48.75 ± 0.203	32.28 ± 0.131	36.10 ± 0.320

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

(1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแครอทกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores)

สิ่งทดลอง	สีของแครอท	กลิ่นรสของแครอท	กลิ่นแปลกปลอมของแครอท	รสหวานของแครอท
(1)	0.826 ± 0.130*	0.792 ± 0.233*	0.883 ± 0.134*	0.765 ± 0.170*
a	0.774 ± 0.129	0.825 ± 0.143	0.856 ± 0.182	0.871 ± 0.103
b	0.87 ± 0.078	0.727 ± 0.238	0.738 ± 0.218	0.738 ± 0.189
ab	0.785 ± 0.126	0.827 ± 0.111	0.794 ± 0.265	0.78 ± 0.182
cp1	0.928 ± 0.107	0.872 ± 0.146	0.869 ± 0.233	0.884 ± 0.098
cp2	0.96 ± 0.113	0.875 ± 0.081	0.853 ± 0.138	0.845 ± 0.140

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแครอทกึ่งแห้ง (Mean ideal ratio scores)(ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความเหนียว	ความกรอบของเนื้อแครอท	ความนุ่มของเนื้อแครอท	ความชอบโดยรวม
(1)	0.697 ± 0.255*	0.769 ± 0.201*	0.812 ± 0.128*	0.712 ± 0.162*
a	0.813 ± 0.145	0.813 ± 0.102	0.801 ± 0.149	0.648 ± 0.144
b	0.85 ± 0.103	0.797 ± 0.111	0.834 ± 0.153	0.644 ± 0.155
ab	0.651 ± 0.152	0.749 ± 0.123	0.734 ± 0.142	0.569 ± 0.146
cp1	0.844 ± 0.136	0.797 ± 0.196	0.856 ± 0.147	0.735 ± 0.095
cp2	0.788 ± 0.165	0.877 ± 0.078	0.836 ± 0.180	0.677 ± 0.167

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.00
3. (1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear Regression ใน Program SX ver 4.0 พบว่า ค่า Aw, ความเหนียวของเนื้อแครอท, สีของแครอท, กลิ่นของแครอท และค่าสี a* สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P \leq 0.10$) ได้ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ของลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน

Response Variables	Coded equations	R^2
ค่าสี a*	= 31.105 – 1.58(Temp)	0.5045
กลิ่นรสของแครอท	= 0.885 – 0.065 $(Temp)^2$	0.6488
สีของแครอท	= 0.905 – 0.0925 $(Temp)^2$ – 0.0375 (Temp)	0.8902
ความเหนียว	= 0.76667 – 0.0625 (Temp*Time)	0.947
Aw	= 0.717 – 0.0615 (Temp) – 0.049 (Time) – 0.0495 (Temp*Time)	0.9841

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P> 0.10 คือ ค่าสี L, b* ส่วนค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.10 คือ ปริมาณน้ำ ส่วนค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.10 คือ กลิ่นแปลกปลอมของแครอท รสหวานของแครอท ความกรอบของเนื้อแครอท ความนุ่มเนื้อของแครอทและความชอบโดยรวม

จากตารางที่ 37 นำสมการค่าสี a* กลิ่นรสของแครอท สีของแครอท ความเหนียวและ Aw มาถอดรหัสตัวแปร เพื่อคำนวณหาค่าของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตแครอทกึ่งแห้ง มาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด สามารถแสดงสมการที่ถอดรหัสแล้วดังต่อไปนี้

1. ค่าสี a* = 51.645 – 0.316 (Temp) ....(8)
   R^2 = 0.5045
2. กลิ่นรสของแครอท = -10.1 – 0.0026 $(Temp)^2$ + 0.338 (Temp) ....(9)
   R^2 = 0.6488
3. สีของแครอท = -14.24 – 0.0037 $(Temp)^2$ + 0.4735 (Temp) ....(10)
   R^2 = 0.8902
4. ความเหนียวของเนื้อแครอท = -4.92083 – 0.025 (Temp*Time)
   + 0.0875 (Temp) +1.325 (Time) ....(11)
   R^2 = 0.947
5. ค่า Aw = -2.645 + 0.057 (Temp) + 1.189 (Time)
   -0.0198 (Temp*Time) .....(12)
   R^2 = 0.9841

เมื่อทำการแก้สมการที่ถอดรหัสได้ทั้ง 5 สมการดังกล่าวข้างต้น แทนค่าระดับต่ำ-สูงของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาลงในสมการ โดยค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจะเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด พบว่า ค่า Aw เลือกที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.65 – 0.75 และ a* เลือกค่า a* ช่วงสูง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีค่อนข้างแดง

จากการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิ ควรใช้ที่ระดับกึ่งกลาง (65° C) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (9) และ (10) แทนค่าอุณหภูมิที่ระดับกึ่งกลาง จะได้ว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านกลิ่นรสแครอทและสีของแครอทมากกว่า ใช้ที่ระดับต่ำหรือสูงและเมื่อพิจารณาสมการที่ (12) ร่วมด้วย ก็พบว่า ถ้าใช้อุณหภูมิ 65° C จะให้ค่า Aw อยู่ในช่วง 0.65 – 0.75 (ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำ ค่า Aw จะสูง แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงค่า Aw จะต่ำ)

2. เวลา เลือกใช้ที่ระดับสูง (4 ชั่วโมง) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (12) หากลองแทนค่าอุณหภูมิ 65° C (ดังที่ได้เลือกแล้วข้างต้น) แล้วแทนค่าเวลาลงไปพบว่าที่เวลา 4 ชั่วโมง ให้ค่า Aw = 0.668 ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์และเมื่อพิจารณาสมการที่ (11) หากอบที่ 65° C ไม่ว่าจะอบกี่ชั่วโมง จะได้ค่าความพึงพอใจในด้านความเหนียวของเนื้อแครอทเท่ากัน ดังนั้น จึงเลือกใช้เวลาในการอบที่ 4 ชั่วโมง เพื่อช่วยลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแครอทกึ่งแห้งคือ 65° C เวลา 4 ชั่วโมง

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	Aw	L	a*	b*
(1)	32.36 ± 0.07*	0.861±0.013*	61.31±0.688**	7.34 ± 0.361**	53.99 ± 1.14**
a	28.37 ± 0.02	0.843 ± 0.001	61.43 ± 0.516	7.57 ± 0.173	55.75 ± 0.735
b	28.31 ± 0.04	0.788 ± 0.019	60.51 ± 0.821	6.15 ± 0.157	55.59 ± 1.142
ab	23.06 ± 0.05	0.751 ± 0.002	58.27 ± 0.480	9.38 ± 0.252	55.14 ± 0.677
cp1	30.57 ± 0.02	0.835 ± 0.001	61.34 ± 0.759	6.50 ± 0.147	56.15 ± 1.041
cp2	29.62 ± 0.04	0.827 ± 0.004	63.45 ± 0.480	6.81 ± 0.212	60.00 ± 0.866

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ
**ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ
(1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง (Mean ideal ratio scores)

สิ่งทดลอง	สีของฟักทองญี่ปุ่น	กลิ่นรสของฟักทองญี่ปุ่น	กลิ่นแปลกปลอมของฟักทองญี่ปุ่น	รสหวานของฟักทองญี่ปุ่น
(1)	0.821 ± 0.159*	0.94 ± 0.079*	0.932 ± 0.061*	0.849 ± 0.114*
a	0.859 ± 0.082	0.898 ± 0.108	0.86 ± 0.163	0.815 ± 0.138
b	0.876 ± 0.096	0.868 ± 0.131	0.851 ± 0.176	0.738 ± 0.164
ab	0.865 ± 0.123	0.91 ± 0.074	0.897 ± 0.050	0.776 ± 0.191
cp1	0.872 ± 0.097	0.837 ± 0.183	0.866 ± 0.197	0.853 ± 0.166
cp2	0.88 ± 0.087	0.882 ± 0.089	0.91 ± 0.097	0.779 ± 0.146

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.0
3. (1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง (Mean ideal ratio scores)(ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความเหนียว	ความกรอบของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น	ความนุ่มของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น	ความชอบโดยรวม
(1)	0.854 ± 0.139*	0.829 ± 0.183*	0.866 ± 0.087*	0.695 ± 0.161*
a	0.994 ± 0.392	0.735 ± 0.221	0.824 ± 0.113	0.617 ± 0.154
b	0.719 ± 0.184	0.798 ± 0.134	0.832 ± 0.133	0.598 ± 0.207
ab	0.805 ± 0.423	0.726 ± 0.141	0.736 ± 0.127	0.567 ± 0.215
cp1	0.866 ± 0.142	0.829 ± 0.223	0.831 ± 0.129	0.648 ± 0.198
cp2	0.726 ± 0.285	0.954 ± 0.396	0.794 ± 0.114	0.585 ± 0.184

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.0
3. (1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear Regression ใน Program SX ver 4.0 พบว่า ค่า Aw ค่าสี b* ความกรอบ กลิ่นรสแปลกปลอม ความนุ่ม ความหวานและสีของฟักทองญี่ปุ่น สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P \leq 0.10$) ได้ดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ของลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน

Response Variables	Coded equations	R^2
ค่าสี b*	$= 58.075 - 2.9575\ (Temp)^2$	0.5562
Aw	$= 0.8175 - 0.04125\ (Temp^2 * Time)$	0.8269
กลิ่นแปลกปลอม	$= 0.86167 - 0.02225\ (Temp*Time)$	0.8869
ความกรอบ	$= 0.88 - 0.07\ (Temp)^2 - 0.025\ (Temp)$	0.9094
ความนุ่ม	$= 0.78833 - 0.0425\ (Time)$	0.9240
สีของฟักทองญี่ปุ่น	$= 0.84 - 0.04\ (Temp)^2 + 0.015\ (Temp) - 0.035\ (Temp*Time)$	0.9754
ความหวาน	$= 0.85 - 0.05\ (Temp)^2 + 0.025\ (Temp^2*Time) + 0.01\ (Temp*Time)$	0.9842

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P> 0.10 คือ ค่าสี L,a* ส่วนค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.10 คือ ปริมาณน้ำ ส่วนค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.10 คือ กลิ่นรสของฟักทองญี่ปุ่น ความเหนียวของเนื้อฟักทองญี่ปุ่น และความชอบโดยรวม

จากตาราง 40 นำค่าสี b* , Aw, กลิ่นแปลกปลอม ความกรอบ ความนุ่ม ค่าสีของฟักทองญี่ปุ่นและความหวานของฟักทองญี่ปุ่นมาถอดรหัสตัวแปร เพื่อคำนวณหาค่าของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้งมาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด สามารถแสดงสมการที่ถอดรหัสแล้วดังต่อไปนี้

1. ค่าสี b* $= -441.7425 - 0.1183 (Temp)^2 + 15.379 (Temp)$ ....(13)

   $R^2 = 0.5562$

2. ค่า Aw $= 56.5875 - 0.0033 (Temp^2 * Time) + 0.0132 (Temp)^2$
   $+0.429 (Temp*Time) - 1.716 (Temp)$
   $- 13.9425 (Time)$ ...(14)

   $R^2 = 0.8269$

3. กลิ่นแปลกปลอม $= 3.20167 + 0.009 (Temp*Time) - 0.036 (Temp)$
   $-0.585 (Time)$ ....(15)

   $R^2 = 0.8869$

4. ความกรอบ $= -10.625 – 0.0028 (Temp)^2 + 0.359 (Temp)$ ....(16)

   $R^2 = 0.9094$

5. ความนุ่ม $= 1.12833 – 0.085 (Time)$ .....(17)

   $R^2 = 0.924$

6. สีของฟักทองญี่ปุ่น $= -9.755 – 0.0016 (Temp)^2 + 0.267(Temp)$
   $-0.014(Temp*Time) + 0.91 (Time)$ ....(18)

   $R^2 = 0.9754$

7. ความหวาน $= 27.24 + 0.006 (Temp)^2 – 0.796 (Temp)$
   $-0.002 (Temp^2*Time) + 0.264 (Temp*Time)$
   $-8.71 (Time)$ .....(19)

   $R^2 = 0.9842$

เมื่อทำการแก้สมการที่ถอดรหัสได้ทั้ง 7 สมการ ดังกล่าวข้างต้น แทนค่าระดับสูง-ต่ำของปัจจัยอุณหภูมิและเวลาลงในสมการ โดยค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจะเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด พบว่า ค่า Aw เลือกที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.65 – 0.75 และเลือกค่า b* ที่อยู่ในช่วงสูง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้งที่มีสีออกเหลือง

จากการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิ ควรใช้ที่ระดับกึ่งกลาง (65° C) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (13), (16) และ (18) จะเห็นว่า ถ้าใช้อุณหภูมิในการอบ 65° C จะทำให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านความกรอบและสีของเนื้อฟักทองญี่ปุ่นมากกว่าการใช้ที่ระดับต่ำหรือสูง ซึ่งก็สอดคล้องกับค่าสี b* มากที่สุด (ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลืองนั่นเอง) สำหรับสมการที่ (14) ถ้าใช้อุณหภูมิในระดับสูง พบว่า Aw จะต่ำและอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แต่ที่ระดับกึ่งกลาง ค่า Aw จะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ก็ไม่ต่างกันมากนักยังคงใกล้เคียงกับช่วง Aw ที่กำหนดไว้

2. เวลา ควรใช้ที่ระดับสูง (4.5 ชั่วโมง) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (17) พบว่า ควรใช้เวลาที่ระดับต่ำ เพื่อให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ แต่พบว่า หากใช้เวลาที่ระดับต่ำ ค่า Aw ของ ผลิตภัณฑ์จะสูง ซึ่งอาจเป็นผลให้เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้ไม่นาน จึงพิจารณาสมการที่ (18) ร่วมด้วย พบว่า หากใช้อุณหภูมิที่ 65° C สามารถเลือกใช้เวลาใดก็ได้ โดยจะไม่ส่งผลกระทบอย่างชัดเจนต่อสีของฟักทองญี่ปุ่น ดังนั้น จึงเลือกใช้เวลาที่ 4.5 ชั่วโมง

ดังนั้น จากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบฟักทองกึ่งแห้งคือ 65° C เวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง

3. การศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง

ตารางที่ 41 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีของกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง

สิ่งทดลอง	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	Aw	L	a*	b*
(1)	57.98 ± 0.04*	0.85 ± 0.001*	57.64 ± 0.709**	-4.34 ±(0.270)**	29.66 ± 0.496**
a	44.64 ± 0.02	0.81 ± 0.012	60.57 ± 0.561	-4.61±(-0.196)	31.70 ± 0.638
b	39.47 ± 0.06	0.84 ± 0.010	59.76 ± 0.526	-4.15±(-0.125)	29.56 ± 0.437
ab	19.76 ± 0.20	0.65 ± 0.012	64.29 ± 0.729	-5.85±(-0.175)	30.76 ± 0.219
cp1	29.08 ± 0.09	0.78± 0.008	59.76 ± 0.957	-4.86±(-0.197)	32.14 ± 0.618
cp2	32.08 ± 0.10	0.80 ± 0.083	61.21 ± 1.834	-5.16±(-0.088)	32.18 ± 0.887

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ
**ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ
(1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 42 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores)

สิ่งทดลอง	สีของกะหล่ำดอก	กลิ่นรสของกะหล่ำดอก	กลิ่นแปลกปลอมของกะหล่ำดอก	รสหวานของกะหล่ำดอก
(1)	0.806 ± 0.102*	0.887 ± 0.063*	0.807 ± 0.125*	0.797 ± 0.119*
a	0.923 ± 0.067	0.826 ± 0.142	0.824 ± 0.177	0.852 ± 0.129
b	0.86 ± 0.109	0.824 ± 0.122	0.821 ± 0.155	0.725 ± 0.140
ab	0.818 ± 0.115	0.885 ± 0.091	0.858 ± 0.151	0.791 ± 0.112
cp1	0.882 ± 0.068	0.809 ± 0.099	0.808 ± 0.155	0.783 ± 0.109
cp2	0.877 ± 0.113	0.824 ± 0.123	0.842 ± 0.156	0.846 ± 0.100

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.0
3. (1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

ตารางที่ 42 ค่าเฉลี่ยของการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง(Mean ideal ratio scores) (ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความเหนียวของกะหล่ำดอก	ความกรอบ	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
(1)	0.808 ± 0.101*	0.811 ± 0.135*	0.894 ± 0.082*	0.751 ± 0.155*
a	0.844 ± 0.109	0.765 ± 0.157	0.833 ± 0.099	0.672 ± 0.181
b	0.759 ± 0.102	0.675 ± 0.122	0.722 ± 0.181	0.675 ± 0.106
ab	0.757 ± 0.110	0.66 ± 0.174	0.704 ± 0.126	0.615 ± 0.142
cp1	0.779 ± 0.117	0.733 ± 0.115	0.74 ± 0.130	0.664 ± 0.141
cp2	0.847 ± 0.108	0.772 ± 0.129	0.821 ± 0.117	0.739 ± 0.097

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย Mean Ideal Ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. ใช้ผู้ชิมระดับห้องปฏิบัติการ จำนวน 10 ท่าน
2. ค่า Ideal ratio score สำหรับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal product) เท่ากับ 1.0
3. (1) = ควบคุม ; a = อุณหภูมิ ; b = เวลา ; cp = จุดกึ่งกลาง

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้ Linear Regression ใน Program SX ver 4.0 พบว่า ค่าสี L, a*, Aw, ค่าสีของกะหล่ำดอก ความกรอบ ความนุ่มและความเหนียวของกะหล่ำดอก สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($P \leq 0.10$) ได้ดังตารางที่ 43

ตารางที่ 43 สมการที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equations) ของลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน

Response Variables	Coded equations	R^2
ความเหนียว	= 0.80167 – 0.08 (Time)	0.5082
ค่าสี b*	= -4.82833 – 0.4925 (Time)	0.5104
Aw	= 0.78933 – 0.0565 (Temp)	0.5184
ค่าสีกะหล่ำดอก	= 0.86167 – 0.0375 (Time*Temp)	0.6631
ความกรอบ	= 0.735 – 0.0575 (Time)	0.8189
ความนุ่ม	= 0.78333 – 0.075 (Time)	0.8834
ค่าสี L	= 60.555 + 1.89(Temp)+ 1.485 (Time)	0.9282

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P> 0.10คือ ค่าสี b* ส่วนค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P > 0.10 คือ ปริมาณน้ำ ส่วนค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P>0.10 คือ กลิ่นรสของกะหล่ำดอก, กลิ่นแปลกปลอม, รสหวานของกะหล่ำดอก และความชอบโดยรวม

จากตารางนำค่าความเหนียว, ค่าสี a* , Aw, ค่าสีกะหล่ำดอก ความกรอบ ความนุ่ม ค่าสี L ของกะหล่ำดอก มาถอดรหัสตัวแปร เพื่อคำนวณหาค่าของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการผลิตกะหล่ำดอกกึ่งแห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Ideal ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด สามารถแสดงสมการที่ถอดรหัสแล้วดังต่อไปนี้

1. ความเหนียว = 1.01167 – 0.12 (Time) ....(20)
   R^2 = 0.5082
2. ค่าสี a* = 1.57417 – 0.0985 (Temp) ....(21)
   R^2 = 0.5104
3. ค่า Aw = 1.52383 – 0.113 (Temp) .....(22)
   R^2 = 0.5184
4. กลิ่นแปลกปลอม = -2.55083 – 0.03 (Temp*Time) + 0.0525 (Temp) +1.95 (Time) ....(23)
   R^2 = 0.6631
5. ความกรอบ = 1.1375 – 0.23 (Time) ....(24)
   R^2 = 0.8189
6. ความนุ่ม = 1.30833 – 0.3 (Time) .....(25)
   R^2 = 0.8834
7. ค่าสี L = 25.59 + 0.378 (Temp)+ 5.94 (Time) ....(26)
   R^2 = 0.9282

เมื่อทำการแก้สมการที่ถอดรหัสได้ทั้ง 7 สมการ ดังกล่าวข้างต้น แทนค่าระดับสูง-ต่ำของปัจจัยอุณหภูมิและเวลา ลงในสมการ โดยค่าวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจะเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด พบว่า ค่า Aw เลือกที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.65 – 0.75 และเลือกค่า a* เลือกค่าที่อยู่ในช่วงลบสูง ๆ

จากการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ค่าตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิ ควรใช้ที่ระดับสูง 70° C (+) เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (21) จะเห็นได้ว่า ถ้าใช้อุณหภูมิที่ระดับสูง จะให้ค่า a* ที่เป็นลบสูง ๆ ซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้งที่มีสีไปทางสีเขียว และจากสมการที่ (26) จะเห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ระดับสูงจะให้ค่าสี L ที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งเป็นสีที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด และเมื่อพิจารณาสมการที่ (22) พบว่า ถ้าใช้อุณหภูมิที่ระดับสูงจะให้ค่า Aw ที่อยู่ในช่วง 0.65 – 0.75 การพิจารณาสมการที่ (23) เมื่อใช้อุณหภูมิที่ระดับสูง จะให้ค่าสีของกะหล่ำดอกที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ระดับสูง จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าการใช้อุณหภูมิที่ระดับต่ำ

2. เวลา ควรใช้ที่ระดับจุดกึ่งกลางคือ 1 ชั่วโมง 45 นาที เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (20) , (23) , (24) และ (25) พบว่า ถ้าใช้เวลาที่ระดับจุดกึ่งกลาง จะให้ผลทางประสาทสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด พิจารณาสมการที่ (26) เมื่อใช้เวลาที่ระดับจุดกึ่งกลางจะให้ค่าสี L ที่สูง ซึ่งค่าสี L เป็นค่าสีที่บอกถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เวลาที่ระดับจุดกึ่งกลางจะให้ผลที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าการใช้ระดับสูงและต่ำ

ดังนั้น อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้งคือ 70° C เวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที

การทดลองที่ 5 การพัฒนาสูตรการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง (มูสลี่บาร์)

การพัฒนาสูตรการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง โดยศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งที่ขึ้นรูปแบบแท่ง

จากการทดลองที่ 1-3 ได้ทำการศึกษาการผลิตบ๊วย ท้อและพลัมแผ่น ตามลำดับ การทดลองนี้ในส่วนเนื้อผลไม้ได้เลือกพลัมแผ่นเป็นส่วนผสมในการทดลอง โดยใช้ร่วมกับเนื้อผลไม้อีก 2 ชนิด คือ พลับและสาลี่ ซึ่งได้จากการศึกษาอาหารกึ่งแห้ง (ไพโรจน์ , 2539)

ดังนั้นเนื้อผลไม้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อพลับ เนื้อพลัมแผ่น เนื้อสาลี่ ส่วนเนื้อผักที่ใช้ในการทดลองคือ เนื้อแครอท เนื้อฟักทองญี่ปุ่น เนื้อกะหล่ำดอก โดยส่วนผสมของผักผลไม้ที่จะผสมกันนั้นจะทำการศึกษาดังนี้

เนื้อพลับ	ร้อยละ 10-20
เนื้อพลัมแผ่น	ร้อยละ 10-20
เนื้อสาลี่	ร้อยละ 10-20
เนื้อแครอท	ร้อยละ 20-40
เนื้อฟักทองญี่ปุ่น	ร้อยละ 20-40
เนื้อกะหล่ำดอก	ร้อยละ 10-40

การเตรียมผักและผลไม้กึ่งแห้งในรูปแท่งสามารถทำได้โดยเตรียมสารละลายน้ำตาลซูโครสให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเป็น 30° Brix เติมเพคตินร้อยละ 2 (พยายามใช้น้ำให้น้อยที่สุด) ใส่เนื้อผักผลไม้ตีป่นลงไป ให้ความร้อนและอุณหภูมิที่ 90° C นาน 2 นาที ทำให้เย็นแล้วเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.08 โปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 และกลิ่นสังเคราะห์ 4 ml. ทำการเทส่วนผสมทั้งหมดลงในถาดปลอดสนิม อัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยม แล้วตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 4 x 10 x 0.7 cm. บรรจุในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท

การวางแผนการทดลองนี้จะใช้ Mixture Design ซึ่งจะได้สูตรทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 44

ตารางที่ 44 การวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

สิ่งทดลอง	เนื้อพลับ (ร้อยละ)	เนื้อพลัมแผ่น (ร้อยละ)	เนื้อสาลี่ (ร้อยละ)	เนื้อแครอท (ร้อยละ)	เนื้อฟักทองญี่ปุ่น (ร้อยละ)	เนื้อกะหล่ำดอก (ร้อยละ)
สูตรที่ 1	10	10	10	20	20	30
สูตรที่ 2	10	10	10	20	40	10
สูตรที่ 3	10	10	10	40	20	10
สูตรที่ 4	10	20	10	20	20	20
สูตรที่ 5	10	10	20	20	20	20
สูตรที่ 6	10	20	20	20	20	10
สูตรที่ 7	20	10	10	20	20	20
สูตรที่ 8	20	20	10	20	20	10
สูตรที่ 9	20	10	20	20	20	10
สูตรที่ 10	10	20	10	20	30	10

โดยในการทดลองนี้จะทำการกำหนดสารเพคตินที่ร้อยละ 2.0 และกรดซิตริคร้อยละ 0.08 รวมทั้งน้ำตาลซูโครสที่เติมลงไปให้ได้ 30° Brix เป็นสูตรทดลองโดยดำเนินการเช่นเดียวกับวิธีการเบื้องต้น

สิ่งทดลองทั้งหมดจะทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้คือ Aw ปริมาณน้ำ ค่าสี L,a* และ b* รวมทั้งทำการประเมินผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ Ideal Ratio Profile Technique นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Mutap 88 และ Lp 88

ป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม Mutap 88 แล้วทำการ Regression โดยต้องกำหนดให้สมการที่จะได้ไม่มีค่าคงที่ (No constant) บันทึกสมการที่ได้แล้วทำ Partial derivatives กับทุกส่วนผสมเพื่อกำหนดสมการใหม่ในการแก้ปัญหา จากนั้นนำค่าที่ได้ป้อนเข้าโปรแกรม Lp 88 โดยกำหนดส่วนผสมแต่ละชนิดให้มีระดับสูงสุดเพื่อให้ได้ค่า Sensory score สูงสุด กำหนด Lagrange multiplier เพื่อช่วยในการแก้สมการ

ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 จะได้สูตรของสารละลายที่ใช้ในการแช่ผัก อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบผักกึ่งแห้ง ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งที่เป็นที่พึงพอใจ

และยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นจะนำผักกึ่งแห้งที่เตรียมอย่างเหมาะสมแล้วนั้นมาทำการผลิตเป็นผักกึ่งแห้ง แล้วขึ้นเป็นรูปแท่ง โดยจัดรวมกับผลไม้กึ่งแห้ง และศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเนื้อผักและผลไม้ โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แล้วนำสิ่งทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ และประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส จากนั้นจึงป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป Mutap 88 ดังแสดงในสมการ และ Lp 88 ซึ่งได้ผลการทดลองที่แสดงสัดส่วนของเนื้อผักและผลไม้ ดังแสดงในตารางที่ 45 และ 46

สมการที่ได้จากการป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป Mutap 88

1. ค่า Aw

Aw = 4.868 Per + 4.369 Plum – 32.149 Per * Plum

Aw = 4.628 Per + 4.773 Pear – 32.613 Per * Pear

Aw = 6.350 Per + 3.417 Carrot – 32.192 Per * Carrot

Aw = 7.452 Per + 3.588 Pumpkin – 38.555 Per * Pumpkin

Aw = 4.705 Per + 4.11 Cau – 29.617 Per * Cau

Aw = 4.285 Plum + 4.905 Pear – 31.725 Plum * Pear

2. ค่าสี L

L = 311.57 Per + 287.61 Plum – 2002.44 Per * Plum

L = 312.55 Per + 315.50 Pear – 2096.6 Per * Pear

L = 451.83 Per + 224.17 Carrot – 2242.75 Per * Carrot

L = 444.43 Per + 222.87 Pumpkin – 2199.27 Per * Pumpkin

L = 332.65 Per + 263.52 Cau – 2013.58 Per * Cau

L = 291.72 Plum + 309.76 Pear – 2023.12 Plum * Pear

3. ค่าสี a*

a* = 107.536 Per + 90.278 Plum – 569.38 Per * Plum

a* = 112.09 Per + 97.64 Pear – 640.72 Per * Pear

a* = 114.8 Per + 67.033 Carrot – 467.583 Per * Carrot

a* = 153.315 Per + 71.455 Pumpkin – 682.218 Per * Pumpkin

a* = 148.433 Per + 89.667 Cau – 865.222 Per * Cau

a* = 106.722 Plum + 112.364 Pear – 729.62 Plum * Pear

4. ค่าสี b*

b* = 192.44 Per + 159.22 Plum – 1090.79 Per * Plum

b* = 201.05 Per + 162.7 Pear – 1159.89 Per * Pear

b* = 283.1 Per + 122.97 Carrot – 1283.92 Per * Carrot

b* = 251.74 Per + 118.07 Pumpkin – 1102.63 Per * Pumpkin

b* = 204.8 Per + 140.41 Cau – 1064.01 Per * Cau

b* = 187.16 Plum + 188.57 Pear – 1285.44 Plum * Pear

5. Shear force

Shear force = -60.756 Per – 69.838 Plum + 567.798 Per * Plum

Shear force = -28.957 Per – 63.254 Pear + 276.293 Per * Pear

Shear force = -67.1 Per – 44.600 Carrot + 397.25 Per * Carrot

Shear force = -83.1 Per – 46.85 Pumpkin + 488.5 Per * Pumpkin

Shear force = -60.452 Per – 48.131 Cau + 417.92 Per * Cau

Shear force = -21.766 Plum – 39.692 Pear + 54.86 Plum * Pear

6. สีของมูสลี่บาร์

สี = 5.676 Per + 5.598 Plum – 37.58 Per * Plum

สี = 5.471 Per + 6.021 Pear – 38.159 Per * Pear

สี = 9.176 Per + 4.383 Carrot – 46.5 Per * Carrot

สี = 8.669 Per + 4.327 Pumpkin – 43.731 Per * Pumpkin

สี = 6.477 Per + 5.089 Cau – 39.852 Per * Cau

สี = 5.002 Plum + 5.524 Pear – 31.92 Plum * Pear

7. ความเป็นเนื้อเดียวกันของมูสลี่บาร์

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 5.948 Per + 5.004 Plum – 34.84 Per * Plum

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 5.599 Per + 5.199 Pear – 32.902 Per * Pear

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 8.433 Per + 3.783 Carrot – 38.417 Per * Carrot

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 9.019 Per + 3.894 Pumpkin – 41.897 Per * Pumpkin

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 6.226 Per + 4.391 Cau – 33.043 Per * Cau

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = 5.356 Plum + 5.972 Pear – 37.76 Plum * Pear

8. กลิ่น-รสของมูสลี่บาร์

กลิ่น-รส = 5.93 Per + 4.89 Plum – 35.15 Per * Plum

กลิ่น-รส = 5.832 Per + 5.432 Pear – 37.537 Per * Pear

กลิ่น-รส = 8.233 Per + 3.9 Carrot – 39.083 Per * Carrot

กลิ่น-รส = 8.112 Per + 3.879 Pumpkin – 38.372 Per * Pumpkin

กลิ่น-รส = 5.985 Per + 4.548 Cau – 33.642 Per * Cau

กลิ่น-รส = 5.274 Plum + 5.988 Pear – 38.54 Plum * Pear

9. ความนุ่มของมูสลี่บาร์

ความนุ่ม = 5.662 Per + 5.126 Plum – 38.71 Per * Plum

ความนุ่ม = 4.773 Per + 5.773 Pear – 35.854 Per * Pear

ความนุ่ม = 7.533 Per + 4.05 Carrot – 39.336 Per * Carrot

ความนุ่ม = 8.454 Per + 4.199 Pumpkin – 44.679 Per * Pumpkin

ความนุ่ม = 5.506 Per + 4.844 Cau – 36.094 Per * Cau

ความนุ่ม = 4.31 Plum + 5.67 Pear – 32.25 Plum * Pear

10. รสหวานของมูสลี่บาร์

รสหวาน = 5.868 Per + 5.564 Plum – 37.94 Per * Plum

รสหวาน = 5.798 Per + 5.948 Pear – 39.305 Per * Pear

รสหวาน = 8.8 Per + 4.35 Carrot – 44.0 Per * Carrot

รสหวาน = 8.788 Per + 4.354 Pumpkin – 43.962 Per * Pumpkin

รสหวาน = 6.498 Per + 5.169 Cau – 40.247 Per * Cau

รสหวาน = 5.576 Plum + 6.012 Pear – 38.96 Plum * Pear

11. รสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์

รสเปรี้ยว = 5.484 Per + 5.432 Plum – 35.22 Per * Plum

รสเปรี้ยว = 9.269 Per + 4.294 Pear – 46.397 Per * Pear

รสเปรี้ยว = 6.372 Per + 4.678 Carrot – 36.87 Per * Carrot

รสเปรี้ยว = 5.487 Per + 6.039 Pumpkin – 38.622 Per * Pumpkin

รสเปรี้ยว = 8.333 Per + 4.133 Cau – 40.927 Per * Cau

รสเปรี้ยว = 4.836 Plum + 5.332 Pear – 29.56 Plum * Pear

12. ความชอบโดยรวม

ความชอบโดยรวม= 4.888 Per + 4.974 Plum – 33.54 Per * Plum

ความชอบโดยรวม= 4.493 Per + 5.493 Pear – 33.415 Per * Pear

ความชอบโดยรวม= 7.867 Per + 3.883 Carrot – 40.35 Per * Carrot

ความชอบโดยรวม= 7.942 Per + 3.919 Pumpkin – 41.308 Per * Pumpkin

ความชอบโดยรวม= 5.571 Per + 4.483 Cau – 35.111 Per * Cau

ความชอบโดยรวม= 4.062 Plum + 4.794 Pear – 25.770 Plum * Pear

หมายเหตุ Per หมายถึง Persimon

Cau หมายถึง Cauliflower

ตารางที่ 45 สัดส่วนของเนื้อผักและผลไม้ที่วิเคราะห์ผลได้จากโปรแกรม Lp 88 สัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ

ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ / ผักผลไม้กึ่งแห้ง	L	a*	b*	Shear force (N)	Aw
แครอทกึ่งแห้ง	0.20144	0.12393*	0.22048	0.16134*	0.20034
ฟักทองกึ่งแห้ง	0.20211	0.22474	0.22823	0.17011*	0.19583
กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง	0.16517	0.17156	0.05595*	0.14466	0.16219
พลับกึ่งแห้ง	0.12912	0.15855	0.17639	0.12300	0.13898
พลัมแผ่น	0.15312	0.14627	0.14565	0.29609**0.	0.15771
สาลี่กึ่งแห้ง	0.14905	0.17495	0.17332	10480	0.14496

หมายเหตุ : * ค่าที่ต่ำกว่าช่วงที่กำหนด จะตัดทิ้งทั้งชุดของค่าวิเคราะห์ทางกายภาพนั้น

** ค่าที่สูงกว่าช่วงที่กำหนด จะตัดทิ้งทั้งชุดของค่าวิเคราะห์ทางกายภาพนั้น

ตารางที่ 46 สัดส่วนของเนื้อผักและผลไม้ที่วิเคราะห์ผลได้จากโปรแกรม Lp 88 สัมพันธ์กับการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส

ค่าทางด้านประสาทสัมผัส / ผักผลไม้กึ่งแห้ง	สีของมูสลี่บาร์	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นผักผลไม้	ความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์
แครอทกึ่งแห้ง	0.19733	0.21950	0.21067	0.19531
ฟักทองกึ่งแห้ง	0.19824	0.21525	0.21142	0.19260
กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง	0.16253	0.18844	0.12807	0.15676
พลับกึ่งแห้ง	0.14896	0.12884	0.13912	0.13630
พลัมแผ่น	0.15098	0.15816	0.15537	0.18164
สาลี่กึ่งแห้ง	0.14195	0.08982*	0.15535	0.13736

หมายเหตุ : * ค่าที่ต่ำกว่าช่วงที่กำหนด จะตัดทิ้งทั้งชุดของค่าทางด้านประสาทสัมผัสนั้น

ตารางที่ 46 สัดส่วนของเนื้อผักและผลไม้ที่วิเคราะห์ผลได้จากโปรแกรม Lp 88 สัมพันธ์กับการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส (ต่อ)

ค่าทางด้านประสาทสัมผัส / ผักผลไม้กึ่งแห้ง	รสหวานของมูสลี่บาร์	รสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์	ความชอบโดยรวม
แครอทกึ่งแห้ง	0.22000	0.17282*	0.19306
ฟักทองกึ่งแห้ง	0.19990	0.15637*	0.19225
กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง	0.16144	0.20364	0.15867
พลับกึ่งแห้ง	0.11684	0.15571	0.14655
สาลี่กึ่งแห้ง	0.14749	0.11170	0.13444
พลัมแผ่น	0.15431	0.19976	0.17503

หมายเหตุ : * ค่าที่ต่ำกว่าช่วงที่กำหนด จะตัดทิ้งทั้งชุดของค่าทางด้านประสาทสัมผัสนั้น

การพิจารณาผลการทดลองจากตารางที่ 45 และ 46 (ซึ่งแต่ละชุดรวมกันแล้วเป็น 1) เปรียบเทียบกับสัดส่วนของผักผลไม้กึ่งแห้งที่ได้กำหนดไว้ แล้วทำการตัดค่าที่ต่ำหรือสูงกว่าช่วงที่กำหนดทิ้งไป โดยตัดทิ้งทั้งชุด (แต่ในที่นี้ ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าช่วงที่กำหนดไม่เกิน ± 0.1 จะถือเป็นค่าที่นำมาพิจารณาร่วมด้วย) ดังนั้น เมื่อตัดค่าที่ไม่อยู่ในช่วงทิ้งไปจะเหลือค่าทางด้านกายภาพและประสาทสัมผัสที่นำมาพิจารณาสัดส่วนของผักผลไม้กึ่งแห้งอัดแท่งอยู่ 7 ชุดคือ L, Aw, สีของมูสลี่บาร์ กลิ่นผักผลไม้ ความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์ รสหวานของมูสลี่บาร์และความชอบโดยรวม

นำค่าของสัดส่วนที่ได้จากผักผลไม้กึ่งแห้ง แต่ละชนิดมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนชุด (7 ชุด) ได้ผลสัดส่วนที่เหมาะสมของเนื้อผักผลไม้กึ่งแห้งที่ใช้ในสูตรการผลิตผักผลไม้กึ่งแห้งในรูปแท่ง ดังนี้คือ

แครอทกึ่งแห้ง	ร้อยละ 20.26
ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง	ร้อยละ 19.89
กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง	ร้อยละ 15.64
พลับกึ่งแห้ง	ร้อยละ 13.65
พลัมแผ่น	ร้อยละ 16.12
สาลี่กึ่งแห้ง	ร้อยละ 14.44

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง โดยมีขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การศึกษาผลของเกลือแกง น้ำตาลซูโครส และกลีเซอรอลต่อผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งและการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเนื้อผลไม้และผักที่ใช้ในสูตรการผลิต สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อัตราส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเกลือแกง กลีเซอรอล และน้ำตาลซูโครสของผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้งที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด คือ ร้อยละ 1 , 20 และ 0 ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง คือร้อยละ 1, 20 และ 0 ตามลำดับ และสำหรับผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้งคือร้อยละ 1 , 10 และ 0 ตามลำดับ

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาต่อการผลิตผักกึ่งแห้ง หลังจากได้สูตรที่ดีที่สุดในการผลิตผักกึ่งแห้งแต่ละชนิดแล้ว ทำการศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในด้านอุณหภูมิและเวลา ซึ่งได้ผลดังนี้ คือ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้งคือ 65° C เวลา 4 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง คือ 65° C เวลา 4.5 ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง คือ 70° C เวลา 1 ชั่วโมง 45 นาที ซึ่งทั้งปัจจัยอุณหภูมิและเวลาเหล่านี้มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และความพึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด

3. การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเนื้อผลไม้ และผักที่ใช้ในสูตรการผลิต พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งได้รับการพัฒนาแล้ว ประกอบด้วย แครอทกึ่งแห้ง ร้อยละ 20.26 ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง ร้อยละ 19.89 กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง ร้อยละ 15.64 พลับกึ่งแห้ง ร้อยละ 13.15 พลัมแผ่น ร้อยละ 16.12 และสาลี่กึ่งแห้ง ร้อยละ 14.44

การทดลองที่ 6 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของมูสลี่บาร์

จากการทดลองข้างต้นได้ศึกษากระบวนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตมูสลี่บาร์ ได้แก่ พลับกึ่งแห้ง พลัมกึ่งแห้ง สาลี่กึ่งแห้ง แครอทกึ่งแห้ง ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง และกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง นำวัตถุดิบดังกล่าวมาผลิตมูสลี่บาร์ โดยทำการปรับปรุงสูตรการผลิตมูสลี่บาร์เป็นดังนี้

พลับกึ่งแห้ง	ร้อยละ 13.15
พลัมกึ่งแห้ง	ร้อยละ 16.12
สาลี่กึ่งแห้ง	ร้อยละ 14.44
แครอทกึ่งแห้ง	ร้อยละ 20.26
ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง	ร้อยละ 19.89
กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง	ร้อยละ 15.64
สารละลายน้ำตาลซูโครส 30 องศาบริกซ์	ร้อยละ 10.00
เพคติน	ร้อยละ 1.00
สารละลายกรดซิตริก	ร้อยละ 0.08

ทำการผลิตมูสลี่บาร์ตามขั้นตอนการผลิตดังนี้

บดวัตถุดิบแต่ละชนิดให้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ

↓

ผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วน

↓

เติมสารละลายน้ำตาลซูโครส เพคตินและสารละลายกรดซิตริก

↓

ผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อน และเติมกลิ่น

↓

อัดให้เป็นแท่งขนาด 3×7 ซม.

↓

บรรจุในถุงแบบแยกชิ้น

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการผลิตมูสลี่บาร์

นำมูสลี่บาร์ที่ผลิตตามกระบวนการข้างต้นมาศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัย A คือ อุณหภูมิมี 3 ระดับ ได้แก่

- 0 องศาเซลเซียส
- 30 องศาเซลเซียส
- 37 องศาเซลเซียส

ปัจจัย B คือ ชนิดของภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่

- ถุงโพลีเอทธิลีน
- ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์
- ถุงสุญญากาศ

ตารางที่ 47 สิ่งทดลองในการศึกษาอายุการเก็บรักษามูสลี่บาร์

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา	
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ชนิดของภาชนะบรรจุ
1	0	โพลีเอทธิลีน
2	0	อะลูมิเนียมฟอยล์
3	0	สุญญากาศ
4	30	โพลีเอทธิลีน
5	30	อะลูมิเนียมฟอยล์
6	30	สุญญากาศ
7	37	โพลีเอทธิลีน
8	37	อะลูมิเนียมฟอยล์
9	37	สุญญากาศ

นำผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผลิตได้ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังที่กล่าวมา และทำการตรวจวัดคุณภาพทางด้านต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 2 4 8 12 16 20 และ 24 สัปดาห์ ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a b
- แรงเฉือน
- พลังงานที่ใช้ในการเฉือน

คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น
- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์
- ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก)

คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด
- ปริมาณเชื้อยีสต์และรา

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ใช้การทดสอบแบบ Ideal Ratio Profile Technique เพื่อหาค่า Mean Ideal Ratio Scores โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 8 - 10 คน ก่อนที่จะทำการทดสอบ ผู้ทดสอบชิมจะได้รับการอธิบายให้มีความเข้าใจตรงกันถึงการประเมินค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของมูสลี่บาร์ แล้วจึงทำการประเมินคุณภาพในลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะที่ทดสอบได้แก่ สีของผลิตภัณฑ์ ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นผักผลไม้ ความนุ่มเหนียว รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม ผลิตภัณฑ์ที่นำมาให้ผู้บริโภคทดสอบชิมจะถูกตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่า ๆ กัน พร้อมทั้งให้รหัสที่สุ่มได้จากตารางเลขสุ่ม

การเก็บรักษามูสลี่บาร์โดยการบรรจุในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่แตกต่างกันสามลักษณะ

มูสลี่บาร์ที่ทำการศึกษาในข้างต้นจะถูกนำไปศึกษาถึงภาชนะบรรจุรวมทั้งศึกษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เหมาะสม โดยการนำมูสลี่บาร์ไปทำการบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด คือ การบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน สุญญากาศ และ อะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่าทางเคมีของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าทางเคมีของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ความเป็นกรดคิดเทียบกับกรดซิตริก ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน

การเก็บรักษามูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน สุญญากาศ และอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณความชื้นและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่อุณหภูมิ 0 และ 37 องศาเซลเซียส ชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ มีปริมาณความชื้นและค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูงกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดโพลีเอทธิลีน ส่วนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากถุงชนิดสุญญากาศและถุงอะลูมิเนียมที่ใช้บรรจุมูสลี่บาร์นั้นสามารถป้องกันการถ่ายเทของความชื้นได้ดี โดยเฉพาะในถุงชนิดสุญญากาศนั้นพื้นที่ที่เหลือในถุงมีน้อยจึงทำให้การระเหยของน้ำมีน้อยลงตามไปด้วยจึงทำให้ค่าความชื้นที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตามค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ในมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วงที่จัดเป็นอาหารกึ่งแข็ง คือ มีค่าอยู่ในช่วง 0.65 – 0.85 เนื่องจากค่าน้ำที่เป็นประโยชน์เริ่มต้นของมูสลี่บาร์อาจแตกต่างกันทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระบวนการผลิตและลักษณะเฉพาะของตัวผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นผักและผลไม้มีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ปริมาณความชื้นของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

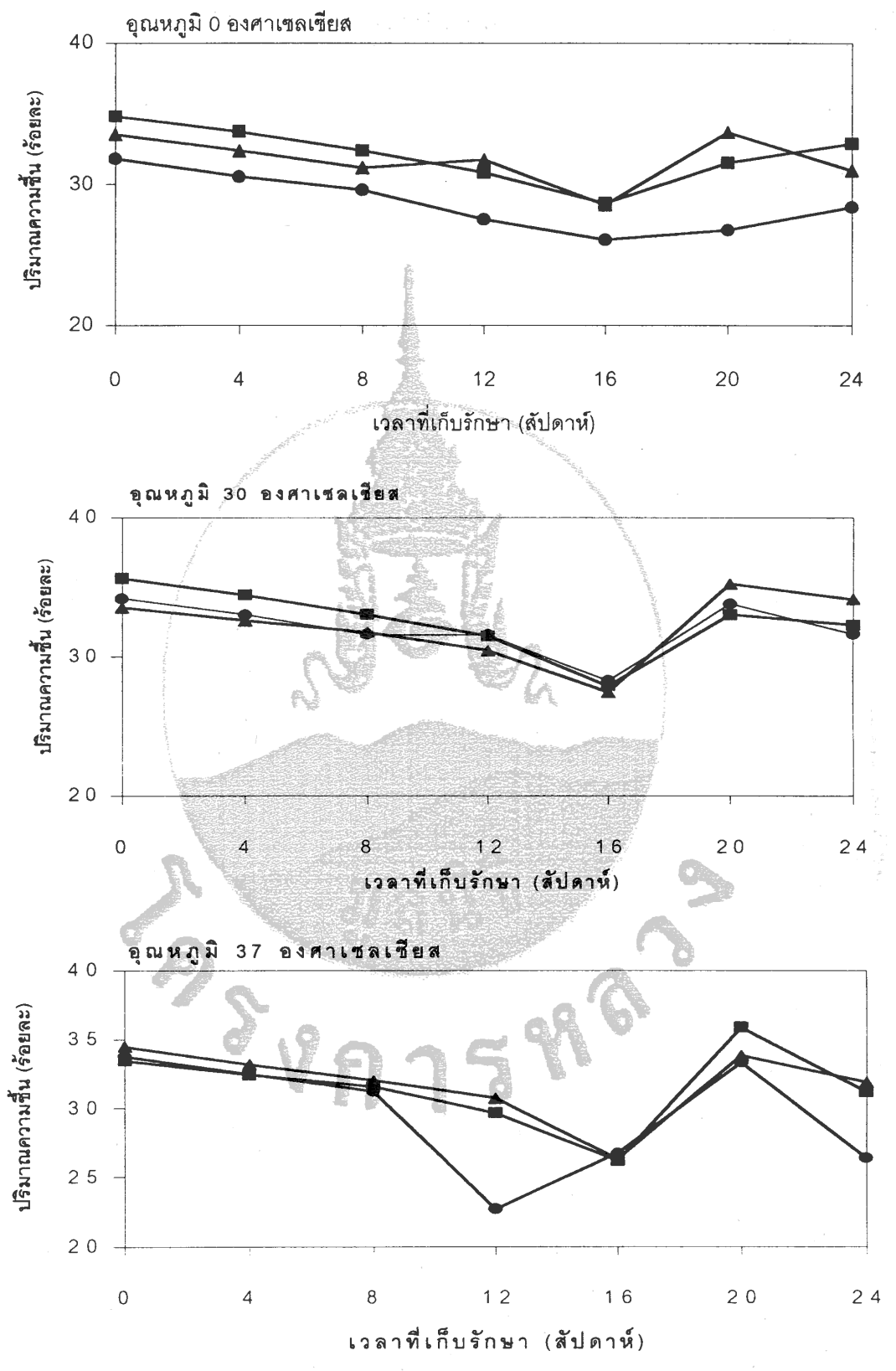
วิธีการบรรจุ	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	28.58 ± 2.19[b]	32.00 ± 1.93	29.40 ± 4.23[b]
อะลูมิเนียมฟอยล์	32.081 ±1.96[a]	32.53 ± 2.43	31.46 ± 2.94[a]
สุญญากาศ	31.68 ± 1.79[a]	32.14 ± 2.59	31.76 ± 2.63[a]

หมายเหตุ :
ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์
ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ
ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$

ตารางที่ 49 ปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

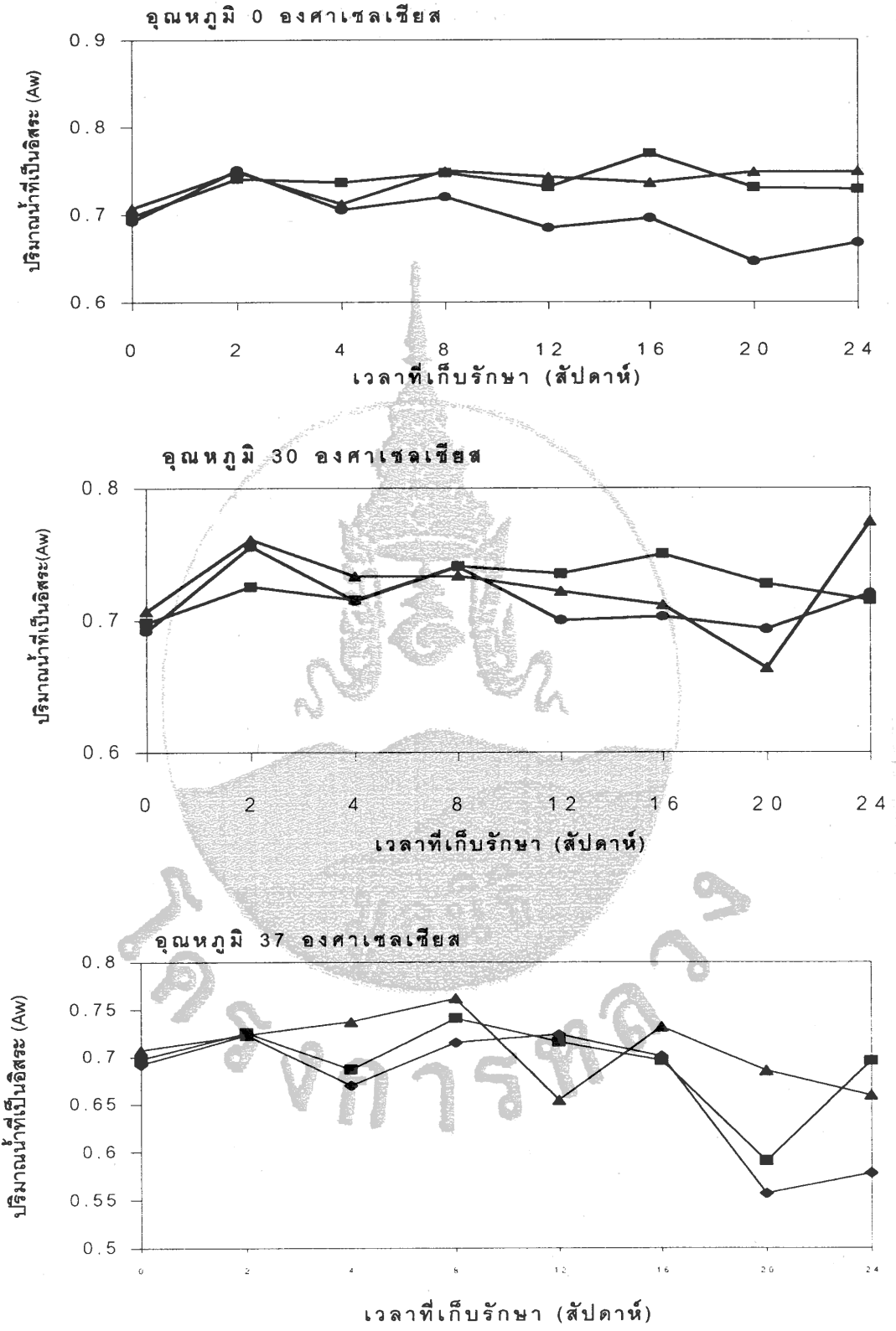
วิธีการบรรจุ	ปริมาณค่าน้ำที่เป็นประโยชน์		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	0.69 ± 0.05[b]	0.72 ± 0.04	0.67 ± 0.07[b]
อะลูมิเนียมฟอยล์	0.74 ± 0.04[a]	0.73 ± 0.05	0.68 ± 0.08[ab]
สุญญากาศ	0.73 ± 0.04[a]	0.73 ± 0.05	0.71 ± 0.05[a]

หมายเหตุ :
ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์
ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ
ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$



● ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ

ภาพที่ 6 ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์



ภาพที่ 7 ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด(คิดเทียบกับกรดซิตริกของมูสลี่บาร์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงกรด(คิดเทียบกับกรดซิตริกของมูสลี่บาร์ พบว่า มูสลี่บาร์ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด ให้ค่าปริมาณกรดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่าเวลาที่เก็บรักษานานขึ้นจะทำให้มูสลี่บาร์มีปริมาณกรดเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่แตกต่างกันตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยในช่วงแรกของการเก็บรักษาปริมาณกรดจะค่อยๆเพิ่มขึ้น จนถึงสัปดาห์ที่ 12 จากนั้นปริมาณกรดจะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 24 แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้ในมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะต่างๆ กัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศมีปริมาณกรดมากกว่าที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนและอะลูมิเนียมฟอยล์ และมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนและเก็บที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส มีกรดไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าที่อุณหภูมิดังกล่าวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด

ตารางที่ 50 ปริมาณกรด(คิดเทียบกรดซิตริค) ของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ปริมาณกรด(คิดเทียบกรดซิตริค : ร้อยละ) อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	0.59 ± 0.42^{a}	0.59 ± 0.41^{ab}	0.46 ± 0.31
อะลูมิเนียมฟอยล์	0.54 ± 0.35^{b}	0.55 ± 0.40^{b}	0.59 ± 0.41
สุญญากาศ	0.57 ± 0.40^{ab}	0.65 ± 0.42^{a}	0.53 ± 0.38

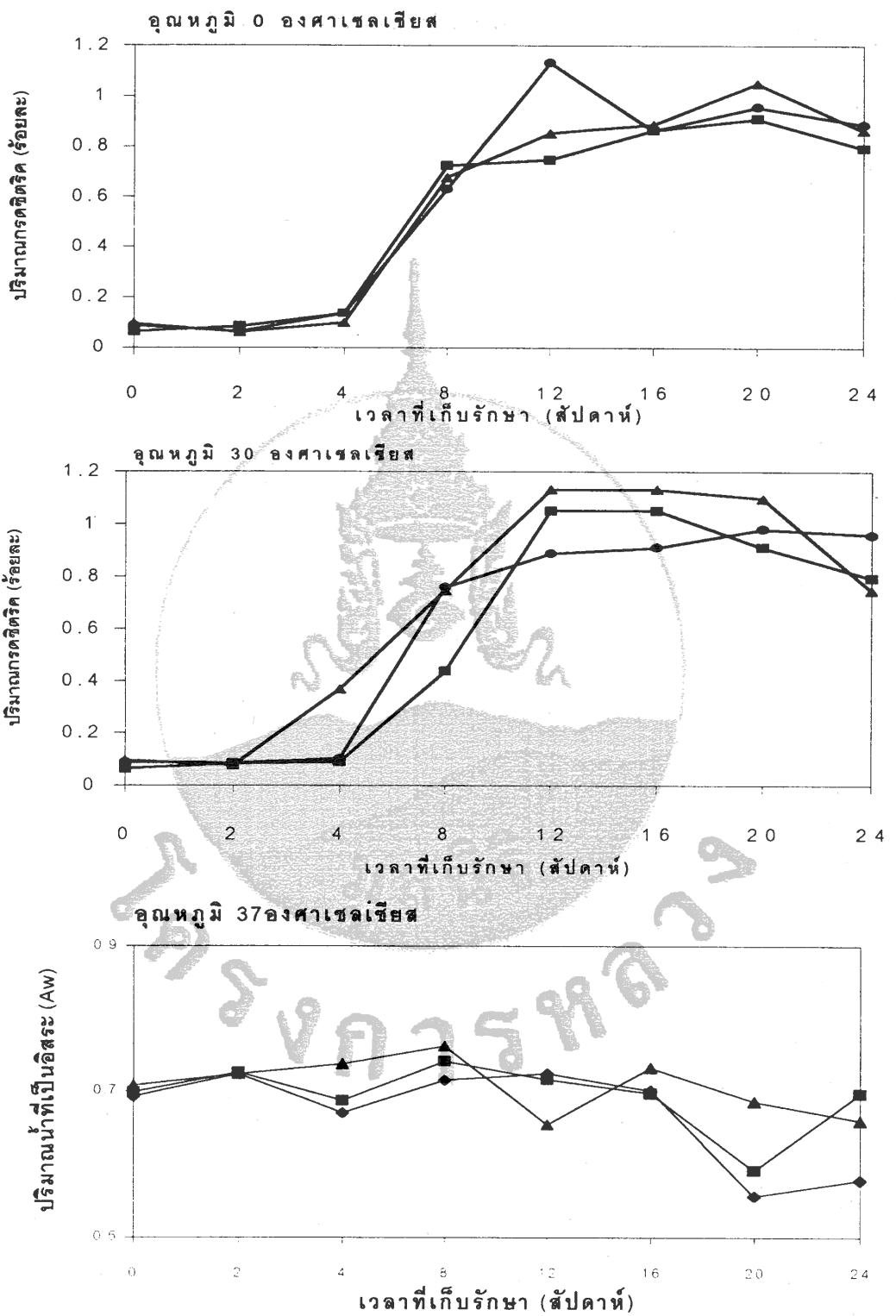
หมายเหตุ :

ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์

ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ

ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 8 ปริมาณกรดคิดเทียบกรดซิตริคที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงค่าทางกายภาพของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าทางกายภาพของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ ค่าทางด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือน และ ค่าแรงเฉือน และค่าสี L a และ b มีดังต่อไปนี้

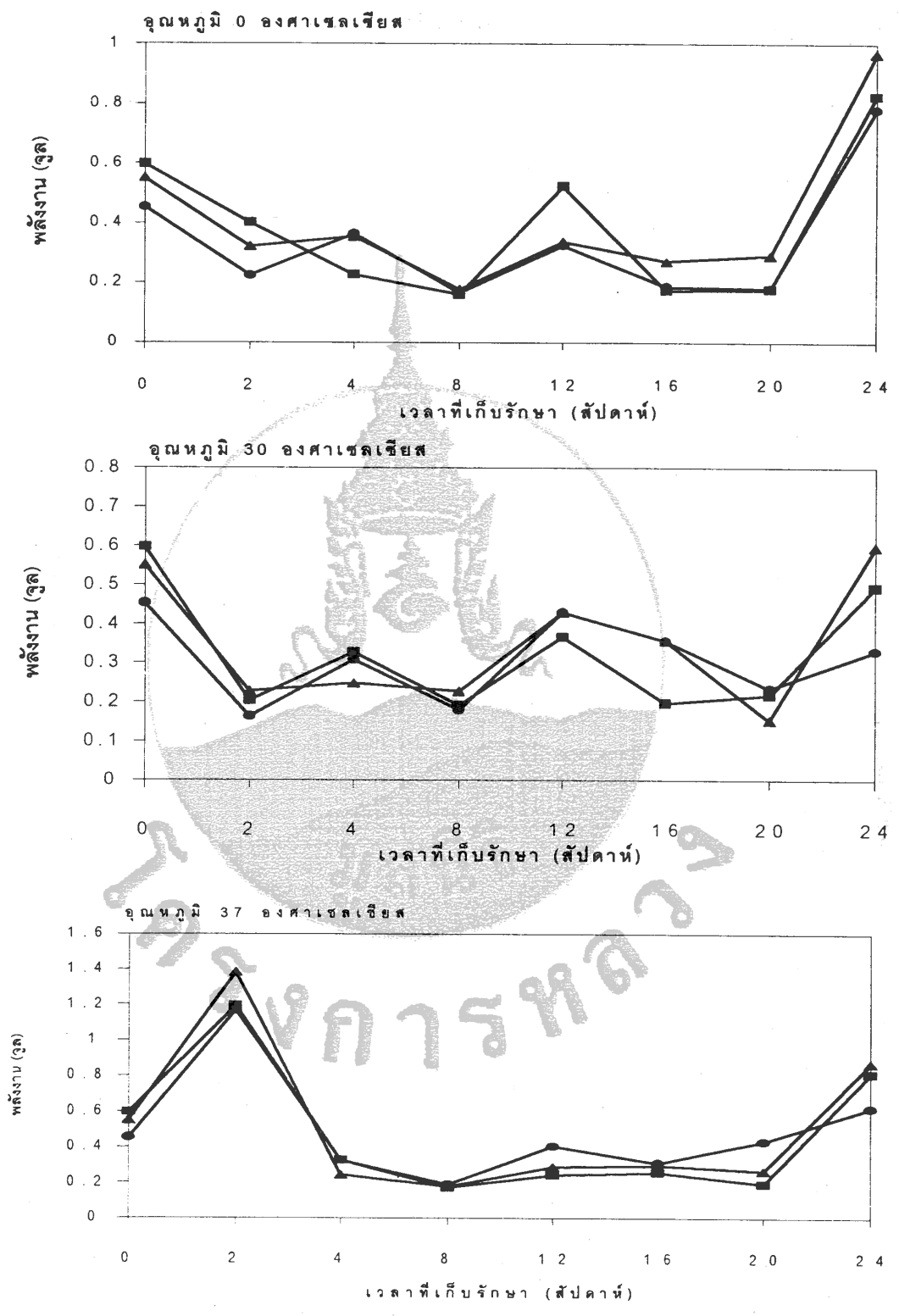
การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือน (Energy peak Load) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

พบว่าที่อุณหภูมิ 0 และ 30 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่เก็บในภาชนะบรรจุชนิดสุญญากาศมีค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือนสูงที่สุดเพราะลักษณะการบรรจุแบบสุญญากาศมีการใช้ความดันทำให้มูสลี่บาร์อัดตัวกันแน่นขึ้น ส่วนมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงบรรจุชนิด อะลูมิเนียม และโพลีเอทธิลีน มีค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือนต่ำกว่าถุงพลาสติกชนิดสุญญากาศ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนและอะลูมิเนียมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือนที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ ของทั้ง 3 อุณหภูมิมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 9

ตารางที่ 51 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือนของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือน (จูล) อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	0.33 ± 0.21 ^{b}	0.29 ± 0.12 ^{b}	0.49 ± 0.31
อะลูมิเนียมฟอยล์	0.38 ± 0.24 ^{ab}	0.31 ± 0.16 ^{b}	0.47 ± 0.38
สุญญากาศ	0.41 ± 0.24 ^{a}	0.37 ± 0.16 ^{a}	0.51 ± 0.43

หมายเหตุ :
ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์
ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ
ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



● ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ

ภาพที่ 9 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเฉือนที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ค่าแรงเฉือนของมูสลี่บาร์ ในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ไม่แตกต่างกัน คือ ให้ค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 19.85 ถึง 21.92 โดยมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดสุญญากาศให้ค่าแรงเฉือนสูงสุด ส่วนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในสภาพสุญญากาศมีค่าแรงเฉือนสูงที่สุด เนื่องจากในการบรรจุแบบสุญญากาสมีการใช้ความดัน ซึ่งอาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการอัดตัวแน่นขึ้น จึงส่งผลให้ค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส กลับพบว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนให้ค่าแรงเฉือนที่สูงกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดอะลูมิเนียมและสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความชื้นของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนมีค่าต่ำสุด ผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็งมากขึ้น แรงที่ใช้ในการเฉือนจึงมากขึ้น

ตารางที่ 52 ค่าแรงเฉือนของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ค่าแรงเฉือน(นิวตัน) อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	19.85 ± 5.55	21.82 ± 5.81 [ab]	33.23 ± 15.09 [a]
อะลูมิเนียมฟอยล์	20.52 ± 6.86	20.58 ± 4.78 [b]	26.32 ± 12.76 [b]
สุญญากาศ	21.92 ± 7.44	22.69 ± 5.09 [a]	25.52 ± 8.64 [b]

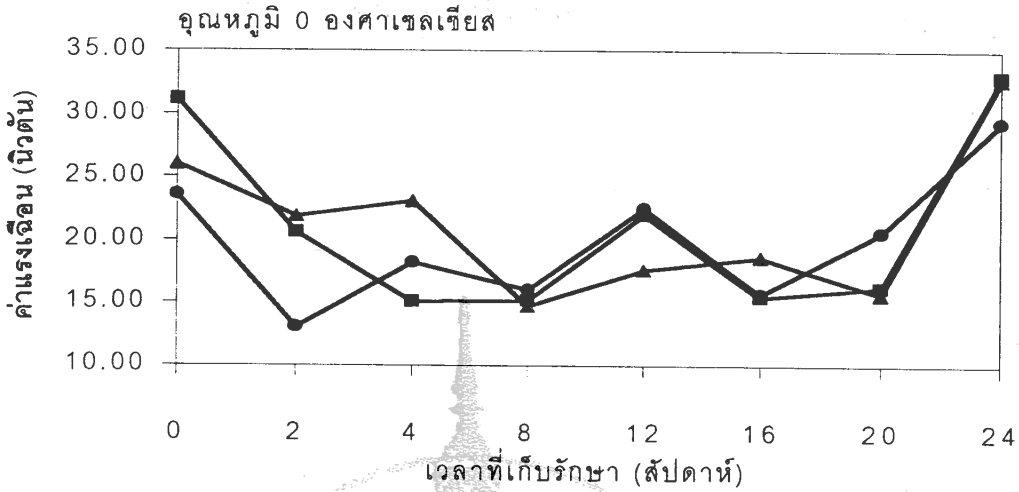
หมายเหตุ :

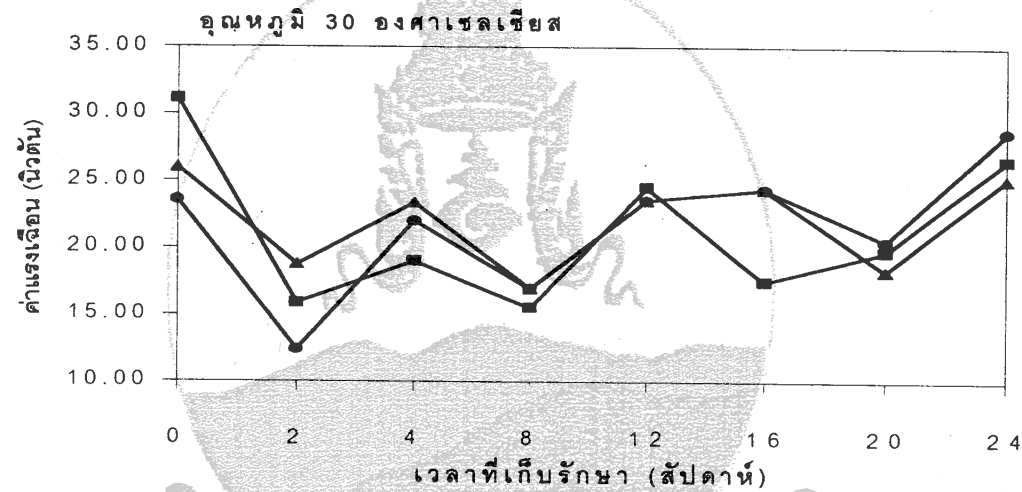
ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์

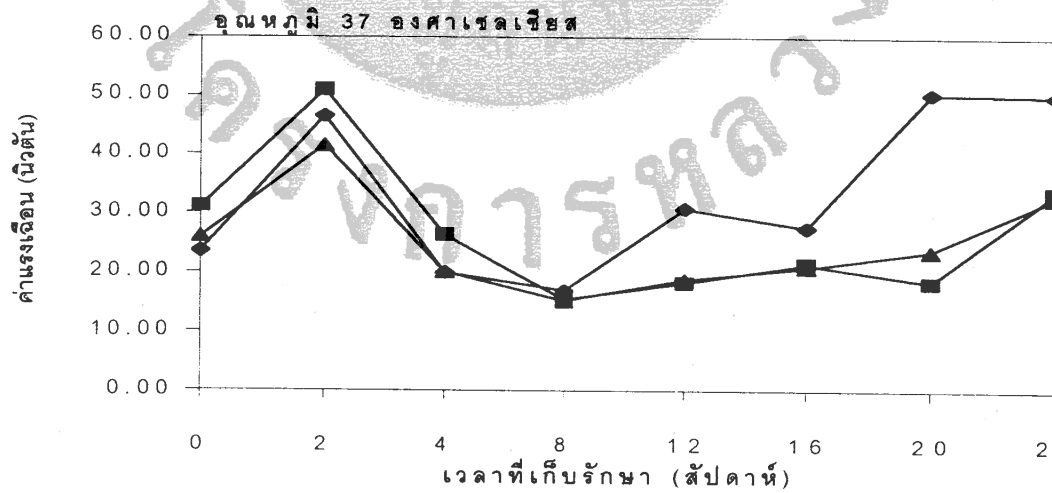
ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ

ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)







● ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ

ภาพที่ 10 ค่าแรงเฉือนที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของมูสลี่บาร์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า มูสลี่บาร์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าสี L สูงกว่าที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส มีการลดลงของค่าสี L ทั้งนี้เป็นเพราะว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์จะเกิดขึ้นได้ง่ายทำให้ มูสลี่บาร์มีสีคล้ำมากขึ้น และเมื่อพิจารณาค่าสี L ของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าสี L ของมูสลี่บาร์ ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด มีค่าสี L ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \geq 0.05$) ในขณะที่ค่าสี L ของ มูสลี่บาร์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด มีค่าสี L แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี L ของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดสุญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 มีค่าสี L มากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์และโพลีเอทธิลีนที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิเดียวกันตามลำดับ

ตารางที่ 53 ค่าสี L ของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ค่าสี L		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	43.88 ± 4.88	42.59 ± 3.84 ^{b}	40.65 ± 6.17 ^{ab}
อะลูมิเนียมฟอยล์	45.00 ± 3.64	42.97 ± 3.82 ^{b}	40.29 ± 6.36 ^{b}
สุญญากาศ	42.10 ± 11.43	44.79 ± 3.52 ^{a}	41.74 ± 6.28 ^{a}

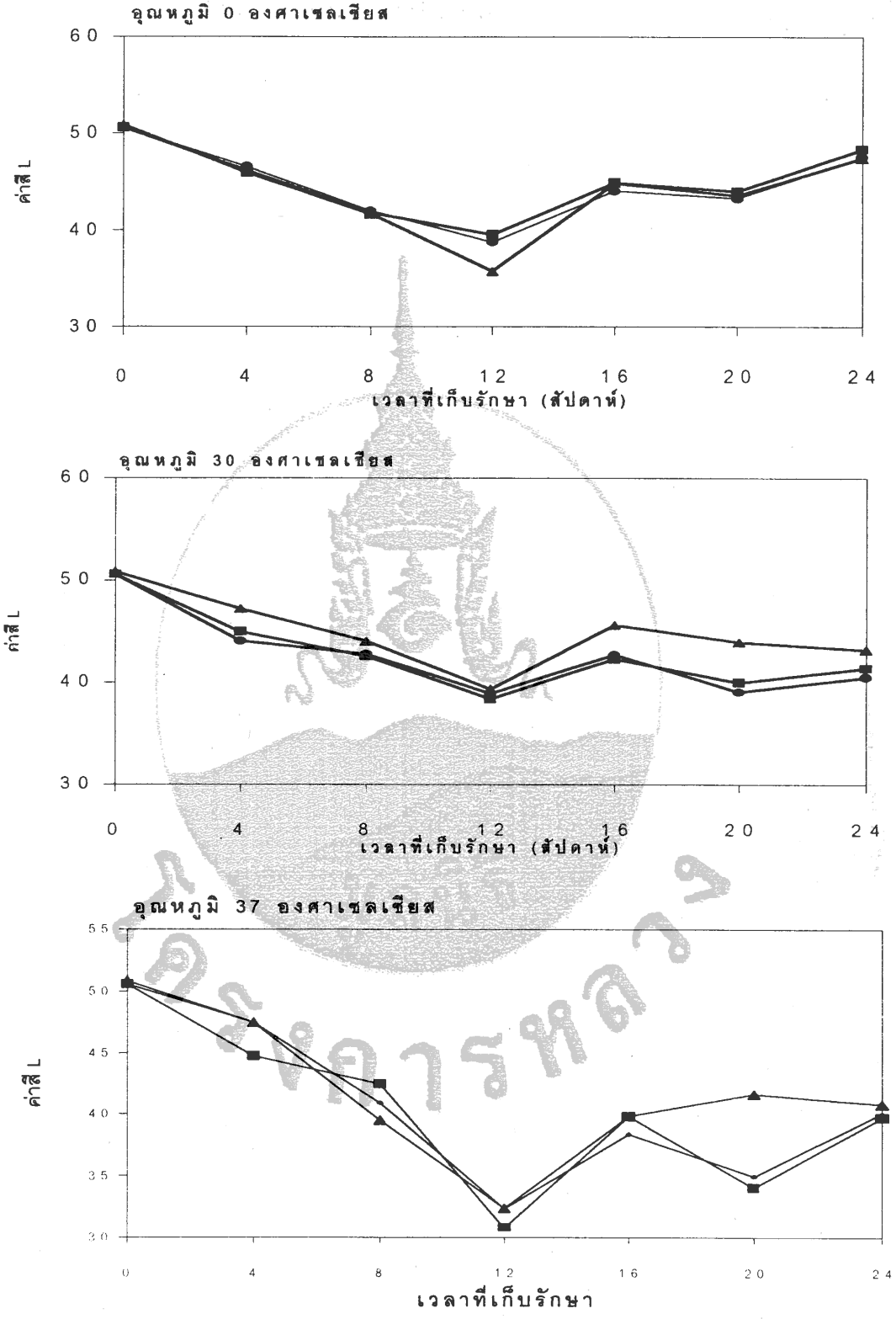
หมายเหตุ :

ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์

ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ

ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 11 ค่าสี L ที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

ที่อุณหภูมิ 0 และ 37 องศาเซลเซียส ชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อค่าสี a (แดง – เขียว) โดยมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศมีค่าสี a สูงกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดโพลีเอทธิลีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมมีค่าสี a อยู่ระหว่างค่าสี a ของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดสุญญากาศและโพลีเอทธิลีน สำหรับที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อค่าสี a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อค่าสีa พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าสี a ของมูสลี่บาร์มีค่าสูงกว่า 0 และ 37 องศาเซลเซียส เป็น 12.08 11.81 และ 10.80 ตามลำดับ (ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของค่าสี a ในอุณหภูมิเดียวกัน) ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดง – น้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี L ที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้น

ตารางที่ 54 ค่าสี a ของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ค่าสี a		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	11.41 ± 1.09 ^{b}	11.97 ± 1.93	10.56 ± 2.49 ^{b}
อะลูมิเนียมฟอยล์	11.99 ± 0.89 ^{ab}	11.99 ± 1.67	10.83 ± 2.61 ^{ab}
สุญญากาศ	12.03 ± 1.29 ^{b}	12.29 ± 0.79	11.01 ± 2.41 ^{a}

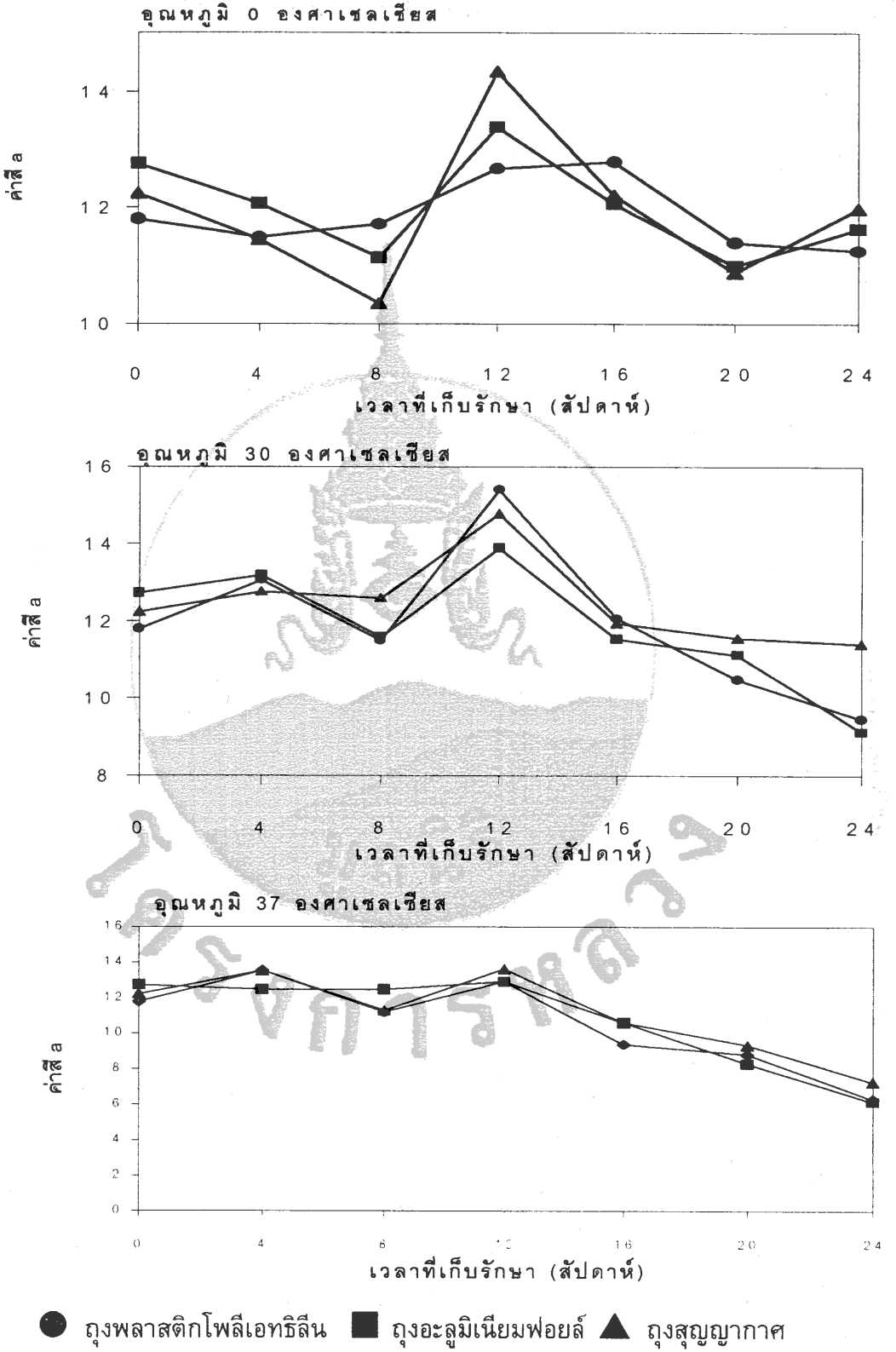
หมายเหตุ :

ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์

ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ

ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 12 ค่าสี a ที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

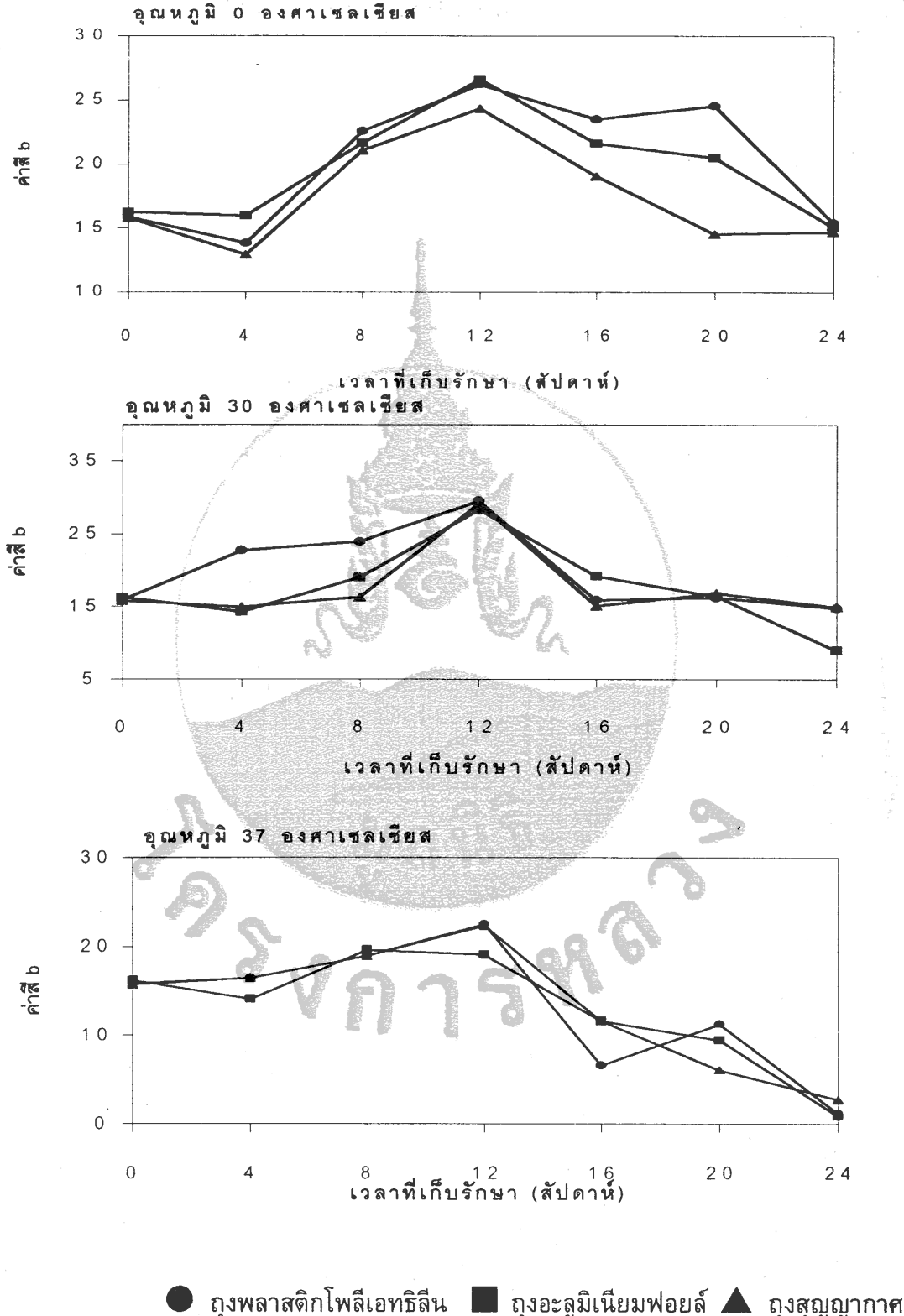
การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนและอะลูมิเนียมฟอยล์ จะมีค่าสี b (เหลือง - น้ำเงิน) สูงกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงชนิดสุญญากาศ คือ 20.22 และ 19.67 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน มีค่า b สูงที่สุดและแตกต่างจากที่บรรจุในถุงชนิดอะลูมิเนียมและสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาด้านอุณหภูมิพบว่า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมูสลี่บาร์จะมีค่าสี b หรือสีเหลืองสูงกว่าที่อุณหภูมิสูง คือที่ 0 องศาเซลเซียส มีค่าสี b เท่ากับ 18.69 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมีค่าสี b เท่ากับ 18.33 และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าสี b เท่ากับ 13.07 (ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของค่าสี b ที่อุณหภูมิเดียวกัน)

ตารางที่ 55 ค่าสี b ของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ค่าสี b		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	20.24 ± 4.94 [a]	19.94 ± 5.84 [a]	13.25 ± 7.18
อะลูมิเนียมฟอยล์	19.67 ± 4.13 [a]	17.65 ± 6.39 [a]	13.03 ± 6.42
สุญญากาศ	16.18 ± 2.99 [b]	17.41 ± 4.73 [b]	12.91 ± 7.37

หมายเหตุ :
ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์
ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ
ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 13 ค่าสี b ที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงค่าทางด้านจุลินทรีย์ของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าทางด้านจุลินทรีย์ของมูสลี่บาร์ ที่บรรจุในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ ปริมาณเชื้อรา ยีสต์ และจุลินทรีย์ทั้งหมด มีดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีนมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกับที่บรรจุในถุงสุญญากาศ อย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่า 5.5×10^3 โคโลนีต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์สูงสุดและที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำสุด

ตารางที่ 56 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างกัน 3 ชนิด

วิธีการบรรจุ	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด(โคโลนีต่อกรัม)		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	$5.5 \times 10^3 \pm 6.58^a$	$5.5 \times 10^3 \pm 5.75^a$	$1.9 \times 10^3 \pm 1.64^a$
อะลูมิเนียมฟอยล์	$3.2 \times 10^3 \pm 2.87^a$	$3.0 \times 10^3 \pm 2.65^{ab}$	$4.0 \times 10^3 \pm 5.96^{ab}$
สุญญากาศ	$3.3 \times 10^3 \pm 2.86^a$	$2.5 \times 10^3 \pm 2.32^b$	$4.8 \times 10^3 \pm 4.01^b$

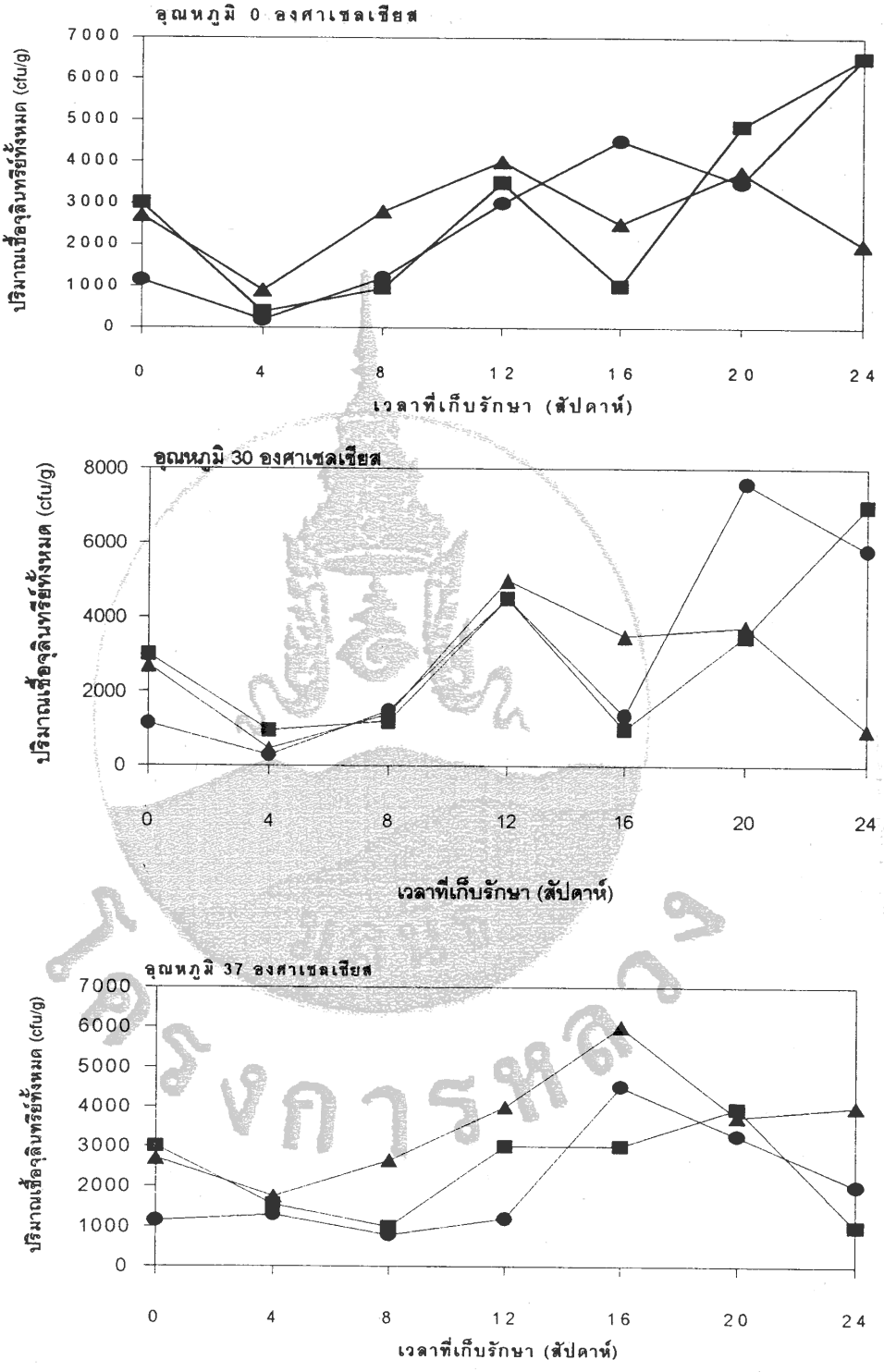
หมายเหตุ :

ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์

ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ

ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 14 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาต่าง ๆ ของมูสลี่บาร์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อยีสต์และราของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

ที่ระยะเวลา 0 – 20 สัปดาห์ไม่พบเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ในทุก ๆ สภาวะการเก็บรักษา ยกเว้นเมื่อเวลา 24 สัปดาห์ สามารถตรวจพบปริมาณเชื้อยีสต์และราในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ โดยไม่พบยีสต์และราที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 0 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส พบเชื้อยีสต์และราในมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนและอะลูมิเนียมฟอยล์ ดังตารางดังที่ 57

ตารางที่ 57 ปริมาณเชื้อยีสต์และราของมูสลี่บาร์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 30 และ 37 องศาเซลเซียส ในภาชนะบรรจุต่างชนิดกัน 3 ชนิด ที่เวลา 24 สัปดาห์

วิธีการบรรจุ	ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)		
	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
	0	30	37
โพลีเอทธิลีน	0	150±70.7	50±0.00
อะลูมิเนียมฟอยล์	0	0	50±0.00
สุญญากาศ	0	0	0

หมายเหตุ :
ระยะการเก็บรักษามูสลี่บาร์คือ 0 ถึง 24 สัปดาห์
ชนิดของภาชนะบรรจุโดยบรรจุในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีเอทธิลีน อะลูมิเนียมฟอยล์ และสุญญากาศ
ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านประสาทสัมผัสของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่างทางด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมูสลี่บาร์ในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่าง ๆ ได้แก่ สี ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นของผักและผลไม้ ความนุ่มเหนียว รสหวาน รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม มีดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมูสลี่บาร์ทางด้านสี ดังแสดงในตารางที่ 58 พบว่า ภาชนะบรรจุมูสลี่บาร์ในสภาวะต่าง ๆ นั้น ที่เวลา 0 และ 2 สัปดาห์ ให้ค่าทางประสาทสัมผัสทางด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในภาชนะบรรจุทุกชนิดและทุกอุณหภูมิในการเก็บรักษา

ที่เวลาการเก็บรักษา 4 และ 8 สัปดาห์ ค่าสีของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดย Mean Ideal Ratio Score ทางด้านสีของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงสุญญากาศ มีค่าใกล้เคียงค่าในอุดมคติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.00 มากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน

ที่เวลาการเก็บรักษา 16-20 สัปดาห์ พบว่า ค่าสีของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส โดย Mean Ideal Ratio Score ทางด้านสีของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศและ โพลีเอทธิลีนมีค่าใกล้เคียง 1.00 มากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ และเมื่อพิจารณาสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ของคะแนนความชอบทางด้านสีของมูสลี่บาร์ที่บรรจุ

ในบรรจุภัณฑ์ชนิดเดียวกันค่า Mean Ideal Ratio Scoreทางด้านสีของมูสลี่บาร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านสีของมูสลี่บาร์ใกล้เคียง 1.00 มากที่สุด และที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านสีมากกว่า 1.00 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่ไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่

จะเกิดมากที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงทำให้มูสลี่บาร์ที่เก็บที่อุณหภูมิดังกล่าวมีค่าสีที่ผู้บริโภคให้ค่า Mean Ideal Ratio Score มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ในอุดมคติของผู้บริโภค

ตารางที่ 58 การเปลี่ยนแปลงของค่า Mean Ideal Ratio Scoreทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.95±0.54	0.91±0.37	0.98±0.14
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.94±0.35	1.01±0.20	1.02±0.36
	ถุงสุญญากาศ	0.96±0.41	1.05±0.12	1.01±0.26
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.91±0.51	0.91±0.36	1.06±0.09
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.90±0.34	1.06±0.15	0.94±0.28
	ถุงสุญญากาศ	0.98±0.42	1.09±0.13	1.00±0.25
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.83±0.47	0.85±0.33^{b}	1.10±0.14
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.84±0.30	1.03±0.12^{a}	0.97±0.33
	ถุงสุญญากาศ	0.89±0.37	1.09±0.13^{a}	0.97±0.23
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.83±0.47	0.83±0.33^{b}	1.08±0.14
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.82±0.31	1.01±0.15^{a}	0.95±0.33
	ถุงสุญญากาศ	0.89±0.38	1.07±0.14^{a}	0.95±0.24
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.89±0.30	0.82±0.30	0.72±0.45
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.98±0.42	0.88±0.47	0.76±0.50
	ถุงสุญญากาศ	0.88±0.37	0.76±0.46	0.88±0.23
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.93±0.13^{a}	1.12±0.18	1.31±0.35
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.84±0.22^{b}	1.13±0.20	1.27±0.31
	ถุงสุญญากาศ	0.95±0.13^{a}	1.06±0.13	1.27±0.29
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	1.01±0.11^{a}	0.86±0.51	1.22±0.58
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.85±0.24^{b}	1.03±0.26	1.31±0.37
	ถุงสุญญากาศ	0.88±0.20^{b}	1.08±0.20	1.29±0.37
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.99±0.08	1.08±0.43	1.17±0.56
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.91±0.16	1.04±0.43	1.14±0.52
	ถุงสุญญากาศ	1.00±0.10	1.08±0.18	1.13±0.53

- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันและความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมูสลี่บาร์ แสดงในตารางที่ 59 จากการทดลองพบว่า Mean Ideal Ratio Score ทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของมูสลี่บาร์ที่บรรจุที่สภาวะต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0-2 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 4 - 8 สัปดาห์ มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 30 องศา-เซลเซียส มี Mean Ideal Ratio Score ทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันเข้าใกล้ค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงสุญญากาศ

ที่อายุการเก็บรักษา 12-20 สัปดาห์ Mean Ideal Ratio Scoreทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของมูสลี่บาร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในทุกสภาวะของการเก็บรักษา และเมื่อพิจารณามูสลี่บาร์ที่อายุการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ พบว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศและถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันใกล้เคียงค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน

ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศ มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงโพลีเอทธิลีน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะถุงสุญญากาศสามารถป้องกันการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงโพลีเอทธิลีน จึงทำให้ปริมาณความชื้นที่ยังคงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มีค่ามาก ซึ่งปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวช่วยให้มูสลี่บาร์ยังคงมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวอยู่ ดังนั้นผู้บริโภคจึงให้ Mean Ideal Ratio Score ทางด้านความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศมากกว่าถุงอะลูมิเนียมและถุงโพลีเอทธิลีน ตามลำดับ

ตารางที่ 59 การเปลี่ยนแปลงของ Mean Ideal Ratio Score ทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.84±0.23	1.05±0.10	0.86±0.28
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.97±0.09	0.85±0.34	0.91±0.22
	ถุงสุญญากาศ	0.86±0.32	0.88±0.24	0.88±0.38
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.80±0.22	0.97±0.14	0.83±0.27
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.97±0.15	0.81±0.33	0.87±0.21
	ถุงสุญญากาศ	0.82±0.31	0.84±0.23	0.84±0.36
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.77±0.21	0.99±0.12[a]	0.79±0.25
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.93±0.14	0.78±0.31[b]	0.83±0.21
	ถุงสุญญากาศ	0.79±0.29	0.80±0.22[b]	0.80±0.35
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.73±0.19	0.95±0.12[a]	0.75±0.25
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.88±0.14	0.74±0.29[b]	0.79±0.19
	ถุงสุญญากาศ	0.75±0.28	0.76±0.21[b]	0.85±0.21
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.83±0.19	0.95±0.08	0.86±0.13
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.85±0.07	0.89±0.08	0.85±0.10
	ถุงสุญญากาศ	0.93±0.09	0.89±0.14	0.85±0.14
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.80±0.13	0.75±0.23	0.76±0.34
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.81±0.27	0.76±0.27	0.66±0.27
	ถุงสุญญากาศ	1.02±0.35	0.89±0.13	0.84±0.28
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.87±0.25	0.79±0.20	0.73±0.36
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.77±0.24	0.70±0.31	0.62±0.43
	ถุงสุญญากาศ	0.87±0.20	0.87±0.23	0.78±0.44
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.76±0.12[b]	0.82±0.17	0.94±0.16[a]
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.86±0.08[a]	0.82±0.16	0.70±0.09[b]
	ถุงสุญญากาศ	0.90±0.09[a]	0.88±0.14	0.89±0.17[a]

- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 60 การเปลี่ยนแปลงของ Mean Ideal Ratio Score ทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเหนียวของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.83±0.38	1.00±0.34	1.00±0.41
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.92±0.40	0.97±0.44	0.81±0.30
	ถุงสุญญากาศ	0.94±0.54	0.94±0.31	0.94±0.33
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.79±0.36	0.96±0.33	0.96±0.39
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.88±0.38	0.93±0.42	0.77±0.29
	ถุงสุญญากาศ	0.90±0.52	0.89±0.29	0.89±0.32
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.76±0.34	0.92±0.31	0.92±0.37
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.84±0.36	0.89±0.40	0.74±0.28
	ถุงสุญญากาศ	0.86±0.49	0.86±0.28	0.86±0.30
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.72±0.33	0.87±0.29	0.87±0.36
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.80±0.34	0.85±0.38	0.70±0.26
	ถุงสุญญากาศ	0.82±0.47	0.81±0.27	0.81±0.29
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.71±0.29	0.75±0.25	0.80±0.20
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.79±0.30	0.76±0.27	0.71±0.28
	ถุงสุญญากาศ	0.76±0.18	0.76±0.32	0.67±0.28
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	1.09±0.13[a]	0.91±0.35	1.12±0.34
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.87±0.27[b]	0.99±0.53	0.81±0.27
	ถุงสุญญากาศ	0.92±0.33[a]	0.92±0.27	0.81±0.41
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	1.03±0.46	0.80±0.42	1.04±0.77
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.86±0.31	0.79±0.28	0.62±0.45
	ถุงสุญญากาศ	0.87±0.20	0.75±0.20	0.92±0.51
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.70±0.29	1.09±0.52	1.14±0.70
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.78±0.20	0.70±0.28	0.51±0.30
	ถุงสุญญากาศ	0.89±0.19	0.94±0.42	0.86±0.49

- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นของผักและผลไม้ของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของผักและผลไม้ในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุและอุณหภูมิของการเก็บรักษาต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 61 จากตารางแสดงให้เห็นว่ามูสลี่บาร์ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0-24 สัปดาห์ มีMean Ideal Ratio Score ทางด้านกลิ่นของผักและผลไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในทุกภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดและทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา ยกเว้นที่เวลาในการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0 องศา-เซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์มีMean Ideal Ratio Score ทางด้านกลิ่นของผักและผลไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านกลิ่นของผักและผลไม้ใกล้เคียงค่ากับค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนและถุงสุญญากาศ

เมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นMean Ideal Ratio Scoreทางด้านกลิ่นของผักและผลไม้มีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีการสร้างกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ออกมาด้วย จึงทำให้Mean Ideal Ratio Scoreในด้านกลิ่นลดลง

ตารางที่ 61 การเปลี่ยนแปลงของ Mean Ideal Ratio Score ทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นผักผลไม้ของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	1.01±0.38	0.97±0.21	0.89±0.33
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.88±0.25	0.96±0.32	0.99±0.33
	ถุงสุญญากาศ	0.86±0.25	0.89±0.48	0.92±0.26
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.96±0.36	0.93±0.21	0.85±0.31
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.84±0.24	0.91±0.31	1.05±0.38
	ถุงสุญญากาศ	0.83±0.24	0.85±0.46	0.88±0.25
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.92±0.34	0.89±0.19	0.81±0.29
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.80±0.22	0.87±0.29	0.99±0.37
	ถุงสุญญากาศ	0.79±0.23	0.82±0.43	0.84±0.24
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.87±0.33	0.85±0.19	0.77±0.28
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.76±0.22	0.83±0.28	0.95±0.35
	ถุงสุญญากาศ	0.75±0.22	0.86±0.33	0.80±0.23
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.87±0.23	0.92±0.25	0.88±0.30
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.95±0.24	0.84±0.30	0.81±0.34
	ถุงสุญญากาศ	0.87±0.29	0.88±0.28	0.95±0.26
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.78±0.13[b]	0.78±0.23	0.76±0.34
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.98±0.28[a]	0.76±0.29	0.72±0.31
	ถุงสุญญากาศ	0.81±0.19[a]	0.85±0.16	0.71±0.28
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.76±0.23	0.70±0.34	0.64±0.29
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.81±0.21	0.64±0.34	0.78±0.34
	ถุงสุญญากาศ	0.83±0.23	0.80±0.20	0.64±0.26
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.89±0.19	0.73±0.07	0.58±0.26
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.89±0.18	0.71±0.21	0.62±0.33
	ถุงสุญญากาศ	0.85±0.25	0.84±0.19	0.64±0.15

- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านรสหวานของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 62 พบว่า มูสลี่บาร์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา ต่าง ๆ มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านรสหวาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดและทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา ยกเว้นที่เวลา 16 สัปดาห์และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศ มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านความหวานเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงโพลีเอทธิลีน

Mean Ideal Ratio Scoreทางด้านรสหวานของมูสลี่บาร์ มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ในทุกสภาวะของการบรรจุและทุกอุณหภูมิในการเก็บรักษา ทั้งนี้เป็นเพราะในระหว่างการเก็บรักษามีการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ รวมทั้งเกิดปฏิกิริยาอื่น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งในการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ มีการใช้น้ำตาลเป็นสารตั้งต้นของการเกิดปฏิกิริยาจึงทำให้ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ซึ่งมีผลต่อค่าความหวานของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นMean Ideal Ratio Scoreทางด้านความหวานของผู้บริโภคจึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน และเมื่อพิจารณาในแง่ของอุณหภูมิ พบว่า มูสลี่บาร์ที่เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิสูงจะมีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านรสหวานลดลงเช่นเดียวกันกับระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยอุณหภูมิที่เก็บรักษาจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดขึ้นได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงไปของค่าสี กลิ่น และรสหวานของผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษามูสลี่บาร์ที่อุณหภูมิต่ำนั้นจะสามารถถนอมรักษาคุณภาพของมูสลี่บาร์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล รวมทั้งปฏิกิริยาต่าง ๆ ด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ช้าลง

ตารางที่ 62 การเปลี่ยนแปลงของ Mean Ideal Ratio Score ทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.79±0.34	0.85±0.46	0.94±0.35
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.91±0.47	0.98±0.48	0.92±0.41
	ถุงสุญญากาศ	0.75±0.48	0.83±0.43	0.90±0.44
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.76±0.33	0.82±0.44	0.89±0.33
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.87±0.45	0.94±0.46	0.88±0.39
	ถุงสุญญากาศ	0.72±0.46	0.79±0.42	0.86±0.42
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.72±0.31	0.78±0.42	0.86±0.32
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.83±0.43	0.89±0.44	0.84±0.38
	ถุงสุญญากาศ	0.68±0.44	0.76±0.39	0.82±0.39
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.69±0.29	0.83±0.33	0.81±0.30
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.79±0.41	0.85±0.42	0.79±0.36
	ถุงสุญญากาศ	0.72±0.37	0.73±0.38	0.78±0.38
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.78±0.24	0.93±0.16	0.84±0.15
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.79±0.25	0.89±0.08	0.80±0.25
	ถุงสุญญากาศ	0.86±0.23	0.88±0.10	0.90±0.22
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	1.06±0.13	0.95±0.21	0.66±0.29[b]
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	1.03±0.16	0.94±0.21	0.69±0.19[b]
	ถุงสุญญากาศ	0.96±0.31	0.95±0.16	0.85±0.24[a]
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.89±0.29	0.75±0.32	0.62±0.27
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.93±0.19	0.75±0.20	0.73±0.23
	ถุงสุญญากาศ	0.94±0.15	0.80±0.35	0.64±0.41
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.96±0.15	0.78±0.30	0.68±0.37
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.94±0.16	0.76±0.22	0.67±0.30
	ถุงสุญญากาศ	0.98±0.07	0.82±0.21	0.74±0.22

- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านรสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลอง พบว่ามูสลี่บาร์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีMean Ideal Ratio Scoreทางด้านรสเปรี้ยว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดและทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา

การทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยวของผู้บริโภค ให้ผลสอดคล้องใกล้เคียงกับปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้โดยการไตเตรท กล่าวคือปริมาณกรดของมูสลี่บาร์ที่วิเคราะห์ได้โดยการไตเตรทในแต่ละตัวอย่าง มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนักในทุกสภาวะที่ทำการศึกษา ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสเปรี้ยวของผู้บริโภค แสดงว่าผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน และใช้เป็นตัวแทนในการประเมินลักษณะทางด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ สามารถจำแนกลักษณะทางด้านนี้ได้ดี

ตารางที่ 63 การเปลี่ยนแปลงของ Mean Ideal Ratio Score ทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.67±0.35	0.96±0.26	0.84±0.40
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.77±0.32	0.78±0.29	0.71±0.42
	ถุงสุญญากาศ	0.74±0.31	0.88±0.36	0.81±0.36
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.64±0.34	0.92±0.24	0.81±0.39
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.74±0.31	0.75±0.31	0.68±0.40
	ถุงสุญญากาศ	0.71±0.29	0.84±0.34	0.76±0.35
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.61±0.32	0.88±0.23	0.77±0.37
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.70±0.29	0.71±0.26	0.65±0.38
	ถุงสุญญากาศ	0.68±0.28	0.81±0.32	0.74±0.33
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.58±0.31	0.84±0.22	0.73±0.35
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.67±0.28	0.68±0.25	0.62±0.37
	ถุงสุญญากาศ	0.65±0.27	0.77±0.31	0.70±0.32
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.91±0.13	1.06±0.28	0.97±0.22
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.98±0.15	0.96±0.22	0.85±0.31
	ถุงสุญญากาศ	0.98±0.23	0.86±0.21	0.86±0.19
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.63±0.31	0.82±0.28	0.87±0.53
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.71±0.34	0.86±0.31	0.94±0.51
	ถุงสุญญากาศ	0.62±0.33	0.86±0.31	0.92±0.49
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.78±0.44	0.72±0.33	0.68±0.43
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.68±0.25	0.83±0.37	0.84±0.44
	ถุงสุญญากาศ	0.78±0.17	0.64±0.33	0.97±0.35
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.76±0.33	0.66±0.32	0.60±0.33
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.80±0.33	0.76±0.32	0.74±0.36
	ถุงสุญญากาศ	0.86±0.26	0.79±0.29	0.81±0.31

- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านการยอมรับโดยรวมของมูสลี่บาร์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

การทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของมูสลี่บาร์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่า การยอมรับโดยรวมของมูสลี่บาร์ที่ระยะเวลาการเก็บ 0-8 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในทุกสภาวะที่ศึกษา ที่เวลาการเก็บ 16 และ 20 สัปดาห์ มูสลี่บาร์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศา-เซลเซียส และบรรจุในถุงสุญญากาศ มี Mean Ideal Ratio Score ทางด้านการยอมรับโดยรวมเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงสุญญากาศ

ณ เวลาการเก็บ 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศมี Mean Ideal Ratio Score ทางด้านการยอมรับโดยรวมเข้าใกล้กับค่าในอุดมคติมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงโพลีเอทธิลีน และที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ค่า Mean Ideal Ratio Score ทางด้านการยอมรับโดยรวมของมูสลี่บาร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด

และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดของภาชนะบรรจุ พบว่า มูสลี่บาร์ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจะมีค่าคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ในแง่ของภาชนะบรรจุ มูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงสุญญากาศจะได้ Mean Ideal Ratio Score การยอมรับโดยรวมมากกว่ามูสลี่บาร์ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงโพลีเอทธิลีน ตามลำดับ

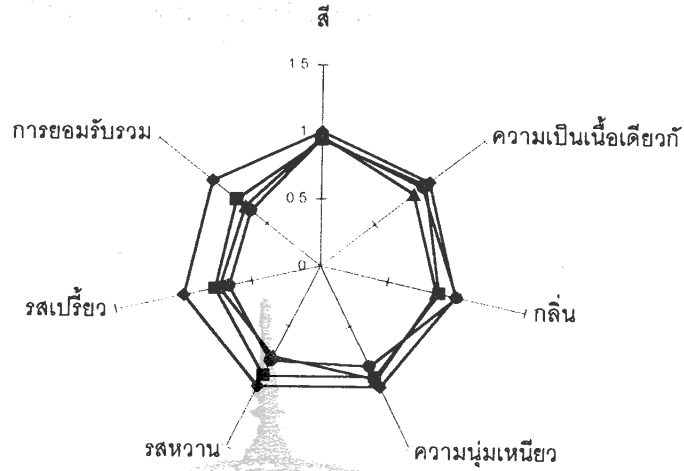
ตารางที่ 64 การเปลี่ยนแปลงของ Mean Ideal Ratio Score ทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาที่เก็บรักษา (สัปดาห์)	ชนิดบรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (°C)		
		0	30	37
0	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.65±0.26	0.79±0.29	0.82±0.25
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.78±0.23	0.78±0.25	0.76±0.28
	ถุงสุญญากาศ	0.70±0.25	0.75±0.26	0.80±0.15
2	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.62±0.25	0.76±0.28	0.78±0.24
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.74±0.22	0.74±0.24	0.73±0.27
	ถุงสุญญากาศ	0.67±0.24	0.72±0.25	0.77±0.15
4	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.59±0.24	0.73±0.27	0.74±0.23
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.71±0.21	0.71±0.23	0.69±0.26
	ถุงสุญญากาศ	0.64±0.22	0.69±0.24	0.73±0.14
8	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.56±0.23	0.69±0.25	0.71±0.22
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.67±0.20	0.68±0.21	0.66±0.24
	ถุงสุญญากาศ	0.60±0.21	0.66±0.23	0.69±0.13
12	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.66±0.23	0.63±0.26	0.64±0.19^{a}
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.70±0.24	0.70±0.24	0.48±0.21^{b}
	ถุงสุญญากาศ	0.65±0.18	0.65±0.18	0.68±0.14^{a}
16	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.66±0.15	0.50±0.08^{b}	0.34±0.19^{b}
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.66±0.20	0.53±0.13^{b}	0.32±0.15^{b}
	ถุงสุญญากาศ	0.57±0.23	0.62±0.17^{a}	0.48±0.18^{a}
20	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.62±0.27	0.47±0.21^{b}	0.24±0.21^{c}
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.66±0.14	0.58±0.19^{ab}	0.32±0.24^{b}
	ถุงสุญญากาศ	0.73±0.19	0.64±0.19^{a}	0.39±0.18^{a}
24	ถุงโพลีเอทธิลีน	0.69±0.20	0.49±0.31^{b}	0.40±0.32
	ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	0.71±0.22	0.50±0.31^{b}	0.39±0.33
	ถุงสุญญากาศ	0.74±0.25	0.61±0.26^{a}	0.42±0.35

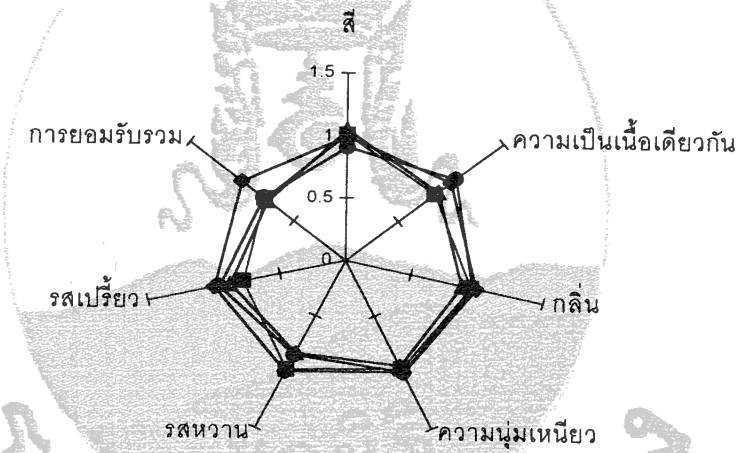
- ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้ง(เฉพาะข้อมูลที่เวลาเดียวกัน) ที่แตกต่างกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

สรุปผลการทดลอง

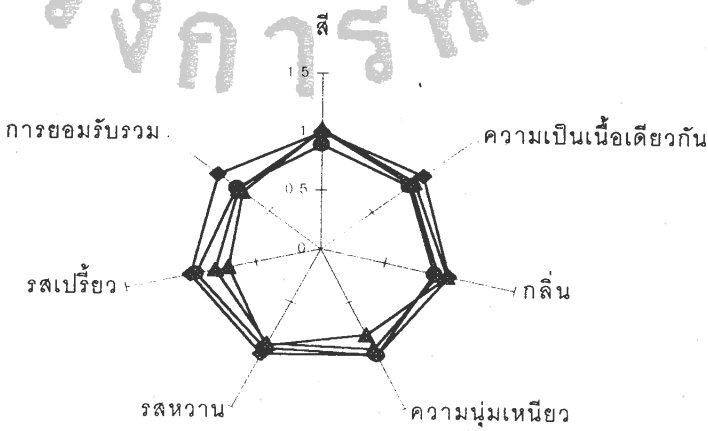
จากการศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษามูสลี่บาร์ โดยพิจารณาจากค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ การบรรจุมูสลี่บาร์ในถุงสุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะดังกล่าวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์น้อยกว่าในสภาวะอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา โดยยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์และถุงโพลีเอทธิลีน ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 15 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสและที่เวลา 0 สัปดาห์

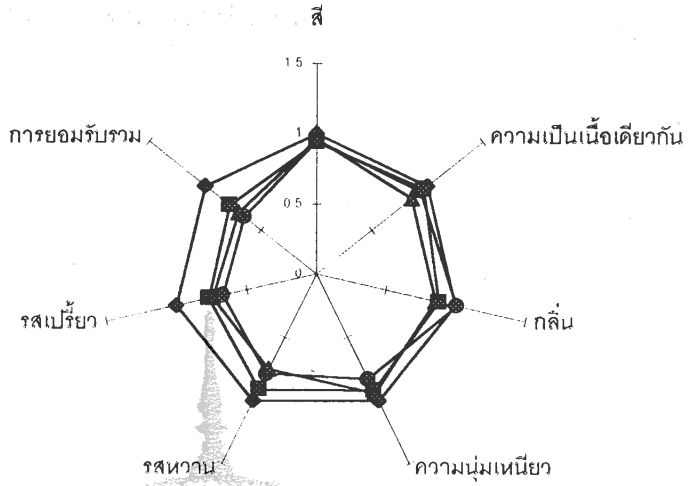


ภาพที่ 16 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่เวลา 0 สัปดาห์

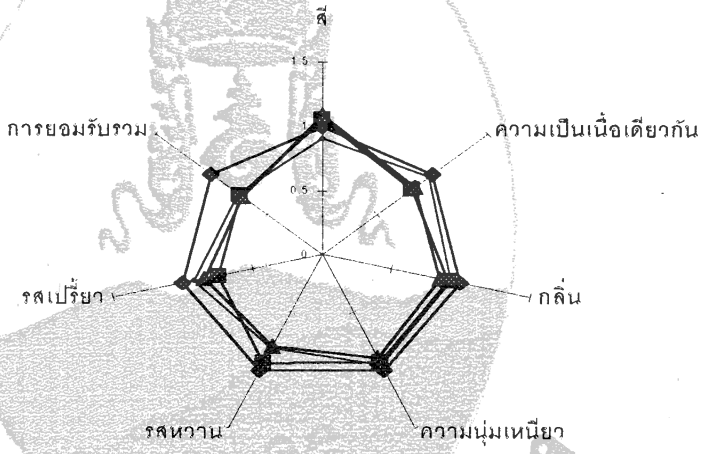


ภาพที่ 17 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 0 สัปดาห์

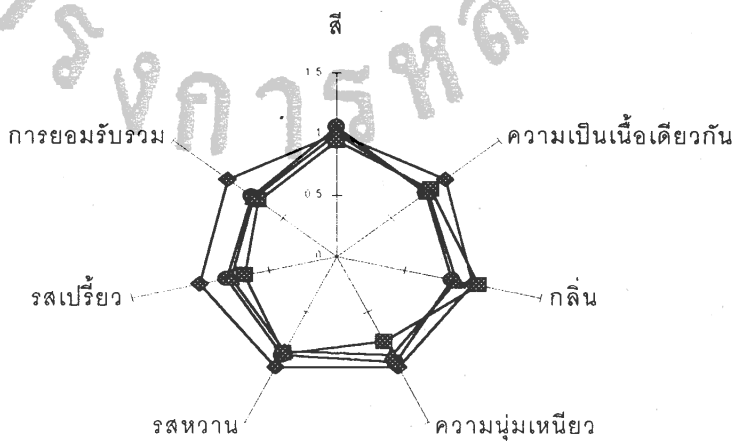
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 18 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสและที่เวลา 2 สัปดาห์

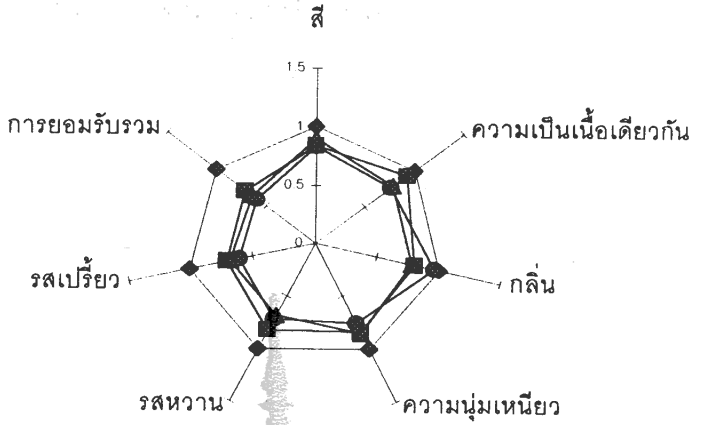


ภาพที่ 19 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและที่เวลา 2 สัปดาห์

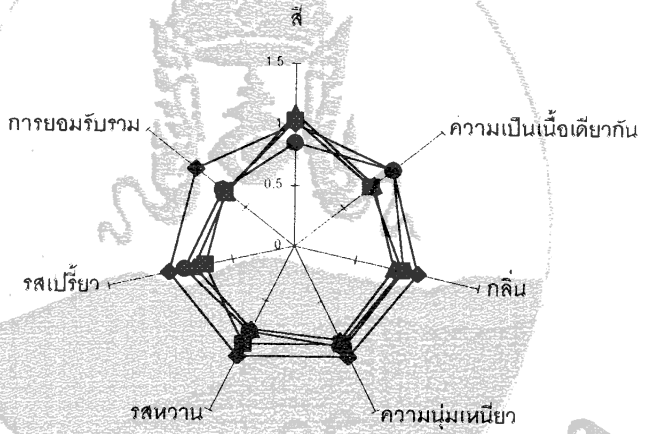


ภาพที่ 20 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและที่เวลา 2 สัปดาห์

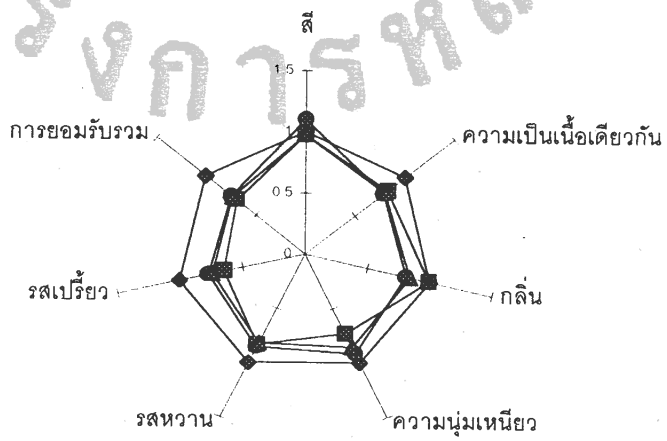
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 21 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสและที่เวลา 4 สัปดาห์

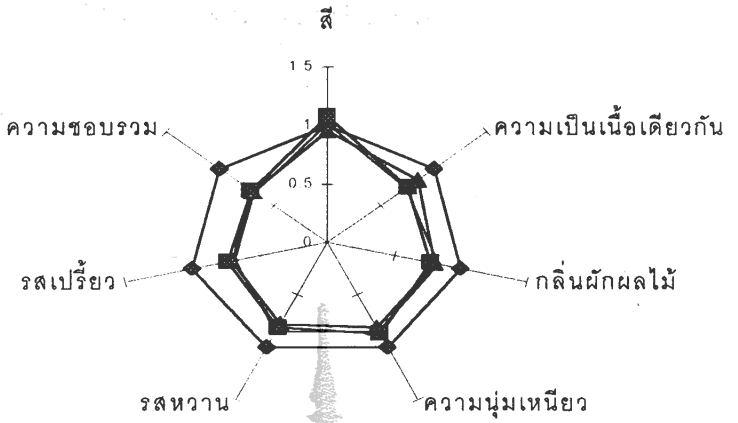


ภาพที่ 22 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและที่เวลา 4 สัปดาห์

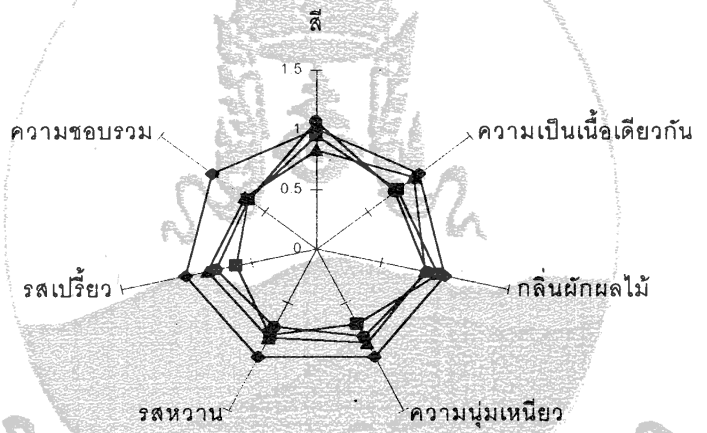


ภาพที่ 23 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 4 สัปดาห์

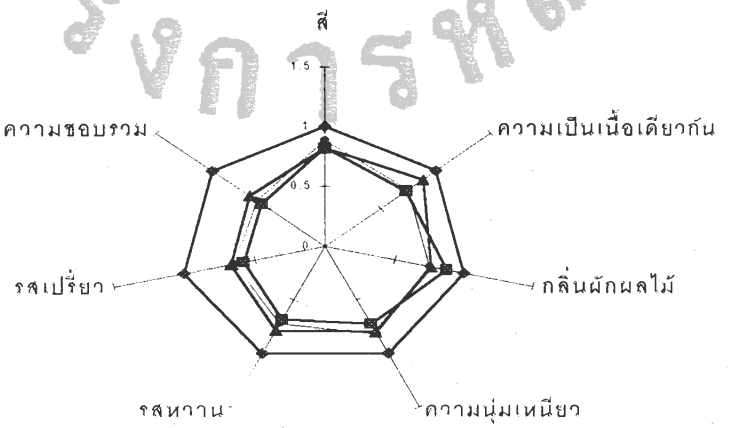
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 24 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่เวลา 8 สัปดาห์

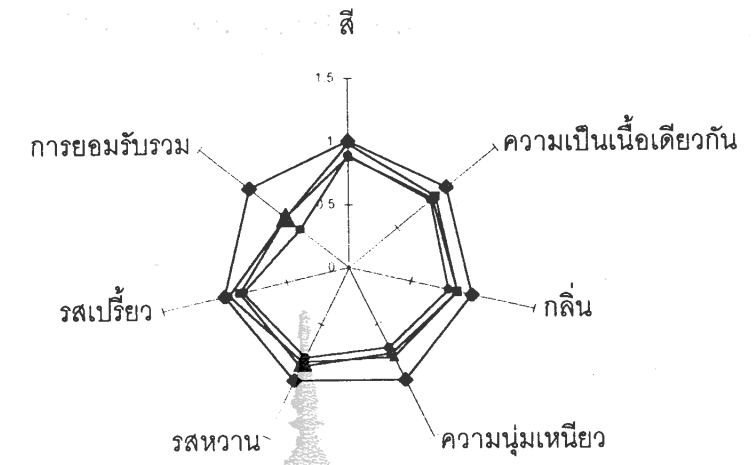


ภาพที่ 25 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่เวลา 8 สัปดาห์

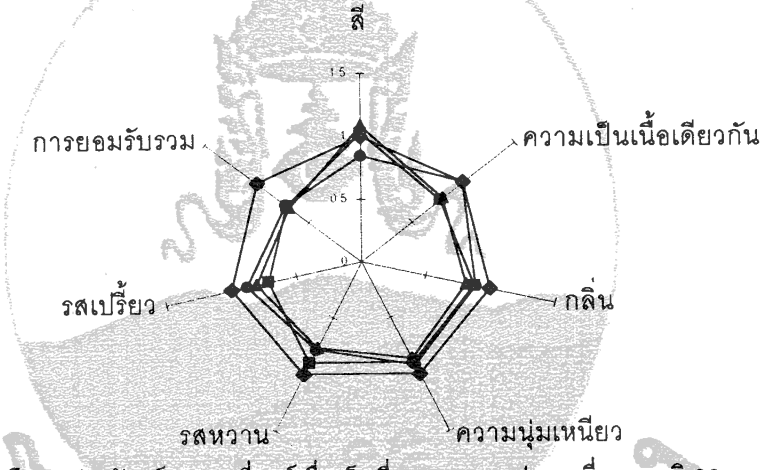


ภาพที่ 26 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 8 สัปดาห์

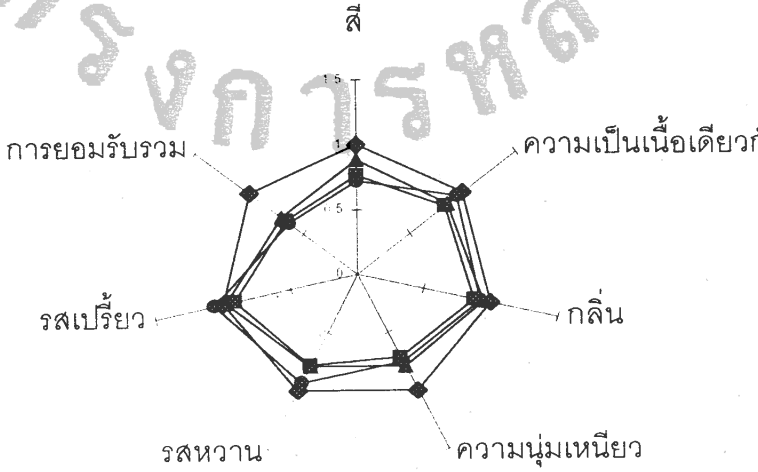
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 27 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่เวลา 12 สัปดาห์

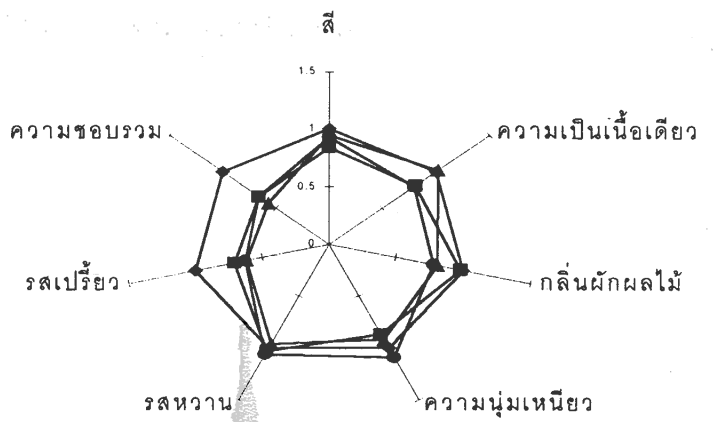


ภาพที่ 28 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่เวลา 12 สัปดาห์

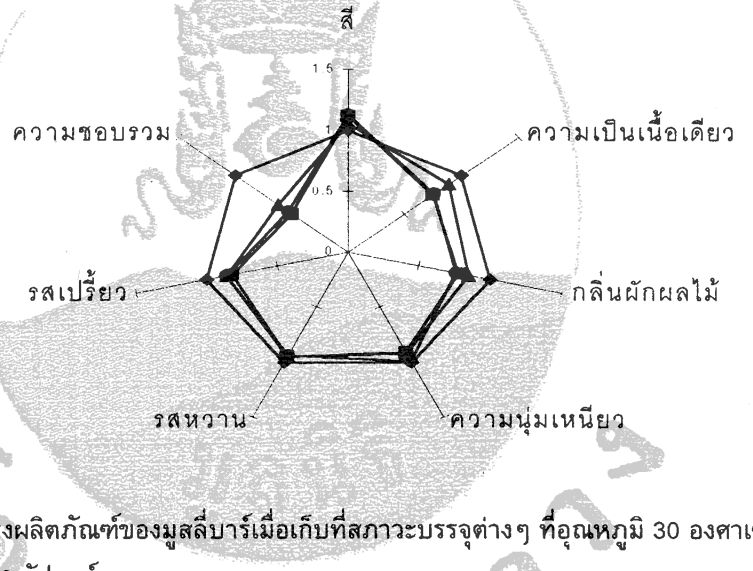


ภาพที่ 29 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 12 สัปดาห์

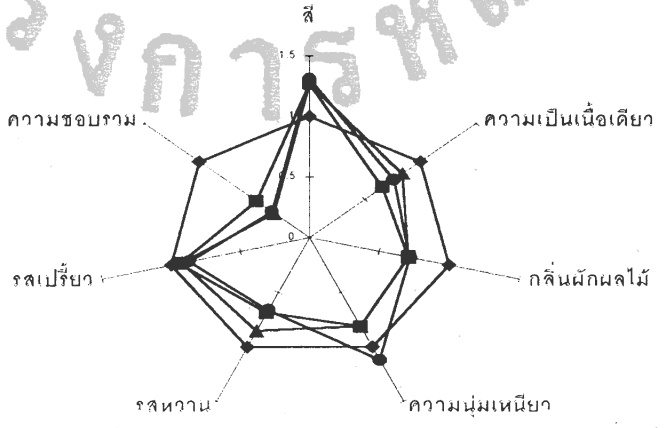
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 30 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่เวลา 16 สัปดาห์

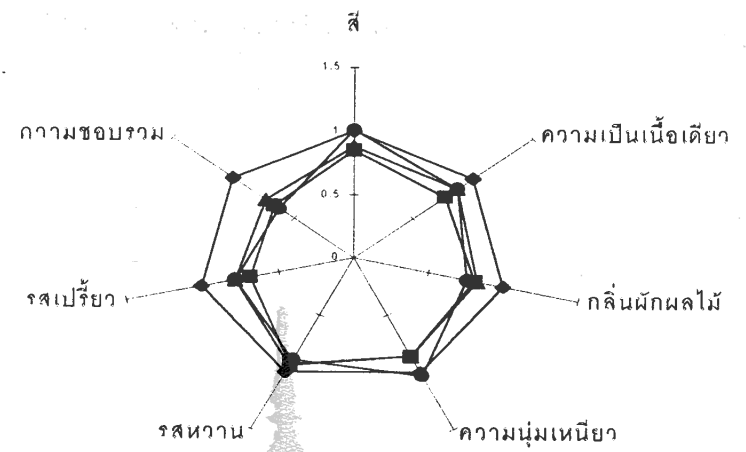


ภาพที่ 31 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่เวลา 16 สัปดาห์

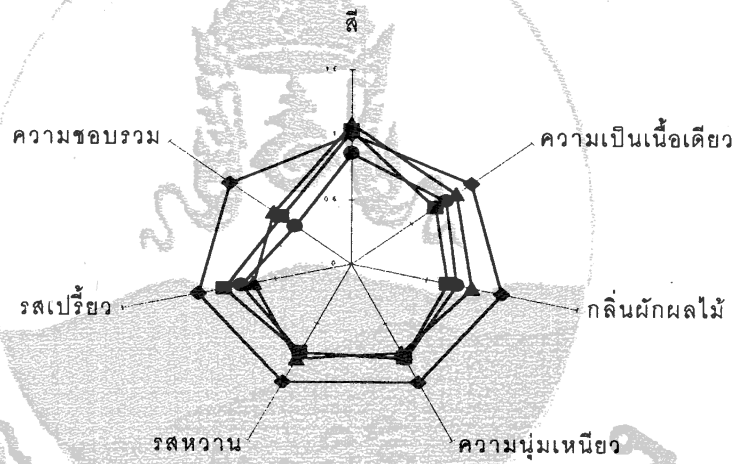


ภาพที่ 32 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 16 สัปดาห์

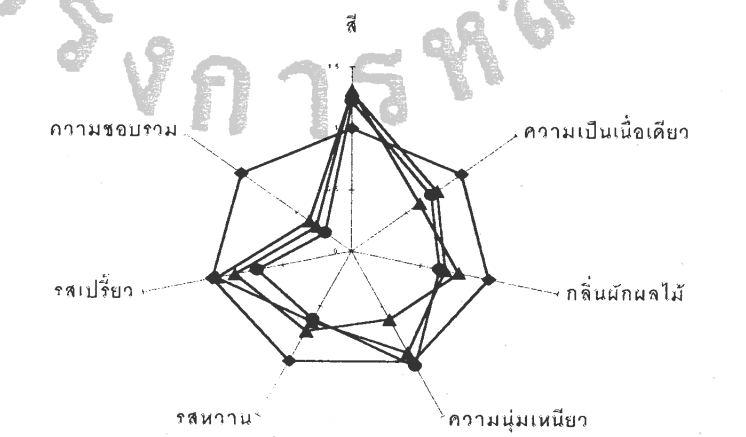
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 33 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่เวลา 20 สัปดาห์

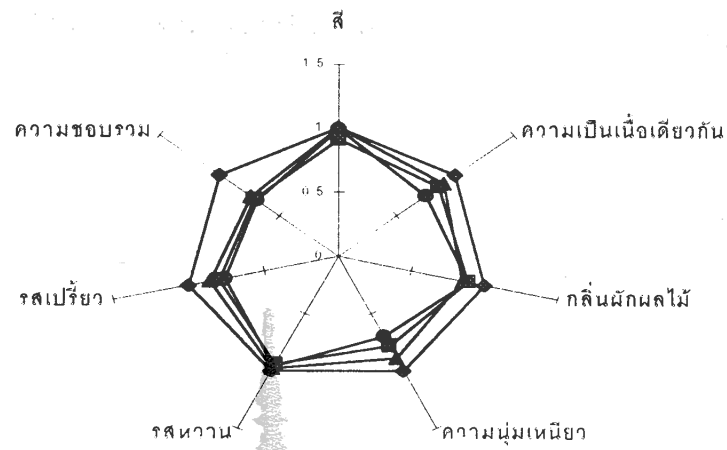


ภาพที่ 34 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่เวลา 20 สัปดาห์

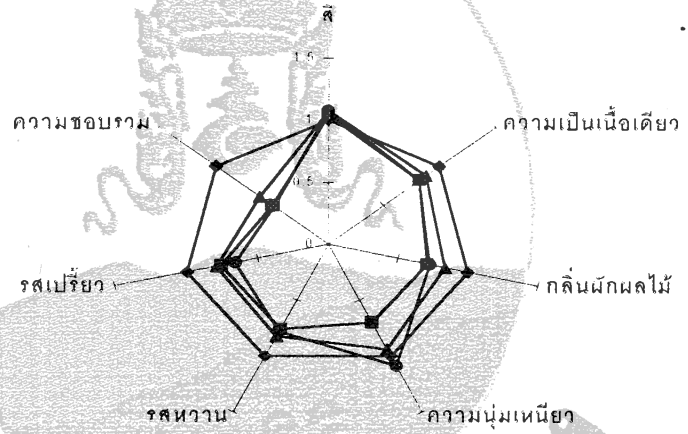


ภาพที่ 35 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 20 สัปดาห์

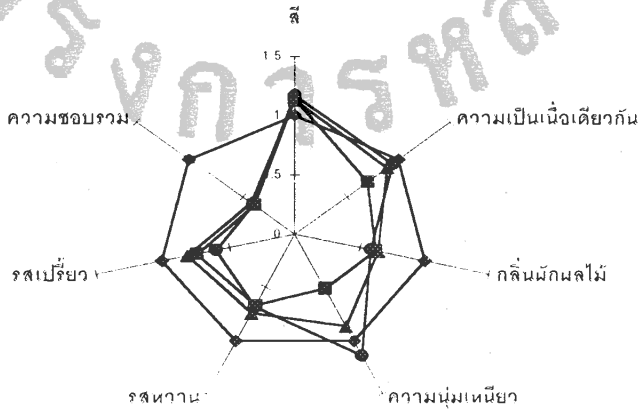
● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ



ภาพที่ 36 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่เวลา 24 สัปดาห์



ภาพที่ 37 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และที่เวลา 24 สัปดาห์



ภาพที่ 38 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของมูสลี่บาร์เมื่อเก็บที่สภาวะบรรจุต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และที่เวลา 24 สัปดาห์

● ถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน ■ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ▲ ถุงสุญญากาศ ◆ ค่าในอุดมคติ

การทดลองที่ 7 การทดสอบตลาดและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผลิตได้จากสูตรและกระบวนการผลิตที่พัฒนาแล้วข้างต้น เป็นกระบวนการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม เมื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาการผลิตให้มีความเป็นไปได้ในระดับอุตสาหกรรม จึงได้มีการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยจำลองสถานการณ์และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ให้เหมือนกับการผลิตจริง ได้แก่ การผลิตมูสลี่บาร์ตามกรรมวิธีที่ได้รับการพัฒนาข้างต้นในปริมาณมากแล้วบรรจุในภาชนะบรรจุที่ออกแบบตามที่ต้องการวางจำหน่ายในตลาด และนำไปทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยกำหนดให้ผู้บริโภคเป็นตัวแทนของประชากรกลุ่มเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ไม่จำกัดเพศและวัย

ผลจากการสำรวจข้อมูลของผู้บริโภค สามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

เพศ

เพศหญิง	ร้อยละ 63
เพศชาย	ร้อยละ 37

อายุ

15-20 ปี	ร้อยละ 6
21-30 ปี	ร้อยละ 61
31-40 ปี	ร้อยละ 24
41-50 ปี	ร้อยละ 4
มากกว่า 50 ปี	ร้อยละ 5

อาชีพ

นักเรียน	ร้อยละ 5
นักศึกษาวิทยาลัยครูหรือมหาวิทยาลัย	ร้อยละ 14
รับราชการ	ร้อยละ 27
ทำงานในบริษัทเอกชน	ร้อยละ 20
ทำงานส่วนตัว	ร้อยละ 7
พนักงานรายวันและลูกจ้างชั่วคราว	ร้อยละ 27

รายได้ต่อเดือน

น้อยกว่า 5,000 บาท	ร้อยละ 27
5,000 - 10,000 บาท	ร้อยละ 43
10,000 - 15,000 บาท	ร้อยละ 16
มากกว่า 15,000 บาท	ร้อยละ 14

แบบสอบถาม

แบบสอบถามในการสำรวจผู้บริโภค แบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ แบบสอบถามทั่วไป ซึ่งจะถามเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ พฤติกรรมการบริโภค ภาชนะบรรจุ การเก็บผลิตภัณฑ์ การคาดคะเนการซื้อและดรรชนีการซื้อ และแบบสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลของผู้บริโภค และความชอบต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

แบบสอบถามทั่วไป

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โปรดพิจารณาตัวอย่างมูสลี่บาร์ที่ท่านได้รับ แล้วกรุณากรอกแบบสอบถามฉบับนี้

1. ผลิตภัณฑ์ที่ท่านได้รับต่อไปนี้ เรียกว่า มูสลี่บาร์ ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่
- ☐ เป็นผลิตภัณฑ์แปลก
- ☐ เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่ารับประทานเป็นของว่างคล้ายของขบเคี้ยว
- ☐ มีประโยชน์ในด้านโภชนาการ
- ☐ สามารถใช้เป็นของฝาก
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2 ผลไม้และผักที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ ท่านต้องการให้อยู่ในลักษณะใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ต้องรวมกันเป็นเนื้อเดียว
- ☐ มองเห็นเป็นสภาพชิ้นผักและผลไม้
- ☐ อยากให้ผักและผลไม้มีสีสรรต่าง ๆ
- ☐ อยากให้ประมาณผลไม้มากกว่าผัก
- ☐ อยากให้ปริมาณผักมากกว่าผลไม้
- ☐ ให้มีการเกาะตัวของผักและผลไม้แน่นกับส่วนผสมอื่น ๆ

3. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์นี้ ควรมีรูปร่างอย่างไร

- ☐ สี่เหลี่ยมผืนผ้า
- ☐ สี่เหลี่ยมจัตุรัส
- ☐ วงกลม
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

4. จากมูสลี่บาร์ตัวอย่างที่ท่านได้รับ ท่านยินดีจะซื้อในลักษณะใด

- ☐ เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงพลาสติกธรรมดา
- ☐ เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์
- ☐ เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงสุญญากาศ
- ☐ เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงพลาสติกธรรมดา แล้วบรรจุในกล่อง กล่องละ 4 แท่ง
- ☐ เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วบรรจุในกล่อง กล่องละ 4 แท่ง
- ☐ เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงสุญญากาศ แล้วบรรจุในกล่อง กล่องละ 4 แท่ง

5. สำหรับฉลากบนมูสลี่บาร์ ท่านต้องการรายละเอียดอะไรบ้างบนฉลาก ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

- ☐ น้ำหนักสุทธิ
- ☐ ส่วนประกอบและปริมาณที่ใช้ในการผลิต
- ☐ คุณค่าทางอาหาร
- ☐ วันที่หมดอายุ
- ☐ วิธีเก็บมูสลี่บาร์ไว้บริโภค
- ☐ ชื่อและที่อยู่ของผู้ผลิตจำหน่าย
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

6. ถ้าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ถูกนำออกจำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

- ☐ ซื้อ
- ☐ ไม่ซื้อ เพราะ.....

7. ถ้าท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ เหตุผลใดที่ท่านใช้ในการตัดสินใจซื้อ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ รสชาติ/ลักษณะโดยรวมดี
- ☐ สามารถพกพาไปที่ต่าง ๆ ได้สะดวก
- ☐ มีคุณค่าทางอาหาร
- ☐ บริโภคได้ง่าย

8. ถ้าท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ท่านจะซื้อบ่อยแค่ไหน

- ☐ สัปดาห์ละครั้ง
- ☐ สองสัปดาห์ครั้ง
- ☐ เดือนละครั้ง
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

9. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ควรวางจำหน่ายที่ใด

- ☐ ซูปเปอร์มาร์เก็ต
- ☐ ร้านสะดวกซื้อ
- ☐ ร้านค้าย่อยทั่วไป
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

10. ถ้าท่านซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์มาแล้ว ท่านจะเก็บไว้ที่ใด

- ☐ ในตู้เย็น
- ☐ นอกตู้เย็น

11. ถ้าท่านมีคำแนะนำเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ตัวอย่าง โปรดชี้แจงด้วยจะเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

_____

_____

_____

_____

_____

ขอขอบพระคุณอย่างมากที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการกรอกแบบสอบถามนี้ ข้อมูลที่ได้รับจากท่านนับว่ามีประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทร. (053) 948230

แบบทดสอบผลิตภัณฑ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มูสลี่บาร์ที่ท่านได้ชิมนี้เป็นมูสลี่บาร์ตัวอย่างสำหรับการศึกษา (หรือ.- ที่จะมีการผลิตออกจำหน่ายในวันข้างหน้า) ใคร่ขอรบกวนถามข้อคิดเห็นบางประการ โปรดตอบคำถามทุกข้อต่อไปนี้ โดยไม่ต้องเกรงใจเจ้าของมูสลี่บาร์

1. โปรดกรอกข้อมูลเกี่ยวกับท่าน

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ ☐ 15-20 ปี ☐ 21-30 ปี
☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี
☐ มากกว่า 50 ปี

1.3 รายได้ของท่านต่อเดือน

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท
☐ 5,000 – 10,000 บาท
☐ 10,000 – 15,000 บาท
☐ มากกว่า 15,000 บาท

1.4 อาชีพ

☐ นักเรียนในโรงเรียน
☐ นักศึกษาวิทยาลัยครู หรือมหาวิทยาลัย
☐ รับราชการ
☐ ทำงานในบริษัทเอกชน
☐ ทำงานส่วนตัว
☐ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

2. โปรดให้คะแนนระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ท่านกำลังทดสอบชิมโดยให้คะแนนระดับความชอบของแต่ละลักษณะดังนี้

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉย ๆ 4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

คำอธิบายลักษณะของมูสลี่บาร์มีดังนี้

สีของมูสลี่บาร์ พิจารณาจากสีของผลิตภัณฑ์โดยรวมของชิ้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นสีเหลืองส้ม อันเนื่องมาจากผักและผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบ

ความเป็นเนื้อเดียวกันของมูสลี่บาร์ พิจารณาจากส่วนผสมของผักผลไม้ทุกชนิดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นของผลิตภัณฑ์ ไม่มีลักษณะเป็นรูพรุนหรือเป็นโพรงอากาศไม่มีลักษณะ

กลิ่นผักผลไม้ พิจารณาจากกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ควรมีกลิ่นของผักและผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ไม่ควรมีกลิ่นแปลกปลอมอื่น ๆ เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว

ความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์ พิจารณาจากการกัดและเคี้ยว ผลิตภัณฑ์สามารถกัดให้ขาดได้ ไม่เหนียวมากเกินไปไม่แห้งแข็ง

รสหวานของมูสลี่บาร์ ผลิตภัณฑ์ควรมีรสหวานพอเหมาะ อันเนื่องมาจากการแช่ผักในสารละลายที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบและรสหวานของผลไม้

รสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์ ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว อันเนื่องมาจากการเติมกรดซิตริค และรสเปรี้ยวตามธรรมชาติของผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบ

ความชอบโดยรวม เป็นการประเมินผลความชอบ และการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาจากคุณลักษณะทั้ง 6 ลักษณะ

โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับคะแนนที่ท่านเห็นว่าตรงกับความรู้สึกของท่าน

ลักษณะของมูสลี่บาร์ที่เราต้องการให้ท่านทดสอบทางประสาทสัมผัส	ระดับคะแนน				
	1 ไม่ชอบมาก	2 ไม่ชอบ	3 เฉย ๆ	4 ชอบ	5 ชอบมาก
สีของมูสลี่บาร์					
ความเป็นเนื้อเดียวกันของมูสลี่บาร์					
กลิ่นผักผลไม้					
ความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์					
รสหวานของมูสลี่บาร์					
รสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์					
ความชอบรวม					

ขอขอบคุณอย่างมากในการที่ท่านสละเวลาอันมีค่าของท่านเพื่อกรอกแบบทดสอบนี้ ความช่วยเหลือของท่านในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขอขอบคุณท่านอีกครั้งหนึ่ง

การดำเนินการทดสอบ

ผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผลิตตามสูตรและกระบวนผลิตที่เหมาะสม บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน จากนั้นนำไปให้ผู้บริโภคทำการทดสอบ โดยสุ่มกลุ่มผู้บริโภคกระจายตามเพศ อายุ อาชีพในสถานที่ต่าง ๆ ภายในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ดังนี้

1. สวนสุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ห้างสรรพสินค้ากาดสวนแก้ว
3. เทสโก้ โลตัส
4. หอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. สถานีขนส่งอาเขต

วิธีการทดสอบ ทำโดย แจกตัวอย่างผลิตภัณฑ์พร้อมกับแบบสอบถาม จากนั้นอธิบายให้ผู้บริโภคเข้าใจถึงการประเมินผลิตภัณฑ์ และรอรับแบบสอบถามคืนเมื่อกรอกเสร็จ

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการดำเนินการทดสอบแล้ว ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะถูกรวบรวมและจำแนกรายละเอียดที่ผู้บริโภคแต่ละคนที่ให้ข้อมูลในแบบสอบถาม แล้วนำมาคำนวณเป็นร้อยละของคำตอบที่ผู้บริโภคทั้งหมดให้ข้อมูลในแต่ละคำถาม

ผลการประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

จากการประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ทางด้านสี ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นผักผลไม้ ความนุ่มเหนียว รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม สามารถสรุปได้ดังนี้

ด้านสี พบว่า ผู้บริโภคที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ ร้อยละ 35.18 ให้ความเห็นว่า สีของมูสลี่บาร์ยังไม่ดึงดูดเท่าที่ควร ในขณะที่ผู้บริโภค ร้อยละ 33.33 ให้ความเห็นว่า ชอบในสีสันของมูสลี่บาร์ที่เป็นอยู่ ผู้บริโภคบางส่วน ร้อยละ 31.48 ที่ไม่ชอบสีของมูสลี่บาร์ให้ความเห็นว่าสีสันโดยรวมของผลิตภัณฑ์เข้มเกินไป ทำให้ไม่น่ารับประทาน

ตารางที่ 65 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านสีของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	7.41
ไม่ชอบ	24.07
เฉย ๆ	35.18
ชอบ	33.33
ชอบมาก	0.00

ความเป็นเนื้อเดียวกัน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 44.44 กล่าวว่า รู้สึกเฉย ๆ ต่อลักษณะด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน รองลงมา ร้อยละ 29.63 ให้ความเห็นว่าชอบในลักษณะที่เป็นอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้บริโภคส่วนน้อย เพียงร้อยละ 25.92 ที่ไม่ชอบลักษณะดังกล่าว

ตารางที่ 66 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	3.70
ไม่ชอบ	25.92
เฉย ๆ	44.44
ชอบ	27.78
ชอบมาก	1.85

กลิ่นผักผลไม้ พบว่า ผู้บริโภคชอบลักษณะด้านกลิ่นผักผลไม้ของมูสลี่บาร์มากที่สุด คือร้อยละ 46.29 รองลงมา ร้อยละ 27.78 กล่าวว่า กลิ่นผักผลไม้ในผลิตภัณฑ์ยังไม่ดึงดูดเท่าที่ควร ขณะที่ผู้บริโภคที่เหลือร้อยละ 24.07 ที่ให้ความเห็นว่าไม่ชอบกลิ่นของมูสลี่บาร์ เนื่องจากกลิ่นแรงเกินไป และมีกลิ่นอื่น ๆ แปลกปลอม

ตารางที่ 67 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านกลิ่นผักผลไม้ของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	1.85
ไม่ชอบ	22.22
เฉย ๆ	27.78
ชอบ	42.59
ชอบมาก	3.70

ความนุ่มเหนียว ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 35.18 รู้สึกเฉย ๆ ต่อความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์ และร้อยละ 31.48 รู้สึกไม่พอใจลักษณะความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์ กล่าวคือ ชิ้นผักและผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์แข็งหรือเหนียวเกินไป อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคร้อยละ 33.33 รู้สึกพอใจต่อลักษณะความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์

ตารางที่ 68 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านความนุ่มเหนียวของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	0.00
ไม่ชอบ	31.48
เฉย ๆ	35.18
ชอบ	29.63
ชอบมาก	3.70

รสหวาน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 53.70 รู้สึกพอใจรสหวานของมูสลี่บาร์ และร้อยละ 11.11 ไม่พอใจรสหวานของมูสลี่บาร์ ส่วนร้อยละ 33.33 รู้สึกเฉย ๆ ต่อลักษณะนี้

ตารางที่ 69 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านรสหวานของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	0.00
ไม่ชอบ	11.11
เฉย ๆ	33.33
ชอบ	50.00
ชอบมาก	3.70

รสเปรี้ยว ผู้บริโภคร้อยละ 38.88 พอใจต่อรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ซึ่งมีปริมาณร้อยละใกล้เคียงกับผู้บริโภคที่รู้สึกเฉย ๆ ต่อรสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์ คือร้อยละ 37.04 และผู้บริโภคร้อยละ 22.22 ไม่พอใจต่อรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 70 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านรสเปรี้ยวของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	1.85
ไม่ชอบ	20.37
เฉย ๆ	37.04
ชอบ	35.18
ชอบมาก	3.70

ความชอบโดยรวม ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 46.30 ให้ความเห็นว่าชอบในลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ซึ่งแสดงถึงการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 33.33 รู้สึกเฉย ๆ ผู้บริโภคที่เหลือร้อยละ 20.37 กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากไม่ชอบในลักษณะใดลักษณะหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นหรือรสชาติ

ตารางที่ 71 ผลการสำรวจความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมของมูสลี่บาร์

ระดับความชอบ	ร้อยละ
ไม่ชอบมาก	5.56
ไม่ชอบ	14.81
เฉย ๆ	33.33
ชอบ	40.74
ชอบมาก	5.56

ผลการทดสอบผู้บริโภค

จากผลการทดสอบผู้บริโภคสามารถสรุปได้ดังนี้

ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ผู้บริโภคได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงได้ดังตารางที่ 72 พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 28.33 มีความเห็นว่ามูสลี่บาร์เป็นผลิตภัณฑ์แปลก ไม่เคยเห็นมาก่อน และผู้บริโภคร้อยละ 20 ที่มีความเห็นว่ามูสลี่บาร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าจะมีประโยชน์ในด้านโภชนาการ เนื่องจากส่วนประกอบที่มีอยู่ในมูสลี่บาร์ส่วนใหญ่เป็นผักและผลไม้ ซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่

ตารางที่ 72 ผลการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ทัศนคติ	ร้อยละ
เป็นผลิตภัณฑ์แปลก	28.33
เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่	25.00
มีประโยชน์ด้านโภชนาการ	20.00
สามารถใช้เป็นของฝาก	14.17
เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่ารับประทานเป็นของว่างคล้ายของขบเคี้ยว	11.67
อื่น ๆ ได้แก่ อยากลอง	0.833

ผู้บริโภคต้องการให้ผลไม้และผักที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ อยู่ในลักษณะต่อไปนี้

ผลการสำรวจลักษณะของผักและผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบของมูสลี่บาร์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 21.88 ต้องการให้มูสลี่บาร์มีชิ้นผักและผลไม้รวมกันเป็นเนื้อเดียว และมีการรวมตัวของผักและผลไม้อัดเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนประกอบอื่น ๆ ไม่แยกตัวเป็นชิ้น ๆ ผู้บริโภคร้อยละ 19.79 ต้องการให้ผักและผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบยังคงสภาพเดิมตามธรรมชาติ กล่าวคือ ยังสามารถมองเห็นผักและผลไม้เป็นชิ้น ๆ และจากการสำรวจข้อมูล แสดงให้เห็นว่า มีผู้บริโภคร้อยละ 13.54 ที่ต้องการให้มูสลี่บาร์มีส่วนประกอบของผลไม้มากกว่าผัก

ตารางที่ 73 ผลการสำรวจลักษณะของผักและผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการ

ลักษณะ	ร้อยละ
ต้องรวมกันเป็นเนื้อเดียว	21.88
ให้มีการเกาะตัวของผักผลไม้แน่นกับส่วนผสมอื่น ๆ	21.88
มองเห็นสภาพชิ้นผักผลไม้	19.79
อยากให้ผักผลไม้มีสรสรรต่าง ๆ	15.63
อยากให้มีปริมาณผลไม้มากกว่าผัก	13.54
อยากให้มีปริมาณผักมากกว่าผลไม้	7.29

รูปร่างของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการ

ผลการสำรวจผู้บริโภคเกี่ยวกับรูปร่างของมูสลี่บาร์ พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 43.14 ต้องการให้มูสลี่บาร์มีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนผู้บริโภคร้อยละ 29.41 ต้องการให้มูสลี่บาร์มีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และร้อยละ 17.65 ต้องการให้มีรูปร่างอื่น เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสัตว์ ทรงกลม เป็นต้น

ตารางที่ 74 ผลการสำรวจรูปร่างของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการ

รูปร่าง	ร้อยละ
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	43.14
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	29.41
วงกลม	27.45
อื่น ๆ เช่น สามเหลี่ยม รูปสัตว์ ทรงกลม	17.65

ลักษณะการบรรจุและรายละเอียดของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการ

ผลการสำรวจลักษณะการบรรจุและรายละเอียดของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 22.41 ต้องการให้บรรจุเป็นแท่งเดี่ยว ๆ ในถุงสุญญากาศ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้บริโภคคิดว่าการบรรจุแบบนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นาน ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 10.34 ต้องการให้บรรจุเป็นแท่งเดี่ยว ๆ ในถุงพลาสติกธรรมดา และเมื่อพิจารณาผลการสำรวจในแง่ของรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการให้แสดงบนฉลาก พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 19.84 ต้องการให้แสดงวันที่หมดอายุบนฉลากด้วย และร้อยละ 17.51 ต้องการให้แสดงคุณค่าทางอาหารของมูสลี่บาร์ ส่วนรายละเอียดทางด้านน้ำหนักสุทธิ และชื่อ ที่อยู่ของผู้ผลิต ผู้บริโภคร้อยละ 14.78 ต้องการให้แสดงบนฉลากผลิตภัณฑ์ จากการสำรวจข้อมูลในด้านนี้ ชี้ให้เห็นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เล็งเห็นความสำคัญในด้านความปลอดภัยเมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์ โดยจะพิจารณาจากรายละเอียดที่แสดงบนฉลากก่อนที่จะตัดสินใจเลือกซื้อ

ตารางที่ 75 ผลการสำรวจลักษณะการบรรจุของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการ

ลักษณะการบรรจุ	ร้อยละ
เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงสุญญากาศ	22.41
เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์	20.69
เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงสุญญากาศ แล้วบรรจุในกล่อง กล่องละ 4 แท่ง	20.69
เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงพลาสติกธรรมดา แล้วบรรจุในกล่อง กล่องละ 4 แท่ง	13.79
เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วบรรจุในกล่อง กล่องละ 4 แท่ง	12.07
เป็นแท่งเดี่ยว ๆ บรรจุถุงพลาสติกธรรมดา	10.34

ตารางที่ 76 ผลการสำรวจรายละเอียดของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการให้แสดงบนฉลากผลิตภัณฑ์

รายการ	ร้อยละ
วันที่หมดอายุ	19.84
คุณค่าทางอาหาร	17.51
ส่วนประกอบและปริมาณที่ใช้ในการผลิต	16.73
น้ำหนักสุทธิ	14.78
ชื่อและที่อยู่ของผู้ผลิตจำหน่าย	14.78
อื่น ๆ ได้แก่	
-วัน เดือน ปีที่ผลิต	1.17
-เลขทะเบียน อย.	0.78
-ระบุว่าใส่สารกันบูดหรือไม่	0.39

ดรรชนีในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ผลการสำรวจผู้บริโภคในแง่ของการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ แสดงดังตารางที่ 77 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 61.11 จะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ และผู้บริโภคร้อยละ 1.85 ยังตัดสินใจไม่ได้ว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์หรือไม่ ส่วนเหตุผลในการเลือกซื้อผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 39 ให้เหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เพราะว่ามีคุณค่าทางโภชนาการ ในขณะที่ร้อยละ 19 เลือกซื้อเพราะรสชาติและลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ รวมทั้งสะดวกในการบริโภค และพกพาไปที่ต่าง ๆ ได้ และผลจากการสำรวจความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงในตารางที่ 79 ผู้บริโภคร้อยละ 24 คิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์บริโภคสองสัปดาห์ครั้ง และมีผู้บริโภคเพียงร้อยละ 2 ที่จะบริโภคมูสลี่บาร์ทุกวัน

ตารางที่ 77 ผลการสำรวจการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของผู้บริโภค

การตัดสินใจ	ร้อยละ
ซื้อ	61.11
ไม่ซื้อ	31.48
ไม่แน่ใจ	1.85

ตารางที่ 78 ผลการสำรวจเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของผู้บริโภค

เหตุผล	ร้อยละ
มีคุณค่าทางอาหาร	39.00
บริโภคได้ง่าย	23.00
รสชาติ ลักษณะโดยรวมดี	19.00
สามารถพกพาไปที่ต่าง ๆ ได้สะดวก	19.00

ตารางที่ 79 ผลการสำรวจความถี่ในการซื้อผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ความถี่	ร้อยละ
สองสัปดาห์ครั้ง	24.00
สัปดาห์ละครั้ง	20.00
เดือนละครั้ง	14.00
น้อยกว่าเดือนละครั้ง	2.00
ทุกวัน	2.00
อื่น ๆ ได้แก่	
- ถ้าอยากรับประทาน	24.00
- แล้วแต่โอกาส	10.00
- ขึ้นอยู่กับราคา	2.00
- ไม่แน่ใจ	2.00

สถานที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 43.29 เห็นว่าควรวางจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เก็ตและมีร้อยละ 28.87 ที่เห็นว่าควรวางจำหน่ายในร้านค้าทั่วไป เพื่อความสะดวกในการซื้อเมื่อต้องการบริโภค

ตารางที่ 80 ผลการสำรวจสถานที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์

สถานที่	ร้อยละ
ซุปเปอร์มาร์เก็ต	43.29
ร้านค้าย่อยทั่วไป	28.87
ร้านสะดวกซื้อ	27.84

การเก็บผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของผู้บริโภคหลังจากที่ตัดสินใจเลือกซื้อ

ผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 81.25 จะเก็บผลิตภัณฑ์ในตู้เย็น ทั้งนี้เป็นเพราะผู้บริโภคเห็นว่าผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์มีส่วนประกอบเป็นผักและผลไม้ ซึ่งโดยปกติตามธรรมชาติผักและผลไม้จะเก็บได้ไม่นานเมื่อเก็บนอกตู้เย็น และมีผู้บริโภคร้อยละ 18.75 ที่จะเก็บมูสลี่บาร์นอกตู้เย็น

ตารางที่ 81 ผลการสำรวจการเก็บผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ของผู้บริโภคหลังจากที่ตัดสินใจเลือกซื้อ

สถานที่เก็บ	ร้อยละ
ในตู้เย็น	81.25
นอกตู้เย็น	18.75

นอกจากข้อมูลการสำรวจผู้บริโภคในด้านทัศนคติ และลักษณะของผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ที่ผู้บริโภคต้องการ รวมทั้งพฤติกรรมการบริโภคแล้ว ผู้บริโภคยังให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มูสลี่บาร์ ซึ่งสามารถสรุปโดยรวมได้ดังนี้ คือ ควรมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส กลิ่นของผักผลไม้ และคุณค่าทางด้านโภชนาการ รวมทั้งสีของผลิตภัณฑ์ให้น่ารับประทาน และมีรสชาติตรงตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่จะแนะนำให้ลดความเปรี้ยวและความฝาดของผลิตภัณฑ์ลง ส่วนภาชนะบรรจุ ควรใช้ภาชนะบรรจุที่มีขนาดพอเหมาะกับตัวของผลิตภัณฑ์ และควรบรรจุเป็นแท่งเดี่ยว ๆ เพื่อง่ายแก่การบริโภค สามารถพกติดตัวไปได้ทุกที่ รวมทั้งตัวภาชนะบรรจุควรมีการออกแบบให้ดึงดูดใจผู้บริโภค

การเสนอแนะเพื่อการผลิตในอนาคต (Suggestion for future work)

1. เนื่องจากเวลาที่ใช้เพื่อศึกษา-ทดลอง-พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ชนิด IMF โดยใช้วัตถุดิบจากมูลนิธิโครงการหลวงดังกล่าวนี้ มีการดำเนินการทดลองในระยะเวลาค่อนข้างจำกัด แม้จะได้ข้อสรุปในข้อ 1,2 และ 3 ข้างต้นแล้วนั้น ปัจจัยในแง่การศึกษา Keeping quality เกี่ยวกับการใช้วัสดุหีบห่อที่เหมาะสม รวมไปถึงอายุการเก็บ ณ บรรยากาศต่าง ๆ ก็เป็นจุดที่สำคัญเพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพและมาตรฐานทั้งภายในประเทศและสากล เพื่อสร้างอนาคตที่สดใสในการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จึงน่าจะได้มีการศึกษาทดลองในแง่มุมดังกล่าวด้วย

2. น่าจะมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมโดยใช้วัตถุดิบผักผลไม้ที่มีการผลิตส่งเสริมภายในประเทศเพิ่มเติม นอกจากวัตถุดิบที่ทำการทดลองในงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคมากขึ้น อีกทั้งเป็นการส่งเสริมในการผลิตวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีและใช้วัตถุดิบได้ครบวงจรมากขึ้นด้วย

3. ต่อเนื่องจากข้อเสนอแนะข้อ 2 จะเห็นได้ว่าการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดที่มีการใช้สารให้ความหวานและสารปรุงรสหลายชนิด จึงน่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำสารให้ความหวานอื่นที่ให้พลังงานต่ำหรือไม่ให้พลังงานมาใช้ในการผลิต รวมทั้งมีการศึกษากระบวนการผลิตคล้าย ๆ กันนี้ เพื่อเป็นการขยายปริมาณการผลิตอาหารสุขภาพสู่ตลาดปัจจุบัน ซึ่งผู้บริโภคมีการตื่นตัวในการระมัดระวังรักษาสุขภาพมากขึ้น รวมทั้งศึกษาการใช้สารเจือปนในอาหารชนิดอื่น เพื่อเป็นข้อพิจารณาในด้านต้นทุนการผลิตและอายุการเก็บเพื่อเปรียบเทียบกับที่ได้ศึกษาในงานวิจัยอันนี้ด้วย

4. จากการทดลองนี้ กระบวนการอัดแท่งใช้การอัดด้วยแรงคน และไม่มีการใช้แท่นพิมพ์ ซึ่งอาจเป็นผลให้ความสม่ำเสมอและความแน่นของผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน ดังนั้นการผลิตในอนาคตเพื่อให้ได้ลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการอัดแท่งควรจะใช้ Block หรือเครื่องมือเฉพาะในการอัดแท่ง

5. ต่อเนื่องจากข้อเสนอแนะที่ 4 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ดี เป็นแท่งแน่น ไม่ยุ่ยขณะรับประทาน จึงน่าจะมีการศึกษาสัดส่วนของตัวเชื่อมประสานในเหมาะสมโดยใช้ผักผลไม้กึ่งแห้งจากสูตรที่เหมาะสมจากข้อสรุปที่ 3 ดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการศึกษา

บรรณานุกรม

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การวางแผนและวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. อาหารกึ่งแห้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

นรินทร์ชัย พัฒพงศา. 2537. คู่มือการปลูกไม้ผลเขตหนาวที่สำคัญ 5 ชนิด. โรงพิมพ์วิสคอมเซ็นเตอร์. กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2531. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำบัดโรค. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis (13rd edition) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Beck, C.I. 1978. Application potential for aspartame in low carorie and dietetic foods, In Low Calorie and Special Dietary Foods. Edited by Dwividi, B.K., pp.61-114. CRC Press, West Palm Beach, Fla.

Cloninger,M.R. and Baldwin, R.E. 1974. L-Aspartyl-L-phenylalanine methyl ester (aspaetame) as a sweetener. J. Food Sci., 39-347-349.

Davies, R., Birch, G.G. and Parker, K.J 1976. Intermediate Moisture Foods. Applied Science Publishers Ltd. London.

Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry. Second edition, Resvised and expanded. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.

Jayarman, K.S. 1988. In Food Preservaton by Moisture Control. Edited by Seow, C.C., Teng, T.T. and Quah, C.H. p 175. Elsevier Applied Science, London and New York.

John A. T. and Christian, J.H.B. 1978. Water Activity and Food. Academic press, London.

Lindsay, R. C. 1985. Food Additives. In Food Chemistry. Edited by Fennema, O.R. pp.654-656. Marcel Dekker, Inc. New York.

Minolta Camera. Co., Ltd. 1991. Chroma Meter CR-300/CR-310/CR-321/CR-331/CR-331C, Instruction Manual, Minolta Osaka 541, Japan.

Reginald, H.W. 1991. The Chemistry and Technology of Pectin. Academic Press , San Diego.

Walonick, D.S. 1987. Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapoils, MN.

ภาคผนวก

วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำ (Moisture Content) ตามวิธีของ AOAC, 1984

- ชั่งตัวอย่างปริมาณ 5-6 กรัม ซึ่งบดละเอียดโดยเครื่องปั่นที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 2 นาทีลงใน Moisture can ที่ผ่านการอบแห้ง ณ อุณหภูมิ 100° C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน Desiccator จากนั้นบันทึกน้ำหนักของ Moisture can
- อบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 101 – 105° C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
- ทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
- คำนวณหาปริมาณน้ำจากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปหลังจากให้ความร้อน(กรัม)}\times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

วิธีการตรวจวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ

1. การตรวจวัดค่าสีระบบ Hunter (L, a*, b* color) Minolta camera Hd., 1991

- ค่าสีในรูปค่าสีฮันเตอร์ (Hunter values ; color L, a*, b*) โดยที่ค่าสี เป็นค่าของความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดง (Redness) และ b* เป็นค่าสีเหลือง (Yellowness)
- บดตัวอย่างละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 2 นาที นำไปวัดค่าสี L, a*, b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta camera ; Model CR 300 ที่เซ็ตระบบการวัดให้อ่านค่าเป็นระบบสี Hunter ซึ่งต้องทำการ Standardized ทุกครั้งโดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ; illuminant D65 10° ; Z = 94.10, X = 0.3157, Y = 0.3324) กับแผ่น Aperture ขนาด 50 mm. โดยทำการวัด 5 ซ้ำ

2. การตรวจวัดค่าแรงเฉือน (Shear force) ตามวิธีของ Instron coperation, 1993

นำผลิตภัณฑ์ผักผลไม้กึ่งแห้งรูปแบบแท่ง มาตัดให้มีขนาด 1x2x2.5 cm. ทำการวัด 5 ซ้ำ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Instron series 5565 ซึ่งทำการเซ็ตอุปกรณ์ของเครื่อง Instron series สำหรับวัดค่าแรงเฉือน โดยตั้งอัตราเร็วในการเฉือน 200 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางในการกดลงเฉือนเท่ากับ 1 เซนติเมตร แรงกระทบกลับร้อยละ 40 วัดออกมาเป็นค่าของ Shear peak load ในหน่วยของนิวตัน

3. การตรวจวัดค่าน้ำอิสระ (Water Activity)

บดตัวอย่างละเอียดโดยใช้เครื่องปั่น ที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 2 นาที นำมาวัดค่าน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดค่าน้ำอิสระ Novasina : AWC 200 Operating Instruction Switzerland โดยก่อนการวัดจะต้องทำการ Warm up เครื่องมือก่อน แล้วทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ต่อไปนี้ขอยกตัวอย่างแบบฟอร์มการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผักกึ่งแห้งที่มีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้เทคนิค Ideal ratio profile ซึ่งในการดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งผัก และผลไม้กึ่งแห้งได้ใช้วิธีการดังกล่าวนี้ทั้งสิ้น

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

การจำแนกลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง

ชื่อ..... วันที่...../...../.....

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาคือ แครอทอบแห้ง โดยนำแครอทมาหั่นเป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1X1 เซนติเมตร แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้แห้งจนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีลักษณะของผักกึ่งแห้ง (IMF)

โปรดเขียนคำที่ท่านอยากอธิบายลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์ และลักษณะที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดเครื่องหมาย I ในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆของผลิตภัณฑ์น่าจะเป็นตำแหน่งในอุดมคติของลักษณะนั้น ๆ

1. ลักษณะที่ปรากฏ

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

2. กลิ่นและรสชาติ

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

..... |—————————————————————| .....

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

การจำแนกลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง

ชื่อ..... วันที่...../...../.....

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาคือ ฟักทองญี่ปุ่นอบแห้ง โดยนำฟักทองญี่ปุ่นมาหั่นเป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1X1 เซนติเมตร แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้แห้งจนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีลักษณะของผักกึ่งแห้ง (IMF)

โปรดเขียนคำที่ท่านอยากอธิบายลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์ และลักษณะที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดเครื่องหมาย I ในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆของผลิตภัณฑ์น่าจะเป็นตำแหน่งในอุดมคติของลักษณะนั้น ๆ

1. ลักษณะที่ปรากฏ

..... —————————————

....

..... —————————————

....

..... —————————————

....

..... —————————————

....

2. กลิ่นและรสชาติ

..... —————————————

....

..... —————————————

....

..... —————————————

....

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

..... —————————————

....

..... —————————————

....

..... —————————————

....

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์

การจำแนกลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง

ชื่อ..... วันที่...../...../.....

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาคือ กะหล่ำดอกอบแห้ง โดยนำกะหล่ำดอกมาหั่นเป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1X1 เซนติเมตร แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้แห้งจนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีลักษณะของผักกึ่งแห้ง (IMF)

โปรดเขียนคำที่ท่านอยากอธิบายลักษณะต่าง ๆของผลิตภัณฑ์ และลักษณะที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะที่สำคัญที่ควรคำนึงถึงในผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดเครื่องหมาย I ในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้น ๆของผลิตภัณฑ์น่าจะเป็นตำแหน่งในอุดมคติของลักษณะนั้น ๆ

1. ลักษณะที่ปรากฏ

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

2. กลิ่นและรสชาติ

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

..... |——————————————————————| .....

ผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้ง

แครอทกึ่งแห้ง คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดแต่งแครอทให้มีขนาดชิ้น 1X1X1 เซนติเมตร ผ่านการลวก แช่ในสารละลายแล้วนำไปทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกึ่งแห้ง มีความชื้นร้อยละ 45-55 ค่า Aw ประมาณ 0.65-0.75 ผลิตภัณฑ์รับประทานได้ทันที หรือนำไปแปรรูปผสมในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดแต่งฟักทองญี่ปุ่นให้มีขนาดชิ้น 1X1X1 เซนติเมตร ผ่านการลวก แช่ในสารละลายแล้วนำไปทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกึ่งแห้ง มีความชื้น ร้อยละ 45-55 ค่า Aw ประมาณ 0.65-0.75 ผลิตภัณฑ์รับประทานได้ทันที หรือนำไปแปรรูปผสมในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตัดแต่งและหั่นกะหล่ำดอกเป็นชิ้นๆ ยาวและหนาเป็น 3.5 และ 1 เซนติเมตร ตามลำดับ ผ่านการลวก แช่ในสารละลายแล้วนำไปทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกึ่งแห้ง มีความชื้น ร้อยละ 45-55 ค่า Aw ประมาณ 0.65-0.75 ผลิตภัณฑ์รับประทานได้ทันที หรือนำไปแปรรูปผสมในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

คำอธิบายประกอบการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

คุณลักษณะที่ใช้ในการพิจารณาและอธิบายประกอบการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ผักกึ่งแห้งทั้งสามชนิด มีดังต่อไปนี้

1. สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์

สีแครอทกึ่งแห้ง : พิจารณาสีของผลิตภัณฑ์แครอทกึ่งแห้ง ควรมีสีส้ม-ส้มแดงโดยธรรมชาติ ไม่ควรมีสีซีด สีน้ำตาล หรือคราบไหม้จากกระบวนการทำแห้ง

สีฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง : พิจารณาสีของผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นกึ่งแห้ง ควรมีสีเหลือง-เหลืองเข้มโดยธรรมชาติ ไม่ควรมีสีซีด สีเขียวของเปลือกฟักทองหรือคราบไหม้จากกระบวนการทำแห้ง

สีกะหล่ำดอกกึ่งแห้ง : พิจารณาสีของผลิตภัณฑ์กะหล่ำดอกกึ่งแห้ง ควรมีสีขาว-เขียวโดยธรรมชาติ ไม่ควรมีสีซีดหรือเข้มมากเกินไป และไม่ควรมีคราบไหม้จากกระบวนการทำแห้ง

2.กลิ่นของผักกึ่งแห้ง

พิจารณาจากกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ควรมีกลิ่นรสใกล้เคียงกับธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ

3.กลิ่นแปลกปลอม

ผลิตภัณฑ์ไม่ควรมีกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ ที่นอกเหนือจากกลิ่นเฉพาะของผักนั้นๆ เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นสารเคมี เป็นต้น

4. รสหวาน

ผลิตภัณฑ์ควรมีรสหวานพอเหมาะอันเนื่องจากการแช่ในสารละลายที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบ

5. ความเหนียวของเนื้อผัก

พิจารณาจากการกัดและเคี้ยวผลิตภัณฑ์ สามารถกัดให้ขาดได้ ไม่เหนียวมากเกินไปหรือกัดขาดง่ายเกินไป

6.ความกรอบของเนื้อผัก

พิจารณาจากการกัดและเคี้ยวผลิตภัณฑ์มีลักษณะใกล้เคียงกับการรับประทานผักสดและไม่เหี่ยวแห้งจนเกินไป

7.ความนุ่มของเนื้อผัก

พิจารณาจากการกัดและเคี้ยวผลิตภัณฑ์จะใช้แรงในการกัดและเคี้ยวไม่มากนัก ผลิตภัณฑ์ไม่แข็งหรือนิ่มเละเกินไป

8.ความชอบโดยรวม

เป็นการประเมินผลความชอบและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะทั้ง 7 ลักษณะข้างต้น