การพัฒนาการผลิตแยมพลับดัดแปลง

DEVELOPMENT OF MODIFIED PERSIMMON – JAM

รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี
นางสาว พวงทอง ใจสันติ
นาง จิตรา กลิ่นหอม
นาย ณัฐพงษ์ เขื่อนพันธ์

โครงการหลวง

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2543

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาการผลิตแยมพลับดัดแปลงนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนต่อเนื่อง 2 ปีคือ ปีงบประมาณ 2541-2542 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการให้การสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล เจ้าหน้าที่ ในองค์กรต่างๆของหน่วยราชการต่างๆ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอดดังนี้

- มูลนิธิโครงการหลวง อาหารสำเร็จรูป มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินการไปได้ด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ แนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวงคณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญเรื่อง	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 คำนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 จุดมุ่งหมายในการวิจัย	17
บทที่ 4 การวางแผนการทดลอง	18
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล	27
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	99
เอกสารอ้างอิง	103
ภาคผนวก	106

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงได้ถูกพัฒนาขึ้นตามขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การศึกษาเบื้องต้นถึงลักษณะที่สำคัญของแยมพลับดัดแปลง พบว่าลักษณะที่ผู้บริโภคบ่งชี้ว่าเป็นลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สีที่ปรากฏ ปริมาณเนื้อพลับ การกระจายตัวของเนื้อพลับ ความใสของแยม ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยม ความเหนียวของเนื้อพลับ กลิ่นของพลับ รสหวาน และรสเปรี้ยว

จากการศึกษาสัดส่วนของน้ำ เนื้อพลับ (P_3) ตีป่น และเนื้อพลับ (P_2) หั่นเป็นเส้น พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลงคือ ต้องใช้น้ำร้อยละ 31.09 เนื้อพลับตีป่นร้อยละ 34.57 และเนื้อพลับหั่นเป็นเส้นร้อยละ 34.34

นอกจากนี้ปัจจัยหลักสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของแยมพลับดัดแปลง ได้แก่ Modified starch , Mixed gum ,น้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50) ส่วนสารละลายสีเหลืองซันเซทเยลโล (ความเข้มข้นร้อยละ1) และสารละลายกลิ่น $S_{720}B$เป็นปัจจัยรองที่ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากนัก และใช้ในปริมาณร้อยละ 0.60 และ 1.50 ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยหลักที่สำคัญ ได้แก่ Modified starch , Mixed gum , น้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค ได้ถูกนำมาศึกษาในรายละเอียดถึงปริมาณที่เหมาะสมที่ใช้ในสูตรการผลิตแยมพลับดัดแปลงให้มีคุณภาพที่ดีนั้น พบว่า จะต้องใช้ปริมาณ Modified starch และ Mixed gum ในปริมาณร้อยละ 1.00 และ 0.60 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของน้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริคที่เหมาะสมในสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์นี้ควรเป็นร้อยละ 38.00 และ 0.90 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม กระบวนการที่เหมาะสมต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เวลาที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลงเท่ากับ 7 นาที ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จะทำให้แยมพลับดัดแปลงมีคุณภาพที่ดี กล่าวคือ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม อีกทั้งปริมาณเชื้อยีสต์และราเท่ากับ 10 โคโลนีต่อกรัม

คุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงจากการใช้สูตรการผลิต และกระบวนการที่เหมาะสม พบว่า คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 52.14 ปริมาณน้ำอิสระ (A_w) เท่ากับ 0.910 ปริมาณเถ้าทั้งหมดร้อยละ 8.97 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 3.53 ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดซิตริคร้อยละ 0.29 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 46.5 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ร้อยละ 4.77 ปริมาณน้ำตาลซูโครสร้อยละ 22.38 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ร้อยละ27.15 ส่วนคุณภาพทางด้านกายภาพได้แก่ ค่าสีที่ปรากฏของแยมพลับดัดแปลงจะเป็นสีส้มแดง-เหลืองที่มีค่า L a* b* เป็น 39.31 , 26.02 และ 18.72 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงยังมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ดี กล่าวคือมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า10 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณเชื้อยีสต์และราเท่ากับ 10 โคโลนีต่อกรัม อีกทั้งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่คิดเป็นค่า Mean ideal ratio score ดังนี้ ค่าสีที่ปรากฏ (1.04 $\pm$ 0.12) ค่าปริมาณเนื้อพลับ (0.99 $\pm$ 0.13) ค่าการกระจายตัวของเนื้อพลับ (1.00 $\pm$ 0.07) ค่าความใสของแยม (0.96 $\pm$ 0.13) ค่าความนุ่มเนื้อของแยม (0.92 $\pm$ 0.12) ค่าการแผ่กระจายตัวของแยม (0.95 $\pm$ 0.22) ค่าความเหนียวของเนื้อพลับ (1.00 $\pm$ 0.14) ค่ากลิ่นของพลับ (0.92 $\pm$ 0.13) ค่ารสหวาน (1.00 $\pm$ 0.08) ค่ารสเปรี้ยว (0.86 $\pm$ 0.20) และค่าการยอมรับโดยรวม (0.87 $\pm$ 0.16)

ABSTRACT

Modified persimmon jam product was developed by use of product development system. Preliminary study for important attributes of the product was investigated. It was found that the attributes which consumers indicated as the important ones were color, persimmon flesh content, dispersion of persimmon flesh, clearance, softness, spreading jam, toughness, flavor, sweetness and sourness.

Ratio of water, persimmon (P_3) pulp and sliced persimmon (P_2) flesh was also studied. It was found that the suitable ratio for modified persimmon jam was water (31.09%), persimmon pulp (34.57%) and sliced persimmon flesh (34.34%).

Additionally, the important main factors affecting the quality of the product were modified starch, mixed gum, sucrose and citric acid solution (50% concentration). However, a sunset yellow solution (1% concentration) and S_{720} B flavor solution were the minor factors affecting the quality of the product, and being used as amount of 0.60% and 1.50% in formulation respectively. For the main factors ; modified starch, mixed gum, sucrose and citric acid solution ; were also investigated deeply in order to optimize the suitable content used in formulation and make the good product quality. It could be concluded that the optimized of modified starch, mixed gum, sucrose and citric acid solution were 1.00%, 0.60%, 38.00% and 0.90% respectively.

However, the developed process of modified persimmon jam should be carefully considered. The time and temperature for modified persimmon jam production were 7 minutes and 95 ^{o}C respectively. This condition made the good product quality in term of microbiological aspect ; that was total bacterial content (less than 10 cfu /g) and yeast and mold (10 cfu /g).

For the final product quality, it was found that chemical quality such as moisture content was 52.14%, and also A_w(0.910), total ash (8.97%), pH (3.53), total acidity as citric acid (0.29%), total soluble solid (46.5 ^{o}Brix), reducing sugar (4.77%), sucrose (22.38%) and total sugar (27.15%). However, the physical quality of modified persimmon jam was analysed as well particularly in color appearance L a* b* (39.31, 26.02, 18.72 respectively) in fact that the product 's color was orange (red and yellow). In addition, the product had a good

microbiological quality ; total bacterial content (less than 10 cfu /g) and yeast and mold (10 cfu /g). Finally, the sensory quality of the product was also evaluated as the mean ideal ratio score. Those attributes were color (1.04±0.12), persimmon flesh content (0.99±0.13), dispersion of persimmon flesh (1.00±0.07), clearance (0.96±0.13), softness (0.92±0.12), spreading jam (0.95±0.22), toughness (1.00±0.14), flavor (0.92±0.13), sweetness (1.00±0.08), sourness (0.86±0.20) and overall acceptability (0.87±0.16).

บทที่ 1
คำนำ

ในปัจจุบันนี้การผลิตแยมโดยทั่วไปมักอยู่ในรูปของแยมผลไม้ และส่วนใหญ่มีการใช้เพคตินเป็นส่วนประกอบเพื่อให้เกิดเจล โดยมีสัดส่วนของเพคติน น้ำตาลและกรดที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล นอกจากนี้กระบวนการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง

ดังนั้นการใช้สตาร์ชดัดแปรหรือแป้งดัดแปร (Modified Starch) มาใช้ในการผลิตแยมด้วยเหตุผลที่ว่าแป้งดัดแปรอาจจะทำให้โครงสร้างของเจลในผลิตภัณฑ์แยมสามารถเกิดขึ้นได้และในสูตรผลิตภัณฑ์แยมดัดแปรนี้อาจจะไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้น้ำตาลในปริมาณสูงได้ ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์แยมที่ให้พลังงานต่ำได้อีกทางหนึ่ง สำหรับในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้แป้งดัดแปรที่ได้จากการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี Pregelatinized ร่วมกับวิธี Acid - modified ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีในด้านการทนความร้อน ทนกรดและแรงเฉือน (Shear force) นอกจากการใช้แป้งดัดแปรในผลิตภัณฑ์แยมแล้วยังมีการใช้สารให้ความคงตัว (Stabilizer) ร่วมด้วย โดยการวิจัยนี้จะใช้กัม (Gum) เป็น Stabilizer ในรูปของกัมผสม (Mixed Gum) ซึ่งผสมกันระหว่าง Guar gum , Gum karaya (Sterdulia gum) และ Gum tragacanth ในอัตราส่วน 70 : 28 : 2 ตามลำดับ โดยการผลิตจะใช้ Vacuum high - speed blender

การนำผลไม้ของมูลนิธิโครงการหลวงมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแยมผลไม้ดัดแปลงก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมา โดยเฉพาะลูกพลับยังไม่มีการผลิตออกมาในรูปแยมผลไม้ดัดแปรโดยตรง รวมทั้งพลับเป็นผลไม้ที่ให้สีที่ดีและคงตัวในการผลิตแยม รวมทั้งมีกลิ่นที่ดีต่อผู้บริโภค ซึ่งการนำเอาผลไม้ชนิดดังกล่าวมาใช้ในการผลิตแยมครั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ที่นำเอาแป้งดัดแปรมาใช้ในการผลิตแยมลูกพลับ

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ
2. ศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลง
3. ศึกษาถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง
4. พัฒนาสูตรการผลิตที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงต่อการยอมรับของผู้บริโภค
5. ศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

6. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ฟิสิกส์ และจุลชีววิทยา ของแยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

บทที่ 2

ตรวจสอบเอกสาร

ในการผลิตแยมผลไม้สิ่งสำคัญคือ ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้อันเนื่องมาจากสมดุลของน้ำตาล กรด และเพคติน (Pectin) ในผลิตภัณฑ์นั้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและโครงสร้างของผักและผลไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต (Carbonell et al., 1991) การใช้เพคตินเพื่อให้เกิดลักษณะเจลในแยมเป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งไม่เพียงแต่ทำให้คุณภาพของเนื้อสัมผัสแยมดีขึ้นแล้วยังเป็นการถนอมอาหารได้อีกด้วย นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเกิดเจลของสารประกอบเพคติน โดยทั่วไปแล้วปริมาณน้ำตาลที่สามารถทำให้เพคตินเกิดเจลได้นั้นจะใช้ในปริมาณที่น้อยหรือมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของหมู่ methoxyl ที่มีอยู่ในเพคตินนั้น กล่าวคือถ้าเพคตินที่มีหมู่ methoxyl ในปริมาณต่ำ ความต้องการน้ำตาลในการเกิดเจลจะน้อยกว่าเพคตินที่มีปริมาณหมู่ methoxyl ในปริมาณสูง (Guichard et al. , 1991) โดยทั่วไปจะต้องมีน้ำตาลอยู่ในสารละลายประมาณร้อยละ 58 - 75 จึงสามารถเกิดเจลได้ (Belitz et al. , 1987) ส่วนระดับของความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 2.7 - 3.5 และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวได้ดีที่สุดที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 3.2 ซึ่งถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ลดต่ำกว่า 2.7 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเหนียวเป็นยาง แต่ถ้าสูงกว่า 3.5 ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเหลวไม่จับตัวกัน การปรับความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์แยมสามารถใช้ในรูปของสารละลายกรดซิตริคเข้มข้นร้อยละ 25 โดยปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ในช่วง 3.1 - 3.3 (Carbonell et al. , 1991) หรืออาจใช้สารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 50 (Lesschaeve et al. , 1991) การผลิตแยมในอุตสาหกรรมทั่วไปปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดควรจะมีค่าตั้งแต่ 65 องศาบริกซ์ และมีปริมาณเนื้อผลไม้ร้อยละ 40 ขึ้นไป (Carbonell et al. , 1991) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เพื่อทำให้เกิดลักษณะที่ดีของเจลนั้น ควรจะมีค่าประมาณ 67.5 องศาบริกซ์ (Desrosier et al. , 1977)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแป้งได้มีการพัฒนาตัวเองมามากกว่า 40 ปีแล้ว เพื่อผลิตแป้งผงเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นเป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์หรือเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ (Osman ,1967; O'Dell , 1979) แป้งที่ใช้ในอาหารจะมีลักษณะการใช้ใน 2 รูปแบบคือ เป็นสารที่เรียกว่า Nutritive stabilizer และเป็นสารที่ให้ลักษณะความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะเนื้อสัมผัส ความรู้สึกทางปาก และความคงตัวแก่ผลิตภัณฑ์ (Greenwood , 1976)

แป้งได้ถูกนำมาใช้ในอาหารมากมาย ได้แก่ ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง ของหวาน นม ขนมอบ อาหารบรรจุสำเร็จ เครื่องดื่ม อาหารแช่แข็ง และอุตสาหกรรมทางยา เป็นต้น (Brautlecht ,1953 ;Osman ,1967 ; Glicksman ,1969 ; Lawrence ,1973) อย่างไรก็ตาม

บทบาทที่มีการพัฒนาตัวของการใช้แป้งในอุตสาหกรรมมีความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะการพัฒนาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน และทำให้เกิดอัตราการเจริญเติบโตของเทคโนโลยีการพัฒนาอาหารแบบใหม่อย่างรวดเร็ว เช่นอาหารประเภท Convenience foods คุณสมบัติพื้นฐานของแป้งหลายประการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารได้รับการพัฒนาอย่างมากมาย โดยเฉพาะการพัฒนาแป้งให้มีคุณสมบัติทางด้านความคงตัวต่อความร้อน ความคงตัวต่อแรงทางกายภาพ และความคงตัวต่อกรด ซึ่งในอุตสาหกรรมต่างมีความต้องการในคุณสมบัติเดียวหรือคุณสมบัติหลาย ๆ อย่างรวมกันก็เป็นได้

ในการพัฒนาคุณสมบัติของแป้งจะเป็นการนำแป้งที่มีลักษณะข้นหนืดทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางอย่างที่ FDA กำหนดให้ใช้ ปฏิกิริยาที่สำคัญของการพัฒนาคุณสมบัติของแป้งคือการเพิ่มกลุ่มทางเคมีบางอย่างเข้าไปทดแทนโครงสร้างในแป้งบางส่วน ปกติสารเคมีที่ใช้จะมีอยู่ 2 รูปแบบ กล่าวคือเป็นแบบ Monofunctional reagents และ Di - or Polyfunctional reagents จำนวนกลุ่มของสารเคมีที่ปรากฏในโครงสร้างของแป้งจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทาง Rheology ของแป้งได้ (Kerr , 1950) สารเคมีในกลุ่มที่เป็น Monofunctional reagents จะทำปฏิกิริยากับหมู่ Hydroxyl groups ของน้ำตาล และเปลี่ยนคุณสมบัติทาง Polarity บางครั้งทำให้เกิดอิออนและมีผลต่อคุณสมบัติทาง Rheology ของแป้ง โดยทั่วไปแป้งที่ทดแทนด้วยกลุ่มของ Monofunctional reagents นี้จะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการพองตัวของแป้งลดลง เพิ่มความใสให้กับแป้ง ลดการฟอร์มเจล และปรับปรุงคุณสมบัติ Freeze thaw และการอุ้มน้ำของแป้ง โดยปกติสารเคมีในกลุ่ม Monofunctional reagents ที่ใช้ในแป้งที่ใช้ในอาหารจะเป็นพวก Acetic anhydride และ Propylene oxide (Moore et al. , 1984)

สารเคมีในกลุ่มที่เป็น Di - or Polyfunctional reagents มีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ในการพัฒนาแป้งเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สารเคมีดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่ม Hydroxyl groups ในแป้งและฟอร์มพันธะไขว้ระหว่าง Polymer chains การเกิด Cross - linking นี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้ง โดยเพิ่มอุณหภูมิของการเกิด Pasting หรือการพองตัว ให้ความคงตัวในการพองตัวของอนุภาคระหว่างการให้ความร้อน เพื่อให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและความรู้สึกทางปากที่ต้องการของผู้บริโภค ทำให้เพิ่มและ/หรือเกิดความคงตัวในด้านความหนืดในผลิตภัณฑ์ที่มีสภาพความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ ปรับปรุงคุณสมบัติทางด้าน Freeze thaw การอุ้มน้ำ และสามารถลดความใสของแป้ง Pastes ได้ สารเคมีที่ปกติมักใช้ในการทำ Cross - linking แป้งนี้มักจะเป็นพวก Phosphoryl chloride (Phosphorus oxychloride) และ Epichlorohydrin (Moore et al. , 1984)

การพัฒนาแป้งเพื่อใช้ในอาหารอีกประเภทหนึ่งได้แก่การทำการพัฒนาแป้งโดยทำ Acid - catalyzed hydrolysis ซึ่งทำให้โครงสร้างโมเลกุลของแป้งสั้นลง การพัฒนานั้นเพื่อให้แป้งสามารถนำไปใช้ในการลดความหนืดขณะร้อน และปรับปรุงคุณสมบัติทาง Adhesive properties แป้งที่ได้นี้ในอุตสาหกรรมอาหารมักเรียกว่า Thin - boiling starches ปกติมัก

ผลิตมาจากแป้งข้าวโพด แป้งนี้จะมีค่าความหนืดที่ต่ำขณะร้อน และจะพัฒนาตัวเองให้เกิดลักษณะเจลที่ดีเมื่อทำให้เย็น แป้งนี้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิต Candy ที่ต้องการของเหลวขณะร้อนที่ไม่หนืดมากนักใส่ลงในแบบพิมพ์และจะต้องเกิดเจล และความคงตัวของรูปร่างในเวลาต่อมา (Kruger and Rutenberg , 1967) จากข้อมูลนี้ทำให้การประยุกต์ใช้แป้งที่พัฒนาโครงสร้างใหม่แล้วเกิดขึ้นในอุตสาหกรรมมากมาย โดยมากมักจะเรียกแป้งที่ผ่านการพัฒนาโครงสร้างมาแล้วนี้ว่า แป้งดัดแปรหรือสตาร์ชดัดแปร (Modified starch) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประยุกต์ใช้แป้งดัดแปรกับผลิตภัณฑ์แยมมีแนวโน้มความเป็นไปได้ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาหาแนวทางในการนำแป้งดัดแปรมาใช้ในสูตรการผลิตเพื่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งเป็นการพัฒนาสูตรการผลิตที่อาจจะใช้ปริมาณน้ำตาลที่ต่ำลงได้ รวมทั้งสามารถเลือกใช้ประเภทของน้ำตาลที่เป็นประโยชน์ได้และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

พลับ (Persimmon)

เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนแล้วแพร่ไปยังประเทศญี่ปุ่น และทวีปต่าง ๆ ในจีนและญี่ปุ่น มีการปลูกพลับมานานหลายร้อยปีแล้ว โดยเฉพาะในญี่ปุ่นพลับจัดได้ว่าเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองรองลงมาจากพืชในตระกูลส้ม

พลับ Kaki or Oriental persimmon or Japanese persimmon or Chinese persimmon *(Diospvros kaki* L.f. n = 25) มีจำนวนโครโมโซม 2n = 90 เป็นต้นไม้ประเภทไม้ผลยืนต้นหรือไม้พุ่ม ผลัดใบหรือไม่ผลัดใบ ผิวลำต้นหยาบ ใบสีเขียวเข้มรูปหัวใจ ดอกคล้ายระฆัง ดอกสีขาวถึงสีเหลืองอ่อน ดอกพลับมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย มักไม่พบดอกสมบูรณ์เพศ ดอกตัวผู้จะเกิดเป็นช่อแบบ Cymose ดอกตัวเมียจะเกิดเป็นดอกเดี่ยว รังไข่แบ่งออกเป็น 4 - 12 ช่อง ผลพลับเป็นแบบเบอร์รี่ที่มีขนาดใหญ่ มีเมล็ด 1 - 10 เมล็ด และมีกลีบเลี้ยงขนาดใหญ่ติดอยู่ที่ขั้วผล ผลพลับมีรูปร่างต่าง ๆ กันหลายอย่าง ทั้งกลม แบน เป็นเหลี่ยม หรือยาว ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์ เมื่อผลสุกเต็มที่เนื้อผลจะนิ่ม

คุณค่าทางโภชนาการของพลับ

น้ำ	(ร้อยละ)	=	78.8
พลังงาน	(แคลอรี)	=	77.0
โปรตีน	(กรัม)	=	0.7
ไขมัน	(กรัม)	=	0.4
คาร์โบไฮเดรต	(กรัม)	=	19.7
วิตามิน เอ	(I.U.)	=	2,710
วิตามิน บี 1	(มิลลิกรัม)	=	0.03
วิตามิน บี 2	(มิลลิกรัม)	=	0.02

วิตามิน บี	(มิลลิกรัม)	=	0.10
วิตามิน ซี	(มิลลิกรัม)	=	11.0

ชนิดของพลับ

การที่พลับมีการปลูกกันมานานแล้วทั้งในประเทศจีนและญี่ปุ่น ทำให้มีสายพันธุ์พลับไม่ต่ำกว่า 1000 สายพันธุ์ ซึ่งสายพันธุ์ต่างๆ เหล่านั้นมีความแตกต่างกันในด้านสีของเนื้อพลับซึ่งได้รับอิทธิพลจากการผสมเกสร โดยอาจแบ่งพลับจากความแตกต่างในด้านนี้ ออกเป็น 2 พวก คือ

1. พวกที่ได้รับการผสมเกสรแล้วสีเนื้อผลไม่เปลี่ยนแปลง พวกนี้เรียกว่า Pollination Constant

2. พวกที่ได้รับการผสมเกสรแล้วเนื้อผลอาจจะมีสีดำ พวกนี้ถ้าไม่มีเมล็ดเนื้อผลก็จะไม่เป็นสีดำ แต่ถ้ามีเมล็ดเนื้อผลจะมีสีดำ พวกนี้เรียกว่า Pollination Variant

นอกจากความแตกต่างในเรื่องสีของเนื้อผลแล้ว พลับยังแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามรสชาติคือ พลับฝาด (Astringent persimmon) และพลับหวาน (Non - astringent persimmon) ซึ่งเมื่อรวมความแตกต่างทั้ง 2 ด้านนี้เข้าด้วยกันแล้ว จะทำให้แบ่งกลุ่มพลับออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

1. Pollination Constant and Non - astringent (PCNA) พวกนี้เป็นพลับหวานที่ไม่มีจุดสีดำของ Tannin บนเนื้อผล พันธุ์ที่สำคัญ ได้แก่ Fuyu Jiro เป็นต้น

2. Pollination Variant and Non - astringent (PVNA) พวกนี้เป็นพลับหวานที่มีจุดสีดำของ Tannin บนเนื้อผล และถ้าไม่มีเมล็ดจะมีรสฝาด พันธุ์ที่สำคัญได้แก่ Shogatsu Amahyakume เป็นต้น

3. Pollination Constant and Astringent (PCA) พวกนี้เป็นพลับฝาดจะไม่มีปรากฏจุดสีดำของ Tannin บนเนื้อพลับ พันธุ์ที่สำคัญคือ Hachiya เป็นต้น

4. Pollination Variant and Astringent (PVA) พวกนี้เป็นพลับฝาดที่มีจุดสีดำของ Tannin อยู่รอบ ๆ เมล็ด พันธุ์ที่สำคัญคือ Tanenashi เป็นต้น

แป้งดัดแปร (Modified starch)

เนื่องจากการใช้ประโยชน์ของสตาร์ชที่ได้จากธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหารมีข้อจำกัด เพราะในกระบวนการแปรรูปอาหาร มีผลกระทบจากความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ และ แรงเฉือน นอกจากนี้สตาร์ชที่ได้จากธรรมชาติยังไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง มีความคงตัวต่อการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ และไม่มี Function properties ที่เฉพาะเจาะจง จึงมีการนำเอาสตาร์ชที่ได้จากธรรมชาติมาดัดแปร โดยการทำลายโครงสร้างธรรมชาติของเมล็ดสตาร์ช ทำให้สตาร์ชที่ได้จากธรรมชาติมีสมบัติเปลี่ยนไป สตาร์ชดัดแปรที่เกิดขึ้นจะมี Function properties ตามที่ต้องการ เช่น ทำให้ความหนืดลดลง เป็นต้น

วิธีการดัดแปรสตาร์ช ทำได้ 3 วิธี คือ

1. วิธีทางเคมี
2. วิธีทางกายภาพ
3. วิธีการใช้เอนไซม์

การดัดแปรสตาร์ชโดยวิธีการทางเคมี

การดัดแปรสตาร์ชวิธีนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสตาร์ชเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น การใช้กรด หรือออกซิไดซิ่งเอเจนต์ ทำลายโครงสร้างธรรมชาติของสตาร์ชให้มีขนาดเล็กลง เพื่อลดความหนืดของสารละลายสตาร์ชเมื่อได้รับความร้อน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีหลายแบบ เช่น Cross - linking , Etherification และ Esterification

ก. การทำ Cross - linking จะได้เป็น Cross - linked starch ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Crosslinking ชนิดฟอสเฟตเอสเตอร์ เกิดจากปฏิกิริยาของสตาร์ชกับฟอสฟอรัสออกซีคลอไรด์ หรือเมตาฟอสเฟตที่ละลายได้ในน้ำ (Water soluble metaphosphate)
2. Crosslinking ชนิดอีเธอร์ เกิดจากปฏิกิริยาของสตาร์ชกับอีพิคลอร์ไฮดริน (Epichlorhydrin)

การเกิด Crosslinking ทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาของหมู่ไฮดรอกซิล บนโมเลกุลของสตาร์ช 2 โมเลกุลกับสารเคมีโมเลกุลเดียวกัน สตาร์ชดัดแปรที่ได้จะมีความคงตัวต่อความร้อนในภาวะที่เป็นกรด และสารละลายที่ได้จะมีความหนืดมากขึ้นเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเป็นกลาง จึงนำไปใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดเป็นด่างสูง เช่น ไส้พายผลไม้ และน้ำสลัด เป็นต้น

การเลือกใช้สารใดเป็น Crosslinking reagent สมบัติที่สำคัญ คือ

ก. ต้องเป็น Strongly nucleophilic reagent
ข. ไม่ทำให้เกิดพิษ
ค. อนุพันธ์ที่เกิดขึ้นไม่มีอันตราย

สารที่นิยมใช้เป็น Crosslinking reagent มากที่สุด ได้แก่ Trimethyl phosphate , Epichlorhydrin และ Adipic anhydride อนุพันธ์สตาร์ชที่เกิดขึ้นจะได้เป็น Distarch phosphate , Distarch glycerol และ Distarch adipate

วิธีทำจะนำเอาสตาร์ชมาละลายในสารละลายด่างแก่เจือจางที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้จะขึ้นกับระดับของ Crosslinking ที่ต้องการ โดยปกติจะใช้เวลานาน

ประมาณ 4 - 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้ลดต่ำลงด้วยกรด เมื่อหยุดปฏิกิริยาแล้วนำไปล้างน้ำ อบให้แห้ง จะได้เป็นสตาร์ชดัดแปรตามต้องการ

พวกเกลือที่เป็นกลาง เช่น โซเดียมซัลเฟต เมื่อเติมลงในปฏิกิริยาจะช่วยทำให้สตาร์ชพองตัวออกในสารละลายด่างดีขึ้น

ในการทำปฏิกิริยาต้องคิดเสมอว่าปฏิกิริยากำลังเกิดขึ้นกับเมล็ดสตาร์ช ดังนั้นสารเคมีที่ใช้จะทำหน้าที่เชื่อมระหว่างโพลีเมอร์ที่อยู่ใกล้กัน หากผิวนอกของเม็ดสตาร์ชแข็ง (Case hardened) ก็จะมีผลต่อปฏิกิริยา Crosslinking การเลือกใช้สตาร์ชดัดแปรแต่ละชนิดต้องให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารด้วย เช่น สตาร์ชที่มี Crosslinking ต่ำ ๆ เหมาะกับอาหารที่มีความเป็นกรดเป็นด่างไม่ต่ำกว่า 3.5 และผ่านความร้อนเพียงเล็กน้อย และต้องเป็นอาหารชนิดที่ใช้ Hot filling มากกว่า Retorting เช่น ซุป ไส้พายผลไม้ เป็นต้น

ข. การทำ Etherification และ Esterification เนื่องจากสตาร์ชธรรมชาติไม่สามารถเติมลงในอาหารแช่แข็งที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ - 40 องศาเซลเซียสได้ และยังไม่สามารถเติมลงในอาหารบรรจุกระป๋องที่ต้องการใช้สตาร์ชที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ได้ ถึงแม้จะมีสตาร์ชดัดแปรชนิด Crosslinking ก็ตาม ได้มีการพัฒนาหาวิธีดัดแปรสตาร์ชให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ของอีเธอร์หรือเอสเทอร์ โดยนำสตาร์ชในสารละลายด่างมาทำปฏิกิริยากับ Strongly nucleophilic reagent เช่น โพรไพลีนออกไซด์ (Propylene oxide) ไตรโพลีฟอสเฟต (Tripolyphosphate) และอะซีติคแอนไฮไดร์ (Acetic anhydride) ซึ่งจะได้เป็นสตาร์ชอีเธอร์ และสตาร์ชเอสเทอร์ตามลำดับ

การดัดแปรสตาร์ชโดยวิธีนี้ ระดับของการดัดแปรจะสูงกว่าวิธี Crosslinking เช่น สตาร์ชอะซีเตตมีการดัดแปรประมาณร้อยละ 2.0 - 2.5 สตาร์ช - ฟอสเฟต และ สตาร์ชไฮดรอกซ์ - โพรพิล มีการดัดแปรประมาณร้อยละ 5.0 ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ในโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเป็นส่วนใหญ่

Starch - OH + Propylene oxide $\rightarrow$ Hydroxy propyl starch

Starch - OH + Acetic anhydride $\rightarrow$ Starch acetate

Starch - OH + Tripolyphosphate $\rightarrow$ Starch phosphate

สตาร์ช - อีเทอร์จะดีกว่าสตาร์ช - เอสเทอร์ เนื่องจากมีความคงตัวต่อ Freeze - thaw แต่สตาร์ช - ฟอสเฟตจะมีข้อเสียคือ ไวต่ออนินทรีย์ที่อยู่ในสารละลาย

ค. วิธี Acid - modified starch เป็นการนำเอาเม็ดสตาร์ชมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่จะเกิด Gelatinization ในสารละลายกรดที่เจือจาง จะทำให้บางส่วนของโมเลกุลสตาร์ชถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็น Thin - boiling starch ซึ่งจะมีความหนืดลดลงแต่ทำให้ Gel - strength ดีขึ้น และสารละลายที่ได้มีความใสมากขึ้น ทำให้มีสมบัติเหมาะสมที่จะ

นำไปใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่าง เช่น Confectionery เพราะขณะร้อนจะให้สารละลายที่มีลักษณะเหลวทำให้เทใส่พิมพ์ได้ง่ายและแข็งตัวเป็นเจลได้รวดเร็ว

ง. วิธี Oxidized starch มีวิธีการทำคล้าย Acid - modified starch เพียงแต่ใช้ Alkaline hypochlorite แทนกรด เพื่อไปทำลายโมเลกุลธรรมชาติของสตาร์ชโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน แทนที่จะเป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ออกซิไดซ์สตาร์ชที่ได้จะทำให้เกิดเจลที่มีลักษณะนิ่มกว่า Acid - modified starch

จ. วิธี Starch phosphates เป็นสตาร์ช - เอสเทอร์ชนิดหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยา Esterification ของสตาร์ชกับหมู่ฟอสเฟต สตาร์ชดัดแปรที่ได้จะมีสมบัติในการป้องกันไม่ให้โมเลกุลของสตาร์ชเกิดการรวมตัวกันใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด Retrogradation เพราะสตาร์ชดัดแปรฟอสเฟตมีหมู่ไอออนิคเพิ่มมากขึ้นและเป็นประจุที่เหมือนกัน เมื่อเข้ามาอยู่ใกล้กันจะผลักกัน

สตาร์ชฟอสเฟตที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นชนิดโมโนเอสเทอร์ไฟด์ฟอสเฟต ถ้าภาชนะที่ใช้ในกระบวนการดัดแปรมีผลทำให้โมเลกุลของสตาร์ชถูกทำลายไปบางส่วน สตาร์ชดัดแปรที่ได้จะกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็นและมีความคงตัวต่อ Freez - thaw มากขึ้น นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทซอสและซุปต่างๆ และสตาร์ชที่นำมาดัดแปรจะเป็น Waxy starch

การดัดแปรสตาร์ชโดยวิธีทางกายภาพ

เป็นวิธีการดัดแปรสตาร์ชโดยใช้ความร้อน ความดัน แรงเฉือน และความชื้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ 2 ลักษณะ คือ

1. มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพของสตาร์ช เช่นเกิด Disorganization ของเม็ดสตาร์ช
2. ทำลายโมเลกุลของสตาร์ช

การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะมีผลทำให้สตาร์ชดัดแปรที่ได้มี Functional properties และคุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนไป ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ สตาร์ชดัดแปรที่นิยมใช้วิธีนี้ เรียกว่า Pregelatinized starch

Pregelatinized starch เป็นการนำเอาสตาร์ชซึ่งอาจเป็นสตาร์ชธรรมชาติหรือแป้งดัดแปรก็ได้มาต้มกับน้ำให้สุก หลังจากนั้นนำไปทำให้แห้งใหม่ สตาร์ชดัดแปรชนิดนี้จะนำไปใช้ผสมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทละลายทันที และเป็นส่วนผสมของไส้พาย พุดดิ้ง และอาหาร อื่น ๆ อีกหลายชนิด ข้อดีของ Pregelatinized starch คือ สามารถกระจายตัวในน้ำเย็นได้ดี

การเกิด Gelatinization ของเม็ดสตาร์ชขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 3 ประการ คือ อุณหภูมิ ชนิดของสตาร์ช หรือแหล่งที่มาของสตาร์ช และอัตราส่วนของสตาร์ชต่อน้ำในส่วนผสมนั้น ๆ เช่น สตาร์ชที่มีความชื้นร้อยละ 1 - 3 เมื่อให้ความร้อนสูงถึงอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส สตาร์ชจะสลายตัวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถ้ามีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 จะเกิด Gelatinization อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ส่วนแหล่งที่มาของสตาร์ชไม่สามารถใช้บ่งบอก Gelatinization behavior

เม็ดสตาร์ชโดยทั่วไปจะมีลักษณะโครงสร้างของ Crystalline เป็นได้ 3 แบบ คือ

ก. **A - type** เป็นลักษณะ Crystalline ของเม็ดสตาร์ชที่ได้จากธัญพืช เช่น สตาร์ชจากข้าวสาลี (Wheat)

ข. **B - type** เป็นลักษณะ Crystalline ของเม็ดสตาร์ชที่ได้จากพืชหัว เช่น สตาร์ชจากมันฝรั่ง

ค. **V - type** เป็นแบบที่เกิดขึ้นระหว่าง 2 ชนิดแรก ซึ่งมักเป็นเม็ดสตาร์ชที่ได้จากพืชถั่ว และราก

การดัดแปรสตาร์ชโดยใช้ความร้อนและความชื้นไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รูปร่างของเม็ดสตาร์ช แต่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลักษณะโครงสร้างของ Crystalline เช่น B - type จะเปลี่ยนเป็นส่วนผสมของ B - type และ A - type เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 40 นาน 16 ชั่วโมง สำหรับตัวอย่างของชนิดของสตาร์ชดัดแปรและการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของสตาร์ชดัดแปรและการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร

ชนิดของสตาร์ชดัดแปร	วิธีการดัดแปร	ข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชธรรมชาติ	ประโยชน์ในอุตสาหกรรอาหาร
Pregelatinized starch	ความร้อน / น้ำ	ละลายได้ดีในน้ำเย็น	ไส้พาย ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปเคลือบผิว
Acid – thinned starch	กรด	มีความหนืดต่ำเมื่อเป็น Hot paste และมีความหนืดสูงเมื่อเป็นเจล	กัม เยลลี่
Oxidized starch	ไฮโปคลอไรด์	เพิ่มความใสและลดการคืนตัวภายหลัง	เกรวี ซอส เยลลี่ และสารเพิ่มความหนืด
Hydroxyakyl ether starch	โพรไพลีน-ออกไซด์	เพิ่มความใส เพิ่มความคงตัว	ไส้พาย น้ำสลัด
Esterified starch	อะซีติค-แอนไฮไดรด์	เพิ่มความใส ลดการคืนตัวภายหลังเกิดฟิล์มได้	Instant food อาหารแช่แข็ง
Monophosphate starch	กรดฟอสฟอริค	เพิ่มความคงตัวต่อ Freeze thaw cycle	อาหารแช่แข็ง อาหารทารก
Cross - linked starch Di - starch phosphate	ฟอสฟอรัสออกซีคลอไรด์	เพิ่มความคงตัวต่อความร้อน ความเป็นกรดเป็นด่าง แรงเฉือน และ Freeze - thaw cycle	ใช้กับอาหารบรรจุกระป๋อง อาหารแช่แข็ง

ที่มา : นิธิยา , 2539

กัม (Gums)

กัม หมายถึง สารใดก็ตามที่สามารถละลายหรือแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ และให้สารละลายที่มีความหนืดหรือเกิดเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นเมือก ๆ

ในอุตสาหกรรมอาหารได้นำกัมชนิดต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น ใช้เป็น Thickening agent , Stabilizing agent และ Gelling agent คุณสมบัติที่สำคัญของกัมคือ การทำให้เกิด

ความหนืด (Viscosity) การนำกัมมาใช้ในอาหารต่าง ๆ นั้นขึ้นกับความสามารถของผู้ใช้และมีขอบเขตค่อนข้างจำกัด

แหล่งของกัมมีทั้งในธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้น ได้แก่

1. **กัมธรรมชาติ (Natural gums)** เป็นพวกที่มีในธรรมชาติ เช่น Gum arabic , Gum alginate , Carageenan , Furcelleran และ Tragacanth เป็นต้น

2. **กัมสังเคราะห์ (Synthetic gums)** เป็น Completely synthesized chemical products เช่น Polyvinyl pyrolidene เป็นต้น

3. **กัมดัดแปร (Modified gums หรือ Semi - synthetic gums)** เช่น Cellulose และ Starch เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 และ 3 ส่วนมากยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหาร พวกที่ได้รับอนุญาตแล้ว ได้แก่ Modified gums พวก Carboxy methyl cellulose , Methyl cellulose และ Low methoxyl pectin เป็นต้น

กัมธรรมชาติ (Natural gums) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. Seaweed extracts เช่น Agar , Algin และ Carrageenan
2. Seed หรือ Root gums เช่น Locust been , Guar และ Quinc seed
3. Tree exudates เช่น Arabic , Tragacanth และ Karaya

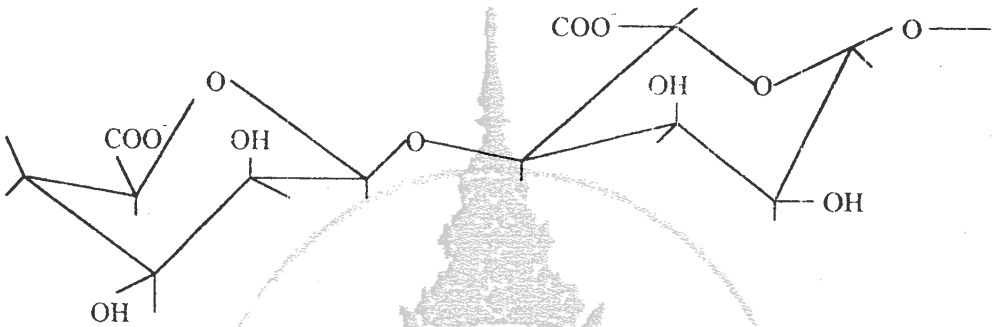
Seaweed extracts เช่น

1. **Agar** เป็น Gelatinous product ที่ได้จากสาหร่ายทะเล (Red algae) เป็น Heterogenous complex ของ Polysaccharide ส่วนประกอบที่สำคัญคือ β - D - Galactopyranose และ 3 , 6 - Anhydro - α - L - Galactopyranose

Agar ไม่ละลายในน้ำเย็น ละลายเล็กน้อยใน Methanolamine และละลายใน Formamide และที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 จะเซ็ทตัวที่ 32 - 39 องศาเซลเซียส แต่จะไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 - 97 องศาเซลเซียส

การนำเอา Agar ไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนมากมักใช้เป็นสาร Stabilizer ในขนมอบ ในขนมหวานพวกลูกอม Jelly มีการใช้ Agar ร้อยละ 0.3 - 1.8 ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาใช้ร้อยละ 0.5 - 2.0 ในอาหารกระป๋องพวกปลา ไก่ Soft meat เพื่อกันไม่ให้เนื้อเละ ในผลิตภัณฑ์นมมีการใช้ร่วมกับอาหารชนิดอื่น เช่น Gum tragacanth นอกจากนั้นได้มีการนำ Agar มาผสมในครีมเพื่อให้ครีมคงตัวอยู่ในรูปของแข็ง เพื่อสะดวกในการเก็บตู้เย็น เวลาใส่ในกาแฟร้อนครีมจะละลายได้และยังใส่ใน Yoghurt โดยใช้ร้อยละ 0.05 - 0.85 ในไวน์และน้ำส้มสายชู ใช้ Agar ร้อยละ 0.5 หรือ Sodium alginate ร้อยละ 1.0

2. **Alginate** มีใน Brown algae ทุกชนิด Alginate เกิดจาก β - D - Mannuronic และ α - L - Guluronic acid จับกันที่ 1 , 4 Linkage มีสัดส่วนของน้ำตาล 2 ชนิด คือ Mannuronic / Guluronic acid (1 : 5) อาจแปรผันบ้างตามแหล่งที่มา



ภาพ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ Alginate

Partially hydrolysis ของ Alginates จะได้ Mannuronic acid และ Guluronic acid และซากของ Uronic acid น้ำหนักโมเลกุลของ Alginate คือ 32 - 200 kdal ละลายได้ในน้ำ หากอยู่ในรูปของด่าง Magnesium ammonia หรือ Amine การแช่แข็งหรือละลาย (Thawing) Sodium alginate solution ที่มี Ca^{2+} อยู่จะทำให้เกิดความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ความข้นหนืด ไม่ค่อยเกิดหากความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 4.5 - 10 แต่จะมีความข้นหนืดสูงมากที่ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4.5 และจะสูงสุดที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 3 - 3.5

Alginate ทำหน้าที่เป็น Thickening agent , Suspending acid , Stabilizing agent , Emulsifying และ Gel - producing เมื่อเพิ่มลงในอาหารจะไม่ทำให้รสและกลิ่นของอาหารผิดไป Alginate เป็น Thickening agent ที่มีประสิทธิภาพมากรวมทั้งเป็น Stabilizing และ Gel - forming agent ที่ดีมาก ถ้าใช้ร้อยละ 0.25 - 0.5 ในผลิตภัณฑ์พวก Filling และผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Cake และ Pie) และช่วย Stabilize พวก Salad dressing และนมช็อคโกแลต ช่วยกันการตกผลึกโตในไอศครีมช่วงการเก็บด้วย Alginate สามารถใช้กับอาหารพวกให้ Gel เช่น Cold instant pudding , Fruit gels , Dessert gels และ Onion rings เป็นต้น อาจใช้ Stabilize น้ำผลไม้สดและทำให้ฟองเบียร์คงตัว

ในผลิตภัณฑ์เนื้อใช้ฉาบอาหารพวกปลา เนื้อสัตว์ (ใช้ในแถบยุโรป) บางครั้งใช้ฉาบก่อนนำไปแช่แข็ง เช่น จุ่มใน Sodium alginate ร้อยละ 10 -15 แล้วจุ่มสารละลาย $CaCl_2$ ร้อยละ 3.5 - 5.0 หรืออาจใส่ในปลากระป๋องโดยผสม Alginate กับเกลือ เมื่ออาหารผ่านความร้อนจะถูกดูดไว้ในผนังเซล

ในทางอุตสาหกรรมมีการผลิต Alginate เป็นรูปผงผสมกับเกลือแคลเซียม เมื่อผสมน้ำจะเกิดเจลอย่างรวดเร็ว

3. **Carrageenan** แยกจาก Chondrus (*Chondrus crispus*) , Eucheuma , Gigartina , Gloiopetris และ Iridaea species โดยใช้น้ำร้อนภายใต้สภาวะด่างอ่อน ๆ แล้วผ่านขั้นตอนทำแห้งหรือตกตะกอน

Carrageenan เป็นส่วนผสมของ Polysaccharide หลายชนิด อาจแยกออกได้โดยใช้ Potassium ions ความข้นหนืดของ Carrageenan แต่ละชนิดขึ้นอยู่กับประเภทของมัน น้ำหนักโมเลกุล อุณหภูมิ ไอออนที่เป็นองค์ประกอบและความเข้มข้นของ Carrageenan

การประยุกต์ใช้ของกัมประเภท Carrageenan กล่าวคือ การใช้ใน Food processing ขึ้นอยู่กับ Polymer ต่อการเกิด Gel ผลคือ เพิ่มความเข้มข้น Stabilize emulsion และช่วยในการกระจายตัวของอาหารในปริมาณเพียงร้อยละ 0.03 ในนมช็อคโกแลตจะกันไม่ให้เม็ดไขมันแยกตัวออกและช่วยในการกระจายตัวของโกโก้เป็นไปได้ด้วยดี กันปรากฏการณ์ " Syneresis " ใน Fresh cheese และปรับปรุงคุณสมบัติของ Dough และช่วยให้การใช้นมผงในขนมอบเป็นไปได้ด้วยดี ในขนมหวานและเนื้อบรรจุกระป๋องนั้นจะช่วยให้การเกิดเจลได้ดีในสภาวะที่มีเกลือของโปแตสเซียม กันการตกตะกอนของโปรตีนในการผลิตนมข้นหวาน นอกจากนี้ Carrageenan ยังช่วยให้ไอศครีมคงตัวและในเครื่องดื่มจะช่วยให้ใส

4. **Furcellaran** อาจเรียก " Danish agar " ได้จากสาหร่ายแดง (Red seaweed) มีการผลิตโดยใช้ด่างอ่อน ทำการ Pre - treatment ต่อ Algae แล้วแยก Polysaccharide ด้วยน้ำร้อนทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ แล้วทำให้เป็นผลึกด้วยสารละลาย KCl ความเข้มข้นร้อยละ 1 - 1.5 ส่วนที่แยกได้ (เป็นเส้นๆ) ทำให้ขันต่อไปโดยการแช่แข็ง น้ำที่มีมากเกินไปแยกออกโดยการหมุน เหวี่ยง หรือกด จึงนำไปทำให้แห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นเกลือของโปแตสเซียมมี KCl ร้อยละ 8 -15 Furcellaren ประกอบไปด้วย D - Galactose ร้อยละ 46 - 53 3,6 - Anhydro - D - Galactose ร้อยละ 30 - 33 และส่วนซัลเฟตของน้ำตาลทั้งสองร้อยละ 16 - 20

Seed gums เช่น

1. **Guaran gum** ได้จาก Seed endosperm ของพืชตระกูลถั่วซึ่ง *Cyamopsis tetragonoloba* โดยจะได้ Guar flour จากการเอาเปลือกออกจากเมล็ด ทำการแยก Germ ออก Guaran gum ประกอบด้วย Chain ของ β - D - Mannopyranosyl units ต่อกับ 1 - 4 Linkage ทุก 2 ส่วนจะมี Side chain ของ D - Galactopyranosyl residue ซึ่งติดอยู่กับ Main chain ที่ α - 1 ,6 Linkage Guaran gum จะทำให้เกิดความข้นหนืดสูงในอาหาร

2. **Locust bean gum** (Carob bean) ได้จากต้นไม้ชนิด Evergreen ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนมาก่อนและส่วนที่ได้ Gum คือส่วนเมล็ด ซึ่งใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ด้วย เมล็ดแห้ง คือ " Carat " Locust bean seed ประกอบด้วยเปลือกร้อยละ 30 - 33

Germ ร้อยละ 23 - 25 และ Endosperm ร้อยละ 42 - 46 เมื่อเมล็ดถูกนำเข้าเครื่องโม่จะแยกส่วน Endosperm ออกและใช้ในรูปแป้ง

Locust bean gum ใช้เป็น Thickening agent และ Stabilizer

Tree exudates เช่น

1. **Gum arabic** เป็นยางไม้จาก Acacia หลาย Species เดิมเป็นการเก็บจากต้นไม้ที่มีรอยบากและทิ้งในอากาศให้แห้ง มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 7 เซนติเมตร Gum arabic เป็นส่วนผสมของ Polysaccharide ที่มีในธรรมชาติเป็นพวกในสภาพเป็นกลางหรือละลายได้ในกรดเกลือ 0.1 Normal (0.1 N HCl) และหากจะตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์จะได้กรดอิสระ Gum arabic ละลายน้ำได้ดี อาจเตรียมความเข้มข้นถึงร้อยละ 50 ไม่ละลายในแอลกอฮอล์และสารละลายอินทรีย์ ความข้นหนืดของกัมชนิดนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นเส้นกราฟที่สูงชัน ในความเข้มข้นที่สูงคุณสมบัติเช่นนี้จะต่างกับพวก Polysaccharide อื่น เนื่องจากให้ความหนืดสูงแม้ในความเข้มข้นต่ำ

Gum arabic ใช้เป็น Emulsifier และ Stabilizer ถ้าใช้ผสมกับ Gum reagacant จะได้ผลดีกว่าการใช้ Gum arabic เพียงอย่างเดียว Gum ชนิดนี้ช่วยในแง่ Flavor fixative ในการผลิตสารให้กลิ่นในรูปเข้มข้นหรือผง

2. **Gum tragacanth** เป็นยางไม้ที่ไม่มีรสชาติและไม่มีกลิ่นได้มาจาก *Astragalus* sp. ซึ่งเป็นไม้พุ่มปลูกในแถบตะวันออกกลาง กัมชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนที่ละลายน้ำได้เรียกว่า " Tragacanthic acid " และส่วนที่ไม่ละลายแต่จะพองตัวออกที่เรียกว่า " Bassorin " ส่วนที่ละลายน้ำได้เป็นส่วนประกอบของ D - Galacturonic acid , D - Galactose , L - Fucose , D - Xylose และ L - Arabinose พวก COOH - group ส่วนใหญ่ในส่วนที่ละลายไม่ได้จะถูก Esterify ด้วย Methanol เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะได้ Tragacanthic acid พวก Insoluble มีร้อยละ 60 - 70 ขณะที่พวก Soluble ในน้ำมีเพียงเล็กน้อย ถ้าเติมน้ำจะละลายได้สารละลายแบบแขวนลอย ถ้าเติมน้ำน้อยจะได้ลักษณะคล้ายแป้งเปียกนิ่ม มีความคงตัวในความเป็นกรดเป็นด่างแต่ค่อนมาทางเป็นกรดมากกว่า ที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.0 จะมีความข้นหนืดเริ่มต้นและความข้นหนืดจะคงที่ที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.0 การละลายจะดีที่ความเป็นกรดเป็นด่างน้อยกว่า 4.0 หรือ สูงกว่า 6.0 Gum tragacanth ใช้เป็น thickening Agent และ Stabilizer

3. **Gum karaya** เป็นน้ำยางจากต้นไม้ในประเทศอินเดีย โดยผ่านกระบวนการให้ได้กัมมาตรฐาน เช่น ทำให้สะอาด บดให้ได้ขนาด คุณสมบัติคล้าย Gum tragacanth เมื่อละลายจะได้สารละลายที่ไม่ใส ดูดน้ำได้เร็วเกิดเป็น Colloid solution พวกขนาดเล็กดูดน้ำได้เร็วกว่าขนาดใหญ่ ถ้าให้ความร้อนมากภายใต้ความดันจะได้สารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน ความเข้มข้นที่ดูดน้ำได้สูง คือ ร้อยละ 3 - 4

สำหรับในโครงการวิจัยนี้ ได้ใช้ Mixed gum มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วย Guar gum , Gum karaya และ Gum tragacanth ในอัตราส่วนร้อยละ 70 , 28 และ 2 ตามลำดับ โดยการผสมใช้ Vacuum high - speed blender

บทที่ 3
จุดมุ่งหมายในการวิจัย

ในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ
2. ศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญ (Major ingredient) ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลง
3. ศึกษาถึงปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง
4. พัฒนาสูตรการผลิตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงต่อการยอมรับของผู้บริโภค
5. ศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
6. ศึกษาถึงองค์ประกอบทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และจุลชีววิทยาของแยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

บทที่ 4
การวางแผนการทดลอง

ในโครงการนี้แบ่งงานวิจัยออกเป็น 7 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ

ในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงในโครงการนี้จะใช้ Ideal Ratio Profile Techniqueเป็นตัวช่วยในการพัฒนาทางด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนั้นจะต้องมีการสำรวจหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อลักษณะใดบ้าง โดยในขั้นตอนแรกจะทำแบบสอบถามเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับแยมพลับดัดแปลง ให้ผู้บริโภคระบุลักษณะที่สำคัญในผลิตภัณฑ์แยมทั่วไปเทียบกับลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ต้องการในอุดมคติของผู้บริโภค จากนั้นนำข้อมูลที่สำรวจได้ดังกล่าวมาทำการประเมินผลและสรุปผลว่ามีลักษณะที่สำคัญใดบ้างที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ นำข้อมูลที่ได้จากการสรุปผลมาทำการสร้างเป็นแบบทดสอบมาตรฐานเพื่อใช้แบบทดสอบนี้ในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงตลอดทุกๆ การทดลอง

ตอนที่ 2 ศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญเพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

2.1 **ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแยม**

2.1.1 **ส่วนผสมหลัก (Major ingredients)** ได้แก่

ก. พลับสายพันธุ์ P_2

ข. พลับสายพันธุ์ P_3

ค. น้ำ

ในการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักทั้ง 3 ชนิด จะใช้แผนการทดลอง Mixture design ในการทดลอง โดยเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลักทั้ง 3 ชนิดเมื่อรวมกันแล้วจะต้องมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองจะกำหนดระดับต่ำ (Low level) และระดับสูง (High level) ของส่วนผสมหลักทั้ง 3 ชนิด แล้วทำการวิเคราะห์วางแผนการทดลองโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม XVERT ซึ่งสัดส่วนของส่วนผสมหลักทั้ง 3 ชนิดนี้จะกำหนดให้อยู่ในช่วงระดับต่ำและระดับสูงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 ค่าของระดับต่ำและระดับสูงของสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญที่ต้องการศึกษา

ส่วนผสมหลัก	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง (ร้อยละ)
น้ำ	31	42
พลับสายพันธุ์ P_2	22	57
พลับสายพันธุ P_3	25	45

จากผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม XVERT ได้วางแผนการทดลองดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แผนการทดลองศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญเพื่อใช้ในการผลิตแยม โดยใช้ Mixture design

สิ่งทดลอง (สูตร)	น้ำ (ร้อยละ)	พลับสายพันธุ์ P_2 (ร้อยละ)	พลับสายพันธุ์ P_3 (ร้อยละ)
1	31	44	25
2	31	24	45
3	42	33	25
4	33	22	45
5	42	23	35

2.1.2 **ส่วนผสมรอง (Minor ingredients)** ได้แก่

ก. Modified starch ร้อยละ 4

ข. Mixed gum ร้อยละ 2

ค. น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 40

ง. สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50) ร้อยละ 0.8

จ. สารละลายสีเหลือง (Sunset yellow;ความเข้มข้นร้อยละ 1) ร้อยละ 0.6

โดยส่วนผสมรองจะควบคุมให้เท่ากันหมดในทุกสิ่งทดลองในการทดลองนี้

2.2 **ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมหลัก**

นำพลับสายพันธุ์ P_2 และ P_3 ล้างให้สะอาดแล้วปอกเปลือกออกให้หมดเอาส่วนที่เป็นแกนกลางของผลและเมล็ดออกให้หมด นำเนื้อพลับสายพันธุ์ P_3 ไปตีป่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า (Blender) จะได้เนื้อพลับตีป่น ส่วนเนื้อพลับสายพันธุ์ P_2 จะนำไปหั่นให้เป็นเส้นฝอย ๆ

2.3 **ขั้นตอนการผลิตแยมพลับดัดแปลง**

นำน้ำตามสัดส่วนของแต่ละสูตรแบ่งออกเป็น 2 ส่วน น้ำส่วนที่หนึ่งนำมาต้มจนได้อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลซึ่งผสมกับ Mixed gum (Guar gum : Gum karaya : Gum tragacanth = 70 : 28 : 2)เรียบร้อยแล้วลงไปในน้ำเดือด ให้ความร้อนต่อจนได้อุณหภูมิประมาณ 85 - 90 องศาเซลเซียส เติมเนื้อพลับตีป่นลงไปตามสัดส่วนของแต่ละสูตร ให้ความร้อนต่อจนอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เติมสารละลายผสม (น้ำส่วนที่ 2, Modified starch , สารละลายของกรดซิตริค และสารละลายสีเหลือง)ลงไป ต้มให้ความร้อนต่อจนได้อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส จับเวลา ณ อุณหภูมินี้เป็นเวลา 7 นาที นำไปบรรจุในขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในขณะร้อนทันที ทำการปิดฝาให้สนิท

2.4 **วิเคราะห์ค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส**

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี (Chemical analysis)

- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้ pH - meter
- ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ตามวิธีของ AOAC (1990)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้ Hand refractometer

การวิเคราะห์ทางด้านฟิสิกส์ (Physical analysis)

- สี (Colour) โดยใช้ Chroma Meter : CR - 310, Instruction Manual . Minolta Camera Co ., Ltd ., 1991 .

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- ใช้แบบทดสอบมาตรฐานที่ได้จากตอนที่ 1

2.5 การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านสถิติ **(Statistic analysis)**

- ใช้โปรแกรม Mutab 88 และ Linear Programming 88 (LP88) (Boag , I.F. 1988 . Mutab / PC Computer Package . Massey University , New Zealand .)

ตอนที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลง

3.1 **ส่วนผสมหลัก (Major ingredients)**

ใช้สัดส่วนตามผลการทดลองที่สรุปได้จากตอนที่ 2 และควบคุมให้ใช้เท่ากันหมดในแต่ละสิ่งทดลอง (สูตร) ในการทดลองนี้

3.2 **ส่วนผสมรอง (Minor ingredients)**

เป็นปัจจัยที่จะทำการศึกษาในการทดลองนี้ ซึ่งกำหนดระดับสูงและระดับต่ำ ดังนี้

1. Modified starch ร้อยละ 1 - 3 (A)
2. Mixed gum ร้อยละ 1 - 2 (B)
3. น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 30 - 40 (C)
4. สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50) ร้อยละ 0.5 -1.0 (D)
5. สารละลายสีเหลือง (Sunset yellow ;ความเข้มข้นร้อยละ 1) ร้อยละ 0.6 -1.0 (E)
6. สารละลายกลิ่น (S_{720} B) ร้อยละ 1.0 -1.5 (F)

ในการศึกษาปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย ได้วางแผนการทดลองโดยใช้ 2^{6-3} Fractional factorial design ในการทดลอง โดยจัดระดับของปัจจัยเป็นระดับต่ำและระดับสูงแล้วดำเนินการทดลองตามแผน N = 8 ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่4.3แผนการทดลองศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลงโดยใช้ 2^{6-3} Fractional factorial design (N = 8)

สิ่งทดลอง (สูตร)	ปัจจัยที่ศึกษา					
	A	B	C	AB D	AC E	BC F
1	−	−	−	+	+	+
2	+	−	−	−	−	+
3	−	+	−	−	+	−
4	+	+	−	+	−	−
5	−	−	+	+	−	−
6	+	−	+	−	+	−
7	−	+	+	−	−	+
8	+	+	+	+	+	+

A - F = ปัจจัยที่ศึกษา + = ระดับสูง − = ระดับต่ำ

3.3 **ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมหลัก**

ทำเหมือนตอนที่ 2

3.4 **ขั้นตอนการผลิตแยมพลับดัดแปลง**

ทำเหมือนตอนที่ 2 (2.3) แต่มีการเติมสารละลายกลิ่น (S_{720} B) ก่อนการบรรจุขวดขณะร้อน

3.5 วิเคราะห์ค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical analysis)

- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้ pH - meter
- ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ตามวิธีของ AOAC (1990)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้ Hand refractometer

การวิเคราะห์ทางด้านฟิสิกส์ (Physical analysis)

- สี (Colour) โดยใช้ Chroma Meter : CR - 310 , Instruction Manual . Minolta Camera Co ., Ltd ., 1991 .

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- ใช้แบบทดสอบมาตรฐานที่ได้จากตอนที่ 1 (โดยใช้ Ideal ratio profile technique)

3.5 **การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ (Statistic analysis)**

- ใช้ T - test

ตอนที่ 4 ศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของแยมพลับดัดแปลง

4.1 จากผลการทดลองตอนที่ 3 จะทราบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของแยมพลับดัดแปลงได้แก่ปัจจัยใดบ้าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะทำการทดลองต่อโดยการวางแผนการทดลองแบบ 2^K Factorial design เมื่อ K คือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง โดยจัดระดับของปัจจัยเป็นระดับต่ำและระดับสูง และทำการสร้างสิ่งทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางของระดับปัจจัย (Centre points) ดังกล่าว

ถ้าหากทราบว่าปัจจัยชนิดใดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของแยมพลับดัดแปลงแล้วจะทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยชนิดนั้น ๆ ทีละ 2 ปัจจัย และใช้ระดับของแต่ละปัจจัยที่จะศึกษาจัดเป็น 2 ระดับ คือระดับต่ำและระดับสูง โดยมีการสร้างสิ่งทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางของระดับของปัจจัยดังกล่าว และทำการดำเนินแผนการทดลองดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แผนการทดลองศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพแยมพลับดัดแปลง โดยใช้ 2^2 + 2cp Factorial design

สิ่งทดลอง	A	B
(1)	-	-
a	+	-
b	-	+
ab	+	+
cp_1	0	0
cp_2	0	0

+ = ระดับสูง

- = ระดับต่ำ

0 = ระดับกึ่งกลางระหว่าง 2 ระดับ

A = ปัจจัยที่จะศึกษาชนิดที่ 1

B = ปัจจัยที่จะศึกษาชนิดที่ 2

4.2 **ส่วนผสมหลัก (Major ingredients)**

ใช้สัดส่วนตามผลการทดลองที่สรุปได้จากตอนที่ 2 และถูกควบคุมให้ใช้เท่ากันหมดในแต่ละสิ่งทดลองในการทดลองนี้

4.3 **ส่วนผสมรอง (Minor ingredients)**

ใช้สัดส่วนของส่วนผสมรองของปัจจัยที่ไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง ตามผลการทดลองที่สรุปได้จากตอนที่ 3 และถูกควบคุมให้ใช้เท่ากันหมดในแต่ละสิ่งทดลอง

4.4 **การเตรียมส่วนผสมหลัก และขั้นตอนการผลิตแยมพลับดัดแปลง**

ทำตามขั้นตอนเหมือนตอนที่ 2 (2.2 และ 2.3) แต่มีการเติมสารละลายกลิ่นก่อนการบรรจุขวดขณะร้อน

4.5 **วิเคราะห์หาค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส**

การวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical analysis)

- ขึ้นกับปัจจัยสำคัญที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ (Physical analysis)

- สี (Colour) โดยใช้ Chroma Meter : CR - 310 , Instruction Manual . Minolta Camera Co ., Ltd ., 1991 .

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- ใช้แบบทดสอบมาตรฐานจากตอนที่ 1 (โดยใช้ Ideal ratio profile technique)

4.6 **การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ (Statistic analysis)**

- ใช้โปรแกรม Thai Lotus 2.3 และ Stat pack ในการวิเคราะห์ (Walonick, D.S. 1987 . Stat - Packets . Walonick Associates Inc ., Minneapoils , MN .)

ตอนที่ 5 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลง

5.1 **วางแผนการทดลอง**

ใช้เวลาที่ใช้ในการผลิต ณ อุณหภูมิคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ซึ่งการวางแผนการทดลองจะศึกษาเวลาที่ใช้ในการผลิตแยม 3 เวลา ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แผนการทดลองศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลง โดยศึกษาเวลาที่ใช้ในการผลิต 3 เวลา

สิ่งทดลอง (สูตร)	เวลาที่ใช้ในการผลิต ณ อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (นาที)
1	7
2	10
3	12

5.2 **ส่วนผสมหลัก (Major ingredients)**

ใช้สัดส่วนที่สรุปได้จากตอนที่ 2 และควบคุมให้ใช้เท่ากันในแต่ละสิ่งทดลอง

5.3 **ส่วนผสมรอง (Minor ingredients)**

ใช้สัดส่วนที่สรุปได้จากตอนที่ 3 และ 4 และควบคุมให้ใช้เท่ากันในแต่ละสิ่งทดลอง

5.4 **ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมหลัก**

เหมือนขั้นตอนในตอนที่ 2 (2.2)

5.5 **ขั้นตอนการผลิตแยมพลับดัดแปลง**

แบ่งน้ำเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำมาต้มให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลซึ่งผสมกับ Mixed gum เรียบร้อยแล้วลงไป ให้ความร้อนต่อจนได้อุณหภูมิประมาณ 85 - 90 องศาเซลเซียส เติมเนื้อพลับตีปั่นลงไป ทำการให้ความร้อนต่อจนได้อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เติมสารละลายผสม (น้ำส่วนที่ 2 , Modified starch , สารละลายของกรดซิตริค และสารละลายสีเหลือง)ลงไป ต้มให้ความร้อนต่อจนได้อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้จับเวลา โดยในแต่ละสิ่งทดลองใช้เวลาในการผลิต ณ อุณหภูมินี้ต่างกันตามแผนการทดลอง หลังจากแต่ละสิ่งทดลองใช้เวลาในการผลิตครบตามเวลาที่กำหนด เติมกลิ่นลงไป นำไปบรรจุในขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในขณะร้อนทันที ทำการปิดฝาให้สนิท

5.6 วิเคราะห์หาค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical analysis)

- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้ pH - meter

การวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ (Physical analysis)

- สี (Colour) โดยใช้ Chroma Meter : CR - 310 , Instruction Manual . Minolta Camera Co ., Ltd ., 1991 .

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา (Biological analysis)

- จำนวนจุลิทรีย์ทั้งหมด (Total plate counts) โดยใช้ Plate count agar (คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.)
- จำนวนยีสต์และรา (Yeast and mold) โดยใช้ Potato dextose agar (คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.)

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- ใช้แบบทดสอบมาตรฐานจากตอนที่1(โดยใช้ Ideal ratio profile technique)

5.7 **การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ (Statistic analysis)**

- ใช้การวิเคราะห์หาความแตกต่างโดยวิธี ANOVA analysis โดยใช้โปรแกรม Thai Lotus 2.3 และ Stat pack (Walonick , D.S. 1987 . Stat - Packets . Walonick Associates Inc ., Minneapoils , MN .)

ตอนที่ 6 การผลิตแยมพลับดัดแปลงในสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ทำการผลิตแยมพลับดัดแปลงโดยใช้สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมจากสรุปตอนที่ 4 และตอนที่5 ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงทั้งด้านเคมี ฟิสิกส์ และด้านจุลชีววิทยา ตลอดจนทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ Ideal ratio profile technique ดังนี้

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี (Chemical analysis)

- ความชื้น (Moisture content) ตามวิธีของ AOAC (1990)
- ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity , A_w)
- เถ้าทั้งหมด (Total ash) ตามวิธีของ AOAC (1990)
- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC (1990)
- ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ในรูปของกรดซิตริค ตามวิธีของ AOAC (1990)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยใช้ Hand refractometer
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งค์ก่อนการอินเวอร์ชั่น ตามวิธีของ Lane & Eynon
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งค์ทั้งหมด ตามวิธีของ Lane & Eynon
- ปริมาณน้ำตาลซูโครส ตามวิธีของ Lane & Eynon

การวิเคราะห์ทางด้านฟิสิกส์ (Physical analysis)

- สี (Colour) โดยใช้ Chroma Meter : CR - 310, Instruction Manual . Minolta Camera Co ., Ltd ., 1991 .

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา (Biological analysis)

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate counts) โดยใช้ Plate count agar (คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .)
- จำนวนยีสต์และรา (Yeast and mould) โดยใช้ Potato dextose agar (คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .)

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

- ใช้แบบทดสอบมาตรฐานที่ได้จากตอนที่ 1 (โดยใช้ Ideal ratio profile technique)

ตอนที่7สรุปผลการทดลองในการพัฒนาแยมพลับดัดแปลงเพื่อให้ได้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

7.1 สรุปผลการทดลองตั้งแต่ตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 6

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์จากแผนการทดลองในบทที่ 4 มีดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ

ในการทดลองสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคจำนวน 20 คน โดยให้ผู้บริโภคระบุลักษณะที่สำคัญต่าง ๆของผลิตภัณฑ์แยมลงในแบบสอบถามเค้าโครงผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับแยมพลับดัดแปลงดังภาคผนวกที่ 1 ซึ่งผลการสำรวจ ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่5.1ข้อมูลการสำรวจลักษณะของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ โดยใช้แบบสอบถามเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยม	จำนวนผู้บริโภค (คน)
1	**ลักษณะภายนอก (External appearance)**	
	สีเหลืองส้ม	14
	ปริมาณเนื้อพลับ	9
	การกระจายตัวของเส้นพลับ	8
	ความใสของแยม	7
	สีพลับธรรมชาติ	4
	ขนาดชิ้นผลไม้	4
	การเซทตัวของแยม	4
	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	2
	ความคงตัวของแยม	2
	ความข้นหนืดของแยม	1
	แยมมีน้ำ	1
	แยมไม่มีน้ำ	1
	ไม่มีสิ่งสกปรก	1

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยม	จำนวนผู้บริโภค (คน)
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)**	
	ความนุ่มเนื้อของแยม	8
	การกระจายตัวของแยมขณะปาด	6
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	5
	ความหนืดของแยม	3
	ความแข็งอ่อน	3
	การเกิดเป็นเจล	3
	ลักษณะเจลเหนียว	2
	การผสมกันระหว่างแยมกับเนื้อพลับ	2
	เนื้อสัมผัส	2
	มีเส้นใย	1
	การกระจายตัว	1
	ความนิ่มของผลไม้	1
	ความคงตัว	1
	ความเนียน	1
	ชิ้นของพลับและแยม	1
	ลักษณะเนื้อแยมเป็นเม็ดทราย (Sandy)	1
	ลักษณะเนื้อแยมไม่เป็นเม็ดทราย	1
	ขนาดเส้นใย	1
	ความยุ่น	1

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยม	จำนวนผู้บริโภค (คน)
3	**กลิ่นและรสชาติ (Flavour and Taste)**	
	รสหวานของแยม	18
	กลิ่นของพลับ	16
	รสเปรี้ยวของแยม	12
	รสผลไม้	4
	ความหอม	2
	ความขมของเปลือก	1
	ความหอมของน้ำตาล	1
	อร่อย	1
	กลิ่นสิ่งแปลกปลอม	1
	กลิ่นและรสคล้ายธรรมชาติ	1
	หวานอมเปรี้ยว	1
	ความเค็ม	1
	กลิ่นเปรี้ยว	1
	กลิ่น	1
	กลิ่นธรรมชาติ	1

จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 จะเลือกเอาข้อมูลส่วนใหญ่เกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญของแต่ละลักษณะมาทำเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน โดยข้อมูลที่เลือกมามีดังนี้

1. **ลักษณะปรากฏภายนอก (External appearance)**
   - สีที่ปรากฏ หมายถึง สีของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงตั้งแต่ระดับเหลืองไปจนถึงส้ม
   - ปริมาณเนื้อพลับ หมายถึง ปริมาณของเนื้อพลับสายพันธุ์ P_2ที่หั่นเป็นเส้นๆ ซึ่งผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์แยม
   - การกระจายตัวของเนื้อพลับ หมายถึง การกระจายตัวของเนื้อพลับสายพันธุ์ P_2 ที่หั่นเป็นเส้น ๆ ภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง
   - ความใสของแยม หมายถึง ลักษณะความใสของเนื้อผลิตภัณฑ์แยม

2. **ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)**

- ความนุ่มเนื้อของแยม หมายถึง ลักษณะความแข็งอ่อนหรือความนุ่มของเนื้อผลิตภัณฑ์แยม
- การแผ่กระจายของตัวแยม หมายถึง ความสามารถในการแผ่ตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์แยมเมื่อมีการปาดหรือเกลี่ย
- ความเหนียวของเนื้อพลับ หมายถึง ลักษณะความเหนียวของเนื้อพลับที่มีลักษณะเป็นเส้น ๆ ซึ่งผสมอยู่ในแยม

3. **กลิ่นและรสชาติ (Flavour and Taste)**

- กลิ่นพลับ หมายถึง กลิ่นธรรมชาติของพลับที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์แยม
- รสหวาน หมายถึง ระดับความหวานของผลิตภัณฑ์แยม
- รสเปรี้ยว หมายถึง ระดับความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์แยม

นอกจากทั้ง 3 ลักษณะข้างต้นนี้ ยังมีการเพิ่มการยอมรับโดยรวมลงในแบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งหมายถึงการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์แยม โดยพิจารณาจากลักษณะที่ปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ

จากลักษณะของผลิตภัณฑ์แยมที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญทั้ง 3 กลุ่มดังกล่าว สามารถสรุปค่า Ideal Ratio Profile ของผลิตภัณฑ์แยมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ดังตารางที่ 5.2 และภาพ 5.1

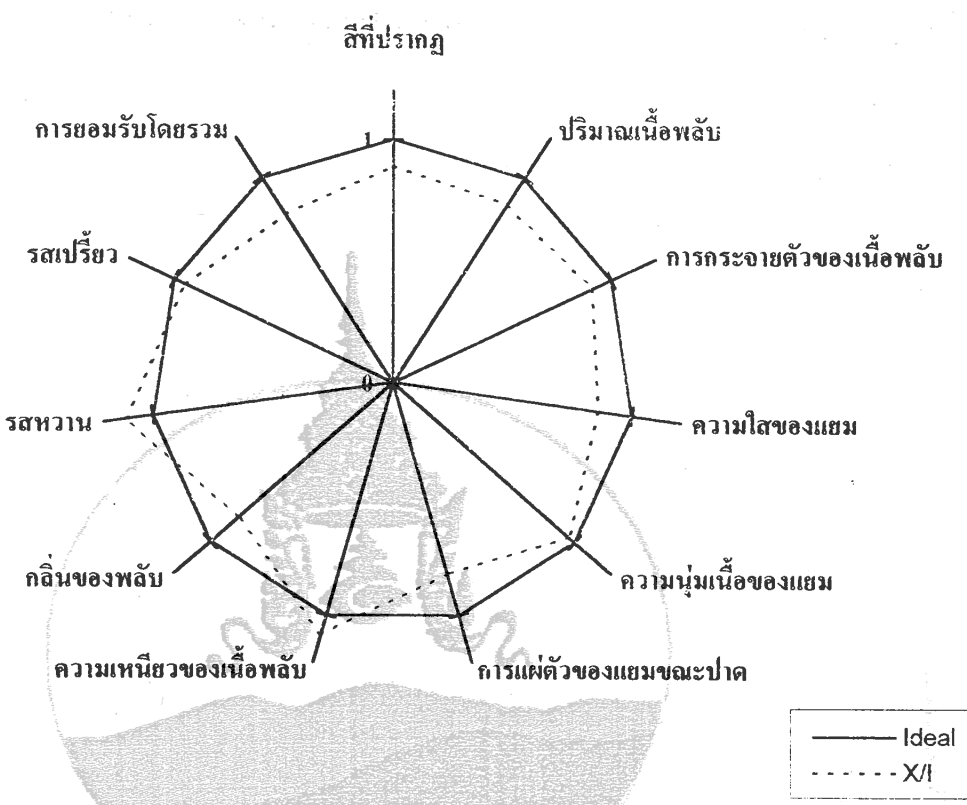
ตารางที่ 5.2 ค่า Ideal Ratio Profile ของผลิตภัณฑ์แยมที่มีอยู่ในท้องตลาด โดยใช้ผู้บริโภค จำนวน 20 คน

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	I (เซนติเมตร)	X (เซนติเมตร)	IRP (x / I)
1	ลักษณะปรากภายนอก			
	- สีที่ปรากฏ (เหลืองไปส้ม)	6.12±0.12	5.47±0.23	0.89±0.11
	- ปริมาณเนื้อพลับ (น้อยไปมาก)	5.38±0.09	4.68±0.19	0.87±0.09
	- การกระจายตัวของเนื้อพลับ (น้อยไปมาก)	7.29±0.14	6.61±0.15	0.91±0.07
	- ความใสของแยม (น้อยไปมาก)	6.64±0.16	5.72±0.09	0.86±0.10
2	ลักษณะเนื้อสัมผัส			
	- ความนุ่มเนื้อของแยม (น้อยไปมาก)	6.88±0.11	6.66±0.08	0.97±0.05
	- การกระจายตัวของแยมขณะปาด (ดีไปไม่ดี)	6.12±0.07	5.05±0.12	0.82±0.04
	- ความเหนียวของเนื้อพลับ (น้อยไปมาก)	4.88±0.21	5.27±0.18	1.08±0.10
3	กลิ่นและรสชาติ			
	- กลิ่นพลับ (น้อยไปมาก)	6.52±0.15	5.56±0.13	0.85±0.09
	- รสหวาน (น้อยไปมาก)	6.33±0.11	7.05±0.11	1.11±0.02
	- รสเปรี้ยว (น้อยไปมาก)	3.46±0.13	3.28±0.13	0.95±0.03
4	ลักษณะโดยรวม			
	- การยอมรับรวม (ไม่ยอมรับไปยอมรับ)	10.00±0.00	8.22±0.15	0.82±0.02

I = ค่าในอุดมคติของผู้บริโภคที่ต้องการในผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงโดยเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ค่าของลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แยมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันที่ผู้บริโภคพบเห็นโดยเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

IRP = ค่า Ideal Ratio Profile ของผลิตภัณฑ์แยมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันโดยเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพ 5.1 แสดงค่า Ideal Ratio Profile ของแยมที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงโดยใช้ Ideal Ratio Profile Technique จะต้องมีการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์แยมมีลักษณะที่สำคัญต่าง ๆ ตรงตามที่ผู้บริโภคต้องการ คือ มีค่าของ X / I เท่ากับ 1.00 (X = I) ถ้าหากลักษณะใดลักษณะหนึ่งมีค่า X / I น้อยกว่า 1.00 (X < I) จะต้องมีการพัฒนาลักษณะนั้นขึ้นมา เพื่อให้ค่า X / I เข้าใกล้ 1.00 หรือเท่ากับ 1.00 แต่ถ้าหากลักษณะใดลักษณะหนึ่งมีค่า X / I มากกว่า 1.00 (X > I) จะต้องมีการพัฒนาเพื่อลดลักษณะนั้นลงมา เพื่อให้มีค่า X / I เข้าใกล้ 1.00 หรือเท่ากับ 1.00 ดังนั้น

จากลักษณะที่สำคัญของแยมที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีค่า X / I ดังตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าลักษณะที่สำคัญที่ควรมีการพัฒนาให้มีค่า X / I มากขึ้นได้แก่ สีที่ปรากฏ ปริมาณเนื้อพลับ ความใสของแยม ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยม กลิ่นพลับ รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม ส่วนลักษณะที่สำคัญที่ควรพัฒนาให้มีค่า X / I ลดลง ได้แก่ ความเหนียวของเนื้อพลับ และรสหวาน

สำหรับในการพัฒนาสูตรของแยมพลับดัดแปลงจะใช้ Ideal Ratio Profile Technique ในการทดลองต่าง ๆ และใช้ค่าในอุดมคติ (Ideal) เฉลี่ยจากตารางที่ 5.2 เป็นค่าเปรียบเทียบกับค่าลักษณะต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคเป็นผู้ให้คะแนน (X) ซึ่งค่า X / I ในแต่ละการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงมีการพัฒนาเป็นไปในทิศทางใด โดยที่ค่าในอุดมคติโดยเฉลี่ยนี้ จะระบุไว้ในแบบทดสอบมาตรฐานเกี่ยวกับแยมพลับดัดแปลงดังภาคผนวกที่ 2

ตอนที่ 2 การศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญเพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ผลการวิเคราะห์ค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองทั้ง 5 สูตร ดังตารางที่ 4.2 ที่ใช้ Mixture design มีผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.3 และ 5.4 ดังนี้

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางเคมี และฟิสิกส์ของแยมพลับดัดแปลงทั้ง 5 สูตรที่ใช้ Mixture design

การวิเคราะห์	สิ่งทดลอง (สูตร)				
	1	2	3	4	5
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	4.16 ± 0.02	3.78 ± 0.04	3.49 ± 0.02	3.76 ± 0.03	3.98 ± 0.02
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริค (ร้อยละ)	0.25 ± 0.00	0.33 ± 0.00	0.40 ± 0.00	0.33 ± 0.00	0.26 ± 0.00
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	42.70 ± 0.3	42.50 ± 0.10	43.90 ± 0.1	41.30 ± 0.1	40.90 ± 0.1
ค่าสี L	36.15 ± 0.66	34.05 ± 0.65	36.23 ± 1.12	34.60 ± 0.86	35.64 ± 0.22
ค่าสี a*	14.26 ± 0.14	14.19 ± 0.30	14.46 ± 0.12	14.03 ± 0.43	14.40 ± 0.16
ค่าสี b*	11.20 ± 0.10	10.37 ± 0.69	12.20 ± 0.86	11.03 ± 0.82	11.69 ± 0.26

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของแยมพลับดัดแปลงทั้ง 5 สูตร โดยใช้แผนการทดลอง Mixture design

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	สิ่งทดลอง (สูตร)				
		1	2	3	4	5
1	ลักษณะปรากฏภายนอก					
	- สีที่ปรากฏ	0.94±0.18	1.10±0.17	1.02±0.17	1.04±0.19	0.97±0.16
	- ปริมาณเนื้อพลับ	0.77±0.11	1.12±0.21	0.92±0.19	1.04±0.13	0.82±0.30
	- การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.79±0.23	0.82±0.16	0.88±0.18	0.86±0.17	0.80±0.18
	- ความใสของแยม	0.89±0.13	0.78±0.21	0.82±0.15	0.67±0.17	0.94±0.17
2	ลักษณะเนื้อสัมผัส					
	- ความนุ่มเนื้อของแยม	0.92±0.18	0.97±0.16	0.94±0.16	0.96±0.19	0.93±0.16
	- การแผ่กระจายตัวของแยม	0.95±0.13	0.89±0.17	0.98±0.17	0.89±0.11	0.93±0.09
	- ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.00±0.19	0.97±0.24	1.00±0.25	0.96±0.23	1.03±0.35
3	กลิ่นและรสชาติ					
	- กลิ่นพลับ	0.80±0.27	0.81±0.25	0.70±0.25	0.85±0.19	0.85±0.22
	- รสหวาน	0.93±0.20	0.94±0.18	0.88±0.17	1.01±0.18	0.85±0.17
	- รสเปรี้ยว	0.71±0.31	0.75±0.24	0.83±0.23	0.76±0.20	0.64±0.20
4	การยอมรับโดยรวม	0.60±0.16	0.59±0.21	0.66±0.19	0.62±0.19	0.55±0.20

ทั้งผลการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Mutab 88 ซึ่งใช้วิเคราะห์หาสมการเพื่อวิเคราะห์หาสัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ที่เหมาะสม ในการวางแผนการวิเคราะห์โดยในโปรแกรม Mutab 88 จะมีการกำหนดดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การวางแผนการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Mutab 88

สิ่งทดลอง (สูตร)	W (1)	Pu (2)	Per (3)	W Pu (1)(2)	W Per (1)(3)	Pu Per (2)(3)
1	0.310	0.440	0.250	0.136	0.077	0.110
2	0.310	0.240	0.450	0.074	0.139	0.108
3	0.420	0.330	0.250	0.139	0.105	0.082
4	0.330	0.220	0.450	0.073	0.148	0.099
5	0.420	0.230	0.350	0.097	0.147	0.080

หมายเหตุ : W = น้ำ Pu = เนื้อพลับตีป่น Per = เนื้อพลับหั่นฝอย

ในการวิเคราะห์หาสมการ จะนำค่าผลการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และค่า Ideal Ratio Profile ของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในแต่ละสิ่งทดลอง มาทำการ Regression กับสัดส่วนของน้ำ เนื้อพลับตีป่น และเนื้อพลับหั่นฝอยของข้อมูลในตารางที่ 5.5 ดังตัวอย่างที่ 5.1

ตัวอย่างที่ 5.1 ในการหาสมการเพื่อหาสัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ที่เหมาะสมในเรื่องของสีที่ปรากฏ จะนำค่า Ideal Ratio Profile (X / I) ของลักษณะสีที่ปรากฏที่ได้จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการRegressionกับเทอมที่มีสัดส่วนที่ต้องการศึกษาทีละตัวในตารางที่ 5.5 โดยสัดส่วนที่ต้องการศึกษาได้แก่ น้ำ เนื้อพลับตีป่น และเนื้อพลับหั่นฝอย เมื่อ Regression แล้ว จะได้สมการทั้งหมด 3 สมการ ดังนี้

สีที่ปรากฏ = -2.390 W + 7.623 WPu + 8.735 WPer ---------- (1)

สีที่ปรากฏ = -3.470 Pu + 8.370 WPu + 12.076 PuPer ---------- (2)

สีที่ปรากฏ = -1.350 Per + 5.923 WPer + 7.853 PuPer ---------- (3)

สมการ (1) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Ideal Ratio Profile ในเรื่องของสีที่ปรากฏกับค่าทั้งคอลัมน์ของ W , WPu และ WPerในตารางที่ 5.5

สมการ (2) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Ideal Ratio Profile ในเรื่องของสีที่ปรากฏกับค่าทั้งคอลัมน์ของ Pu , WPu และ PuPerในตารางที่ 5.5

สมการ (3) ได้จากการ Regression ระหว่างค่า Ideal Ratio Profile ในเรื่องของสีที่ปรากฏกับค่าทั้งคอลัมน์ของ Per , WPer และ PuPerในตารางที่ 5.5

สำหรับสมการทั้งหมดที่ได้จากการ Regression ระหว่างค่าวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และค่า Ideal Ratio Profile ของแต่ละลักษณะของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสกับค่าของสัดส่วนที่ต้องการศึกษาดังตารางที่ 5.5 ได้แสดงสมการดังภาคผนวกที่ 3

สมการที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดจากโปรแกรม Mutab 88 ของแต่ละการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวกที่ 3 จะนำมาทำ Partial derivatives ก่อนจะนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อในโปรแกรม Linear programming 88 (LP88) การทำ Partial derivatives จะทำกับสมการทั้ง 3 สมการของแต่ละค่าวิเคราะห์ โดยสมการ (1) จะทำ Partial derivatives กับน้ำ(W) สมการ (2) ทำ Partial derivatives กับเนื้อพลับตีปัน (Pu) และสมการ (3) จะทำ Partial derivatives กับเนื้อพลับหั่นฝอย (Per) จากนั้นสมการทั้ง 3 ที่ทำ Partial derivatives แล้วจะต้องนำมาลบค่าของ Lag range (λ) เสมอ ตัวอย่างของการทำ Partial derivatives แสดงดังตัวอย่างที่ 5.2

ตัวอย่างที่ 5.2 การทำ Partial derivatives ของสมการที่วิเคราะห์ได้ในเรื่องของสีที่ปรากฏจากโปรแกรม Mutab 88 ซึ่งมีสมการดังนี้

จากสมการ (1) สีที่ปรากฏ = -2.390 W + 7.623 WPu + 8.735 WPer

ทำการ Partial derivatives จะได้สมการดังนี้

$$\frac{\delta \text{ สีที่ปรากฏ}}{\delta \text{ W}} = 0 = -2.390 + 7.623 \text{ Pu} + 8.735 \text{ Per}$$

ดังนั้น สมการที่ (1) เมื่อทำ Partial derivatives แล้วจะได้สมการ คือ

7.623 Pu + 8.735 Per - λ = 2.390 ---------- (1.1)

จากสมการที่ (2) สีที่ปรากฏ = -3.470 Pu + 8.370 WPu + 12.076 PuPer

ทำการ Partial derivatives จะได้สมการดังนี้

$$\frac{\delta \text{ สีที่ปรากฏ}}{\delta \text{ W}} = 0 = -3.470 + 8.370 \text{ W} + 12.076 \text{ Per}$$

ดังนั้น สมการที่ (2) เมื่อทำ Partial derivatives แล้วจะได้สมการ คือ

8.370 W + 12.076 Per - λ = 3.470 ---------- (2.1)

จากสมการที่ (3) สีที่ปรากฏ = -1.350 Per + 5.923 W + 7.853 Pu

ทำการ Partial derivatives จะได้สมการดังนี้

$$\frac{\delta \text{ สีที่ปรากฏ}}{\delta \text{ W}} = 0 = -1.350 + 5.923 \text{ W} + 7.853 \text{ Pu}$$

ดังนั้น สมการที่ (3) เมื่อทำ Partial derivatives แล้วจะได้สมการ คือ

5.923 W + 7.853 Per - λ = 1.350 ---------- (3.1)

หมายเหตุ : สมการที่ทำการวิเคราะห์จาก Mutab 88 แล้วทำการ Partial derivatives แล้วแสดงดังภาคผนวกที่ 4

หลังจากได้สมการที่ทำการ Partial derivatives ของการศึกษาในแต่ละลักษณะของค่าวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้ว จะนำสมการในกลุ่มลักษณะต่างๆเหล่านี้ไปวิเคราะห์ผลในโปรแกรม LP88 ซึ่งจะได้สัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีปน : เนื้อพลับหั่นฝอย ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ในการนำค่าวิเคราะห์จากสมการที่ทำ Partial derivatives จะใช้สัมประสิทธิ์ของเทอมต่าง ๆ [น้ำ (W) เนื้อพลับตีปน (Pu) เนื้อพลับหั่นฝอย (Per)] ไปวิเคราะห์ในโปรแกรม LP88 นอกจาก 3 สมการของแต่ละลักษณะของค่าวิเคราะห์จะเพิ่มเข้าไปอีก 1 สมการ คือ W + Pu + Per = 1.00 และต้องระบุสัมประสิทธิ์ของค่า Lag range ด้วย

ผลการวิเคราะห์ด้วย Linear programming 88 (LP88) ซึ่งได้สัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีปน : เนื้อพลับหั่นฝอย แสดงดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 สัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง โดยใช้การวิเคราะห์จาก Linear programming 88

การวิเคราะห์	น้ำ (ร้อยละ)	เนื้อพลับตีป่น (ร้อยละ)	เนื้อพลับหั่นฝอย (ร้อยละ)
สีที่ปรากฏ	31.14	34.92	33.94
ปริมาณเนื้อพลับ	31.38	35.39	33.24
การกระจายตัวของเนื้อพลับ	31.17	34.57	34.26
ความใสของแยม	30.76	34.32	34.92
ความนุ่มเนื้อของแยม	31.10	34.78	34.12
การแผ่กระจายตัวของแยม	31.05	34.24	34.71
ความเหนียวของเนื้อพลับ	31.01	34.61	34.38
กลิ่นของพลับ	31.05	35.38	33.56
รสหวาน	31.26	34.76	33.98
รสเปรี้ยว	31.25	34.08	34.66
การยอมรับโดยรวม	31.21	34.14	34.65
ความเป็นกรดเป็นด่าง	31.00	34.71	34.29
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค	31.31	34.19	34.50
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	30.72	34.16	35.12
ค่าสี L	31.06	34.41	34.53
ค่าสี a*	31.04	34.58	34.38
ค่าสี b*	31.04	34.38	34.57
ค่าเฉลี่ย (Mean)	31.09	34.57	34.34
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	$\pm$ 0.17	$\pm$ 0.40	$\pm$ 0.47

จากค่าของสัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ของแต่ละการวิเคราะห์รวมกันแล้วต้องเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าหากมีการใช้สัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ของแต่ละค่าการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.6 จะสามารถอธิบายได้ว่า ค่าการวิเคราะห์ทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และค่า Ideal Ratio Profile ของแต่ละลักษณะ มีผลดังตารางที่ 5.7 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ เมื่อมีการใช้สัดส่วนของ น้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ตามตารางที่ 5.6

การวิเคราะห์	ค่าการวิเคราะห์
ความเป็นกรดเป็นด่าง	4.22 $\pm$ 0.26
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	0.32 $\pm$ 0.02
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(องศาบริกซ์)	45.2 $\pm$ 2.6
ค่าสี L	33.71 $\pm$ 2.23
ค่าสี a*	15.19 $\pm$ 0.90
ค่าสี b*	11.75 $\pm$ 0.70

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของลักษณะที่สำคัญต่าง ๆ เมื่อมีการใช้สัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ตามตารางที่ 5.6

การวิเคราะห์	ค่า Ideal Ratio Profile
สีที่ปรากฏ	1.08 $\pm$ 0.06
ปริมาณเนื้อพลับ	0.98 $\pm$ 0.06
การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.87 $\pm$ 0.05
ความใสของแยม	0.86 $\pm$ 0.06
ความนุ่มเนื้อของแยม	1.01 $\pm$ 0.06
การแผ่กระจายตัวของแยม	0.99 $\pm$ 0.06
ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.05 $\pm$ 0.06
กลิ่นของพลับ	0.86 $\pm$ 0.06
รสหวาน	1.02 $\pm$ 0.06
รสเปรี้ยว	0.79 $\pm$ 0.04
การยอมรับโดยรวม	0.65 $\pm$ 0.04

หมายเหตุ การคำนวณค่าวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.7 และ 5.8 คำนวณได้จากการนำเอาสัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ของแต่ละการวิเคราะห์ไปแทนค่าในสมการดังภาคผนวกที่ 4 แล้วหาค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สัดส่วนของ น้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ที่เหมาะสมจะมีค่าขึ้นอยู่กับ สีที่ปรากฏ ปริมาณเนื้อพลับ การกระจายตัวของเนื้อพลับ ความใสของแยม ความนุ่มเนื้อของแยม ความเหนียวของเนื้อพลับ กลิ่นของพลับ รสหวาน รสเปรี้ยว การยอมรับโดยรวม ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวอยู่ในช่วงที่กำหนดเริ่มต้นดังตารางที่ 4.1 คือ

1. น้ำ ร้อยละ 31.00 - 42.00
2. เนื้อพลับตีป่น ร้อยละ 22.00 - 57.00
3. เนื้อพลับหั่นฝอย ร้อยละ 25.00 - 45.00

เมื่อนำค่าของสัดส่วนของน้ำ : เนื้อพลับตีป่น : เนื้อพลับหั่นฝอย ของค่าการวิเคราะห์ทั้งหมดมาเฉลี่ยแล้ว จะได้สัดส่วนที่เหมาะสม ดังนี้

1. น้ำ ร้อยละ 31.09 ± 0.17
2. เนื้อพลับตีป่น ร้อยละ 34.57 ± 0.40
3. เนื้อพลับหั่นฝอย ร้อยละ 34.34 ± 0.47

ดังนั้นสรุปผลของการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญเพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลงโดยใช้แผนการทดลอง Mixture design ได้ว่าต้องใช้น้ำร้อยละ 31.09 ± 0.17 เนื้อพลับตีป่น ร้อยละ 34.57 ± 0.40 และเนื้อพลับหั่นฝอย ร้อยละ 34.34 ± 0.47

ตอนที่ 3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ผลการวิเคราะห์ค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองทั้ง 8 สูตร ซึ่งได้จากการวางแผนการทดลองโดยใช้ 2^{6-3} Fractional factorial design (N = 8) ซึ่งใช้สำหรับศึกษาปัจจัย 6 ชนิด ที่มีผลต่อการผลิตแยม (Modified starch Mixed gum น้ำตาลซูโครส สารละลายของกรดซิตริค สารละลายสีเหลือง และสารละลายกลิ่น) มีผลดังตารางที่ 5.9 และ 5.10 ดังนี้

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ ของสิ่งทดลองทั้ง 8 สูตร ที่ใช้แผนการทดลองแบบ 2^{6-3} Fractional factorial design (N = 8)

การวิเคราะห์	สิ่งทดลอง (สูตร)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ความเป็นกรดเป็นด่าง	2.88 ± 0.04	3.33 ± 0.03	3.38 ± 0.03	2.96 ± 0.03	2.88 ± 0.02	3.36 ± 0.00	3.40 ± 0.01	2.99 ± 0.01
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	0.67 ± 0.01	0.30 ± 0.03	0.22 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.61 ± 0.00	0.22 ± 0.00	0.26 ± 0.01	0.42 ± 0.00
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	36.3 ± 0.2	37.5 ± 0.3	38.4 ± 0.2	40.1 ± 0.3	45.4 ± 0.2	35.5 ± 0.4	41.5 ± 0.2	39.9 ± 0.2
ค่าสี L	40.19 ± 0.74	39.50 ± 0.65	35.95 ± 0.21	38.03 ± 0.33	39.82 ± 0.37	39.78 ± 0.63	40.42 ± 0.54	40.52 ± 0.28
ค่าสี a*	28.91 ± 1.00	24.24 ± 0.18	23.18 ± 0.29	22.26 ± 0.25	26.10 ± 0.26	26.21 ± 0.69	23.85 ± 0.57	25.63 ± 0.27
ค่าสี b*	21.91 ± 1.78	19.19 ± 0.46	12.32 ± 0.40	15.05 ± 0.23	18.74 ± 0.65	19.29 ± 1.06	19.28 ± 0.72	19.22 ± 0.32

ตารางที่ 5.10 ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของแยมพลับดัดแปลงทั้ง 8 สูตร โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2^{6-3} Fractional factorial design (N = 8)

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	สิ่งทดลอง (สูตร)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**								
	- สีที่ปรากฏ	1.14 ± 0.19	1.13 ± 0.16	1.26 ± 0.18	1.11 ± 0.18	1.02 ± 0.09	1.13 ± 0.18	1.18 ± 0.17	1.07 ± 0.17
	- ปริมาณเนื้อพลับ	0.96 ± 0.17	1.14 ± 0.22	1.19 ± 0.30	1.10 ± 0.16	0.83 ± 0.13	1.04 ± 0.12	0.98 ± 0.15	0.90 ± 0.11
	- การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.94 ± 0.08	0.97 ± 0.08	0.93 ± 0.19	0.89 ± 0.14	0.78 ± 0.22	0.90 ± 0.13	0.89 ± 0.14	0.84 ± 0.22
	- ความใสของแยม	0.99 ± 0.07	0.84 ± 0.20	0.78 ± 0.24	0.75 ± 0.21	0.90 ± 0.15	0.81 ± 0.16	0.80 ± 0.20	0.90 ± 0.13
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**								
	- ความนุ่มเนื้อของแยม	1.09 ± 0.22	1.04 ± 0.11	0.79 ± 0.29	0.76 ± 0.25	1.13 ± 0.16	0.98 ± 0.18	0.92 ± 0.14	0.86 ± 0.23
	- การแผ่กระจายตัวของแยม	0.82 ± 0.36	1.04 ± 0.12	1.02 ± 0.29	1.02 ± 0.33	0.92 ± 0.21	1.02 ± 0.18	0.89 ± 0.29	0.92 ± 0.38
	- ความเหนียวของเนื้อพลับ	0.60 ± 0.30	1.10 ± 0.19	1.19 ± 0.29	1.20 ± 0.44	0.75 ± 0.29	0.87 ± 0.25	1.05 ± 0.24	1.09 ± 0.44
3	**กลิ่นและรสชาติ**								
	- กลิ่นพลับ	0.88 ± 0.29	0.90 ± 0.29	0.90 ± 0.17	0.77 ± 0.31	0.75 ± 0.27	0.78 ± 0.23	0.84 ± 0.26	0.88 ± 0.31
	- รสหวาน	0.76 ± 0.19	0.96 ± 0.18	1.02 ± 0.28	0.82 ± 0.22	0.78 ± 0.23	0.95 ± 0.26	1.05 ± 0.22	0.79 ± 0.20
	- รสเปรี้ยว	1.43 ± 0.44	0.80 ± 0.32	0.68 ± 0.29	1.29 ± 0.48	1.53 ± 0.52	0.92 ± 0.51	0.81 ± 0.26	1.21 ± 0.49
4	**การยอมรับโดยรวม**	0.70 ± 0.20	0.62 ± 0.16	0.62 ± 0.20	0.65 ± 0.19	0.70 ± 0.19	0.68 ± 0.21	0.67 ± 0.21	0.68 ± 0.19

ในส่วนการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ใช้การวิเคราะห์โดยการทดสอบ T - test ของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 6 ปัจจัย โดยจะใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 80 ร้อยละ 90 และร้อยละ 95 ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลทางสถิติมีดังนี้

1. จากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของการทดสอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะที่สำคัญดังตารางที่ 5.9 และ 5.10 จะนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของแต่ละสิ่งทดลอง (สูตร) ดังสมการ

$$S_j^2 = \left[\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right] \Big/ n - 1$$

เมื่อ S_j^2 = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละสิ่งทดลองที่ได้จากค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะที่สำคัญ

X = ค่าการวิเคราะห์จริงของค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ หรือค่า Ideal Ratio Profile ของแต่ละผู้ทดสอบชิม ในแต่ละลักษณะที่สำคัญ

n = จำนวนครั้งในการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ (n = 5) หรือจำนวนผู้ทดสอบชิมทั้งหมด (n = 10)

2. นำค่า S_j^2 ทั้งหมดที่คำนวณได้ของแต่ละค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และแต่ละลักษณะที่สำคัญของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส มาหาค่า Pool of variance (S^2) ได้ดังสมการ

$$S^2 = \sum_{j=1}^{n} S_j^2 \Big/ n$$

3. นำค่า Pool of variance (S^2) มาหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าทั้งหมด (Standard error ; S.E.) ได้จากสมการ

$$S.E. = \sqrt{S^2 / n}$$

4. คำนวณหาค่าของผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาแต่ละปัจจัย ในแต่ละค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และแต่ละลักษณะที่สำคัญของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยคำนวณค่าได้จากสมการนี้ คือ

$$\text{Effect of factor}_i = [\text{Response}(+)/4] - [\text{Response}(-)/4]$$

เมื่อ factor_i = ปัจจัยที่ทำการศึกษาแต่ละปัจจัย ในแต่ละค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์และแต่ละลักษณะที่สำคัญของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

Response (+) = ค่าผลรวมของค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ หรือค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ในแต่ละลักษณะของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาซึ่งมีการใช้ค่าระดับสูง (+) ในแยมทั้ง 8 สูตร ตามการวางแผนการทดลองดังตารางที่ 4.3 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยที่ศึกษาใดมีค่าที่ใช้ตามตารางที่ 4.3 อยู่ในระดับสูง (+) ก็จะนำค่าการวิเคราะห์เฉลี่ยที่ตรงกับปัจจัยที่ใช้ระดับสูงนั้นมาคำนวณเป็นผลรวม

Response (-) = ค่าผลรวมของค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ หรือค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ในแต่ละลักษณะของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาซึ่งมีการใช้ค่าระดับต่ำ (-) ในแยมทั้ง 8 สูตร ตามการวางแผนการทดลองดังตารางที่ 4.3 ซึ่งหมายความว่าปัจจัยที่ศึกษาใดมีค่าที่ใช้ตามตารางที่ 4.3 อยู่ในระดับต่ำ (-) ก็จะนำค่าการวิเคราะห์เฉลี่ยที่ตรงกับปัจจัยที่ใช้ระดับต่ำนั้นมาคำนวณเป็นผลรวม

5. นำค่าผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาที่คำนวณได้ในแต่ละปัจจัยจากข้อ 4 ของแต่ละการวิเคราะห์ทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส มาเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของแต่ละการวิเคราะห์นั้น ๆ ดังสมการ

$$t = \frac{\text{Effect of factor}_i}{\text{S.E.}}$$

เมื่อ t = ค่าของผลกระทบของปัจจัยใด ๆ ที่ศึกษา เทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ซึ่งได้จากการศึกษาในแต่ละค่าการวิเคราะห์ทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และลักษณะที่สำคัญในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

6. นำค่า t ที่คำนวณได้จากข้อ 5 ไปเทียบกับค่า t ซึ่งได้จากตาราง T - table โดยกำหนดไว้ดังนี้ ถ้าเป็นการวิเคราะห์ค่าทางเคมีหรือฟิสิกส์ ซึ่งมีการวิเคราะห์ทั้งหมด 5 ซ้ำ (n = 5) จะเปิดตาราง T - table ดังภาคผนวกที่ 5 ที่ Degree of freedom = n - 1 = 4

ถ้าเป็นการวิเคราะห์ผลทางด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละลักษณะที่สำคัญ ซึ่งมีผู้ทดสอบชิม จำนวน 10 คน (n = 10) จะเปิดตาราง T - table ดังภาคผนวกที่ 5 ที่ Degree of freedom = n - 1 = 9 โดยที่ใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 80 ร้อยละ 90 และร้อยละ 95

7. สรุปปัจจัยที่ศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง โดยพิจารณาจากค่า t ที่คำนวณได้เทียบกับค่าการแจกแจง t จากตาราง T - table ซึ่งพิจารณาว่า หากค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าการแจกแจง t ที่เปิดจากตาราง T - table หรืออยู่ใน Critical area ก็แสดงว่าปัจจัยที่ศึกษาชนิดนั้นมีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ซึ่งจะมีการวางแผนการทดลองศึกษาปัจจัยดังกล่าวต่อไป

หมายเหตุ 1. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละค่าการวิเคราะห์ (S^2_j) ในแต่ละสูตร แสดงดังภาคผนวกที่ 6

2. ค่า Pool of variance (S^2) ของแต่ละค่าการวิเคราะห์ แสดงดังภาคผนวกที่ 6

3.ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error ; S.E.)แสดงดังภาคผนวกที่ 6

ตัวอย่างที่5.3การวิเคราะห์ผลทางสถิติของการศึกษาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ซึ่งมีผลต่อการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในเรื่องของสีที่ปรากฏ ทำได้ดังนี้

วิธีทำ 1. นำค่า Ideal Ratio Profile ของผู้ชิมแต่ละคนในเรื่องของสีที่ปรากฏมาคำนวณหาค่า S^2_1 ได้ดังนี้

$$S^2_1 = [\,(1.10^2 + 1.48^2 + \ldots + 0.93^2) - \frac{(1.10 + 1.48 + \ldots + 0.93)^2}{10}\,] \,/\, 9$$

$$S^2_1 = 0.040$$

ผลจากการคำนวณ $S^2_1 - S^2_8$ ในเรื่องของสีที่ปรากฏ แสดงดังนี้

$S^2_1 = 0.040$	$S^2_5 = 0.008$
$S^2_2 = 0.026$	$S^2_6 = 0.039$
$S^2_3 = 0.035$	$S^2_7 = 0.029$
$S^2_4 = 0.031$	$S^2_8 = 0.030$

2. หาค่า Pool of Variance (S^2) ได้ดังนี้

$$S^2 = \frac{(\,0.040 + 0.026 + 0.035 + 0.031 + 0.008 + 0.039 + 0.029 + 0.030\,)}{8}$$

$$= 0.0298$$

3. หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.)

$$S.E. = \sqrt{0.0298 / 10} = 0.054$$

4. หาค่าผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อแยม (Effect of factor$_i$) เช่น

$$\text{Effect of Modified starch} = \frac{(1.13+1.11+1.13+1.07)}{4} - \frac{(1.14+1.26+1.02+1.18)}{4}$$

$$= 1.110 - 1.150$$

$$= - 0.040$$

สำหรับปัจจัยตัวอื่นก็หาในทำนองเดียวกัน ซึ่งผลการคำนวณมีดังนี้

Effect of Mixed gum = 0.050

Effect of Sucrose = - 0.060

Effect of Citric acid solution = - 0.090

Effect of Sunset yellow solution = 0.040

Effect of Flavour solution = 0.000

5. นำค่าผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้ไปคำนวณหาค่า t โดยนำไปเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ดังนี้ เช่น

$$t \text{ (Modified starch)} = \frac{\text{Effect of Modified starch}}{S.E.}$$

$$= \frac{- 0.040}{0.054} = - 0.741$$

สำหรับผลกระทบของปัจจัยชนิดอื่นก็คำนวณเหมือนกัน ซึ่งผลการคำนวณมีดังนี้

t (Mixed gum) = 0.926

t (Sucrose) = - 1.111

t (Citric acid solution) = - 1.667

t (Sunset yellow solution) = 0.741

t (Flavour solution) = 0.000

6. เปิดค่า t จากตารางแจกแจง t - Distributed table ดังภาคผนวกที่ 5 ที่ Degree of freedom (df) = 9 ซึ่งมีค่าดังนี้

t ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 = $\pm$ 1.383

t ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 = $\pm$ 1.833

t ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 = $\pm$ 2.262

7. สรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพแยมพลับดัดแปลงในเรื่องของสีที่ปรากฏ คือ สารละลายของกรดซิตริคเพราะค่า t อยู่ในขอบเขตวิกฤต (Critical region) หรือมีค่าน้อยกว่าค่า t ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80

สำหรับปัจจัยอีก 5 ชนิด สรุปได้ว่าไม่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลงในเรื่องของสีที่ปรากฏ เพราะมีค่า t ไม่อยู่ในขอบเขตวิกฤต (Critical region) ทั้งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ร้อยละ 90 และร้อยละ 95

จากการศึกษาปัจจัยทั้ง 6 ชนิด ได้แก่

1. Modified starch
2. Mixed gum
3. น้ำตาลซูโครส (Sucrose)
4. สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50)
5. สารละลายสีเหลือง (Sunset yellow ; ความเข้มข้นร้อยละ 1)
6. สารละลายกลิ่น (S_{720} B)

โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^{6-3} Fractional factorial design (N = 8) เมื่อทำการทดสอบทั้งด้านเคมี ฟิสิกส์ และทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ค่าEffect และค่า t - test ของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ซึ่งใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^{6-3} Fractional factorial design(N = 8) ต่อการทดสอบทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และทางด้านประสาทสัมผัส

ลำดับ	การวิเคราะห์	ปัจจัยที่ศึกษา					
		A		B		C	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
1	สีที่ปรากฏ	-0.040	-0.741	0.050	0.926	-0.060	-1.111
2	ปริมาณเนื้อพลับ	0.055	0.951	0.050	0.864	-0.160	-2.765
3	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.015	0.301	0.002	-0.050	-0.080	-1.606
4	ความใสของแยม	-0.042	-0.758	-0.078	-1.381	-0.032	-0.579
5	ความนุ่มเนื้อของแยม	-0.075	-1.147	-0.230	-3.517	0.055	0.841
6	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.088	0.977	0.012	0.140	-0.038	-0.418
7	ความเหนียวของเนื้อพลับ	0.168	1.657	0.302	2.992	0.082	-0.816
8	กลิ่นของพลับ	-0.010	-0.117	0.020	0.234	-0.015	-0.175
9	รสหวาน	-0.022	-0.319	0.058	0.816	0.002	0.036
10	รสเปรี้ยว	-0.058	-0.426	-0.172	-1.277	0.068	0.500
11	การยอมรับโดยรวม	-0.015	-0.243	-0.020	-0.324	0.035	0.567
12	ความเป็นกรดเป็นด่าง	0.022	1.829	0.068	5.488	0.018	1.423
13	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค	-0.020	-3.667	-0.040	7.334	-0.105	-19.252
14	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	-2.160	-18.881	1.310	11.450	2.500	21.853
15	ค่าสี L	0.362	1.611	-1.092	-4.856	1.718	-7.633
16	ค่าสี a*	-0.952	-3.938	-2.632	-10.883	0.822	3.400
17	ค่าสี b*	0.125	0.328	-3.315	-8.703	2.015	5.290

เมื่อ A = Modified starch

B = Mixed gum

C = น้ำตาลซูโครส

ตารางที่ 5.11 ค่าEffect และค่า t - test ของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ซึ่งใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^{6-3} Fractional factorial design(N = 8) ต่อการทดสอบทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และทางด้านประสาทสัมผัส (ต่อ)

ลำดับ	การวิเคราะห์	ปัจจัยที่ศึกษา					
		D		E		F	
		Effect	t-test	Effect	t-test	Effect	t-test
1	สีที่ปรากฏ	-0.090	-1.667	0.040	0.741	0.000	0.000
2	ปริมาณเนื้อพลับ	-0.140	-2.420	0.010	0.173	-0.045	-0.778
3	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	-0.060	-1.205	0.020	0.402	0.035	0.703
4	ความใสของแยม	0.078	1.381	0.048	0.847	0.072	1.292
5	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.025	0.382	-0.030	0.459	0.065	0.991
6	การแผ่กระจายตัวของแยม	-0.072	-0.809	-0.022	0.251	-0.078	-0.865
7	ความเหนียวของเนื้อพลับ	-0.142	-1.409	-0.088	0.865	-0.042	-0.420
8	กลิ่นของพลับ	-0.035	-0.409	0.045	0.526	0.075	0.877
9	รสหวาน	-0.208	-2.943	-0.022	0.319	-0.002	-0.036
10	รสเปรี้ยว	0.562	4.164	-0.048	0.352	-0.042	-0.315
11	การยอมรับโดยรวม	0.035	0.567	0.010	0.162	0.005	0.081
12	ความเป็นกรดเป็นด่าง	-0.438	-35.570	0.012	1.016	0.010	0.813
13	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค	0.360	66.007	-0.095	-17.418	-0.035	-6.417
14	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	2.200	19.231	-3.610	-31.556	-1.040	-9.091
15	ค่าสี L	0.728	3.233	0.728	3.233	1.763	7.833
16	ค่าสี a*	1.342	5.550	1.898	7.844	1.218	5.033
17	ค่าสี b*	1.210	3.177	0.120	0.315	3.550	9.320

เมื่อ D = สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50)

E = สารละลายสีเหลือง (Sunset yellow ; ความเข้มข้นร้อยละ 1)

F = สารละลายกลิ่น (S_{720} B)

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยต่าง ๆ (T - test) ที่ศึกษา ดังตารางที่ 5.11 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าการแจกแจง t จากตาราง T - Table (ภาคผนวกที่ 5) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ร้อยละ 90 และร้อยละ 95 ซึ่งการทดสอบทางด้านเคมี และฟิสิกส์ จะใช้ df = 4 ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจะใช้ df = 9 ผลปรากฏว่าปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลงมีทั้งหมด 4 ปัจจัย คือ Modified starch , Mixed gum น้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50) ส่วนสารละลายสีเหลือง (Sunset yellow) และสารละลายกลิ่น (S_{720} B)นั้น ไม่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบต่าง ๆ ทั้งทางด้าน เคมี ฟิสิกส์ และประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ลักษณะต่างๆ ของการทดสอบทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และประสาทสัมผัส ที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลงและค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของผลกระทบนั้น ๆ

ลำดับ	ปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง	ลักษณะที่ได้รับผลกระทบ	ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ
1	Modified starch	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.657
		ความเป็นกรดเป็นด่าง	1.829
		ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริค	-3.667
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	-18.881
		ค่าสี L	1.611
2	Mixed gum	ความนุ่มเนื้อของแยม	-3.517
		ความเหนียวของเนื้อพลับ	2.992
		ความเป็นกรดเป็นด่าง	5.488
		ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริค	-7.334
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	11.450
		ค่าสี L	-4.856

ตารางที่ 5.12 ลักษณะต่างๆ ของการทดสอบทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และประสาทสัมผัส ที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง และค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของผลกระทบนั้นๆ (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง	ลักษณะที่ได้รับผลกระทบ	ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติ
3	น้ำตาลซูโครส	ปริมาณเนื้อพลับ	-2.765
		การกระจายตัวของเนื้อพลับ	-1.606
		ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริค	-19.252
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	21.853
		ค่าสี L	-7.633
4	สารละลายของกรดซิตริค	สีที่ปรากฏ	-1.667
		ปริมาณเนื้อพลับ	-2.420
		ความเหนียวของเนื้อพลับ	-1.409
		รสหวาน	-2.943
		รสเปรี้ยว	4.164
		ความเป็นกรดเป็นด่าง	-35.570
		ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริค	66.007
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	19.231
		ค่าสี L	3.233

จากปัจจัยที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลงทั้ง 4 ปัจจัย สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ทางสถิติทีละปัจจัยได้ดังนี้

1. **Modified starch** มีผลกระทบต่อลักษณะเหล่านี้ ได้แก่

1.1 **ความเหนียวของเนื้อพลับ** จากการวิเคราะห์ทางสถิติอธิบายได้ว่า Modified starch มีผลทางบวกต่อความเหนียวของเนื้อพลับเพราะมีค่าวิเคราะห์เป็นบวก (1.657) นั่นคือ ถ้ามีการเพิ่มปริมาณของ Modified starch ขึ้น จะมีผลทำให้ความเหนียวของเนื้อพลับเพิ่มขึ้นด้วยและจากผู้ทดสอบชิม (panel) มีความต้องการความเหนียวของเนื้อพลับมากขึ้น ดังนั้นสรุปได้ว่าควรมีการใช้ Modified starch เพิ่มขึ้น (+)

1.2 **ความเป็นกรดเป็นด่าง** จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติอธิบายได้ว่า Modified starch มีผลทางบวกต่อความเป็นกรดเป็นด่างเพราะมีค่าวิเคราะห์เป็นบวก (1.829)

นั่นคือถ้ามีการเพิ่มปริมาณของ Modified starch ขึ้นจะมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นด้วย แต่จากข้อมูลของผู้ทดสอบชิม ส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ Modified starch ลดลง (-)

1.3 **ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค** อธิบายได้ว่า Modified starch มีผลทางลบต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค เพราะมีค่าการวิเคราะห์เป็นลบ (- 3.667) นั่นคือถ้ามีการเพิ่มปริมาณของ Modified starch มากขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริคลดลงด้วยและข้อมูลจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ Modified starch ลดลง (-)

1.4 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** อธิบายได้ว่า Modified starch มีผลทางลบต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เพราะมีค่าการวิเคราะห์เป็นลบ (- 18.881) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Modified starch เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงด้วย และเนื่องจากข้อมูลการวิเคราะห์ของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสรุปได้ว่าควรมีการปรับปรุงเพื่อให้มีค่ามากขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการใช้ Modified starch ลดลง (-)

1.5 **ค่าสี L** อธิบายได้ว่า Modified starch มีผลทางบวกต่อค่าสี L เพราะมีค่าการวิเคราะห์เป็นบวก (1.611) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Modified starch เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสี L เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้มีความสว่างของผลิตภัณฑ์แยมมากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้แยมมีความสว่างมากขึ้น ซึ่งตรงกับความต้องการส่วนใหญ่ของผู้ทดสอบชิมที่ต้องการให้มีสีของแยมออกไปทางสีเหลืองมากขึ้น จึงสรุปว่าควรใช้ Modified starch มากขึ้น (+)

ในเรื่องเกี่ยวกับ Modified starch ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่มีผลต่อลักษณะต่างๆ ทั้ง 5 ลักษณะข้างต้นสรุปได้ว่า ควรมีการใช้ Modified starch ในปริมาณลดลง เพราะจาก 5 ลักษณะข้างต้น สรุปได้ว่าควรมีการใช้ Modified starch ลดลงมากกว่ามีการใช้เพิ่มขึ้น

2. **Mixed gum** มีผลต่อลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ คือ

2.1 **ความนุ่มเนื้อของแยม** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า Mixed gum มีผลทางลบต่อความนุ่มเนื้อของแยม เพราะมีค่าเป็นลบ (- 3.517) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความนุ่มเนื้อของแยมลดลง แต่เนื่องจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการแยมที่มีความนุ่มเนื้อมากขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ Mixed gum ลดลง (-)

2.2 **ความเหนียวของเนื้อพลับ** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า Mixed gum มีผลทางบวกต่อความเหนียวของเนื้อพลับ เพราะมีค่าเป็นบวก (2.992) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความเหนียวของเนื้อพลับเพิ่มขึ้น และจากข้อมูลของผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการความเหนียวของพลับเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น (+)

2.3 **ความเป็นกรดเป็นด่าง** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า Mixed gum มีผลทางบวกต่อความเป็นกรดเป็นด่าง เพราะมีค่าเป็นบวก (5.488) นั่นคือ ถ้ามีการใช้

Mixed gum เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้น แต่จากข้อมูลของผู้ทดสอบชิมต้องการความเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ Mixed gum ลดลง (-)

2.4 **ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค** อธิบายได้ว่า Mixed gum มีผลทางลบต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค เพราะมีค่าเป็นลบ (- 7.334) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคลดลง แต่จากข้อมูลของผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการความเปรี้ยวมากขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการใช้ Mixed gum ลดลง (-)

2.5 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** อธิบายได้ว่า Mixed gum มีผลทางบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เพราะมีค่าเป็นบวก (11.450) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และจากค่าการวิเคราะห์ทางเคมีต้องการให้มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น (+)

2.6 **ค่าสี L** อธิบายได้ว่า Mixed gum มีผลทางลบต่อค่าสี L เพราะมีค่าเป็นลบ (- 4.856) นั่นคือ ถ้ามีการใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่าสี L ลดลง แต่เนื่องจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการสีของแยมออกไปทางสีเหลืองมากขึ้นหรือต้องการความสว่างมากขึ้น ดังนั้นควรใช้ Mixed gum ลดลง

ในเรื่องของ Mixed gum ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ที่มีผลต่อลักษณะต่างๆ ทั้ง 6 ลักษณะข้างต้นสรุปได้ว่า ควรมีการใช้ Mixed gum ในปริมาณลดลง เพราะในแต่ละลักษณะข้างต้นมีการสรุปว่าควรใช้ Mixed gum ปริมาณลดลงมากกว่ามีการใช้ในปริมาณเพิ่มขึ้น

3. **น้ำตาลซูโครส** มีผลกระทบต่อลักษณะต่าง ๆ ได้แก่

3.1 **ปริมาณเนื้อพลับ** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า น้ำตาลซูโครสมีผลทางลบต่อปริมาณเนื้อพลับ เพราะมีค่าเป็นลบ (- 2.765) นั่นคือ ถ้ามีการใช้น้ำตาลซูโครสมากขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณของเนื้อพลับลดลง และจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความต้องการปริมาณเนื้อพลับลดลง ดังนั้นจึงควรมีการใช้น้ำตาลซูโครส เพิ่มขึ้น (+)

3.2 **การกระจายตัวของเนื้อพลับ** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า น้ำตาลซูโครสมีผลทางลบต่อการกระจายตัวของเนื้อพลับ เพราะมีค่าเป็นลบ (- 1.606) นั่นคือ ถ้ามีการใช้น้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การกระจายตัวของเนื้อพลับลดลง แต่จากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการให้มีการกระจายตัวของเนื้อพลับเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสลดลง (-)

3.3 **ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า น้ำตาลซูโครสมีผลทางลบต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคเพราะมีค่าเป็นลบ (-19.252) นั่นคือ ถ้ามีการใช้น้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคลดลง

แต่เนื่องจากมีความต้องการให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสลดลง (-)

3.4 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** อธิบายได้ว่า น้ำตาลซูโครสมีผลทางบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพราะมีค่าเป็นบวก (21.853) นั่นคือ ถ้ามีการใช้น้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และจากผลการวิเคราะห์ทางเคมี มีความต้องการให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ น้ำตาลซูโครส เพิ่มขึ้น (+)

3.5 **ค่าสี L** อธิบายได้ว่า น้ำตาลซูโครสมีผลทางลบต่อค่าสี L เพราะมีค่าเป็นลบ (- 7.633) นั่นคือ ถ้ามีการใช้น้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าสี L มีค่าลดลง แต่เนื่องจากมีความต้องการให้แยมมีความสว่างขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสลดลง (-)

ในเรื่องเกี่ยวกับน้ำตาลซูโครส ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ที่มีผลต่อลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 5 ลักษณะข้างต้น สรุปได้ว่าควรมีการใช้น้ำตาลซูโครสในปริมาณลดลง เพราะในแต่ละลักษณะข้างต้นสรุปได้ว่าควรใช้น้ำตาลซูโครสปริมาณลดลงมากกว่าในปริมาณเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากความต้องการของผู้ทดสอบชิมยังมีความต้องการรสหวานเพิ่มขึ้นเพื่อให้ค่า Ideal Ratio Profile ของรสหวานเข้าใกล้ 1.00 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ควรมีการใช้น้ำตาลซูโครสมากขึ้น

4. **สารละลายของกรดซิตริค** มีผลกระทบต่อลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

4.1 **สีที่ปรากฏ** จากการวิเคราะห์อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางลบต่อสีที่ปรากฏเพราะมีค่าเป็นลบ (- 1.667) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้สีที่ปรากฏมีค่า Ideal Ratio Profile ลดลง และจากความต้องการของผู้ทดสอบชิมมีความต้องการให้ค่า Ideal Ratio Profile ลดลง ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น (+)

4.2 **ปริมาณเนื้อพลับ** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางลบต่อปริมาณเนื้อพลับ เพราะมีค่าเป็นลบ (-2.420) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณเนื้อพลับมีค่าลดลง และจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการให้มีปริมาณเนื้อพลับลดลง ดังนั้นควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น (+)

4.3 **ความเหนียวของเนื้อพลับ** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางลบต่อความเหนียวของเนื้อพลับ เพราะมีค่าเป็นลบ (- 1.409) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความเหนียวของเนื้อพลับลดลง และจากความต้องการของผู้ทดสอบชิมต้องการให้มีความเหนียวของเนื้อพลับมากขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคในปริมาณลดลง (-)

4.4 **รสหวาน** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางลบต่อรสหวานเพราะมีค่าเป็นลบ (- 2.943) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผล

ทำให้รสหวานมีค่าลดลง แต่เนื่องจากความต้องการของผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ต้องการให้มีค่ารสหวานเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคลดลง (-)

4.5 **รสเปรี้ยว** อธิบายได้ว่าสารละลายของกรดซิตริคมีผลทางบวกต่อรสเปรี้ยว เพราะมีค่าเป็นบวก (4.164) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น และจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น (+)

4.6 **ความเป็นกรดเป็นด่าง** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางลบต่อความเป็นกรดเป็นด่าง เพราะมีค่าเป็นลบ (-35.570) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างลดลง แต่เนื่องจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น (+)

4.7 **ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางบวกต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคเพราะมีค่าเป็นบวก (66.007) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคมีค่าเพิ่มขึ้น และจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความต้องการให้มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น (+)

4.8 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางบวกต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพราะมีค่าเป็นบวก (19.231) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากค่าการวิเคราะห์ทางเคมีมีความต้องการให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น (+)

4.9 **ค่าสี L** อธิบายได้ว่า สารละลายของกรดซิตริคมีผลทางบวกต่อค่าสี L เพราะมีค่าเป็นบวก (3.233) นั่นคือ ถ้ามีการใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่าสี L เพิ่มขึ้น และจากผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความต้องการให้แยมมีสีออกไปทางสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นหรือมีความสว่างขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคเพิ่มขึ้น

ในเรื่องเกี่ยวกับสารละลายของกรดซิตริคซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่มีผลกระทบต่อลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 9 ลักษณะข้างต้น สรุปได้ว่าควรมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในปริมาณเพิ่มขึ้นเพราะจากลักษณะต่าง ๆข้างต้น สรุปได้ว่าควรมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในปริมาณมากขึ้นมากกว่าใช้ปริมาณลดลง แต่เนื่องจากความต้องการของผู้ทดสอบชิมมีค่า Ideal Ratio Profile อยู่ที่ 1.362 - 0.802 ซึ่งมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคที่ระดับสูงและระดับต่ำ (ร้อยละ 1.0 และ 0.5 ตามลำดับ) ดังนั้นเพื่อให้ค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 ในเรื่องของความเปรี้ยว จึงควรลดการใช้สารละลายของกรดซิตริคให้อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 1.0 - 0.5

สำหรับปัจจัยอีก 2 ปัจจัยที่สรุปว่าไม่มีผลกระทบต่อแยมในการวิเคราะห์ทางสถิติได้แก่ สารละลายสีเหลือง (Sunset yellow) และสารละลายกลิ่น (S_{720} B) ซึ่งอธิบายได้ว่า

1. **สารละลายสีเหลือง (Sunset yellow)** จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติสรุปได้ว่า สารละลายสีเหลืองมีผลกระทบต่อ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสี L ซึ่งอธิบายได้ว่า ถ้ามีการใช้สารละลายสีเหลืองเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลงแต่มีค่าสี L เพิ่มขึ้น ซึ่งทั้ง 2 ลักษณะแรกไม่สามารถอธิบายอะไรได้ แต่ในเรื่องของค่าสี L นั้น ผู้ทดสอบชิมมีความต้องการสีของแยมค่อนข้างไปทางสีเหลืองมากขึ้นหรือแยมมีความสว่างของสีมากขึ้น ซึ่งมีค่า Ideal Ratio Profile อยู่ระหว่าง 1.02 - 1.26 โดยมีการใช้สารละลายสีเหลืองอยู่ที่ร้อยละ 0.6 - 1.0 ดังนั้นเพื่อให้ค่า Ideal Ratio Profile ในเรื่องของสีที่ปรากฏมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด จึงควรใช้สารละลายสีเหลืองในระดับต่ำ คือร้อยละ 0.6

2. **สารละลายกลิ่น** (S_{720} B) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติสรุปได้ว่า สารละลายกลิ่นมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสี L ซึ่งอธิบายได้ว่า ถ้ามีการใช้สารละลายกลิ่นเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลง แต่มีค่าสี L เพิ่มขึ้น ซึ่งจากทั้ง 3 ลักษณะดังกล่าวไม่สามารถอธิบายอะไรได้ แต่จากการทดสอบ ผู้ทดสอบชิมให้ความต้องการในเรื่องกลิ่นของพลับควรเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่า Ideal Ratio Profile อยู่ระหว่าง 0.75 - 0.90 โดยมีการใช้สารละลายกลิ่นอยู่ที่ระดับร้อยละ 1.0 - 1.5 ดังนั้นเพื่อให้ค่า Ideal Ratio Profile ในเรื่องของกลิ่นของพลับมีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด จึงควรใช้สารละลายกลิ่นในระดับสูง คือร้อยละ 1.5

ดังนั้นจากเหตุผลข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า สารละลายสีเหลืองและสารละลายกลิ่นไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง

จากการศึกษาปัจจัยที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อแยมพลับดัดแปลงทั้ง 6 ปัจจัย จึงสามารถสรุปได้ว่าควรจะมีการศึกษาใน 4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแยมพลับดัดแปลงต่อไป ซึ่งได้แก่ Modified starch Mixed gum น้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค เพราะมีผลกระทบในลักษณะต่าง ๆ ของแยมพลับดัดแปลงค่อนข้างมาก ส่วนสารละลายสีเหลือง (Sunset yellow) และสารละลายกลิ่น (S_{720}B) จะถือว่าเป็นปัจจัยที่ไม่สำคัญต่อแยมพลับดัดแปลง เพราะให้ค่าการวิเคราะห์ทางสถิติที่ไม่สามารถอธิบายอะไรได้ จึงไม่มีการศึกษาต่อไป

ในการศึกษาปัจจัยทั้ง 4 ชนิดข้างต้นจะมีการแยกกลุ่มการศึกษา โดยมีการวางแผนการทดลองโดยใช้ 2^2 + 2cp factorial design ซึ่งการแยกกลุ่มในการศึกษาจะศึกษาทีละ 2 ปัจจัย ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ศึกษาสัดส่วนของ Modified starch และ Mixed gum ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลงโดยมีการกำหนดน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริค อยู่ที่ระดับต่ำ คือร้อยละ 30 และร้อยละ 0.50 ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2 ศึกษาสัดส่วนของน้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง โดยกำหนดสัดส่วนของ Modified starch และ Mixed gum ตามผลการทดลองของกลุ่มที่ 1

โดยในการศึกษาทั้ง 2 กลุ่มจะมีการใช้สารละลายสีเหลือง(Sunset yellow; ความเข้มข้นร้อยละ 1) และสารละลายกลิ่น ($S_{720}B$) อยู่ที่ร้อยละ 0.6 และร้อยละ 1.5 ตามลำดับ และมีการใช้ในสัดส่วนเช่นนี้ในการทดลองต่อ ๆ ไป

การศึกษาปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยจะมีการศึกษาต่อดังรายละเอียดในการวางแผนการทดลองในตอนที่ 4

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของแยมพลับดัดแปลง

จากผลการทดลองที่สรุปได้ในตอนที่ 3 ทำให้ทราบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อแยมพลับดัดแปลง ได้แก่ Modified starch Mixed gum น้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค ดังนั้นจึงมีการศึกษาปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยในตอนที่ 4 นี้ โดยแยกศึกษาทีละ 2 ปัจจัยซึ่งใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 + 2cp factorial design ดังนี้

ตอนที่ 4.1 ศึกษาสัดส่วนของ Modified starch และ Mixed gum ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ในการศึกษาได้มีการวางแผนการทดลองตามตารางที่ 4.4 ซึ่งมีการกำหนดสิ่งทดลองดังตารางที่ 5.13 และกำหนดให้ใช้น้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคที่ระดับต่ำ คือร้อยละ 30 และร้อยละ 0.50 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.13 แผนการทดลองการศึกษาสัดส่วนของ Modified starch และ Mixed gum ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง โดยใช้ 2^2 + 2cp factorial design

สิ่งทดลอง (สูตร)		Modified starch (ร้อยละ)	Mixed gum (ร้อยละ)
(1)	(1)	- (1.0)	- (0.6)
a	(2)	+ (1.2)	- (0.6)
b	(3)	- (1.0)	+ (1.0)
ab	(4)	+ (1.2)	+ (1.0)
cp_1	(5)	0 (1.1)	0 (0.8)
cp_2	(6)	0 (1.1)	0 (0.8)

เมื่อ (1) = ควบคุม

a = Modified starch

b = Mixed gum

cp = จุดกึ่งกลางของระดับปัจจัยที่ศึกษา

- = ระดับต่ำ

+ = ระดับสูง

และมีการกำหนดระดับต่ำและระดับสูง ดังนี้

1. Modified starch ร้อยละ 1.00 - 1.20 โดยมี cp = ร้อยละ 1.10
2. Mixed gum ร้อยละ 0.60 - 1.00 โดยมี cp = ร้อยละ 0.80

ผลการวิเคราะห์ค่าทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองทั้ง 6 สูตร จากแผนการทดลองนี้ แสดงดังตารางที่ 5.14 และ 5.15 ดังนี้

ตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางเคมี และฟิสิกส์ ของสิ่งทดลองทั้ง 6 สูตร ที่ใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 + 2cp factorial design

การวิเคราะห์	สิ่งทดลอง (สูตร)					
	1	2	3	4	5	6
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	3.34 ± 0.01	3.27 ± 0.01	3.25 ± 0.01	3.51 ± 0.01	3.54 ± 0.02	3.49 ± 0.01
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	39.7 ± 2.0	41.6 ± 0.6	44.3 ± 0.6	43.3 ± 0.5	39.7 ± 0.2	40.8 ± 0.2
ค่าสี L	41.47 ± 0.98	38.46 ± 0.13	38.69 ± 0.05	38.20 ± 0.12	41.39 ± 0.59	39.50 ± 0.68
ค่าสี a*	24.58 ± 1.12	24.22 ± 0.24	22.72 ± 0.20	21.91 ± 0.69	25.72 ± 0.61	24.13 ± 0.26
ค่าสี b*	20.14 ± 1.06	16.90 ± 0.08	14.97 ± 0.28	13.90 ± 0.73	21.31 ± 1.19	17.54 ± 0.66

ตารางที่ 5.15 ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของแยมพลับดัดแปลงทั้ง 6 สูตรที่ใช้การวางแผนการทดลองแบบ 2^2 + 2cp factorial design ในการศึกษาสัดส่วนของ Modified starch และ Mixed gum ที่เหมาะสมในการผลิตแยม

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	สิ่งทดลอง (สูตร)					
		1	2	3	4	5	6
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**						
	สีที่ปรากฏ	1.06±0.17	1.08±0.21	1.11±0.09	1.17±0.18	1.11±0.18	1.24±0.20
	ปริมาณเนื้อพลับ	0.90±0.31	0.94±0.19	0.93±0.18	1.06±0.11	1.02±0.17	1.19±0.18
	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.98±0.13	0.93±0.11	0.94±0.09	0.89±0.14	0.95±0.17	0.84±0.19
	ความใสของแยม	0.98±0.21	0.92±0.18	0.74±0.13	0.78±0.22	0.99±0.11	0.78±0.16
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**						
	ความนุ่มเนื้อของแยม	1.10±0.15	1.01±0.08	0.90±0.16	0.96±0.21	1.05±0.17	1.01±0.18
	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.87±0.11	0.94±0.14	0.84±0.09	0.87±0.12	0.87±0.12	0.87±0.15
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	0.99±0.27	1.13±0.21	1.11±0.18	1.04±0.19	0.99±0.25	1.07±0.17
3	**กลิ่นและรสชาติ**						
	กลิ่นของพลับ	0.81±0.31	0.91±0.25	0.92±0.19	0.82±0.21	0.90±0.20	0.89±0.18
	รสหวาน	0.98±0.25	0.90±0.17	0.92±0.17	0.88±0.15	0.92±0.18	0.95±0.19
	รสเปรี้ยว	0.90±0.21	0.87±0.25	0.86±0.20	0.90±0.25	0.82±0.26	1.03±0.29
4	**ลักษณะโดยรวม**						
	การยอมรับโดยรวม	0.84±0.17	0.82±0.19	0.80±0.17	0.80±0.21	0.84±0.20	0.83±0.15

สำหรับผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Stat pack ในการวิเคราะห์ค่าการวิเคราะห์ทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่ง Modified starch และ Mixed gum มีผลกระทบต่อค่าดังกล่าว ให้ผลการวิเคราะห์ที่เป็นปัจจัยสำคัญดังนี้

1. ปริมาณเนื้อพลับ
2. ความใสของแยม
3. ความนุ่มเนื้อของแยม
4. การแผ่กระจายตัวของแยม
5. ความเหนียวของเนื้อพลับ
6. กลิ่นของพลับ
7. รสหวาน
8. การยอมรับโดยรวม

9. ความเป็นกรดเป็นด่าง

10. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

11. ค่าสี a*

และจากปัจจัยที่สำคัญทั้ง 1 ข้อดังกล่าว เมื่อทำการถอดรหัสสมการ (Decode) ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Stat pack แล้ว จะได้สมการที่ถอดรหัสแล้วดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 สมการที่ถอดรหัสแล้วของปัจจัยสำคัญที่ได้จากสมการที่วิเคราะห์ได้โดยใช้โปรแกรม Stat pack ในการศึกษาสัดส่วนของ Modified starch และ Mixed gum ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	สมการที่ถอดรหัสแล้ว
1	ปริมาณเนื้อพลับ $= (-1.475 \times 10^{-3})MS^2 + 3.245 \times 10^{-3}\ MS + 1.10322$
2	ความใสของแยม $= (-0.019)\ MG + 0.8852$
3	ความนุ่มเนื้อของแยม $= (-3.75 \times 10^{-4})MS^2 + 7.5 \times 10^{-4}\ MS \times MG + 2.25 \times 10^{-4}\ MS - 0.0133\ MG + 1.02$
4	การแผ่กระจายตัวของแยม $= (-2 \times 10^{-4})MS \times MG + 2.66 \times 10^{-3}\ MS - (4.78 \times 10^{-3})MG + 0.871$
5	ความเหนียวของเนื้อพลับ $= (-1.05 \times 10^{-3})MS \times MG + 8.4 \times 10^{-4}\ MS + 1.155 \times 10^{-3}\ MG + 1.0479$
6	กลิ่นของพลับ $= (-3.0 \times 10^{-4})MS^2 - (1.0 \times 10^{-3})MS \times MG + 1.46 \times 10^{-3}\ MS + 1.1 \times 10^{-3}\ MG + 0.894$
7	รสหวาน $= (-0.003)\ MS - (4.0 \times 10^{-3})MG + 0.934$
8	การยอมรับโดยรวม $= (-2 \times 10^{-4})MS^2 + 4.4 \times 10^{-4}\ MS - (3 \times 10^{-3})MG + 0.837$
9	ความเป็นกรดเป็นด่าง $= (-1.725 \times 10^{-3})MS^2 + 1.65 \times 10^{-3}\ MS \times MG + 7.225 \times 10^{-3}\ MS + 5.685 \times 10^{-3}\ MG + 3.503$
10	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด $= 0.0200\ MS^2 - (0.0148)\ MS \times MG - (0.0323)\ MS + 0.328\ MG + 39.997$
11	ค่าสี a* $= (-0.01568)\ MS^2 + 0.0345\ MS - (0.2085)\ MG + 25.073$

เมื่อ MS = Modified starch

MG = Mixed gum

จากสมการที่ถอดรหัสแล้วดังตารางที่ 5.16 จะนำเอาค่าจริงของ Modified starch และ Mixed gum ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

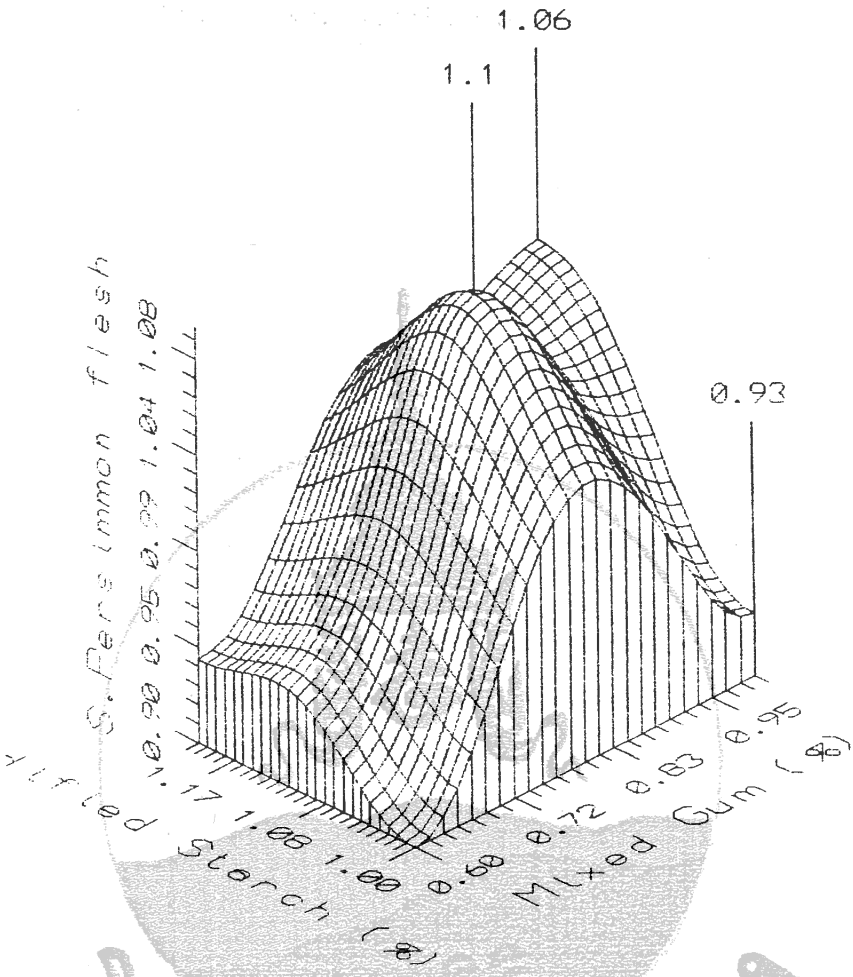
	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	**ระดับสูง** (ร้อยละ)
Modified starch	1.00	1.20
Mixed gum	0.60	1.00

มาแทนลงในสมการที่ถอดรหัสเรียบร้อยแล้ว เพื่อจะได้ค่าของ Ideal Ratio Profile ที่ควรจะเป็นถ้าหากมีการใช้ปัจจัยทั้ง 2 ชนิดนี้ในระดับต่าง ๆ หากมีการใช้ปัจจัยชนิดใดชนิดหนึ่งแล้วมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดก็จะเลือกใช้ระดับที่ใช้ของปัจจัยนั้น ๆ ส่วนการแทนค่าในสมการที่เป็นส่วนของการทดสอบทางเคมี และฟิสิกส์ ก็จะเลือกระดับที่ใช้ของแต่ละปัจจัยที่ให้ผลสอดคล้องกับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสหรือตามทฤษฎี

เมื่อนำเอาค่าจริงของ Modified starch และ Mixed gum แทนลงในสมการที่ถอดรหัสแล้ว สามารถอธิบายในแต่ละลักษณะดังนี้

1. **ในเรื่องของปริมาณเนื้อพลับ** หากมีการเลือกใช้ Modified starch ทั้งในระดับต่ำและระดับสูง จะให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าเข้าใกล้ 1.00 เท่ากัน คือ 1.10 ดังนั้นจึงควรใช้ Modified starch ในระดับต่ำ เพื่อลดต้นทุนการผลิตลง

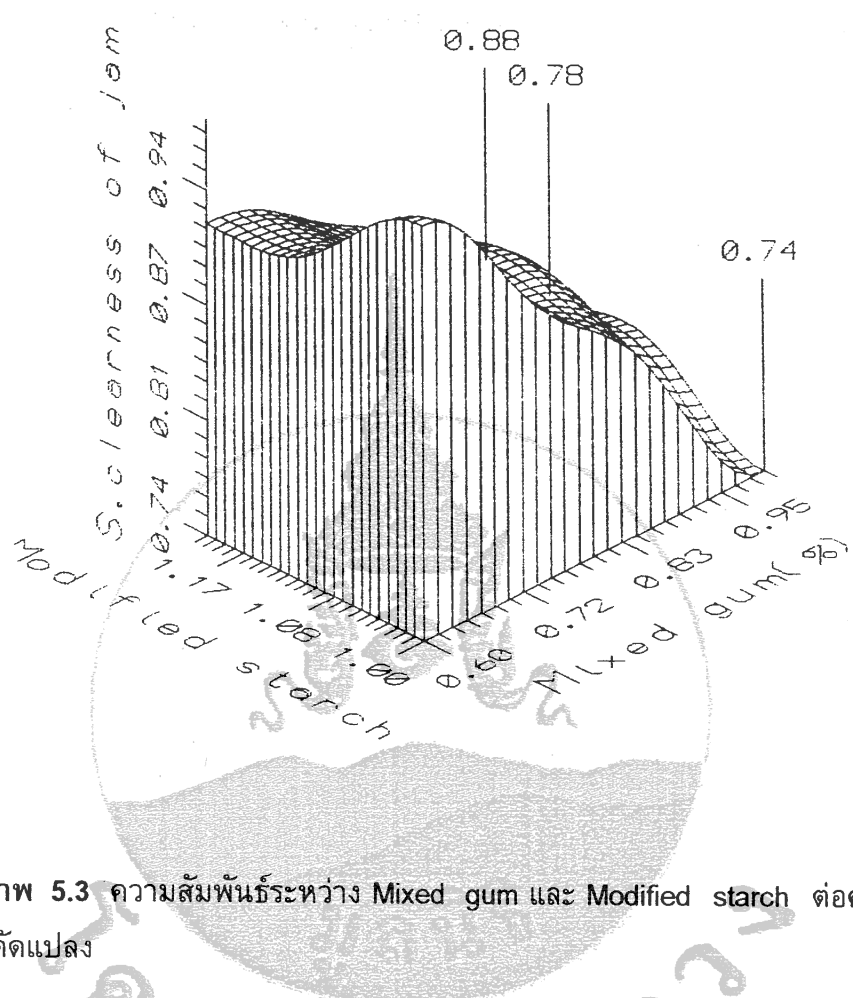
ภาพ 5.2 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อปริมาณเนื้อพลับของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 0.6 และ Modified starch ร้อยละ 1.0 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.90 แต่เมื่อเพิ่มการใช้ Mixed gum เป็นร้อยละ 1.0 และ Modified starch ร้อยละ 1.2 จะมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 1.06 โดยมีการตอบสนองต่อปริมาณเนื้อพลับในผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.2



ภาพ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อปริมาณ เนื้อพลับของแยมพลับดัดแปลง

2. **ในเรื่องของความใสของแยม** หากมีการเลือกใช้ Mixed gum ในระดับต่ำ จะมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากกว่าการใช้ที่ระดับสูงคือ 0.87 ดังนั้นจึงควรใช้ Mixed gum ในระดับต่ำ

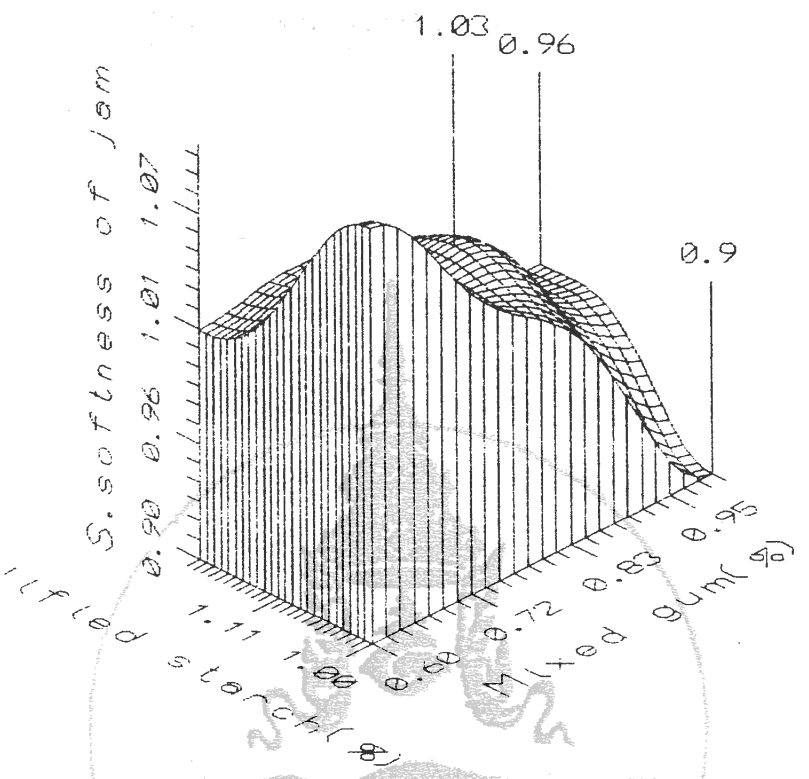
ภาพ 5.3 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความใสของแยม โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 1.00 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.74 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum ลดลงเป็นร้อยละ 0.60 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุด คือ 0.98 โดยมีการตอบสนองต่อความใสของแยมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.3



ภาพ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความใสของแยมพลับดัดแปลง

3. **ในเรื่องของความนุ่มเนื้อของแยม** หากมีการใช้ Modified starch ในระดับต่ำ และใช้ Mixed gum ในระดับสูง จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด คือ 1.00 ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับนี้

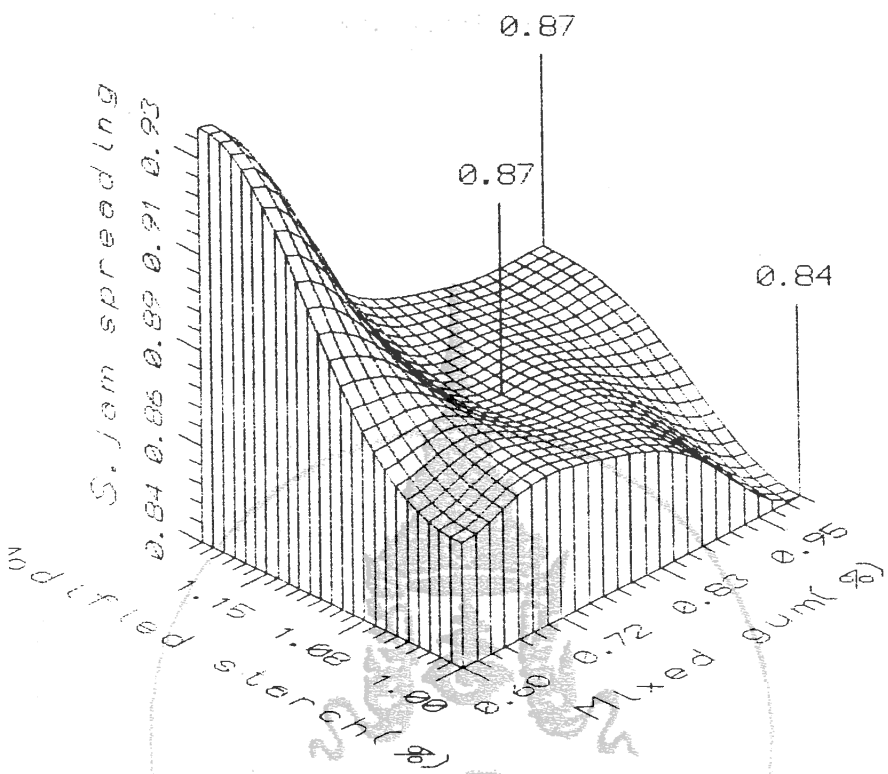
ภาพ 5.4 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความนุ่มเนื้อของแยม โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 1.00 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.90 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum ลดลงเป็นร้อยละ 0.80 และมีการใช้ Modified starch เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.10 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile ใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 1.03 โดยมีการตอบสนองต่อความนุ่มเนื้อของแยม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.4



ภาพ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความนุ่มเนื้อของแยมพลับดัดแปลง

4. **ในเรื่องของการแผ่กระจายตัวของแยม** หากมีการใช้ Modified starch ในระดับสูง และใช้ Mixed gum ในระดับต่ำ จะมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าเข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ 0.87 ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับนี้

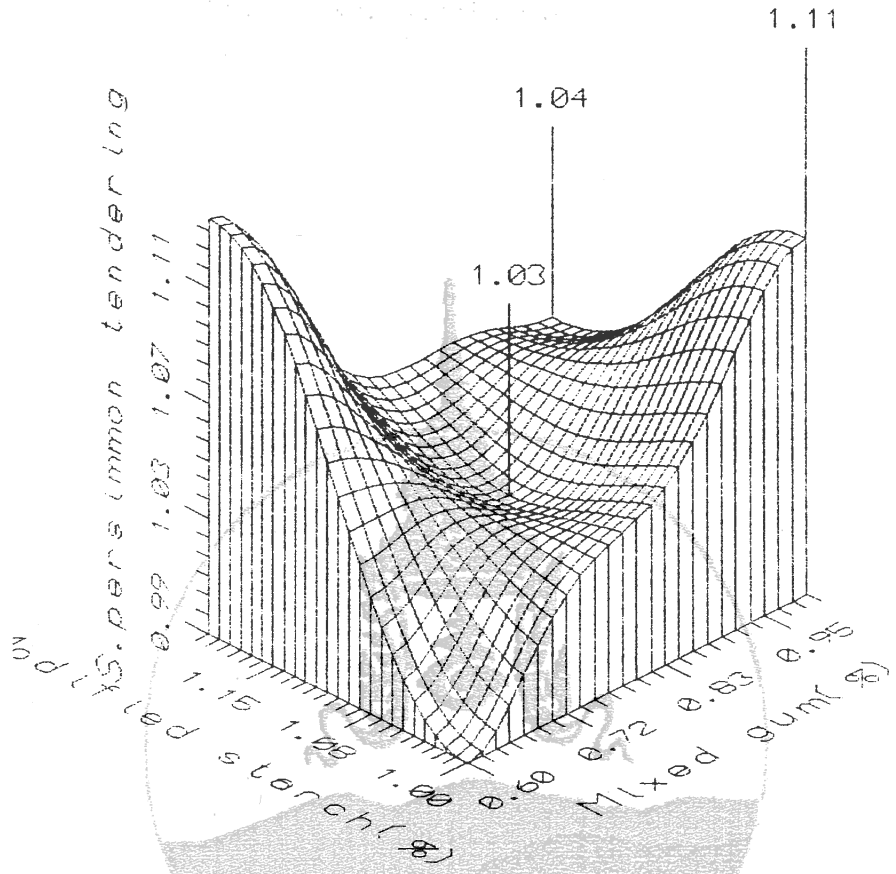
ภาพ 5.5 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อการแผ่กระจายตัวของแยม โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 1.00 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.84 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum ลดลงเป็นร้อยละ 0.60 และเพิ่มการใช้ Modified starch เป็นร้อยละ 1.20 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 0.94 โดยมีการตอบสนองต่อการแผ่กระจายตัวของแยมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.5



ภาพ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และModified starch ต่อการแผ่กระจายตัวของแยมพลับดัดแปลง

5. **ในเรื่องของความเหนียวของเนื้อพลับ** หากมีการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ จะทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เท่ากับการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับต่ำคือ 1.05 ดังนั้นควรใช้ทั้ง 2 ปัจจัยในระดับต่ำเพื่อลดต้นทุนการผลิต

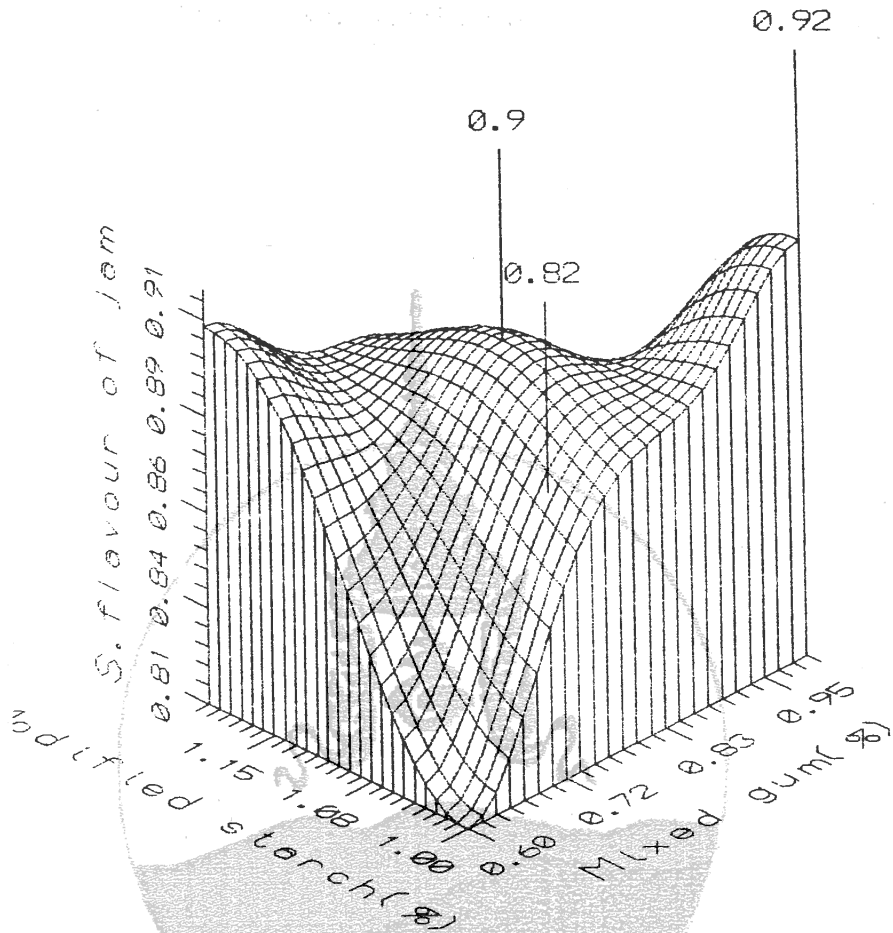
ภาพ 5.6 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความเหนียวของเนื้อพลับ โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 0.60 และ Modified starch ร้อยละ 1.20 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่ามากที่สุดคือ 1.13 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum ในระดับเดิมและลดการใช้ Modified starch ลงมาเป็นร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile ลดลงใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 0.99 โดยมีการตอบสนองต่อความเหนียวของเนื้อพลับในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.6



ภาพ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความเหนียวของเนื้อพลับในผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง

6. **ในเรื่องของกลิ่นของพลับ** หากมีการใช้ Modified starch ในระดับต่ำ และใช้ Mixed gum ในระดับสูง จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด คือ 0.90 ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch ระดับต่ำ และ Mixed gum ระดับสูง

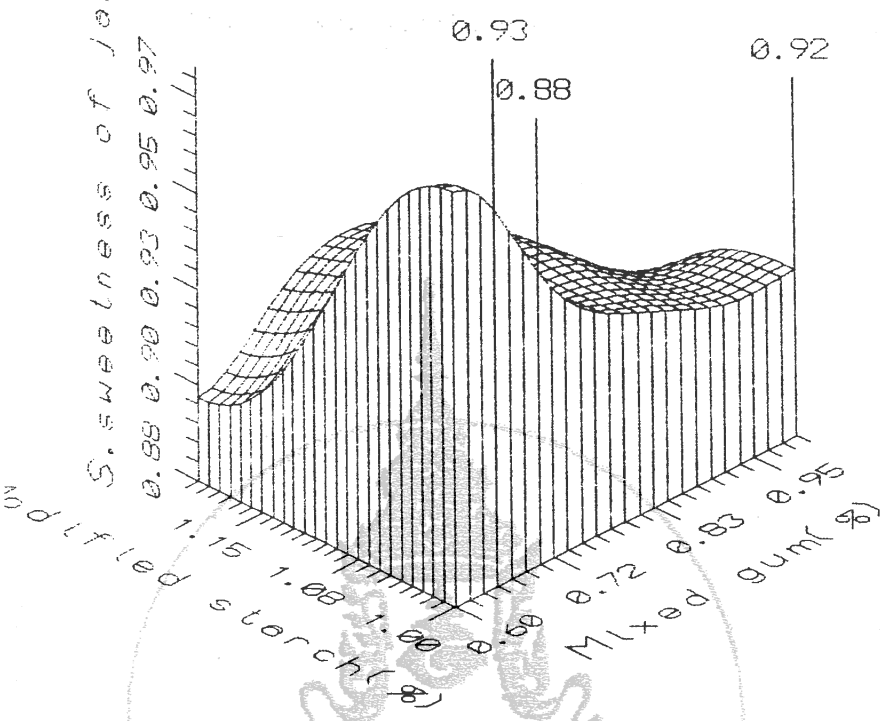
ภาพ 5.7 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อกลิ่นของพลับในผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 0.60 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่ามากที่สุด คือ 0.81 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum เพิ่มเป็นร้อยละ 1.00 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 0.92 โดยมีการตอบสนองต่อกลิ่นของพลับในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.7



ภาพ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อกลิ่นของพลับในผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง

7. **ในเรื่องของรสหวาน** หากมีการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับต่ำ จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ 0.93 ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับต่ำทั้งคู่

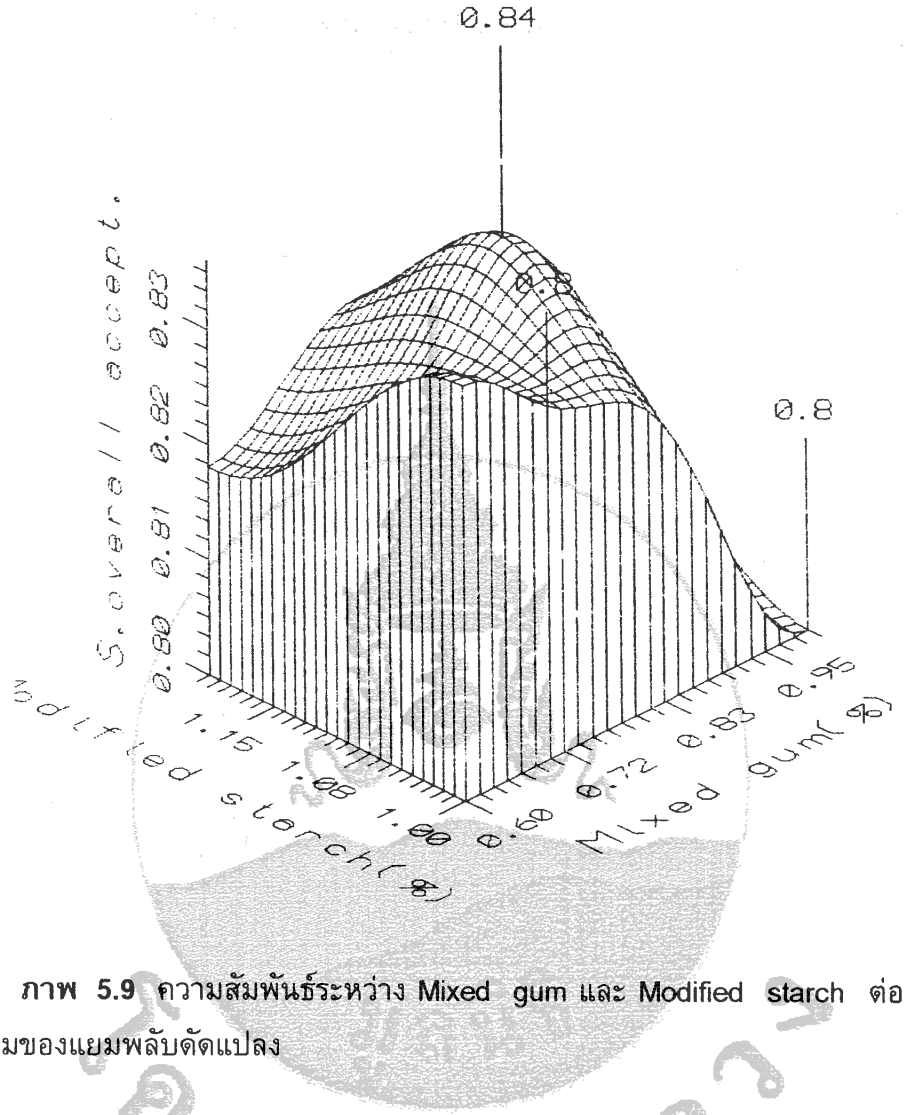
ภาพ 5.8 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อรสหวานของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 0.80 และ Modified starch ร้อยละ 1.10 พบว่ามีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.88 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum เป็นร้อยละ 0.60 และ Modified starch เป็นร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 0.98 โดยมีการตอบสนองต่อรสหวานของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.8



ภาพ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อรสหวานของแยมพลับดัดแปลง

8. **ในเรื่องของการยอมรับโดยรวม** หากมีการใช้ Modified starch ในระดับต่ำหรือระดับสูง และใช้ Mixed gum ในระดับต่ำ จะทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 เท่ากันคือ 0.83 ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับต่ำเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

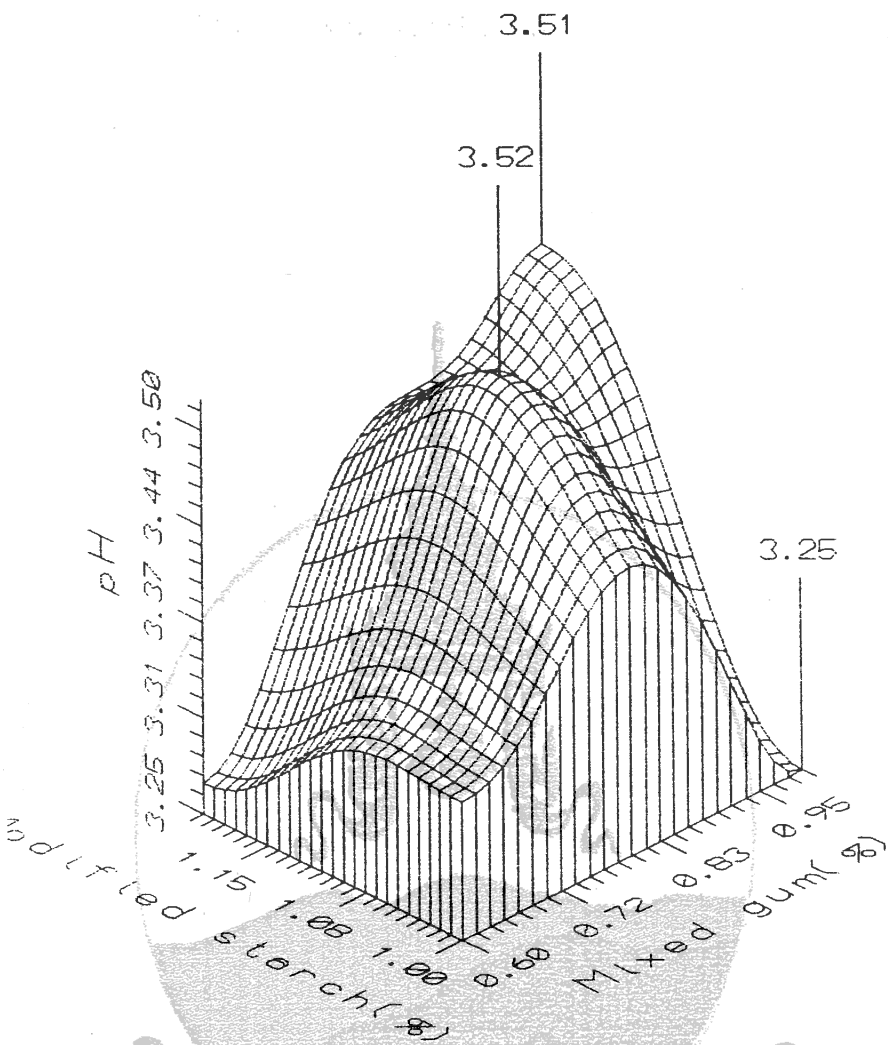
ภาพ 5.9 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อการยอมรับโดยรวมของแยมพลับดัดแปลง โดยพบว่าเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 1.00 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile ต่ำที่สุดคือ 0.80 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum เป็นร้อยละ 0.60 และ Modified starch ยังคงใช้เป็นร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุด คือ 0.84 โดยมีการตอบสนองต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.9



ภาพ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อการยอมรับโดยรวมของแยมพลับดัดแปลง

9. **ในเรื่องของความเป็นกรดเป็นด่าง** หากมีการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ จะมีผลทำให้มีความเป็นกรดเป็นด่างต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้ทดสอบชิมที่ต้องการให้มีรสเปรี้ยวมากขึ้น ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ ซึ่งจะได้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 3.52

ภาพ 5.10 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความเป็นกรดเป็นด่างของแยมพลับดัดแปลง โดยพบว่าเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 0.80 และ Modified starch ร้อยละ 1.10 จะมีผลทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 3.52 แต่เมื่อมีการใช้ Modified starch เป็นร้อยละ 1.00 และใช้ Mixed gum เป็นร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำที่สุดคือ 3.25 โดยมีการตอบสนองต่อความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.10

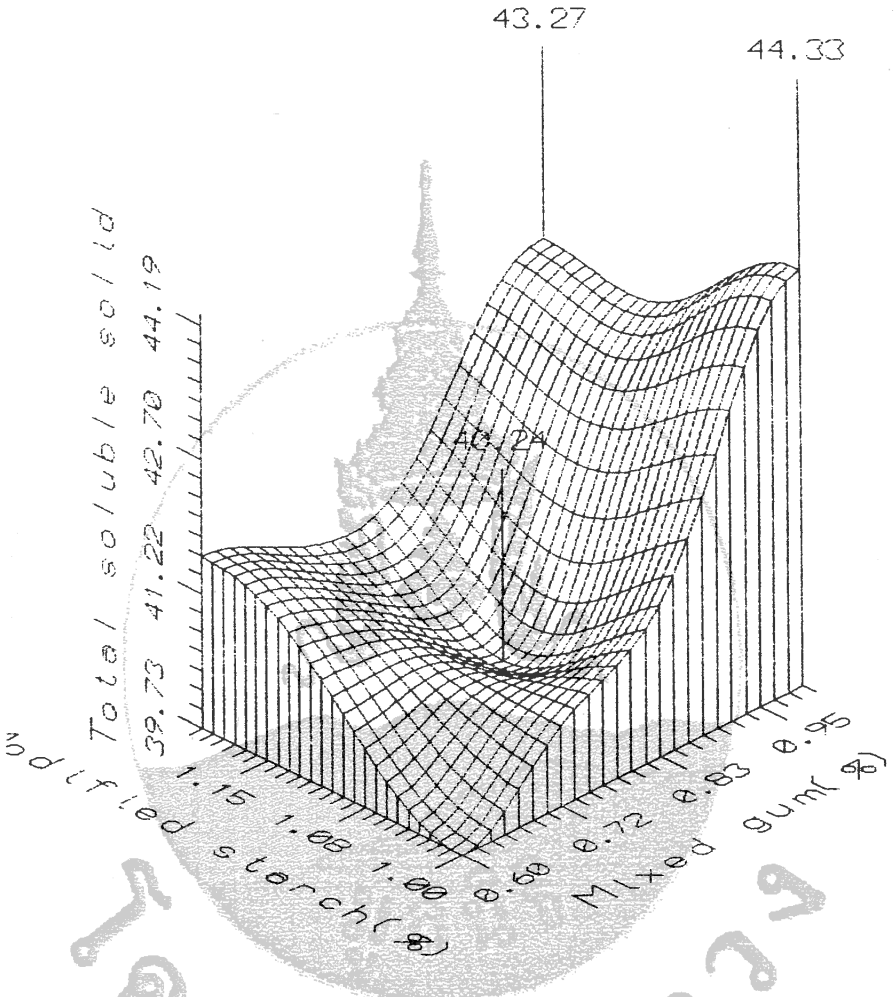


ภาพ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของแยมพลับดัดแปลง

10. **ในเรื่องของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** หากมีการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ จะมีผลทำให้มีค่าของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความต้องการในผลิตภัณฑ์แยม ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ ซึ่งจะได้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 40.30 องศาบริกซ์

ภาพ 5.11 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 0.60 และ Modified starch ร้อยละ 1.00 พบว่ามีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุดคือ 39.73 องศาบริกซ์ แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.00 และยังคงใช้ Modified starch ร้อยละ 1.00 จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่ามากที่สุดคือ 44.33 องศาบริกซ์ โดยมีการตอบสนองต่อ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.11

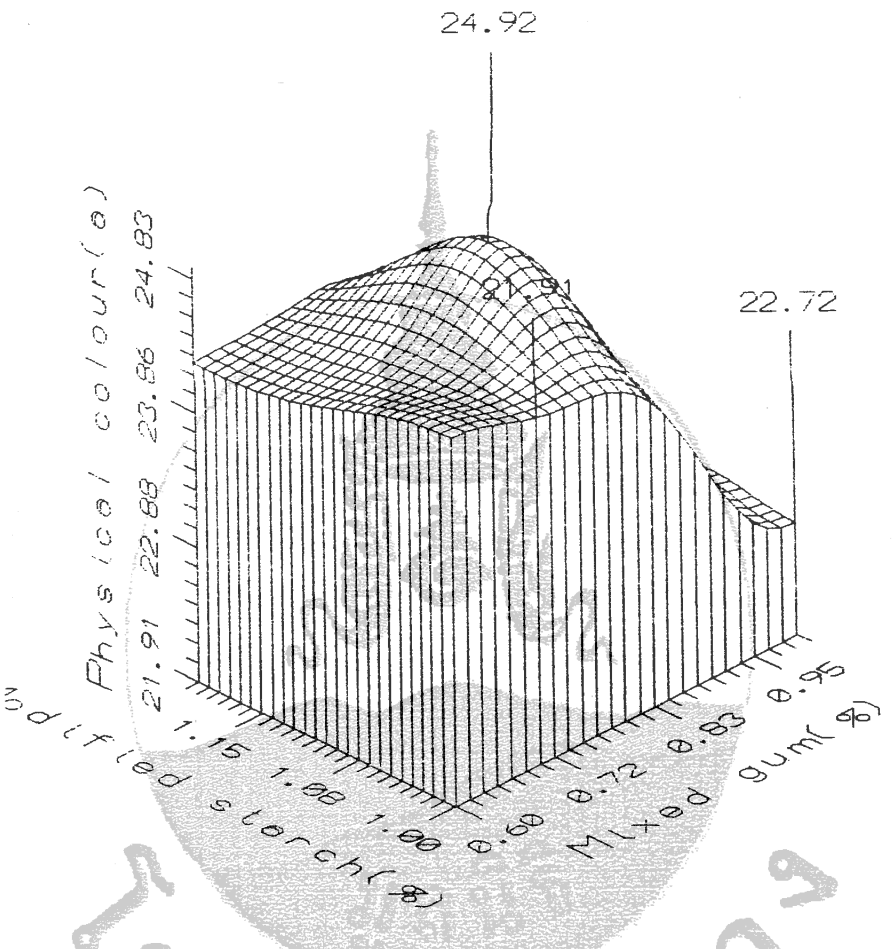


ภาพ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ของแยมพลับดัดแปลง

11. **ในเรื่องของค่าสี a*** หากมีการใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ จะมีผลทำให้มีค่าของค่าสี a* ลดลง ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิมที่ต้องการให้แยมพลับดัดแปลงมีสีออกไปทางสีเหลืองมากขึ้นหรือมีค่าสี a* ลดลง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ Modified starch และ Mixed gum ในระดับสูงทั้งคู่ ซึ่งจะได้ค่าสี a* เท่ากับ 24.88

ภาพ 5.12 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อค่าสี a* ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้ Mixed gum ร้อยละ 1.00 และ Modified starch ร้อยละ 1.20 พบว่ามีผลทำให้มีค่าสี a* ต่ำที่สุดคือ 21.91 แต่เมื่อมีการใช้ Mixed gum เป็นร้อยละ 0.80 และ Modified starch เป็นร้อยละ 1.10 จะมีผลทำให้มีค่าสี a*

มากที่สุดคือ 24.92 โดยมีการตอบสนองต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ Mixed gum และ Modified starch ในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.12



ภาพ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Mixed gum และ Modified starch ต่อค่าสี a* ของแยมพลับดัดแปลง

จากผลการแทนค่าในสมการที่ถอดรหัสแล้ว และทำการวิเคราะห์ระดับที่ควรใช้ สามารถอธิบายผลการทดลองได้ดังนี้

1. **Modified Starch** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะต่างๆ ของแยมพลับดัดแปลง ซึ่งมีทั้งหมด 10 ลักษณะได้แก่ ปริมาณเนื้อพลับ ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยม ความเหนียวของเนื้อพลับ กลิ่นของพลับ รสหวาน การยอมรับโดยรวม ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสี a*

สำหรับผลการวิเคราะห์ระดับที่ควรใช้จาก 10 ลักษณะต่างๆ ข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า ควรมีการใช้ Modified Starch ในระดับต่ำมีทั้งหมด 7 ลักษณะ และในระดับสูงมีทั้งหมด 3 ลักษณะ

ดังนั้นสรุปได้ว่า ควรมีการใช้ Modified Starch ในระดับต่ำคือร้อยละ 1.0

2. **Mixed gum** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะต่างๆของแยมพลับดัดแปลง ซึ่งมีทั้งหมด 10 ลักษณะ ได้แก่ ความใสของแยม ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยม ความเหนียวของเนื้อพลับ กลิ่นของพลับ รสหวาน การยอมรับโดยรวม ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าสี a*

สำหรับผลการวิเคราะห์ระดับที่ควรใช้จาก 10 ลักษณะต่างๆ ข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า ควรมีการใช้ Mixed gum ในระดับต่ำมีทั้งหมด 6 ลักษณะ และในระดับสูงมีทั้งหมด 4 ลักษณะ

ดังนั้นสรุปได้ว่า ควรมีการใช้ Mixed gum ในระดับต่ำคือร้อยละ 0.6

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อ Modified starch และ Mixed gum แล้วนอกจากปรากฏว่าลักษณะต่างๆข้างต้นมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแยมแล้วนั้น ผู้บริโภคยังสามารถบ่งบอกการยอมรับของผลิตภัณฑ์ด้วยการสังเกตลักษณะของสีที่ปรากฏ ความใสของแยม และความนุ่มเนื้อของแยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ดังสมการ

1. **ลักษณะปรากฏภายนอก (External appearance)**

การยอมรับรวม = 0.4596 + 0.1768 (สีที่ปรากฏ) +
0.1883 (ความใสของแยม)

2. **ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)**

การยอมรับรวม = 0.5691 + 0.2530 (ความนุ่มเนื้อของแยม)

จากการสังเกตลักษณะต่างๆ ทั้ง 3 ลักษณะข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า

1. **ในเรื่องของสีที่ปรากฏ** Modified Starch และ Mixed gum จะถือว่าไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง เพราะผลการวิเคราะห์ทางด้านสถิติข้างต้น สีที่ปรากฏไม่ใช่ลักษณะที่สำคัญที่ได้รับผลจาก Modified Starch และ Mixed gum แต่ผู้ทดสอบชิมก็ยังใช้สีในการบ่งบอกการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์

2. **ในเรื่องของความใสของแยม** Mixed gum มีผลต่อการยอมรับโดยรวม และยังมีผลต่อแยมพลับดัดแปลง นอกจากนั้นผู้ทดสอบชิมก็ยังใช้ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นตัวกำหนดของการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์

3. **ในเรื่องของความนุ่มเนื้อของแยม** ทั้ง Modified Starch และ Mixed gum มีผลต่อการยอมรับโดยรวม และผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลง นอกจากนั้นผู้ทดสอบชิมก็ยังใช้ลักษณะดังกล่าวนี้เป็นตัวกำหนดของการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 4.2 ศึกษาสัดส่วนของน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ในการศึกษามีการวางแผนการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่4.1 โดยมีการกำหนดระดับต่ำและระดับสูงของน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคที่ใช้ดังนี้

1. น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 38 - 43 โดยมี cp ร้อยละ 40.5
2. สารละลายของกรดซิตริค ร้อยละ 0.7 - 0.9 โดยมี cp ร้อยละ 0.8

และมีการใช้ Modified starch Mixed gum ตามสัดส่วนที่สรุปได้จากตอนที่ 4.1 คือ ร้อยละ 1.00 และร้อยละ 0.60 ตามลำดับในแต่ละสิ่งทดลอง

ผลการทดลองวิเคราะห์ค่าทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสสำหรับแยมพลับดัดแปลงทั้ง 6 สูตร ตามแผนการทดลอง 2^2 + 2cp factorial design แสดงผลดังตารางที่ 5.17 และ 5.18

ตารางที่ 5.17 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีและฟิสิกส์ของแยมทั้ง 6 สูตรที่ได้จากการวางแผนการทดลองโดยใช้ 2^2+2cp factorial design ในการศึกษาสัดส่วนของน้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	การวิเคราะห์	สิ่งทดลอง (สูตร)					
		1	2	3	4	5	6
1	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	3.76 ± 0.01	3.76 ± 0.01	3.57 ± 0.01	3.58 ± 0.00	3.67 ± 0.00	3.66 ± 0.01
2	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.00	0.32 ± 0.00	0.32 ± 0.01	0.28 ± 0.00	0.30 ± 0.00
3	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	46.7 ± 0.1	48.4 ± 0.0	44.7 ± 0.3	50.9 ± 0.1	49.3 ± 0.1	48.9 ± 0.1
4	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งก่อน Invertion (ร้อยละ)	4.73 ± 0.12	4.57 ± 0.21	6.17 ± 0.15	6.32 ± 0.09	6.24 ± 0.08	5.11 ± 0.16
5	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	13.56 ± 0.07	17.66 ± 0.11	16.05 ± 0.13	18.48 ± 0.12	17.22 ± 0.06	15.77 ± 0.11
6	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(ร้อยละ)	18.29 ± 0.09	22.22 ± 0.15	22.22 ± 0.14	24.80 ± 0.11	23.46 ± 0.07	20.88 ±0.14
7	ค่าสี L	36.47 ± 0.77	38.37 ± 1.07	39.41 ± 0.71	36.77 ± 0.42	37.13 ± 0.30	36.32 ± 1.10
8	ค่าสี a*	23.12 ± 0.48	24.16 ± 0.39	24.76 ± 0.81	24.15 ± 0.39	22.88 ± 0.19	23.45 ± 0.54
9	ค่าสี b*	14.27 ± 0.93	16.60 ± 1.57	17.87 ± 1.83	14.37 ± 0.73	13.63 ± 0.12	13.50±13.50

ตารางที่ 5.18 ค่าเฉลี่ยของค่า Ideal Ratio Profile ของแยมทั้ง 6 สูตรที่ได้จากการวางแผนการทดลองโดยใช้ $2^2 + 2cp$ factorial design ในการศึกษาสัดส่วนของ น้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริค ที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	สิ่งทดลอง (สูตร)					
		1	2	3	4	5	6
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**						
	สีที่ปรากฏ	1.12±0.09	0.99±0.03	0.94±0.05	1.10±0.14	0.98±0.12	1.18±0.15
	ปริมาณเนื้อพลับ	1.01±0.13	0.88±0.12	0.97±0.11	0.98±0.13	0.89±0.13	0.11±0.11
	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.90±0.14	0.92±0.10	0.94±0.13	0.90±0.11	0.88±0.08	0.93±0.13
	ความใสของแยม	0.87±0.05	0.98±0.04	1.01±0.08	0.88±0.09	0.98±0.08	0.80±0.06
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**						
	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.93±0.15	0.97±0.06	0.95±0.07	0.95±0.08	0.94±0.09	0.97±0.04
	การแผ่กระจายตัวของแยม	1.02±0.11	0.93±0.10	0.93±0.11	0.94±0.09	0.88±0.11	1.01±0.09
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.06±0.13	0.99±0.08	0.93±0.06	0.96±0.11	1.00±0.14	0.87±0.11
3	**กลิ่นและรสชาติ**						
	กลิ่นของพลับ	0.81±0.12	0.83±0.11	0.87±0.11	0.90±0.13	0.87±0.13	0.97±0.14
	รสหวาน	0.96±0.08	1.03±0.12	1.04±0.09	1.01±0.07	1.02±0.07	0.10±0.12
	รสเปรี้ยว	0.79±0.08	0.70±0.15	0.94±0.10	0.80±0.14	0.81±0.09	0.83±0.05
4	**ลักษณะโดยรวม**						
	การยอมรับโดยรวม	0.79±0.11	0.90±0.05	0.82±0.08	0.83±0.13	0.79±0.12	0.91±0.10

สำหรับผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Stat pack ในการวิเคราะห์ค่าทางเคมีฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคมีผลกระทบต่อค่าวิเคราะห์ต่าง ๆ ดังกล่าว และให้ผลการวิเคราะห์ที่เป็นปัจจัยที่สำคัญดังนี้

1. รสหวาน
2. รสเปรี้ยว
3. ความเป็นกรดเป็นด่าง
4. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค
5. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
6. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชัน
7. ปริมาณน้ำตาลซูโครส
8. ค่าสี L

9. ค่าสี a*

10. ค่าสี b*

และจากปัจจัยที่สำคัญทั้ง 10 ข้อดังกล่าว เมื่อนำสมการที่ได้จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Stat Pack มาถอดรหัส จะได้สมการที่ถอดรหัสแล้วดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 สมการที่ถอดรหัสแล้วของปัจจัยที่สำคัญที่ได้จากสมการที่วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Stat Pack ในการศึกษาสัดส่วนของน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	สมการที่ถอดรหัสแล้ว
1.	รสหวาน = $(-1.6 \times 10^{-3})Su^2 - (0.1)\ Su \times CA + 0.2136\ Su + 4.2\ CA - 5.1264$
2.	รสเปรี้ยว = $(-0.023)\ Su + 0.625\ CA + 1.2453$
3.	ความเป็นกรดเป็นด่าง = $(-0.925)\ CA + 4.4063$
4.	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค = $0.275\ CA + 0.073$
5.	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด = $(-0.2316)Su^2 + 4.47\ Su \times CA + 15.9766\ Su$ $(-181.035)CA - 218.0704$
6.	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่น = $7.95\ CA - 0.7977$
7.	ปริมาณน้ำตาลซูโครส = $0.653\ Su + 8.295\ CA - 56.2870$
8.	ค่าสี L = $0.1648\ Su^2 - (4.54)Su \times CA - (9.7168)Su + 183.87\ CA + 159.9422$
9.	ค่าสี a* = $0.1408\ Su^2 - (11.4048)Su + 254.1122$
10.	ค่าสี b* = $0.354\ Su^2 - (5.83)Su \times CA - (24.127)Su + 239.54\ CA + 407.32$

เมื่อ CA = สารละลายของกรดซิตริค

Su = น้ำตาลซูโครส

จากสมการที่ถอดรหัสแล้วดังตารางที่ 5.19 จะนำเอาค่าจริงของน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริค ที่ใช้ในการศึกษาจริง ซึ่งมีระดับต่ำและระดับสูง ดังนี้

	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง (ร้อยละ)
น้ำตาลซูโครส	38.00	43.00
สารละลายของกรดซิตริค	0.70	0.90

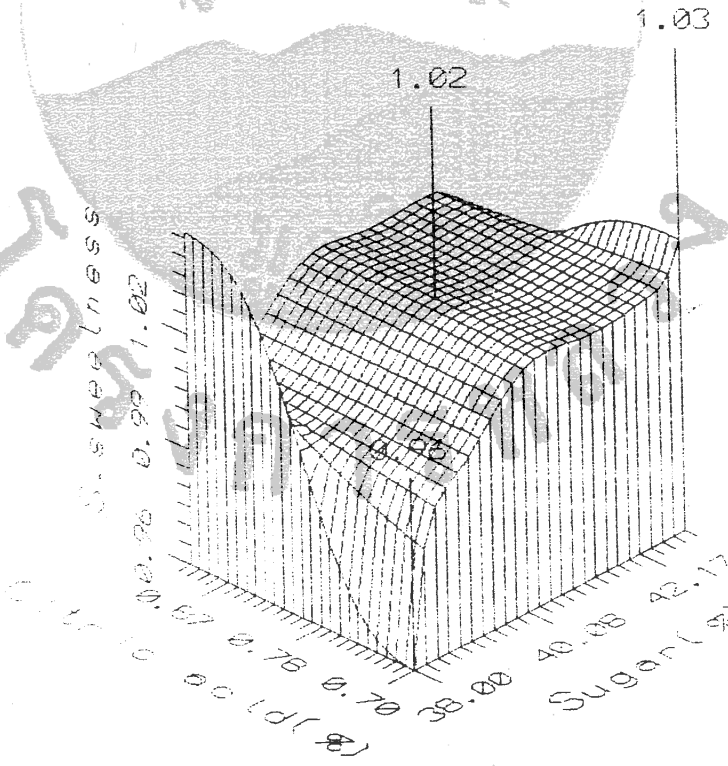
มาแทนลงในสมการที่ถอดรหัสเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะได้ค่า Ideal Ratio Profile และค่าทางเคมีและฟิสิกส์ ขึ้นกับระดับต่างๆที่ใช้ หากมีการใช้ปัจจัยชนิดใดชนิดหนึ่งหรือ 2 ชนิด ในระดับใดระดับหนึ่งแล้วมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

ก็จะเลือกใช้ระดับนั้นในการผลิตแยม ส่วนการแทนค่าในสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์ ก็จะเลือกใช้ระดับที่ทำให้ผลการคำนวณสอดคล้องกับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสหรือตามทฤษฎี

เมื่อนำค่าจริงของน้ำตาลซูโครสและ สารละลายของกรดซิตริคแทนลงในสมการที่ถอดรหัสแล้ว สามารถอธิบายในแต่ละลักษณะ ดังนี้

1. **ในเรื่องของรสหวาน** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงทั้งคู่ จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ 1.01 ดังนั้นจึงควรใช้ทั้ง 2 ปัจจัยในระดับสูงทั้งคู่

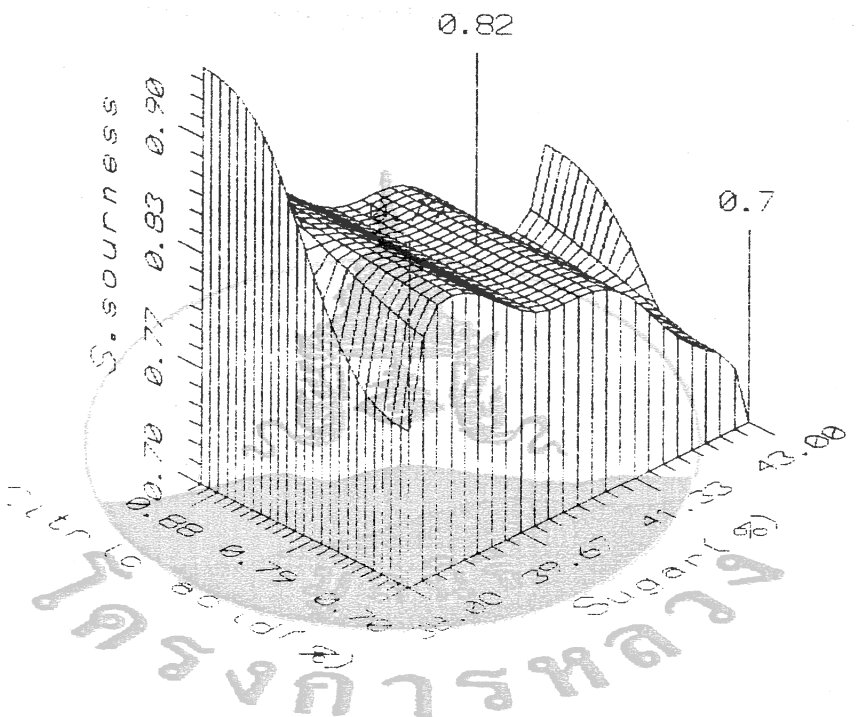
ภาพ 5.13 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อรสหวานของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile ต่ำที่สุดคือ 0.96 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 40.50 และกรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.80 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 1.02 โดยมีการตอบสนองต่อรสหวานของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.13



ภาพ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อรสหวานของแยมพลับดัดแปลง

2. **ในเรื่องของรสเปรี้ยว** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำ และใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง จะมีผลทำให้ค่า Ideal Ratio Profile มีค่าใกล้ 1.00 มากที่สุดคือ 0.93 ดังนั้นจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำ และสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง

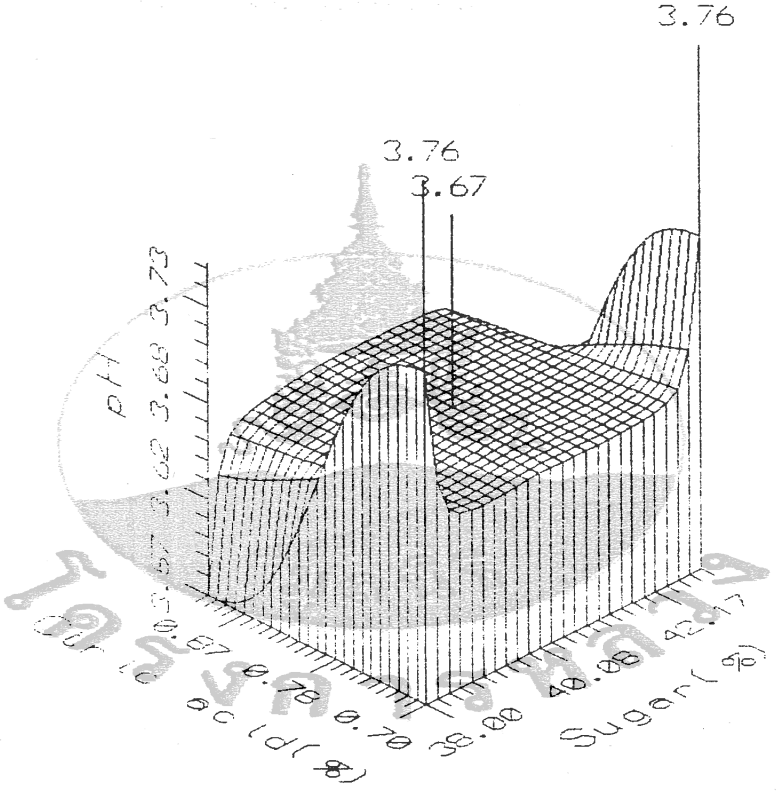
ภาพ 5.14 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อรสเปรี้ยวของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 43.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile ต่ำที่สุดคือ 0.70 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้มีค่า Ideal Ratio Profile เพิ่มขึ้นใกล้เคียง 1.00 มากที่สุดคือ 0.94 โดยมีการตอบสนองต่อรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.14



ภาพ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อรสเปรี้ยวของแยมพลับดัดแปลง

3. **ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)** หากมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง จะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำลง หมายความว่ามีความเปรี้ยวมากขึ้นซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิม ดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.57

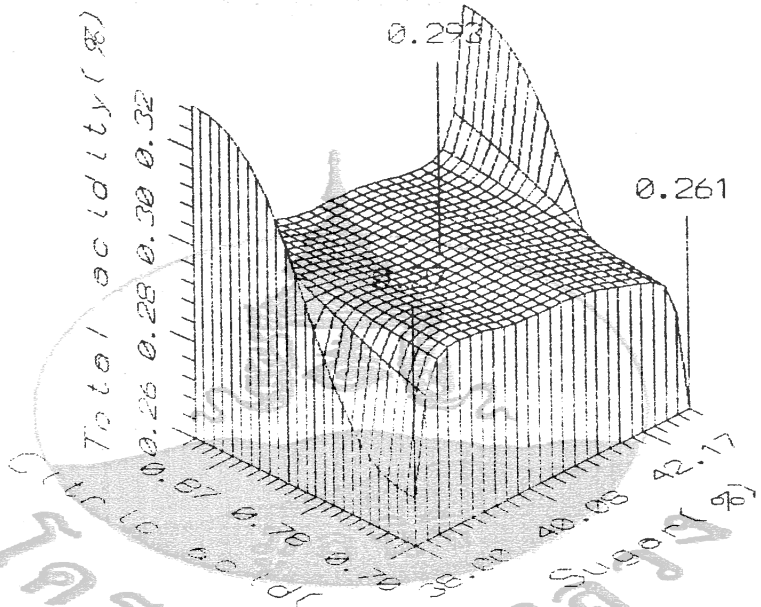
ภาพ 5.15 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อความเป็นกรดเป็นด่างของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และ 43.00 และใช้กรดซิตริคร้อยละ 0.70 เท่ากัน พบว่ามีผลทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมากที่สุดคือ 3.46 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 38.00 และใช้กรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำที่สุดคือ 3.57 โดยมีการตอบสนองต่อความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.15



ภาพ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของแยมพลับดัดแปลง

4. **ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค** หากมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงจะมีผลทำให้มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคเพิ่มขึ้น หมายความว่ามีความเปรี้ยวมากขึ้นตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นควรใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง ซึ่งจะให้ค่าเท่ากับร้อยละ 0.32

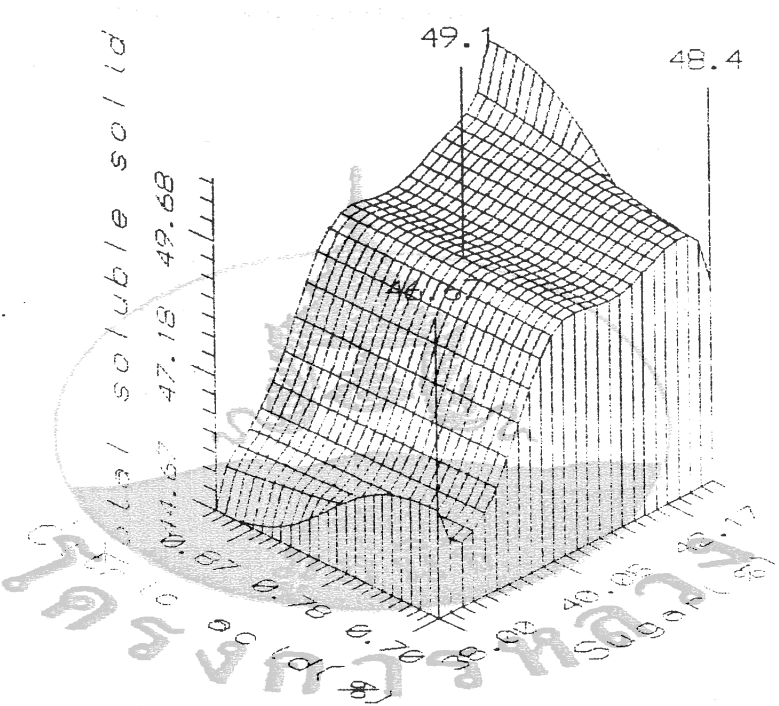
ภาพ 5.16 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ) ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 43.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคมีค่าน้อยที่สุด คือร้อยละ 0.26 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคมีค่ามากที่สุดคือ ร้อยละ 0.32 โดยมีการตอบสนองต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริคของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.16



ภาพ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริค ต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริค (ร้อยละ) ของแยมพลับดัดแปลง

5. **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงทั้งคู่ จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ ดังนั้นจึงควรใช้ปัจจัยทั้ง 2 ในระดับสูง ซึ่งจะให้ค่าเท่ากับ 50.8 องศาบริกซ์

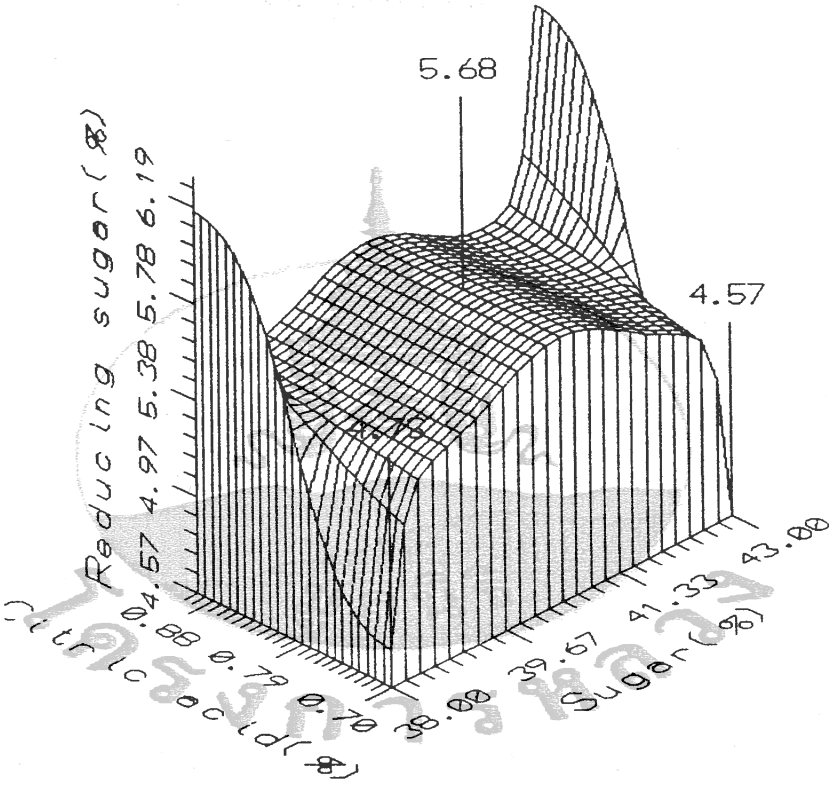
ภาพ 5.17 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.90 พบว่ามีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าน้อยที่สุดคือ 44.7 องศาบริกซ์ แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 43.00 และกรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่ามากที่สุดคือ 50.9 องศาบริกซ์ โดยมีการตอบสนองต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.17



ภาพ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ของแยมพลับดัดแปลง

6. **ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่น** หากมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับต่ำ จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่นมีค่าน้อย ซึ่งตรงกับความต้องการดังนั้นจึงควรใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับต่ำ ซึ่งจะให้ค่าเท่ากับร้อยละ 4.77

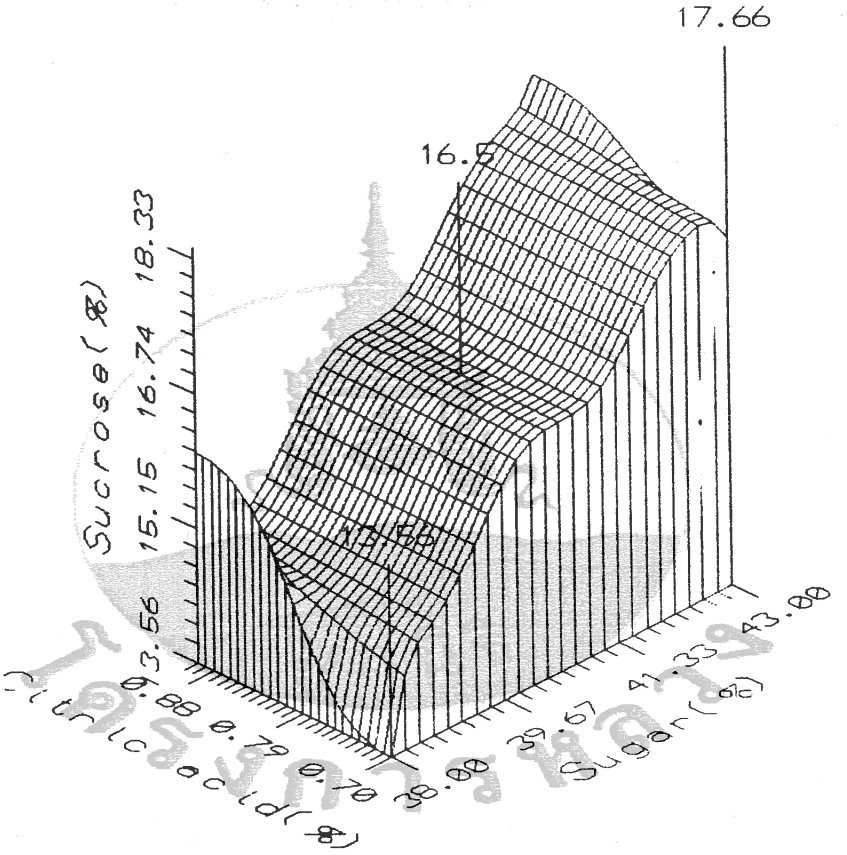
ภาพ 5.18 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่น โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 43.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่นมีค่าต่ำที่สุดคือ 4.57 และเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 43.00 แต่กรดซิตริคร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่นมีค่ามากที่สุดคือ ร้อยละ 6.32 โดยมีการตอบสนองต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่นของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.18



ภาพ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่นของแยมพลับดัดแปลง

7. **ในเรื่องของน้ำตาลซูโครส** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงทั้งคู่ จะมีผลทำให้มีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากที่สุดคือร้อยละ 22.38 ดังนั้นจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงทั้งคู่

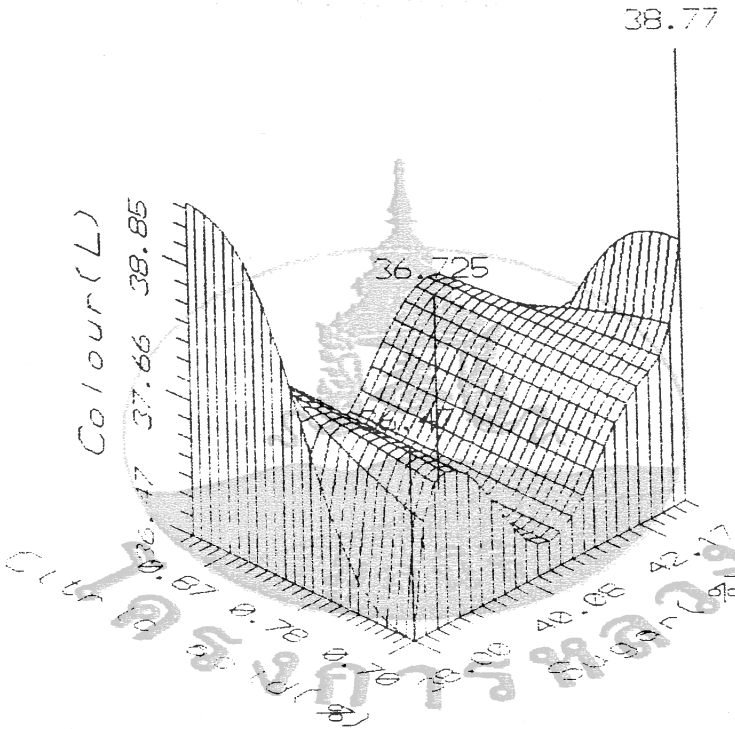
ภาพ 5.19 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อน้ำตาลซูโครสของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครส มีค่าต่ำที่สุดคือ ร้อยละ 13.56 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 43.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้น้ำตาลซูโครสมีค่ามากที่สุดคือร้อยละ 18.48 โดยมีการตอบสนองต่อน้ำตาลซูโครสของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.19



ภาพ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อน้ำตาลซูโครสของแยมพลับดัดแปลง

8. **ในเรื่องของค่าสี L** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงจะทำให้ค่าของค่าสี L เท่ากับเมื่อใช้น้ำตาลซูโครสในระดับสูงและสารละลายของกรดซิตริคในระดับต่ำคือ 38.89 ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตลงจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง

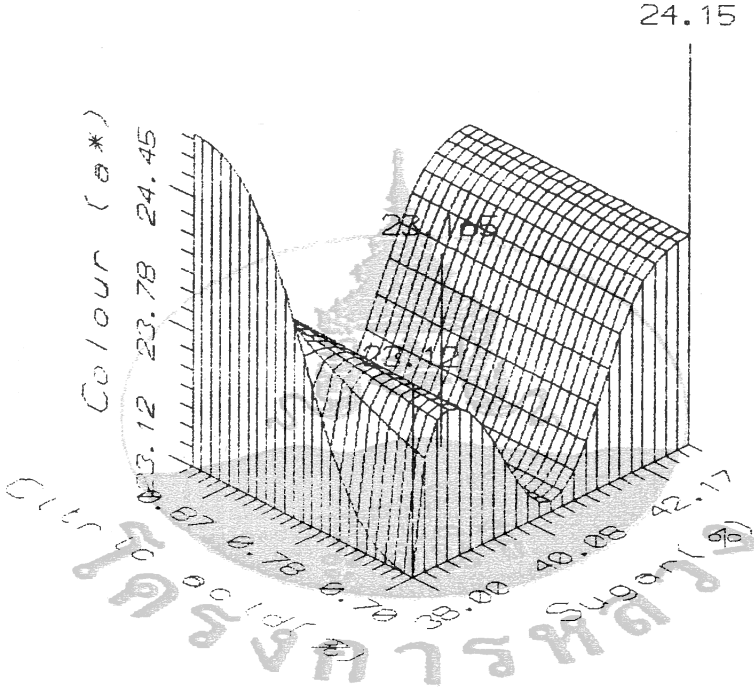
ภาพ 5.20 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อค่าสี L ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้ค่าสี L มีค่าต่ำที่สุดคือ 36.47 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้ค่าสี L มีค่ามากที่สุดคือ 39.41 โดยมีการตอบสนองต่อค่าสี L ของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.20



ภาพ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อค่าสี Lของแยมพลับดัดแปลง

9. **ในเรื่องของค่าสี a*** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำจะมีผลทำให้ค่าสี a* มีค่าเท่ากับการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตลงจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำ ซึ่งจะให้ค่าสี a* เท่ากับ 24.04

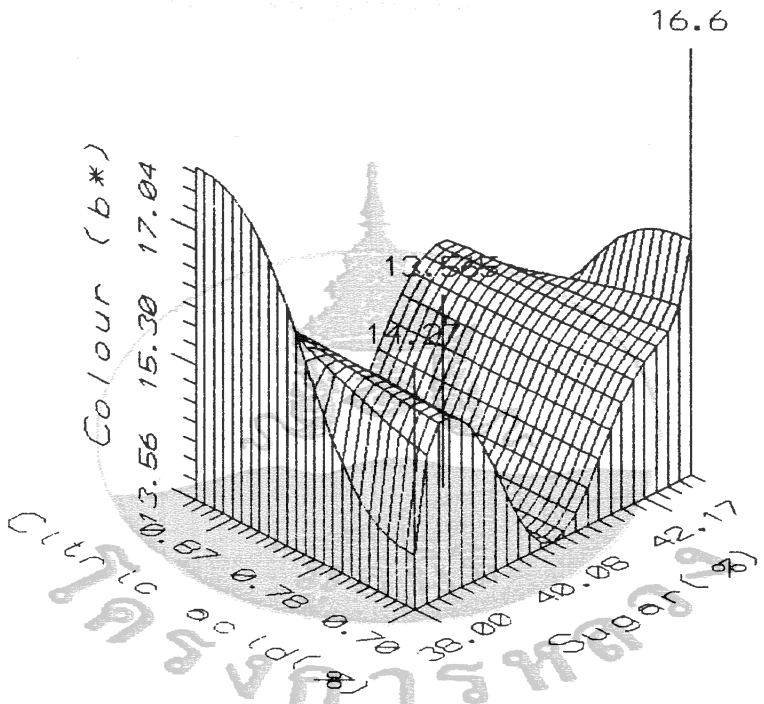
ภาพ 5.21 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อค่าสี a* ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคร้อยละ 0.70 พบว่ามีผลทำให้ค่าสี a* มีค่าต่ำที่สุดคือ 23.12 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้ค่าสี a* มีค่ามากที่สุดคือ 24.76 โดยมีการตอบสนองต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.21



ภาพ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อค่าสี a*ของแยมพลับดัดแปลง

10. **ในเรื่องของค่าสี b*** หากมีการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำและใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง จะมีผลทำให้มีค่าสี b* มากที่สุดคือ 17.87 ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการในแยม ดังนั้นจึงควรใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำและสารละลายของกรดซิตริคในระดับสูง

ภาพ 5.22 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อค่าสี b* ของแยมพลับดัดแปลง โดยเมื่อมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 40.50 และกรดซิตริคร้อยละ 0.80 พบว่ามีผลทำให้ค่าสี b* มีค่าต่ำที่สุดคือ 13.57 แต่เมื่อมีการใช้น้ำตาลเป็นร้อยละ 38.00 และกรดซิตริคเป็นร้อยละ 0.90 จะมีผลทำให้ค่าสี b* มีค่ามากที่สุดคือ 17.87 โดยมีการตอบสนองต่อค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำตาลและกรดซิตริคในปริมาณแตกต่างกัน ดังภาพ 5.22



ภาพ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและกรดซิตริคต่อค่าสีb* ของแยมพลับดัดแปลง

จากผลการแทนค่าลงในสมการที่ถอดรหัสแล้ว และทำการวิเคราะห์ระดับที่ควรใช้ สามารถอธิบายผลการทดลองได้ดังนี้

1. **น้ำตาลซูโครส** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะต่างๆ ของแยมพลับดัดแปลง ซึ่งมีทั้งหมด 7 ลักษณะ ได้แก่ รสหวาน รสเปรี้ยว ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลซูโครส ค่าสี L ค่าสี a* และค่าสี b* สำหรับผลการวิเคราะห์ระดับที่ควรใช้จาก 7 ลักษณะต่างๆ ข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า ควรมีการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำมีทั้งหมด 4 ลักษณะและในระดับสูงมีทั้งหมด 3 ลักษณะ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ควรมีการใช้น้ำตาลซูโครสในระดับต่ำคือ ร้อยละ 38.0

2. **สารละลายของกรดซิตริค** เป็นปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะต่างๆ ของแยมพลับดัดแปลงซึ่งมีทั้งหมด 9 ลักษณะ ได้แก่ รสหวาน รสเปรี้ยว ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่น น้ำตาลซูโครส ค่าสี L และค่าสี b* สำหรับผลการวิเคราะห์ระดับที่ควรใช้จาก 9 ลักษณะต่าง ๆ ข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า ควรมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับต่ำมีเพียง 1 ลักษณะและในระดับสูงมีทั้งหมด 8 ลักษณะ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ควรมีการใช้สารละลายของกรดซิตริคในระดับสูงคือ ร้อยละ 0.9

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสต่อน้ำตาลซูโครส และสารละลายของกรดซิตริคแล้ว นอกจากปรากฏว่าลักษณะต่างๆข้างต้น มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของแยมแล้วนั้น ผู้ทดสอบชิมยังสามารถบ่งบอกการยอมรับของผลิตภัณฑ์ด้วยการสังเกตลักษณะของการกระจายตัวของเนื้อพลับ ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยม และความเหนียวของเนื้อพลับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ดังสมการ

1. **ลักษณะปรากฏภายนอก (External appearence)**

การยอมรับรวม = -0.6901 + 1.6842 (การกระจายตัวของเนื้อพลับ)

2. **ลักษณะเนื้อพลับ (Texture)**

การยอมรับรวม = (-2.7599) + 3.4584 (ความนุ่มเนื้อของแยม)
+ 0.2275 (การแผ่กระจายตัวของแยม)
+ 0.0960 (ความเหนียวของเนื้อพลับ)

จากการสังเกตลักษณะต่าง ๆ ทั้ง 4 ลักษณะข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า

ในเรื่องของการกระจายตัวของเนื้อพลับ ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยมและความเหนียวของเนื้อพลับ ทั้งน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริคถือว่าไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงเพราะผลการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ

ข้างต้น การกระจายตัวของเนื้อพลับ ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยมและความเหนียวของเนื้อพลับ ไม่ใช่ลักษณะที่สำคัญที่ได้รับผลจากน้ำตาลซูโครสและสารละลายของกรดซิตริค แต่ผู้ทดสอบชิมก็ยังใช้ลักษณะต่างๆ เหล่านี้ ในการบ่งบอกการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 5 ผลการศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ในการศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลงโดยศึกษาเวลาที่ใช้ในการผลิตแยมที่อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาอยู่ 3 ระดับ คือ 7 10 และ 12 นาที ตามลำดับ ซึ่งได้ทำการผลิตแยมทั้งหมด 3 สูตร เมื่อนำแยมทั้ง 3 สูตรมาวิเคราะห์ทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ให้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.20 และ 5.21

ตารางที่ 5.20 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมี และฟิสิกส์ ของแยมทั้ง 3 สูตร ในการศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	การวิเคราะห์	สิ่งทดลอง (สูตร)		
		1 (7 นาที)	2 (10 นาที)	3 (12 นาที)
1	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	3.37 $\pm$ 0.01	3.37 $\pm$ 0.01	3.41 $\pm$ 0.01
2	ค่าสี L	39.31 $\pm$ 0.08	38.75 $\pm$ 0.44	37.25 $\pm$ 0.27
3	ค่าสี a*	26.02 $\pm$ 0.17	25.01 $\pm$ 0.57	23.33 $\pm$ 0.51
4	ค่าสี b*	18.72 $\pm$ 0.49	17.20 $\pm$ 0.88	13.55 $\pm$ 0.35

ตารางที่ 5.21 ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของแยมพลับดัดแปลงทั้ง 3 สูตรในการศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	สิ่งทดลอง (สูตร)		
		1 (7 นาที)	2 (10 นาที)	3 (12 นาที)
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**			
	สีที่ปรากฏ	1.04 ± 0.12	1.08 ± 0.08	1.08 ± 0.12
	ปริมาณเนื้อพลับ	0.99 ± 0.13	0.98 ± 0.15	1.06 ± 0.18
	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.07	1.01 ± 0.08	0.89 ± 0.11
	ความใสของแยม	0.96 ± 0.13	0.92 ± 0.12	0.87 ± 0.13
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**			
	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.92 ± 0.12	0.98 ± 0.08	0.95 ± 0.12
	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.95 ± 0.22	0.96 ± 0.19	1.09 ± 0.10
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.14	0.99 ± 0.09	1.08 ± 0.10
3	**กลิ่นและรสชาติ**			
	กลิ่นของพลับ	0.92 ± 0.13	0.83 ± 0.21	0.90 ± 0.12
	รสหวาน	1.00 ± 0.08	0.98 ± 0.10	1.01 ± 0.07
	รสเปรี้ยว	0.86 ± 0.20	0.90 ± 0.20	0.91 ± 0.22
4	**ลักษณะโดยรวม**			
	การยอมรับโดยรวม	0.87 ± 0.16	0.87 ± 0.17	0.85 ± 0.14

นอกจากนั้นทำการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ยีสต์ (Yeast) และรา (Mold) ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

1. **การตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด** ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) โดยตรวจสอบสารละลายแยมในสารละลายเปปโตน (ความเข้มข้นร้อยละ 0.1) ที่ความเข้มข้น 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

2. **การตรวจหายีสต์และรา** ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextose agar (PDA) โดยจะตรวจสอบสารละลายแยมในสารละลายเปปโตน (ความเข้มข้นร้อยละ 0.1) ที่ความเข้มข้น 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์ตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา แสดงดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 ค่าเฉลี่ยของผลการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราของแยมทั้ง 3 สูตรในการศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	การตรวจวิเคราะห์	สิ่งทดลอง (สูตร)		
		1 (7 นาที)	2 (10 นาที)	3 (12 นาที)
1	**ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu /g)**			
	เวลา 24 ชั่วโมง	0	0	0
	เวลา 48 ชั่วโมง	<10	< 10	< 10
2	**ยีสต์และรา (cfu /g)**			
	เวลา 48 ชั่วโมง	10	10	0

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Stat pack โดยเลือกใช้การวิเคราะห์ ANOVA ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติให้ลักษณะที่มีความสำคัญต่อการศึกษากรรมวิธีการผลิตดังนี้

1. การกระจายตัวของเนื้อพลับ
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง
3. ค่าสี L
4. ค่าสี a*
5. ค่าสี b*

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างระหว่างแยมที่ผลิตโดยใช้เวลาในการผลิตต่างกันที่อุณภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 7 10 และ 12 นาที มีดังตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 ผลการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของแยมที่ผลิตโดยใช้เวลาต่างกัน คือ 7 10 และ 12 นาที ณ อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	สิ่งทดลอง (สูตร)		
		1	2	3
1	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.07 a	1.00 ± 0.08 a	0.89 ± 0.11 b
2	ความเป็นกรดเป็นด่าง	3.37 ± 0.01 a	3.37 ± 0.01 a	3.41 ± 0.01 b
3	ค่าสี L	39.31 ± 0.08 a	38.75 ± 0.44 b	37.25 ± 0.27 c
4	ค่าสี a*	26.02 ± 0.17 a	25.01 ± 0.57 b	23.33 ± 0.51 c
5	ค่าสี b*	18.72 ± 0.49 a	17.20 ± 0.88 b	13.55 ± 0.35 c

หมายเหตุ : - อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวเดียวกันที่กำกับบนค่าเฉลี่ยนั้น ๆ แสดงถึงค่าเฉลี่ยนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

- ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากลักษณะที่สำคัญทั้ง 5 ลักษณะดังกล่าว สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. **ในเรื่องของการกระจายตัวของเนื้อพลับ** อธิบายได้ว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีความแตกต่างจากสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยสูตรที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) และมีค่า Ideal Ratio Profile เข้าใกล้ 1.00 มากกว่า คือ 1.00 ± 0.07 และ 1.01 ± 0.08 ตามลำดับ ดังนั้น จึงเลือกสูตรที่ 1 และ 2 เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลต่อไป

2. **ในเรื่องของความเป็นกรดเป็นด่าง** อธิบายได้ว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีความแตกต่างจากสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยสูตรที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) และยังมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าสูตรที่ 3 คือ 3.37 ± 0.01 และ 3.37 ± 0.01 ตามลำดับ เพื่อให้แยมมีความเปรี้ยวมากขึ้นตามความต้องการของผู้ทดสอบชิม ดังนั้นจึงเลือกเอาสูตรที่ 1 และ 2 เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลต่อไป

3. **ในเรื่องของค่าสี L** อธิบายได้ว่า ทั้งสูตรที่ 1 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยสูตรที่ 1 ให้ค่าสี L มากที่สุดคือ 39.31 ± 0.08 หมายความว่าแยมพลับดัดแปลงมีความสว่างมากกว่าแยมสูตรที่ 2 และ 3 แยมสูตรที่ 1 นี้มีความสว่างมากที่สุดและตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิมที่ต้องการให้แยมมีสีออกไปทาง

สีเหลืองมากขึ้น ดังนั้นจึงเลือกแยมสูตรที่ 1 ซึ่งใช้เวลาในการผลิต ณ อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เท่ากับ 7 นาที เป็นกรรมวิธีการผลิตแยมที่เหมาะสม

4. **ในเรื่องของค่าสี a*** อธิบายได้ว่า ทั้งสูตรที่ 1 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยที่แยมสูตรที่ 1 ให้ค่าสี a* มากที่สุดคือ 26.02 ± 0.17 หมายความว่าแยมมีสีส้มสว่างขึ้นซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิม ดังนั้นจึงควรเลือกใช้แยมสูตรที่ 1 ซึ่งใช้เวลาในการผลิต ณ อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส เท่ากับ 7 นาที

5. **ในเรื่องของค่าสี b*** อธิบายได้ว่า ทั้งสูตรที่ 1 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยที่แยมสูตรที่ 1 ให้ค่าสี b* มากที่สุดคือ 18.72 ± 0.49 หมายความว่าแยมมีสีเหลืองมากขึ้นซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบชิม ดังนั้นจึงควรเลือกใช้แยมสูตรที่ 1 ซึ่งใช้เวลาในการผลิต ณ อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส เท่ากับ 7 นาที

ดังนั้นสรุปได้ว่าเวลาที่เหมาะสมในการผลิตแยมพลับดัดแปลง ณ อุณหภูมิคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส คือ 7 นาที

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่มีสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

จากการผลิตแยมในสูตรที่เหมาะสมด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางเคมี ฟิสิกส์ จะได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางเคมี และฟิสิกส์ของแยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ลำดับ	การวิเคราะห์	ค่าการวิเคราะห์
1	ความชื้น (ร้อยละ)	52.14 ± 0.30
2	ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity : A_w)	0.910 ± 0.007
3	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละ)	8.97 ± 0.93
4	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	3.53 ± 0.01
5	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	0.29 ± 0.01
6	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	46.5 ± 0.1
7	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนการอินเวอร์ชั่น (ร้อยละ)	4.77 ± 0.14
8	ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ)	22.38 ± 0.21
9	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	27.15 ± 0.18
10	ค่าสี L	39.31 ± 0.08
11	ค่าสี a*	26.02 ± 0.17
12	ค่าสี b*	18.72 ± 0.49

ผลการตรวจหาเชื้อยีสต์ รา และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในแยมพลับดัดแปลงที่มีสูตรที่เหมาะสมและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม มีดังตารางที่ 5.25

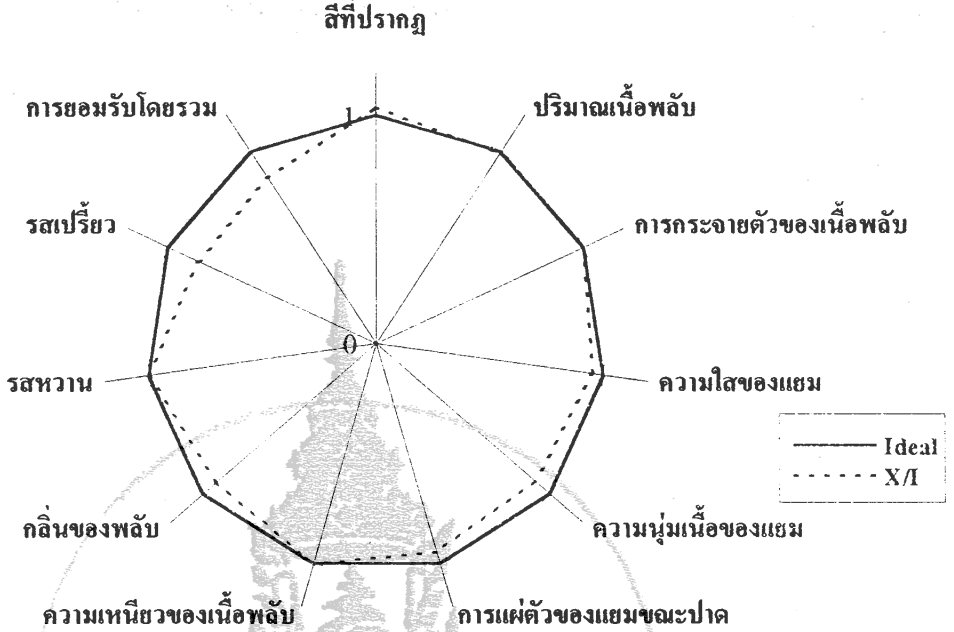
ตารางที่ 5.25 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในแยมพลับดัดแปลงที่มีสูตรและการผลิตจากกรรมวิธีที่เหมาะสม

ลำดับ	การตรวจวิเคราะห์	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (cfu / g)
1	**ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu / g)**	
	เวลา 24 ชั่วโมง	0
	เวลา 48 ชั่วโมง	<10
2	**ยีสต์และรา (cfu / g)**	
	เวลา 48 ชั่วโมง	10

และผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 10 คน ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของแยมที่มีสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 5.26 และภาพ 5.23

ตารางที่ 5.26 ค่าเฉลี่ยของค่า Ideal Ratio Profile ของแยมพลับดัดแปลงที่มีสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	ค่า Ideal Ratio Profile เฉลี่ยของแยมพลับดัดแปลง
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**	
	สีที่ปรากฏ	1.04 ± 0.12
	ปริมาณเนื้อพลับ	0.99 ± 0.13
	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.07
	ความใสของแยม	0.96 ± 0.13
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**	
	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.92 ± 0.12
	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.95 ± 0.22
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.14
3	**กลิ่นและรสชาติ**	
	กลิ่นของพลับ	0.92 ± 0.13
	รสหวาน	1.00 ± 0.08
	รสเปรี้ยว	0.86 ± 0.20
4	**ลักษณะโดยรวม**	
	การยอมรับโดยรวม	0.87 ± 0.16



ภาพ 5.23 ค่า Ideal Ratio Profile ของผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ตอนที่ 7 สรุปการศึกษาการพัฒนาแยมพลับดัดแปลงเพื่อให้ได้สูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

จากการวางแผนทดลองตั้งแต่ตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 6 สรุปผลการทดลองแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 7.1 การศึกษาลักษณะที่สำคัญของแยมพลับดัดแปลงที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ

ลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ สรุปได้ดังนี้

1. **ลักษณะปรากฏภายนอก (External appearance)** ได้แก่ สีที่ปรากฏ ปริมาณเนื้อพลับ การกระจายตัวของเนื้อพลับ และความใสของแยม

2. **ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)** ได้แก่ ความนุ่มเนื้อของแยม การแผ่กระจายตัวของแยม และความเหนียวของเนื้อพลับ

3. **กลิ่นและรสชาติ (Flavour and Taste)** ได้แก่ กลิ่นของพลับ รสหวาน และรสเปรี้ยว

ตอนที่ 7.2 การศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญเพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลง

จากการศึกษาพบว่าสัดส่วนของส่วนผสมหลักที่สำคัญ สรุปได้ดังนี้

1. น้ำ ร้อยละ 31.09 $\pm$ 0.17
2. เนื้อพลับสายพันธ์ P_3 ตีปน ร้อยละ 34.57 $\pm$ 0.40
3. เนื้อพลับสายพันธ์ P_2 หั่นเป็นเส้น ร้อยละ 34.34 $\pm$ 0.47

ตอนที่ 7.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลง

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลง สรุปได้ดังนี้

1. Modified starch = แป้งดัดแปรที่ได้จากการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี Pregelatinized ร่วมกับวิธี Acid - modified
2. Mixed gum = Guar gum , Gum karaya และ Gum tragacanth ในอัตราส่วนร้อยละ 70 28 และ 2 ตามลำดับ โดยการผสมใช้ Vacuum high - speed blender
3. น้ำตาลซูโครส
4. สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50)

ตอนที่ 7.4 ศึกษาแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของแยมพลับดัดแปลง

จากปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแยมพลับดัดแปลงในตอนที่ 3 ข้างต้น นำมาศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าว เพื่อใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลงสรุปได้ดังนี้

1. Modified starch ร้อยละ 1.00
2. Mixed gum ร้อยละ 0.60
3. น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 38.00
4. สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50) ร้อยละ 0.90

ตอนที่ 7.5 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแยมพลับดัดแปลงที่เหมาะสม

ในการศึกษาได้ทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการผลิต ณ อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการผลิตแยม ณ อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียส คือ 7 นาที

ตอนที่ 7.6 การวิเคราะห์แยมพลับดัดแปลงที่มีสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม

จากผลิตภัณฑ์แยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม เมื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ฟิสิกส์และทางด้านจุลินทรีย์ สรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณความชื้น = 52.14 $\pm$ 0.30
2. ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) = 0.910 $\pm$ 0.007
3. ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละ) = 8.97 $\pm$ 0.93
4. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) = 3.53 $\pm$ 0.01
5. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ) = 0.29 $\pm$ 0.01
6. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) = 46.50 $\pm$ 0.10
7. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่น (ร้อยละ) = 4.77 $\pm$ 0.14
8. ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ) = 22.38 $\pm$ 0.21
9. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ) = 27.15 $\pm$ 0.18
10. ค่าสี L = 39.31 $\pm$ 0.08
11. ค่าสี a* = 26.02 $\pm$ 0.17
12. ค่าสี b* = 18.72 $\pm$ 0.49
13. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu / g) ที่เวลา 24 ชั่วโมง = 0
14. ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu / g) ที่เวลา 48 ชั่วโมง = <10
15. ปริมาณยีสต์และรา (cfu / g) ที่เวลา 48 ชั่วโมง = 10

สำหรับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของแยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม ให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5.27

ตารางที่ 5.27 ค่าเฉลี่ยของ Ideal Ratio Profile ของแยมพลับดัดแปลงที่ผลิตจากสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	ค่า Ideal Ratio Profile เฉลี่ย
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**	
	สีที่ปรากฏ	1.04 ± 0.12
	ปริมาณเนื้อพลับ	0.99 ± 0.13
	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.07
	ความใสของแยม	0.96 ± 0.13
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**	
	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.92 ± 0.12
	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.95 ± 0.22
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.14
3	**กลิ่นและรสชาติ**	
	กลิ่นของพลับ	0.92 ± 0.13
	รสหวาน	1.00 ± 0.08
	รสเปรี้ยว	0.86 ± 0.20
4	**ลักษณะโดยรวม**	
	การยอมรับโดยรวม	0.87 ± 0.16

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยและพัฒนาแยมพลับดัดแปลงในโครงการนี้ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

- สูตรที่ใช้ในการผลิตแยมพลับดัดแปลง มีดังนี้

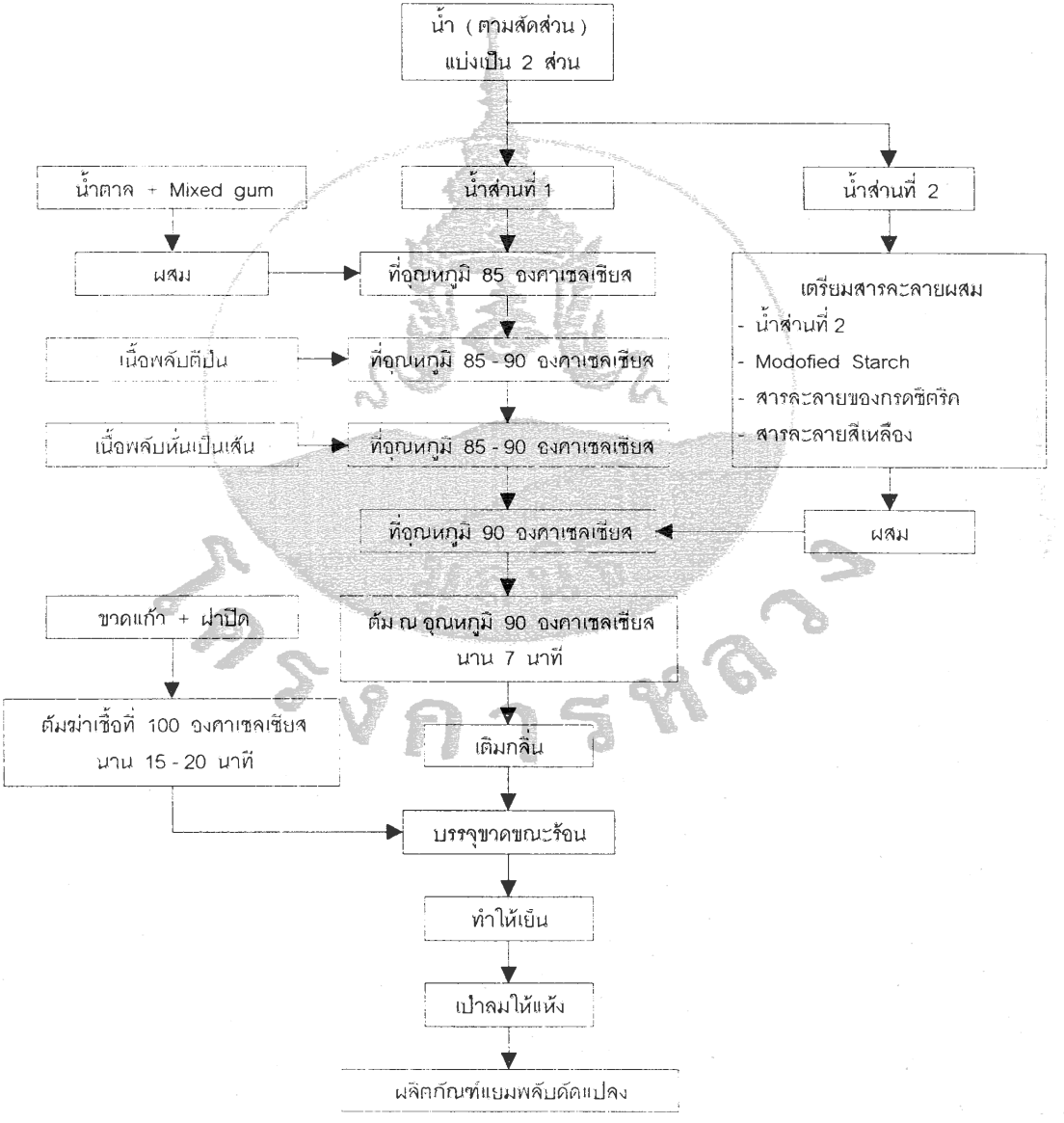
1. น้ำ	ร้อยละ 31.09
2. เนื้อพลับสายพันธ์ P_2 หั่นเป็นเส้น	ร้อยละ 34.57
3. เนื้อพลับสายพันธ์ P_3 ตีป่น	ร้อยละ 34.34
4. Modified starch	ร้อยละ 1.00
5. Mixed gum	ร้อยละ 0.60
6. น้ำตาลซูโครส	ร้อยละ 38.00
7. สารละลายของกรดซิตริค (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	ร้อยละ 0.90
8. สารละลายสีเหลือง	ร้อยละ 0.60
9. สารละลายกลิ่น ($S_{720}B$)	ร้อยละ 1.50

หมายเหตุ :

1. Modified starch = แป้งดัดแปรที่ได้จากการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี Pregelatinized รวมกับวิธี Acid - modified
2. Mixed gum = Guar gum , Gum karaya และ Gum tragacanth ในอัตราส่วนร้อยละ 70 , 28 และ 2 ตามลำดับ โดยการผสมใช้ Vacuum high - speed blender

- ขั้นตอนการผลิตแยมพลับดัดแปลง

ขั้นตอนการผลิตแยมพลับดัดแปลง แสดงดัง Flow chart ข้างล่างนี้



● คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Ideal Ratio Profile) ของแยมพลับดัดแปลงแสดงเป็นค่า Ideal Ratio Profile มีดังนี้

ตารางที่ 6.1 ค่า Ideal Ratio Profile เฉลี่ยของแยมพลับดัดแปลง

ลำดับ	ลักษณะที่สำคัญ	ค่า Ideal Ratio Profile เฉลี่ยของแยมพลับดัดแปลง
1	**ลักษณะปรากฏภายนอก**	
	สีที่ปรากฏ	1.04 ± 0.12
	ปริมาณเนื้อพลับ	0.99 ± 0.13
	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.07
	ความใสของแยม	0.96 ± 0.13
2	**ลักษณะเนื้อสัมผัส**	
	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.92 ± 0.12
	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.95 ± 0.22
	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1.00 ± 0.14
3	**กลิ่นและรสชาติ**	
	กลิ่นของพลับ	0.92 ± 0.13
	รสหวาน	1.00 ± 0.08
	รสเปรี้ยว	0.86 ± 0.20
4	**ลักษณะโดยรวม**	
	การยอมรับโดยรวม	0.87 ± 0.16

● คุณภาพทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และจุลินทรีย์ของแยมพลับดัดแปลง มีดังนี้

1. **องค์ประกอบทางด้านเคมี และฟิสิกส์**

1.1 ปริมาณความชื้น = 52.14 ± 0.30

1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity ; A_w) = 0.910 ± 0.007

1.3 ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละ) = 8.97 ± 0.93

1.4 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) = 3.53 ± 0.01

1.5 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ) = 0.29 ± 0.01

1.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) = 46.50 ± 0.10

1.7 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ก่อนอินเวอร์ชั่น (ร้อยละ) = 4.77 $\pm$ 0.14

1.8 ปริมาณน้ำตาลซูโครส (ร้อยละ) = 22.38 $\pm$ 0.21

1.9 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ) = 27.15 $\pm$ 0.18

1.10 ค่าสี L = 39.31 $\pm$ 0.08

1.11 ค่าสี a* = 26.02 $\pm$ 0.17

1.12 ค่าสี b* = 18.72 $\pm$ 0.49

2. **องค์ประกอบทางด้านจุลชีววิทยา**

2.1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu / g) ที่เวลา 24 ชั่วโมง = 0

2.2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu / g) ที่เวลา 48 ชั่วโมง = <10

2.3 ปริมาณยีสต์และรา (cfu / g) ที่เวลา 48 ชั่วโมง = 10

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2539). เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาเคมีอาหารเรื่อง กัม (Gum) . ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2535). หลักการวิเคราะห์อาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เรณู ปิ่นทอง. (2537). คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สังคม เตชะวงค์เสถียร. ไม้ผลเขตหนาว. วิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2532). หน้า 5.

Boag, I.F. 1988. Mutab / PC Computer Package. Massey University, New Zealand.

Brautlecht, C.A. 1953. Starch-Its Sources, Production and Uses. Reinhold, New York.

Belitz. M.D. and Grosch, W. 1987. Food chemistry. Madziyer (translator) Springer Varlag, N.Y.

Carbonell, E., Costell, E., and Duran, L. 1991. Fruit content influence on gel strength of strawberry and peach jams. J. Food Sci. 56(6) : 1384-1387.

Desrosier, N.W. and Desrosier, J.N. 1977. The Technology of food preservative. 4th Ed. AVI Publishing Co. West port, Connecticut.

Glicksman, M. 1969. Gum Technology in the Food Industry. Academic Press, New York.

Greenwood, C.T. 1976.In : Advances in Cereal Science and Technology. Edited by Pomeranz. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota.

Guichard, E., Issanchou, S., Descourvieres, A., and Etievant, P. 1991. Pectin concentration, molecular weight and degree of esterification : Influence on volatile composition and sensory characteristics of strawberry jam. J. Food Sci. 56(6). 1621-1627.

Kerr, R.W. 1950. Chemistry and Industry of Starch. Second edition. Academic Press, New York.

Kruger, L.H. and Rutenberg, M.W. 1967. In : Starch : Chemistry and Technology, Edited by Whistler, R.L. and Paschall, E.F. Academic Press, Inc., New York and London.

Lawrence, A.A. 1973. Edible Gums and Related Substances. Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey.

Lesschaeve, L., Langlois, D., and Etievant, P. 1991. Volatile compounds in strawberry jam : Influence of cooking on volatiles. J. Food Sci. 56(6) : 1393-1398.

Moore, C.O., Tuschhoff, J.V., Hasting, C.W. and Schanefelt, R.V. 1984. In : Starch. Edited by Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. Second editon, Academic Press, Inc., New York and London.

O'Dell, J. 1979. In : Polysaccharides in Foods. Edited by Blanshard, J.M.V. and Miychell. J.R. Butterworths, London.

Osman, E.M.1967. In : Starch : Chemistry and Technology Edited by Whistier, R.L. and Paschall, E.F. Academic Press, Inc., New York and London.

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

Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Paschall, E.F. 1984. Starch. Second edition, Academic Press, Inc., New York and London.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

แบบสอบถามเค้าโครงผลิตภัณฑ์

(Ideal Ratio Profile)

ผลิตภัณฑ์ : แยมพลับดัดแปลง (Modified Persimmon - Jam)

ปัจจุบันนี้การผลิตแยมโดยทั่วไป มักอยู่ในรูปแยมผลไม้และมีการใช้เปคตินเป็นส่วนประกอบเพื่อให้เกิดเจล โดยมีสัดส่วนของเปคติน น้ำตาล และกรด ที่เหมาะสมต่อการเกิดเจล นอกจากนี้กระบวนการ ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง

ดังนั้นแยมพลับดัดแปลงจึงเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีการใช้แป้งดัดแปร (Modified starch) ซึ่งอาจจะเป็นตัวช่วยทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมแทนเปคติน และอาจจะไม่มี ความจำเป็นที่ต้องใช้น้ำตาลในปริมาณสูงได้ ลักษณะของแยมพลับดัดแปลงจะมีลักษณะของแยมผลไม้ทั่วไป โดยภายในผลิตภัณฑ์จะมีส่วนของเนื้อพลับซึ่งมีลักษณะเป็นเส้น ๆ ผสมอยู่ด้วย

แบบสอบถามนี้ต้องการให้ท่านกำหนดลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่ท่านคิดว่าน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ ในแง่มุมต่าง ๆ (ดังข้อที่ 1 - 4) กรุณาระบุลักษณะที่สำคัญดังกล่าวในช่องว่างและในแต่ละลักษณะที่ท่านกำหนดนั้นโปรดระบุจุด X ในที่ที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะผลิตภัณฑ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (เทียบจากผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด) และกำหนดจุด | ในที่ที่ท่านคิดว่าเป็นจุดในอุดมคติที่ท่านต้องการในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา

ลักษณะที่สำคัญ

1. **ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (External appearance)**

..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก

2. **ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)**

..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก

3. **กลิ่นและรสชาติ (Flavour and Taste)**

..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก
..... น้อย _____ มาก

4. **ลักษณะโดยรวม (Overall Acceptability)**

..... น้อย _____ มาก

แบบทดสอบมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์ : แยมพลับดัดแปลง (Modified Persimmon - Jam)

ชื่อ _____ **วันที่** _____

ลักษณะที่สำคัญ

1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (External appearance)

1.1 สีที่ปรากฏ

เหลือง _____ ส้ม

1.2 ปริมาณเนื้อพลับ

น้อย _____ มาก

1.3 การกระจายตัวของเนื้อพลับ

น้อย _____ มาก

1.4 ความใสของแยม

น้อย _____ มาก

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

2.1 ความนุ่มเนื้อของแยม

น้อย _____ มาก

2.2 การกระจายตัวขณะทาบนขนมปัง

ดี _____ ไม่ดี

2.3 ความเหนียวของเนื้อพลับ

น้อย _____ มาก

3. กลิ่นและรสชาติ (Flavour and Taste)

3.1 กลิ่นพลับ

น้อย _____ มาก

3.2 รสหวาน

น้อย _____ มาก

3.3 รสเปรี้ยว

น้อย _____ มาก

4. ลักษณะโดยรวม (Overall acceptability)

4.1 การยอมรับ

ไม่ยอมรับ _____ ยอมรับ

ภาคผนวกที่ 3

ตารางผนวกที่ 3 สมการที่ได้จากการ Regression ระหว่างค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และ ค่า Ideal Ratio Profile ของลักษณะต่าง ๆ ของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส กับค่าของสัดส่วนที่ต้องการศึกษา ในตารางที่ 5.5

ลำดับ	การวิเคราะห์	สมการ
1	สีที่ปรากฏ	1. สีที่ปรากฏ = -2.390 W + 7.623 WPu + 8.735 Wper 2. สีที่ปรากฏ = -3.470 Pu + 8.370Wpu + 12.076 PuPer 3. สีที่ปรากฏ = -1.350 Per + 5.923 WPer + 7.853 PuPer
2	ปริมาณเนื้อพลับ	1. ปริมาณเนื้อพลับ = - 3.121 W + 7.406 WPu + 10.390 Wper 2. ปริมาณเนื้อพลับ = - 3.854 Pu + 7.248 WPu + 13.636 PuPer 3. ปริมาณเนื้อพลับ = 0.372 Per + 2.654 WPer + 4.940 PuPer
3	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	1. การกระจายตัวของเนื้อพลับ = -1.315 W + 5.688 WPu + 5.757 Wper 2. การกระจายตัวของเนื้อพลับ = -2.832 Pu + 7.822 WPu + 8.807 PuPer 3. การกระจายตัวของเนื้อพลับ = -1.864Per + 6.360 WPer + 7.247 PuPer
4	ความใสของแยม	1. ความใสของแยม = -0.417 W + 5.084 WPu + 3.577 Wper 2. ความใสของแยม = -2.012 Pu + 7.520 WPu + 6.517 PuPer 3. ความใสของแยม = -3.428 Per + 9.101 WPer + 9.341 PuPer
5	ความนุ่มเนื้อของแยม	1. ความนุ่มเนื้อของแยม = -2.076 W + 7.217 WPu + 7.599 Wper 2. ความนุ่มเนื้อของแยม = -2.856 Pu + 7.549 WPu + 10.359 PuPer 3. ความนุ่มเนื้อของแยม = -1.756 Per + 6.315 WPer + 8.106 PuPer
6	การแผ่กระจายตัวของแยม	1. การแผ่กระจายตัวของแยม = -1.309 W + 6.750 WPu + 5.640 Wper 2. การแผ่กระจายตัวของแยม = -2.545 Pu + 8.290 WPu + 8.442 PuPer 3. การแผ่กระจายตัวของแยม = -2.817 Per + 8.058 WPer + 9.564 PuPer
7	ความเหนียวของเนื้อพลับ	1. ความเหนียวของเนื้อพลับ = -1.447 W + 6.851 WPu + 6.473 Wper 2. ความเหนียวของเนื้อพลับ = -2.907 Pu + 8.673 WPu + 9.793 PuPer 3. ความเหนียวของเนื้อพลับ = -2.732 Per + 8.437 WPer + 9.436 PuPer
8	กลิ่นของพลับ	1. กลิ่นของพลับ = -2.139 W + 6.253 WPu + 7.444 Wper 2. กลิ่นของพลับ = -2.235 Pu + 5.226 WPu + 9.487 PuPer 3. กลิ่นของพลับ = -1.160 Per + 4.990 WPer + 6.168 PuPer
9	รสหวาน	1. รสหวาน = -3.260 W + 8.970 WPu + 9.384 Wper 2. รสหวาน = -2.118 Pu + 5.271 WPu + 10.345 PuPer 3. รสหวาน = -0.983 Per + 4.099 Wper + 7.905 PuPer

หมายเหตุ : W = น้ำ Pu = เนื้อพลับตีปน Per = เนื้อพลับหั่นฝอย

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	การวิเคราะห์	สมการ
10	รสเปรี้ยว	1. รสเปรี้ยว = -1.604 W + 6.103 WPu + 5.500 Wper 2. รสเปรี้ยว = -2.235 Pu + 6.549 Wpu + 7.417 PuPer 3. รสเปรี้ยว = -1.504 Per + 4.740 WPer + 7.057 PuPer
11	การยอมรับโดยรวม	1. การยอมรับโดยรวม = -1.231 W + 4.921 WPu + 4.326 WPer 2. การยอมรับโดยรวม = -1.695 Pu + 5.201 WPu + 5.830 PuPer 3. การยอมรับโดยรวม = -1.423 Per + 4.284 WPer + 5.958 PuPer
12	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	1. pH = -10.943 W + 35.202 WPu + 33.200 Wper 2. pH = -6.860 Pu + 21.555 WPu + 37.433 PuPer 3. pH = -8.430 Per + 25.244 WPer + 38.221 PuPer
13	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	1. ปริมาณกรดทั้งหมด = -0.131 W + 1.541 WPu + 1.628 WPer 2. ปริมาณกรดทั้งหมด = -1.609 Pu + 4.266 WPu + 3.567 PuPer 3. ปริมาณกรดทั้งหมด = -0.678 Per + 2.547 WPer + 2.451 PuPer
14	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	1. TSS = -86.861 W + 339.372 WPu + 308.997 WPer 2. TSS = -113.004 Pu + 341.707 WPu + 414.675 PuPer 3. TSS = -100.759 Per + 305.871 WPer + 413.745 PuPer
15	ค่าสี (L)	1. L = -58.909 W + 263.754 WPu + 235.358 Wper 2. L = -95.337 Pu + 298.085 WPu + 335.601 PuPer 3. L = -97.831 Per + 290.485 WPer + 350.846 PuPer
16	ค่าสี a*	1. a = -25.007 W + 104.227 WPu + 100.440 Wper 2. a = -41.525 Pu + 120.700 WPu + 144.393 PuPer 3. a = -35.158 Per + 111.452 WPer + 133.352 PuPer
17	ค่าสี b*	1. b = -6.908 W + 65.873 WPu + 56.429 Wper 2. b = -38.042 Pu + 118.666 WPu + 105.374 PuPer 3. b = -38.031 Per + 113.041 WPer + 111.128 PuPer

หมายเหตุ : W = น้ำ Pu = เนื้อพลับตีปัน Per = เนื้อพลับหั่นฝอย

ภาคผนวกที่ 4

ตารางภาคผนวกที่ 4 สมการที่ทำการ Patial Delivertive แล้ว ของแต่ละค่าการวิเคราะห์ทางเคมี ฟิสิกส์ และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ลำดับ	การวิเคราะห์	สมการที่ Patial Delivertive แล้ว
1	สีที่ปรากฏ	7.623 Pu + 8.735 Per - λ = 2.390
		8.370 W + 12.076 Per - λ = 3.470
		5.923 W + 7.853 Pu - λ = 1.350
2	ปริมาณเนื้อพลับ	7.406 Pu + 10.390 Per - λ = 3.121
		7.248 W + 13.636 Per - λ = 3.854
		2.654 W + 4.940 Pu - λ = -0.372
3	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	5.688 Pu + 5.757 Per - λ = 1.315
		7.822 W + 8.807 Per - λ = 2.832
		6.360W + 7.247 Pu - λ = 1.864
4	ความใสของแยม	5.084Pu + 3.557 Per - λ = 0.417
		7.520 W + 6.517 Per - λ = 2.012
		9.101 W + 9.341 Pu - λ = 3.428
5	ความนุ่มเนื้อของแยม	7.217 Pu + 7.599 Per - λ = 2.076
		7.549 W + 10.359 Per - λ = 2.856
		6.315 W + 8.106 Pu - λ = 1.756
6	การแผ่กระจายตัวของแยม	6.750 Pu + 5.640 Per - λ = 1.039
		8.290 W + 8.442 Per - λ = 2.545
		8.058 W + 9.564 Pu - λ = 2.817
7	ความเหนียวของเนื้อพลับ	6.851 Pu + 6.473 Per - λ = 1.447
		8.673 W + 9.793 Per - λ = 2.907
		8.437 W + 9.436 Pu - λ = 2.732
8	กลิ่นของพลับ	6.253 Pu + 7.444 Per - λ = 2.139
		5.226 W + 9.487 Per - λ = 2.235
		4.990 W + 6.168 Pu - λ = 1.160
9	รสหวาน	8.970 Pu + 9.384 Per - λ = 3.260
		5.271 W + 10.345 Per - λ = 2.118
		4.099 W + 7.905 Pu - λ = 0.983

หมายเหตุ : W = น้ำ Pu = เนื้อพลับตีปัน Per = เนื้อพลับหั่นฝอย λ = Lag range

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	การวิเคราะห์	สมการ
10	รสเปรี้ยว	6.103 Pu + 5.500 Per - λ = 1.604
		6.549 W + 7.417 Per - λ = 2.235
		4.740 W + 7.057 Pu - λ = 1.504
11	การยอมรับโดยรวม	4.921 Pu + 4.326 Per - λ = 1.231
		5.201 W + 5.830 Per - λ = 1.695
		4.284 W + 5.958 Pu - λ = 1.423
12	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	35.202 Pu + 33.200 Per - λ = 10.943
		21.555 W + 37.433 Per - λ = 6.860
		25.244 W + 38.221 Pu - λ = 8.430
13	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	1.541 Pu + 1.628 Per - λ = 0.131
		4.266 W + 3.567 Per - λ = 1.609
		2.547 W + 2.451 Pu - λ = 0.678
14	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	339.372 Pu + 308.997 Per - λ = 86.861
		341.707 W + 414.675 Per - λ = 113.004
		305.871 W + 413.745 Pu - λ = 100.759
15	ค่าสี (L)	263.754 Pu + 235.358 Per - λ = 58.909
		298.085 W + 335.601 Per - λ = 95.337
		290.485 W + 350.846 Pu - λ = 97.831
16	ค่าสี a*	104.277 Pu + 100.440 Per - λ = 25.007
		120.700 W + 144.393 Per - λ = 41.525
		111.452 W + 133.352 Pu - λ = 35.158
17	ค่าสี b*	65.873 Pu + 56.429 Per - λ = 6.908
		118.666 W + 105.374 Per - λ = 38.042
		113.041 W + 111.128 Pu - λ = 38.031

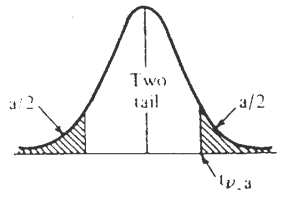
หมายเหตุ : W = น้ำ Pu = เนื้อพลับตีปน Per = เนื้อพลับหั่นฝอย λ = Lag range

ภาคผนวกที่ 5

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่า t - test

TABLE

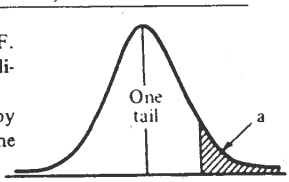
Values of t



df	Probability of a larger value of t (two-tailed)									
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.31	636.619
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.598
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.214	12.941
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.859
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.405
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.767
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	.679	.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
120	.677	.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373
∞	.674	.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291

df	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
	Probability of a larger value of t (one-tailed)									

SOURCE. Abridged from Table III of R. A. Fisher and F. Yates, **Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research**, 6th ed., 1974.
Longman Group Limited, London (previously published by Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh). By permission of the authors and publisher.



ภาคผนวกที่ 6

ตารางผนวกที่ 6 ค่า S_j^2 , Pool of variance (S^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error : S.E.) ของแต่ละสิ่งทดลอง (สูตร) ในการทดสอบทางด้านเคมี ฟิสิกส์ และประสาทสัมผัส

ลำดับ	การวิเคราะห์	S_j^2 ของสิ่งทดลอง								S^2	S.E.
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	สีที่ปรากฏ	0.040	0.026	0.035	0.031	0.008	0.039	0.029	0.030	0.030	0.054
2	ปริมาณเนื้อพลับ	0.028	0.053	0.091	0.029	0.017	0.014	0.023	0.012	0.034	0.058
3	การกระจายตัวของเนื้อพลับ	0.006	0.006	0.037	0.020	0.048	0.016	0.019	0.046	0.025	0.050
4	ความไสของแยม	0.005	0.040	0.055	0.044	0.023	0.024	0.042	0.017	0.032	0.056
5	ความนุ่มเนื้อของแยม	0.049	0.012	0.087	0.064	0.026	0.031	0.019	0.053	0.043	0.065
6	การแผ่กระจายตัวของแยม	0.127	0.015	0.087	0.108	0.435	0.031	0.087	0.144	0.129	0.080
7	ความเหนียวของเนื้อพลับ	0.093	0.038	0.083	0.192	0.084	0.064	0.056	0.208	0.102	0.101
8	กลิ่นของพลับ	0.083	0.084	0.029	0.095	0.074	0.052	0.070	0.098	0.073	0.086
9	รสหวาน	0.034	0.032	0.079	0.046	0.052	0.067	0.048	0.039	0.050	0.070
10	รสเปรี้ยว	0.197	0.104	0.085	0.230	0.270	0.264	0.065	0.245	0.183	0.135
11	การยอมรับโดยรวม	0.038	0.027	0.042	0.038	0.038	0.044	0.044	0.03	0.038	0.062
12	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	21.30	17.00	7.50	9.20	3.70	0.30	1.70	0.15	7.606	123.000
13	ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค (ร้อยละ)	0.8	8.2	0.7	0.7	0.2	0.3	0.7	0.3	1.490	54.540
14	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	0.053	0.087	0.048	0.092	0.028	0.132	0.052	0.032	0.066	0.114
15	ค่าสี L	0.553	0.421	0.042	0.109	0.134	0.392	0.294	0.079	0.253	0.225
16	ค่าสี a*	0.995	0.250	0.082	0.062	0.070	0.481	0.327	0.074	0.292	0.242
17	ค่าสี b*	3.170	0.209	0.160	0.054	0.421	1.128	0.516	0.145	0.725	0.381

หมายเหตุ : 1. ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริค มีค่าของ S_j^2 , S^2 และ S.E. ต้องคูณด้วย 1×10^{-4}

2. S_j^2 = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละสิ่งทดลอง

3. S^2 = Pool of variance

4. S.E. = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวิเคราะห์ค่าทั้งหมด