

ในงานวิจัยนี้ได้นำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของผลไม้ 7 ชนิด มาจัดกลุ่ม โดยวิธีการ Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis พบว่า สามารถจัดได้ 5 กลุ่ม คือ 1. สับปะรด 2. ลิ้นจี่, เงาะ, ลำไย 3. มะม่วง 4. ฝรั่ง 5. ส้ม เมื่อสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติที่มีต่อผลไม้แผ่นและเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ พบว่า ปัจจัยด้านรสชาติ สารปรุงแต่ง และสารยืดอายุการเก็บรักษา เนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษา เป็นตัวแปรจัดกลุ่ม รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ คือ แบบแผ่นสีเหลืองในราคาที่เหมาะสมจัดจำหน่าย 5 – 10 บาท และมีอายุการเก็บรักษา 3 – 6 เดือน

ในการพัฒนาสูตรผลไม้แผ่นได้ศึกษาชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลไม้แผ่นแต่ละกลุ่ม พบว่า องค์ประกอบต่อน้ำหนักเนื้อผลไม้ ของสูตรลำไยและเงาะแผ่นคือ น้ำตาลทราย 3.64% ฟรุคโตสไซรัป 3.64% คาราจีแนน 0.5% และแบะแซ 5.1% และ 3.1% สำหรับลำไยแผ่น และเงาะแผ่นตามลำดับ สูตรลิ้นจี่แผ่น มีสูตรที่ต่างจากลำไยและเงาะแผ่น แม้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือ น้ำตาลทราย 4.5% ฟรุคโตสไซรัป 1.8% แบะแซ 3.1% กลีเซอรอล 1.8% คาราจีแนน 0.2% และเพกติน 0.3% สูตรสับปะรดแผ่นคือน้ำตาลทราย 5.5% ฟรุคโตสไซรัป 1.8% แบะแซ 5.1% กลีเซอรอล 1.8% เพกติน 0.5% สูตรมะม่วงแผ่นได้แก่ น้ำตาลทราย 3.636% ฟรุคโตสไซรัป 1.8% กลีเซอรอล 2.1% แบะแซ 5.1% กรดซิตริก 0.13% สูตรฝรั่งประกอบด้วย น้ำตาลทราย 7% ฟรุคโตสไซรัป 1.8% กลีเซอรอล 1.8% แบะแซ 5.1% มอลโตเดกซ์ตริน 2.5% คาราจีแนน 0.25% กรดซิตริก 0.15% ส่วนสูตรส้มแผ่นประกอบด้วย น้ำตาลทราย 6% ฟรุคโตสไซรัป 1.8% กลีเซอรอล 2% แบะแซ 3.1% เจลาติน 0.5% มอลโตเดกซ์ตริน 3.75%

ในการสร้างแบบจำลองของผลไม้แผ่นได้ใช้คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลไม้แผ่น โดยวิธี Cluster และ Factor Analysis ได้จำแนก model ผลไม้แผ่นตามปัจจัยคุณภาพที่ต้องการได้เป็น 6 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่มีความเหนียวน้อยที่สุด	มีรสเปรี้ยวปานกลาง	เช่น มะม่วง
กลุ่มที่มีความเหนียวปานกลาง	ไม่เปรี้ยว	เช่น เงาะ
กลุ่มที่มีความเหนียวปานกลาง	มีรสเปรี้ยวมาก	เช่น สับปะรด
กลุ่มที่มีความต้านทานแรงดึงน้อย (ค่อนข้างยืดหยุ่น) เปรี้ยวน้อย		เช่น ส้ม ลิ้นจี่
กลุ่มที่มีความต้านทานแรงดึงปานกลาง (ยืดหยุ่นต่ำ) เปรี้ยวน้อย		เช่น ลำไย
กลุ่มที่มีความต้านทานแรงดึงสูง	เปรี้ยวปานกลาง	เช่น ฝรั่ง

ในการวัดค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นทั้ง 7 ชนิด พบว่า ทุกผลิตภัณฑ์ต่อ 100 กรัม มีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.4–0.65 ความชื้น 11–17% พลังงานทั้งหมด 348–377 กิโลแคลอรี ไขมัน

ทั้งหมด 0.25–0.73 กรัม โปรตีน 2.12–3.92 กรัม โยอาหาร 3.27–12.49 กรัม ส่วนเกลือแร่พบทั้ง แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า $2.5 \times 10^2 - 3.6 \times 10^2$ CFU/g ไม่พบ ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย น้อยกว่า 3 MPN/g ไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

ในการพัฒนากรรมวิธีการผลิตผลไม้แผ่น พบว่า การกวนส่วนผสมโดยการให้ความร้อนอุณหภูมิ 80 – 90 °C นาน 10 นาที เป็นวิธีที่ดีที่สุดและ การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C 5 ชั่วโมงแรก และลดอุณหภูมิเป็น 70 °C อบอุ่นไปจนแห้ง ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาอบแห้งกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผลไม้แผ่นอธิบายได้จากสมการ $y = 181X^{0.88}$

การศึกษาการตลาดผลไม้แผ่น ได้สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 397 คน ที่มีต่อผลไม้แผ่นทั้ง 7 ชนิด พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 81.2–88.5 ชอบผลไม้แผ่น 5 ชนิด คือ มะม่วง ลำไย ลิ้นจี่ สับปะรด เงาะ ให้คะแนนมากกว่า 6 ซึ่งใกล้เคียงกับมะม่วงแผ่นจากจังหวัดพิษณุโลกและสุโขทัย แต่ไม่ชอบลักษณะเนื้อสัมผัสของฝรั่งแผ่น และไม่พอใจในรสชาติและเนื้อสัมผัสของส้มแผ่น ผู้บริโภคร้อยละ 82.87 ยินดีซื้อผลไม้แผ่น ในราคา 5–15 บาท และควรจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ ซูเปอร์มาร์เก็ต และตลาด

เมื่อเก็บรักษาของผลไม้แผ่น ที่อุณหภูมิ 28-30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 87% เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าของ LAF สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้น และสีของผลไม้แผ่นได้ดีกว่าของเมทัลไลซ์ พบว่า เงาะแผ่น ลำไยแผ่น ลิ้นจี่แผ่น มะม่วงแผ่น สับปะรดแผ่น ฝรั่งแผ่น และส้มแผ่น มีอายุการเก็บที่เหมาะสม คือ 150 วัน, น้อยกว่า 210 วัน, น้อยกว่า 210 วัน, 240 วัน, 210 วัน, 240 วัน และ 120 วัน ตามลำดับ

ในการพัฒนาสูตรผลไม้แผ่นแบบธรรมชาติไร้สารสังเคราะห์ ได้นำผลไม้หลายกลุ่มมาผสมเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสตรงตามที่ต้องการ โดยวางแผนการทดลองแบบ mixture ได้สูตรที่ดี 3 สูตร แล้วนำไปทดสอบการตลาด โดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 190 คน เป็นชาวต่างชาติ 61 คน และชาวไทย 129 คน พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 90.13 พอใจสูตรที่มี มะม่วง 30% สับปะรด 30% ลำไย 30% และน้ำส้ม 10% มากที่สุด ทั้งในด้านสี รสชาติ และความชอบรวม ด้วยคะแนน 6.64, 6.88 และ 6.89 ตามลำดับ และร้อยละ 78.29 ต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 5 – 15 บาท สถานที่จัดทำจำหน่ายควรเป็น ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านสะดวกซื้อ ตลาดสด และร้านขายของที่ระลึก ผลไม้แผ่นแบบธรรมชาติไร้สารสังเคราะห์ทั้ง 3 สูตร ต่อ 100 กรัม มีปริมาณความชื้น $11.49 \pm 0.39\%$, a_w 0.44 ± 0.01 พลังงานทั้งหมด 347.21 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 0.37 กรัม โปรตีน 3.80 กรัม โยอาหาร 6.66 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 82.17 กรัม น้ำตาล 49.96 กรัม จุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า 2.5×10^2 CFU/g ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g โคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้อยกว่า 3 MPN/g ไม่พบ สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส, ซาลโมเนลลา และ คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นที่จัดทำขึ้นด้วยการกำหนดปัจจัยคุณภาพขั้นต่ำที่ยอมรับให้มีได้

The physical and chemical compositions of 7 kinds of fruit were used for categorizing them using Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis. The results showed that 5 groups of fruits were obtained, i.e. pineapple; lychee, longan and rambutan; mango; guava; and orange. The consumer study on Thai and foreign consumers showed that the discriminant factors were taste; additive and preservative; texture and shelf-life. The consumers also preferred fruit leather in square, the sale price was 5 – 10 baht, and their shelf-life should be 3 – 6 months.

Types and amount of texture improvers were studied to develop the formulations of fruit leather. It was found that the best formulation of longan and rambutan leathers (percent by fruit weight) were 3.64% sugar, 3.64% fructose syrup, 0.5% carageenan, 5.19% glucose syrup for longan leather and 3.1% for rambutan leather. Even though lychee was in the same group of longan and rambutan, but its' best formulation 4.5% sugar, 1.8% fructose syrup, 3.1% glucose syrup, 1.8% glycerol, 0.2% carageenan and 0.3% pectin. The formulation for pineapple leather was 5.5% sugar, 1.8% fructose syrup, 5.1% glucose syrup, 1.8% glycerol and 0.5% pectin. The best formulation of guava leather was 7% sugar, 1.8% fructose syrup, 1.8% glycerol, 5.1% glucose syrup, 2.5% maltodextrin, 0.25% carageenan and 0.15% citric acid, while the orange leather was 6% sugar, 1.8% fructose syrup, 2% glycerol, 3.1% glucose syrup, 0.5% gelatin and 3.75% maltodextrin.

To develop fruit leather models, the chemical and physical characteristics of fruit leathers were analyzed by Cluster and Factor Analysis. They were classified into six groups, i.e. 1. Least stickiness, moderate sour, e.g. mango; 2. Moderate stickiness less sour, e.g. rambutan; 3. Moderate stickiness, very sour, e.g. pineapple; 4. Low tensile, mild sour, e.g. orange and lychee; 5. Moderate tensile, mild sour, e.g. longan; 6. High tensile, moderate sour, e.g. guava.

The characteristics per 100 g of fruit leathers studied such as water activity, moisture content, total calories, protein content, dietary fiber were 0.4–0.65, 11–17%, 348–377 kilocalories, 0.25–0.73 g, 2.12–3.92g, 3.27–12.49 g, respectively. Calcium, magnesium, sodium and potassium were also found. Coliform bacteria and total plate count were found less than 3 MPN/g, and 2.5×10^2 – 3.6×10^2 CFU/g, respectively, while yeast and mold; *Staphylococcus aureus*; *Salmonella*; and *Clostridium perfringens* were not detected.

The optimum mixing method was heating mixture at 70 – 80 °C for 10 min. The optimum drying method was hot air drying at 80 °C for 5 hours, then decrease temperature to 70 °C continuously dried until done. The model equation for drying time and moisture content in fruit leather was $y = 181X^{-0.88}$.

The acceptability of 397 consumers on 7 kinds of fruit leather was investigated. It was found that five kinds of fruit leather (mango, longan, lychee, pineapple and rambutan) were accepted with score higher than 6.0, with which equaled to those commercial mango leathers from Pitsanulook and Sukhothai Provinces. However, guava and orange leathers got fewer acceptances because of their texture and flavor. 82.87% of consumers preferred to buy leather, and the sale price should be 5 – 15 baht. The sale places were suggested as convenient store, supermarkets and fresh markets.

The effect of different packaging materials for keeping fruit leather and storing at 28-30 °C, relative humidity 87% for 6 months was studied. LAF was found could prevent and decrease changes in moisture content, and color of fruit leather better than metallized sachets. It was observed that the shelf-life of rambutan, longan, lychee, mango, pineapple, guava and orange leathers were 150 days, less than 210 days, less than 210 days, 240 days, 210 days and 120 days, respectively.

The development of natural fruit leather made from mix fruits, without adding any ingredients and additives were done by using mixture design. The most preference of three formulations was selected. They were then determined by 190 consumers which were 129 Thai consumers and 61 foreigners. The most preference formulation comprised of 30% mango, 30% pineapple, 30% longan and 10% orange juice, with score points in color, flavor and overall accept as 6.64, 6.88, 6.89 respectively, and the product acceptability 90.13%. The recommended places for sale were supermarkets, convenient store, fresh market and gift-shops. 78.29% of consumers indicated that the price should be 5–15 baht, This natural fruit leather had moisture content $11.49 \pm 0.39\%$, a_w 0.44 ± 0.01 , total calories 347.12 kilocalories, calories from fat 3.33 kilocalories, total fat content 0.37g, protein 3.8g, dietary fiber 6.66g, total carbohydrate 82.17g, sugar 49.96g per 100g food. The total plate count and yeast and mold were less than 2.5×10^2 and 10 CFU/g, respectively, while coliform bacteria were less than 3 MPN/g, *Staphylococcus aureus*, *Salmonellae*, *Clostridium perfringens* were not detected. A draft of fruit leather standard was proposed with allowance limitation of quality factors.

ตอนที่ 2 การอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อน เตาอบลมร้อนกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ และเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ

ในการศึกษาการอบแห้งลำไยแผ่น ด้วยเทคนิคผสม 3 เทคนิค คือเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน เตาอบลมร้อนร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ และเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ โดยใช้วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิวพบว่า สภาวะที่เหมาะสมของการใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบลมร้อน คือ อบแห้งลำไยแผ่นด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 9.00 น.-17.00 น. (อุณหภูมิเฉลี่ย 60-65°ซ) แล้วอบต่อด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 73°ซ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี $L^* a^* b^*$ แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ 13.96%db (12.25%wb), 0.441, 53.78, 12.29, 21.22, 2.952 นิวตัน และ 1.573 นิวตัน ตามลำดับ สภาวะสำหรับการใช้เตาอบลมร้อนร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ คือ อบแห้งลำไยแผ่นในเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิเหลือ 70°ซ อบต่อเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วอบต่อในเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังไมโครเวฟ 20% (960 วัตต์) อุณหภูมิสุดท้ายในการอบแห้ง 34°ซ คงความดันของระบบไว้ที่ 28 กิโลพาสคาล ได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี $L^* a^* b^*$ แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ 13.96%db (12.25%wb), 0.451, 53.42, 10.90, 18.08, 2.860 นิวตัน และ 1.462 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนสภาวะที่ใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ คือ อบลำไยแผ่นด้วยเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 9.00 น.-17.00 น. แล้วอบต่อด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังไมโครเวฟ ตามสภาวะดังกล่าวเบื้องต้น ได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี $L^* a^* b^*$ แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ 13.98%db (12.27%wb), 0.453, 53.59, 9.62, 19.03, 2.831 นิวตัน และ 1.490 นิวตัน ตามลำดับ

อย่างไรก็ดี เมื่อคำนึงถึงคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง พบว่า เทคนิคที่ดีที่สุด คือ เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ ลำไยแผ่นที่ได้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งต่ำสุด ทั้งนี้เทคนิคดังกล่าวใช้ได้ดีเฉพาะวันที่มีแสงแดดจัด คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันช่วงเวลา 9.00 น.-17.00 น. เท่ากับ 60-65°ซ

Three combined drying techniques (solar with hot air drying, hot air with vacuum microwave drying, solar with vacuum microwave drying) were used to dry longan leather and evaluated by using response surface methodology. The optimum drying conditions for solar with hot air drying technique were: firstly dried the longan in a solar drier for 1 day from 9:00 am - 5:00 pm (average temperature in the range of 60-65°C), then continuously dried in a hot air drier at 73°C for 8 hrs. The dried product had moisture content, Aw, L*, a*, b*, tensile and compression forces 13.96%db (12.25%wb), 0.441, 53.78, 12.29, 21.22, 2.952N and 1.573N, respectively. The conditions for hot air with vacuum microwave drying were: dried in a hot air drier at 80°C for 4 hrs, followed at 70°C for 3 hrs, then finished in a vacuum microwave drier. The microwave drier was set at 20% power (960 W), final air temperature 34°C and vacuum pressure 28 kPa. The product had moisture content, Aw, L*, a*, b*, tensile and compression forces 13.96%db (12.25%wb), 0.451, 53.42, 10.90, 18.08, 2.860N and 1.462N, respectively. The conditions for solar with vacuum microwave drying were: dried in the solar drier for 1 day, then followed in the vacuum microwave. The obtained longan leather had moisture content, Aw, L*, a*, b*, tensile and compression forces 13.98%db (12.27%wb), 0.453, 53.59, 9.62, 19.03, 2.831N and 1.490N, respectively.

However, considering the physical, chemical, sensory characteristics of the longan leather; drying time and cost, it was found that the combination of solar with vacuum microwave drying technique provided the best quality, shortest drying time and lowest drying cost. It should be noted that, this drying technique was suitable only in shiny day with average temperature during drying is about 60-65°C.