บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลเสาวรส (passion fruit) และ ลักษณะทางกายภาพและเคมีของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด (juicy passion arillus tissue)

เสาวรสพันธุ์ผลสีเหลือง (*Passiflora edulis* ,var. *flavicarpa*) เป็นพืชที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกเนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศอบอุ่นถึงร้อน ต้องการการดูแลเอาใจใส่ระหว่างการปลูกน้อย และให้ผลตอบแทนเร็ว อีกทั้งยังให้ผลผลิตตลอดทั้งปี โดยจะมีปริมาณมากในช่วงเดือนสิงหาคมถึงมกราคม (ธงชัย เนมขุนทด, 2531) สำหรับการแปรรูปเสาวรสส่วนใหญ่ใช้เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดเนื่องจากเป็นส่วนที่มีกลิ่นและรส นิยมนำมาทำเป็นน้ำผลไม้ แต่การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อย่างอื่นยังมีปริมาณจำกัด ทั้งๆ ที่ปัจจุบันความต้องการรสชาติของผลไม้เขตร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์, 2540) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ผลเสาวรสมาแปรรูปเพื่อนำมาทำเป็นไส้ใสในพัฟเพสตรี

สำหรับในการทดลอง เลือกผลเสาวรสที่สุกโดยสังเกตจากสีที่ผิวของผลเสาวรสมีสีเหลืองทั่วทั้งผล จากตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงลักษณะทางกายภาพของผลเสาวรส พบว่า มีน้ำหนัก 131.25 g เส้นผ่านศูนย์กลาง 6.97 cm ประกอบด้วยส่วนเปลือก เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด และ เมล็ด (% โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 43.55 38.05 และ 18.40 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองของ Lipitoa และ Robertson (1977) และ จารุตม์ บรรเจิดประยูร (2532) ซึ่งรายงานว่า ผลเสาวรส มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.0 - 7.5 cm ประกอบด้วยส่วนเปลือก เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด และ เมล็ด เท่ากับ 50 31 และ 19% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งลักษณะทางกายภาพ และ องค์ประกอบของผลเสาวรสมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล สายพันธุ์ Saenz และคณะ(1998) รายงานว่า ผลเสาวรสพันธุ์สีม่วงที่เก็บเกี่ยวในฤดูหนาวจะมีน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และ %เปลือก มากกว่าผลที่เก็บในฤดูร้อน จากข้อมูลเหล่านี้ทำให้ผู้ผลิตสามารถประเมินปริมาณเสาวรส และ ค่าใช้จ่าย ที่จะใช้ในการแปรรูปแต่ละครั้งได้

เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของส่วนเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดที่ใช้ในการทดลองก่อน ได้ผลดังตารางที่ 4.2 พบว่าส่วนเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด มี TSS เท่ากับ 16.0°Brix pH 3.0 ค่าสี L , a* และ b* เท่ากับ 43.1 +3.6 และ +18.9 ตามลำดับ ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 13.99 mg / 100 ml ปริมาณกรด(titratable acidity ในรูป citric acid) 5.11 g / 100 ml ซึ่งจากการวัดและ

วิเคราะห์พบว่าลักษณะทั้งทางกายภาพและเคมีของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Luh (1980) และ จารุตม์ บรรเจิดประยูร (2532) ซึ่งพบว่าส่วนเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดของผลเสาวรสสุกมีค่า TSS 15.8 - 16.0°Brix pH 2.8 - 3.3 ปริมาณกรดแอสคอร์บิก 7 - 12 mg / 100 g ปริมาณกรด (titratable acidity ในรูป citric acid) 3 - 5 g / 100 ml ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Luh (1980) ที่รายงานว่าเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดของเสาวรสมีปริมาณกรดสูง และค่า pH ต่ำ จึงทำให้มีรสเปรี้ยวจัด ค่า TSS แสดงถึงของแข็งที่ละลายน้ำได้ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และ ซูโครส (Tressler and Joslyn, 1961) ในด้านสีของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดพบว่ามีสีเหลืองส้มซึ่งเกิดจากรงควัตถุเช่น xanthophylls , β - carotene , phytofluene และส่งผลต่อค่า a* และ b* (Luh, 1980) ส่วนกลิ่นหอมของเสาวรสเกิดจากสาร volatile oils เช่น n - hexyl caproate , n - hexyl butyrate , ethyl caproate และ ethyl butyrate Chan (1978) ได้รายงานเพิ่มเติมไว้ว่า สำหรับผลเสาวรสที่สุกจะมีปริมาณน้ำตาล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ β - carotene และ โปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรดและน้ำหนักต่อผลลดลง เนื่องจากกระบวนการหายใจ และ การคายน้ำของผล

5.2 ศึกษาผลของภาวะการอบในช่วงที่ 1 ที่มีต่อผลิตภัณฑ์

พัฟเพสตรี เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ขึ้นพองด้วยไอน้ำมีลักษณะเป็นโครงสร้างของแผ่นบางเรียงเป็นชั้น พัฟเพสตรีที่ดีต้องมีค่าการยกตัวและปริมาตรจำเพาะสูง ชั้นพองสม่ำเสมอ กรอบ ผิวนอกมีสีเหลืองทอง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นพองของผลิตภัณฑ์ คือ วัตถุดิบ วิธีการผลิต อุณหภูมิและระยะเวลาอบ สำหรับงานวิจัยนี้ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้พัฟเพสตรีที่มีลักษณะดีตามที่ได้กล่าวมา ก่อนจะนำไปพัฒนาในขั้นต่อไป

อุณหภูมิเตาอบมีผลโดยตรงต่อการขึ้นพองของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 200 – 250°C (Thacker, 1997) แต่จากการทดลองอบเบื้องต้นโดยใช้เตาอบไฟฟ้ายี่ห้อ Zanussi รุ่น FCF/G 6 ซึ่งอยู่ในห้องทดลอง พบว่าเมื่อปรับอุณหภูมิเตาอบเป็น 250°C จะทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบเกิดสีน้ำตาลเข้มและไหม้ที่ผิวแต่ข้างในยังไม่สุก จึงลดช่วงอุณหภูมิเตาอบที่ใช้ศึกษาและแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 180 200 และ 220°C สำหรับระยะเวลาอบมีผลต่อความแห้งของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 15 - 20 นาที หรือ จนกว่าผลิตภัณฑ์จะสุกและแห้งตามที่ต้องการ (Doerry, 1998) ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะ และ ขนาดชิ้นที่อบด้วย ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาอบเป็น 2 ระดับคือ 15 และ 25 นาที นำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสที่ได้มาวัดและวิเคราะห์ในด้านปริมาตรจำเพาะ น้ำหนักที่สูญเสียในขณะอบ สีที่ผิว และ ประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบเฉพาะพัฟเพสตรีส่วนบน โดยวัดค่าความกรอบด้วยเครื่อง texturometer

วิเคราะห์ปริมาณน้ำและวัดค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรส และ ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ในขณะที่พัฟเพสตรีส่วนฐานจะไม่ขึ้นพองและมีเนื้อสัมผัสแข็งกว่า เนื่องจากส่วนไส้กดทับและได้รับความร้อนสูงจากถาด ดังนั้นพัฟเพสตรีส่วนฐานจึงไม่เหมาะสำหรับการนำมาวิเคราะห์ (Butcher and Hodge, 1984)

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า อุณหภูมิ (A) และ ระยะเวลาอบ (B) มีอิทธิพลต่อปริมาตรจำเพาะ น้ำหนักที่สูญเสียในขณะอบ สีที่ผิว (L, a*, b*) ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก อุณหภูมิที่ใช้อบ (A) มีผลต่อปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้นในชั้นโด โดยเมื่ออุณหภูมิที่ใช้อบสูงจะทำให้น้ำในชั้นของโดกลายเป็นไอมากและดันให้โดแต่ละชั้นยกตัว เกิดเป็นโครงสร้างของแผ่นบางที่เรียงเป็นชั้นห่าง ทำให้น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ผลิตภัณฑ์จะมีค่าปริมาตรจำเพาะและน้ำหนักที่สูญเสียในขณะอบมากกว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้อบต่ำ (Cauvain and Young, 2000) สำหรับสีน้ำตาลที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา Maillard โดยปฏิกิริยาเริ่มเกิดขึ้นเมื่อบริเวณผิวหน้าด้านบนแห้ง มีความชื้นต่ำและอุณหภูมิที่ผิวเพิ่มสูงถึง 130 - 150°C ซึ่งสารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า melanoidin (Guy, 1995) โดยน้ำตาลและโปรตีนในแป้งสาลีของส่วนผสมในโดเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา Maillard ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดสารสีน้ำตาลแล้วยังทำให้เกิดกลิ่นอีกด้วย ในขณะที่ระยะเวลาอบ (B) มีผลต่อการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อระยะเวลาอบเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะสูญเสียน้ำได้มาก โครงสร้างจึงแห้งและแข็ง ไม่ยุบตัวหลังนำออกจากเตาอบ จึงทำให้มีค่าปริมาตรจำเพาะมากกว่าเมื่อใช้ระยะเวลาอบสั้น (Telloke, 1991) จากการพิจารณาผลของอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาอบ(AB) พบว่า ไม่มีผลต่อปริมาตรจำเพาะ น้ำหนักที่สูญเสียในขณะอบ ค่าความสว่าง (L) และ ค่าสีเหลือง (b*) ที่ผิวของพัฟเพสตรีไส้เสาวรส ($p > 0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจำเพาะและน้ำหนักที่สูญเสีย จะเกิดในช่วงแรกของการอบและลดลงเมื่อผิวของพัฟเพสตรีเริ่มแห้งเกิดเป็นเปลือกแข็ง เนื่องจากการพองตัวของพัฟถูกจำกัดและการทำแห้งเข้าสู่ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (falling rate period) ค่าปริมาตรจำเพาะและน้ำหนักที่สูญเสียในช่วงนี้เปลี่ยนแปลงน้อย จึงทำให้ไม่พบอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาอบ (Van Arsdel and Copley, 1963) และค่าความสว่าง (L) ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ผิว ซึ่งผิวด้านบนของพัฟเพสตรีจะแห้งมากโดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างจึงแตกต่างกันน้อย แต่ในขณะที่อุณหภูมิและระยะเวลาอบมีอิทธิพลร่วมกัน (AB) ต่อค่าสีแดง (a*) ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก ที่อุณหภูมิสูง และ ระยะเวลาอบนาน ทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard มากขึ้น จึงเกิดสารสีน้ำตาลที่ผิวเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ที่อุณหภูมิ 200°C ปริมาตรจำเพาะจะมีค่าสูงสุด เนื่องจากที่อุณหภูมิอบเท่ากับ 220°C เป็นอุณหภูมิที่สูงเกินไป ความชื้นที่ผิวของพัฟเพสตรีระเหยเร็วทำให้บริเวณผิวของพัฟเพสตรีแห้งและแข็ง แต่ในขณะที่ด้านในยังไม่สุก การขึ้นพองจึงถูกจำกัด ชั้น

พัฟเพสตรีด้านในจะเรียงชิดกัน ในขณะเดียวกันที่อุณหภูมิอบเท่ากับ 180°C เป็นอุณหภูมิที่ต่ำ น้ำกลายเป็นไอช้าและน้อย โดแต่ละชั้นไม่ขึ้นพอง ผลิตภัณฑ์หลังอบจึงมีโครงสร้างเป็นชั้นหนา ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปทำให้ชั้นของแป้งในพัฟเพสตรีขึ้นพองไม่สม่ำเสมอ ปริมาตรจำเพาะจึงมีค่าต่ำ (Sultan, 1989) ส่วนที่อุณหภูมิ 200 และ 220°C ผลิตภัณฑ์จะมีค่าน้ำหนักที่สูญเสียในขณะอบมากกว่าที่อุณหภูมิ 180°C เนื่องจากอุณหภูมิสูง น้ำจึงเกิดการระเหยได้มากกว่า

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า อุณหภูมิ (A) ระยะเวลาอบ (B) และ อิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาอบ (AB) มีผลต่อค่าความกรอบของพัฟเพสตรีส่วนบน ปริมาณน้ำและค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่อุณหภูมิ 200°C และระยะเวลาอบนาน 25 นาที เป็นภาวะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความกรอบมากที่สุด มีปริมาณน้ำและค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนต่ำที่สุด เนื่องจากที่อุณหภูมิ 200°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการขึ้นพองและระยะเวลาอบนานจึงทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและกรอบมากขึ้น แต่ในขณะที่อุณหภูมิเท่ากับ 180 และ 220°C เป็นอุณหภูมิที่ต่ำและสูงเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบมีปริมาตรจำเพาะต่ำ ไอน้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์น้อย เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์หลังอบมีความกรอบน้อยกว่า และปริมาณน้ำสูงกว่า สำหรับอุณหภูมิ (A) และอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาอบ (AB) ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำของส่วนไส้เสาวรส เนื่องจากไส้เสาวรสอยู่ตรงส่วนกลางซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยพัฟเพสตรีที่ประกอบด้วยชั้นของโดและชั้นของไขมัน ดังนั้นการระเหยของน้ำจากส่วนไส้จึงถูกขัดขวาง Thacker (1997) กล่าวว่า ในขณะอบ ไส้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100°C และอุณหภูมิของไส้จะไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเตาอบ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Robb (1991) ที่รายงานว่าไส้แอปเปิ้ลในพายก่อนอบมีค่า a_w เท่ากับ 0.945 หลังจากนำไปอบที่อุณหภูมิ 200°C นาน 20 นาที แล้วพบว่าค่า a_w ลดลงเหลือ 0.938 ซึ่งลดลงน้อยมาก

Labuza (1968) ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า a_w และ ความกรอบ โดยผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีค่า a_w ต่ำ จะมีโครงสร้างโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตอยู่ในลักษณะผลึก เชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและแวนเดอร์วาลล์ เมื่อเคี้ยวต้องใช้แรงในการทำลายผลึกส่วนนี้จึงทำให้เกิดความกรอบ ถ้าผลิตภัณฑ์มีค่า a_w สูง ความกรอบจะลดลง เนื่องจากน้ำทำหน้าที่เป็น plasticizer ทำให้ความแข็งแรงของผลึกลดลง และ โมเลกุลขนาดใหญ่จะสามารถเคลื่อนที่ระหว่างที่ได้รับแรงกัดจึงทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียว ไม่กรอบ ในขณะที่ Guy (1995) อธิบายว่า พัฟเพสตรีจะมีปริมาณน้ำ 2 - 5% w/w และ ค่า a_w น้อยกว่า 0.35 ซึ่งอยู่ในภาวะ glassy state ผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะ แข็ง เปราะ และ กรอบ

จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 พบว่า อุณหภูมิ (A) และ ระยะเวลาอบ(B) มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านสีที่ผิว การขึ้นชั้น ความแห้ง และ ความกรอบ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาอบ(AB) มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านสีที่ผิวและการขึ้นชั้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าที่อุณหภูมิ 220°C ระยะเวลาอบ 25 นาที ได้คะแนนสีที่ผิวเท่ากับ 9.70 ซึ่งอยู่ในช่วงสีน้ำตาลเข้ม และที่อุณหภูมิ 200 °C ระยะเวลาอบ 25 นาที ได้คะแนนการขึ้นชั้นเท่ากับ 7.83 ซึ่งอยู่ในช่วงการขึ้นพองค่อนข้างมาก ซึ่งจากผลการทดลองทั้ง 2 ด้านนี้พบว่าสอดคล้องกับการวิเคราะห์และวัดทางกายภาพด้านปริมาตรจำเพาะและสีที่ผิวจากเครื่องวัดสี สำหรับคะแนนด้านความแห้งและความกรอบมีความสอดคล้องกัน โดยเมื่อส่วนพัฟเพสตรีมีคะแนนความแห้งมากขึ้น แล้วความกรอบจะมีคะแนนเพิ่มขึ้นด้วย โดยคะแนนความแห้งและกรอบมากที่สุดเท่ากับ 8.25 และ 8.40 เมื่ออบที่อุณหภูมิ 220°C และระยะเวลา 25 นาที ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างแห้งมากและกรอบค่อนข้างเปราะมาก เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สูงและระยะเวลาอบนาน จึงทำให้คะแนนความชอบลดลงด้วย ในด้านคะแนนความชอบพัฟเพสตรีส่วนบน พบว่า ที่อุณหภูมิ 200°C และระยะเวลาอบนาน 25 นาที ได้คะแนนความชอบสูงสุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (ideal) (รูปที่ 4.1) ซึ่งมีลักษณะในด้านต่างๆ ดังนี้ คือ ด้านการขึ้นชั้นค่อนข้างมาก สีที่ผิวควรมีสีน้ำตาลทอง มีเนื้อสัมผัสแห้งและกรอบ และที่ภาวะนี้ยังใกล้เคียงกับภาวะที่ใช้อบในทางปฏิบัติของโรงงาน คือที่อุณหภูมิ 200°C และ ระยะเวลาอบนานประมาณ 20 นาที (สุวิมล อาศัยธรรมคุณ, สัมภาษณ์, 10 ตุลาคม 2544)

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และวัดควรจะมีรูปร่างที่สมดุล ไม่ขึ้นพองเอียงข้างใดข้างหนึ่ง รูปร่างที่ผิดปกตินี้เกิดจากการผลิตที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้ชั้นโดเชื่อมติดกัน หรือ รีดโดในครั้งสุดท้ายหนาไม่เท่ากันโดยในบริเวณที่หนาจะพองตัวมากกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบแต่ละชนิดจะมีภาวะที่เหมาะสมในการอบแตกต่างกัน เช่น ขนมปังควรอบที่อุณหภูมิ 198 - 232 °C เป็นระยะเวลานาน 18 – 35 นาที ส่วนเค้กควรอบที่อุณหภูมิ 149 - 182 °C เป็นระยะเวลานาน 40 – 50 นาที เป็นต้น

จากการทดลองทั้งหมด สรุปได้ว่าภาวะการอบช่วงที่ 1 มีผลต่อการขึ้นพองและเกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ โดยอุณหภูมิของเตาอบมีผลต่อปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้น และ ระยะเวลามีผลต่อความแห้งและความกรอบ พบว่าที่อุณหภูมิ 200°C และระยะเวลาอบนาน 25 นาที เป็นภาวะการอบช่วงที่ 1 ที่เหมาะสม เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบมีค่าปริมาตรจำเพาะ ค่าความกรอบสูง และมีลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติ (ideal)

ในทุกด้าน รวมทั้งยังได้คะแนนความชอบโดยรวมของพัฟเพสตรีส่วนบนสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกภาวะนี้เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

5.3 ศึกษาผลของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และ ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 ที่มีต่อคุณภาพของพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็ง หลังจากนำมาทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ

พัฟเพสตรีไส้เสาวรสจัดเป็น multicomponent food เนื่องจากประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนพัฟเพสตรีและส่วนไส้เสาวรส เมื่อนำผลิตภัณฑ์พัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งมาทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟแล้วความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้น้ำจากส่วนไส้กลายเป็นไอ และ เคลื่อนที่ไปสู่ส่วนพัฟเพสตรี ในขณะที่อากาศในเตาไมโครเวฟที่อยู่รอบๆ ผลิตภัณฑ์ไม่สูงพอที่จะทำให้น้ำระเหยออกไปจากส่วนพัฟเพสตรีอย่างรวดเร็ว ความชื้นจึงสะสมอยู่ที่ส่วนพัฟเพสตรี และเป็นผลให้ส่วนพัฟเพสตรีมีความกรอบลดลง ผู้บริโภคไม่ยอมรับ งานวิจัยที่ได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหานี้ เช่น การใช้ edible film เพื่อกั้นไอน้ำจากส่วนไส้ไม่ให้เคลื่อนที่ไปสู่ส่วนพัฟเพสตรี (Van der Graaf ,1992) การลดค่า a_w ของไส้ด้วยกลีเซอรีน น้ำตาล หรือ เด็กซโทรสโมโนไฮเดรต (Robb, 1991) การใช้คลื่นอินฟราเรดหรือลมร้อนมาประยุกต์ใช้ร่วมกับไมโครเวฟเพื่อทำให้ความชื้นที่ผิวระเหย (Datta and Ni, 2002) รวมทั้งการเพิ่มความกรอบและความแห้งของพัฟเพสตรีด้วยการเพิ่มระยะเวลาอบในเตาอบให้นานขึ้น (Robb,1991) เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ศึกษาผลของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นและระยะเวลาอบผลิตภัณฑ์ในช่วงที่ 2 ที่อุณหภูมิ 150°C ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งหลังจากนำมาทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ เพื่อเลือกภาวะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังผ่านการทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟแล้วยังคงมีความกรอบและมีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่พึ่งออกจากเตาอบแบบดั้งเดิม รวมทั้งผู้ทดสอบยอมรับ จากนั้นจะใช้ภาวะที่เลือกได้นำไปผลิตพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งเพื่อศึกษาอายุการเก็บในขั้นตอนต่อไป

5.3.1 การเตรียมไส้เสาวรสที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.75 0.85 และ 0.95

เนื่องจากว่า เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ด น้ำตาล น้ำ และ กลีเซอรีน เป็นส่วนผสมหลักของไส้เสาวรส และ มีผลต่อค่า a_w จึงเลือกส่วนผสมเหล่านี้มาแปรปริมาณจากสูตรเริ่มต้นตามตารางที่ 3.2 เพื่อให้ได้ไส้เสาวรสที่มีค่า a_w ตามที่กำหนด โดยน้ำตาลมีข้อจำกัดในด้านรสหวานและความสามารถในการละลาย ซึ่งละลายได้สูงสุดที่ความเข้มข้น 67% โดยน้ำหนัก และลดค่า a_w ได้ถึง 0.86 (Davis, 1995) ส่วนกลีเซอรีนมีข้อจำกัดในด้าน รสหวานปนขม (Igoe, 1989) และไม่ควรใช้เกิน 10% ของส่วนผสมทั้งหมด (Griffin and Lynch ,1974) สำหรับค่า a_w ของไส้เสาวรสที่จะศึกษาได้กำหนดให้อยู่ในช่วง 0.75 - 0.95 เนื่องจากค่า a_w ของไส้ผลไม้ในผลิตภัณฑ์

พัฟเพสตรีทั่วไปมีค่าประมาณ 0.94 - 0.97 และจากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ไส้เสาวรสที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.75 จะมีลักษณะ ข้น รสหวานจัด มีรสขมของกลีเซอรีน และยังพบผลึกของน้ำตาลด้วย

จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 พบว่า ไส้เสาวรสที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.75 ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ดเสาวรส และ น้ำ ปริมาณน้อย แต่มีน้ำตาล และ กลีเซอรีน ปริมาณมากกว่าไส้เสาวรสที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.85 และ 0.95 ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาณเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดและน้ำลดลง ทำให้น้ำอิสระลดลง ส่วนน้ำตาลและกลีเซอรีนที่เติมลงไปจะเกิดพันธะกับน้ำอิสระในระบบ จึงทำให้ความดันไอของน้ำในระบบลดลง ดังนั้นค่า a_w จึงลดลง (Fennema,1996) ในขณะเดียวกันเมื่อน้ำตาลซึ่งเป็นตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่า TSS เพิ่มขึ้นด้วย

Cauvain และ Young (2000) ได้กล่าวว่าประสิทธิภาพในการลดค่า a_w ของสารแต่ละชนิดขึ้นกับ ชนิดของโมเลกุล มวลโมเลกุล ปริมาณการแตกตัวเป็นไอออน และปริมาณที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ เช่น เกลือสามารถลดค่า a_w ได้มาก เนื่องจากเป็นไอออน สามารถแตกตัวและเกิดพันธะไอออนิกกับน้ำ ส่วนกลีเซอรีนสามารถลดค่า a_w ได้มากกว่าน้ำตาลเนื่องจากมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 92 ซึ่งน้อยกว่ามวลโมเลกุลของน้ำตาล ส่วนแป้งดัดแปรมีความสามารถอุ้มน้ำได้แต่มีผลต่อค่า a_w น้อยเนื่องจากมีมวลโมเลกุลมาก ซึ่งไส้เสาวรสที่มีค่า a_w แตกต่างกันจะมีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันด้วย เช่น ความข้นหนืด จุดเดือด และจุดเยือกแข็ง โดยไส้เสาวรสที่มีค่า a_w ต่ำจะมีจุดเดือดสูง และจุดเยือกแข็งต่ำ ซึ่งจุดเดือดที่สูงขึ้นสามารถลดการทะลักของไส้ออกจากส่วนพัฟเพสตรี ในขณะอบได้ เนื่องจากปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้นในขณะอบลดลง (Sultan, 1989)

จากการทดลองนี้ทำให้สามารถผลิตไส้เสาวรสที่มีค่า a_w เป็น 0.75 0.85 และ 0.95 ซึ่งจะนำมาใช้เป็นไส้ใสในพัฟเพสตรี ในขั้นตอนต่อไป

5.3.2 ศึกษาผลของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และ ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 ที่มีต่อคุณภาพของพัฟเพสตรีไส้เสาวรสหลังอบ

หลังจากอบพัฟเพสตรีโดไส้เสาวรสที่อุณหภูมิ 200°C ระยะเวลานาน 25 นาที ซึ่งการอบช่วงนี้เป็นการอบช่วงที่ 1 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สุก แล้วอบผลิตภัณฑ์ต่อไปโดยลดอุณหภูมิของเตาอบลงให้เหลือเพียง 150 °C ซึ่งเป็นการอบในช่วงที่ 2 เพื่อเพิ่มความกรอบของส่วนพัฟเพสตรี โดยวิธีนี้นิยมใช้เมื่อค่า a_w ของไส้ในพัฟเพสตรีหรือพายมีค่าสูง หรือ ต้องตั้งผลิตภัณฑ์หลังอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน เช่น ในระหว่างรอจำหน่าย (Sultan, 1989) ในขั้นตอนนี้จึงได้ศึกษาผลของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และ ระยะเวลาการอบในช่วงที่ 2 ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์หลังอบ ก่อนที่จะนำไปผ่านการแช่แข็งและทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟในขั้นต่อไป

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 พบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 (B) และอิทธิพลร่วมของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นและระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 (AB)

ไม่มีผลต่อ ปริมาตรจำเพาะ และ ค่าสีแดง (a^*) ($p > 0.05$) เนื่องจาก การขึ้นพองของพัฟเพสตรีจะเกิดในระหว่างการอบช่วงที่ 1 และสารตั้งต้นของปฏิกิริยา Maillard มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาอบนานขึ้น การเกิดสีน้ำตาลจึงลดลง รวมทั้งระยะเวลาอบช่วงที่ 2 ได้ลดอุณหภูมิเป็น 150°C ซึ่งไม่สูงพอที่จะเกิดปฏิกิริยา caramellization ได้ และยังพบว่าค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) และ ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 (B) มีผลต่อน้ำหนักที่สูญเสียในขณะอบ ค่าความสว่าง (L) เนื่องจากค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นสูง และระยะเวลาอบนาน จึงทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นในขณะอบมากกว่า

จากตารางที่ 4.18 และ 4.19 พบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 (B) และ อิทธิพลร่วมของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นและระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 (AB)มีผลต่อค่าความกรอบที่วัดได้จากเครื่อง texturometer ปริมาณน้ำของพัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรส และ ค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอธิบายได้ว่าค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ของสตาร์ชซึ่งเกิดมากโดยเฉพาะส่วนชั้นแป้งที่ติดกับไส้ ซึ่งพบว่าที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเท่ากับ 0.95 สตาร์ชเกิดเจลาทิไนซ์ได้มากกว่า แป้งส่วนนี้จึงนิ่มมากกว่า (Guy, 1995) ส่วนระยะเวลาอบที่ช่วงที่ 2 เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความชื้นได้มาก ผลิตภัณฑ์จึงแห้งและกรอบมากกว่า ดังนั้นที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.95 ระยะเวลาอบ 10 และ 20 นาที จึงทำให้พัฟเพสตรีไส้เสาวรสที่ได้มีความกรอบต่ำเท่ากับ 26.5 และ 27.9

จากการทดลองนี้พบว่าผลิตภัณฑ์หลังอบในแต่ละภาวะมีความกรอบเพิ่มขึ้นมาก ทั้งๆ ที่ปริมาณน้ำและค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนแตกต่างกันน้อย แสดงว่าอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลภายในด้วย Giovanelli , Peri และ Borri (1997) รายงานว่าโปรตีนเกิด denaturation และ aggregation เมื่อระยะเวลาอบนานขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแห้งและแข็งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Robb (1991) ที่รายงานว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการอบพายไส้แอปเปิ้ลจาก 25 นาที เป็น 35 นาที จะทำให้ความชื้นของพายส่วนเปลือกลดลงจาก 14 เป็น 12%(wet basis) และมีค่า hardness เพิ่มขึ้น จาก 150 เป็น 240 g force ดังนั้นการลดค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และเพิ่มระยะเวลาอบช่วงที่ 2 จะทำให้พัฟเพสตรีมีความกรอบเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำและ ค่า a_w ของส่วนพัฟเพสตรีลดลง Robb (1991) ได้กล่าวเพิ่มว่าการอบผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานานนอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบมีความชื้นลดลงและความกรอบเพิ่มขึ้น แล้วผลิตภัณฑ์หลังอบยังเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความกรอบ เนื่องจาก moisture migration จากไส้ในขณะเก็บน้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบช่วงที่ 1 เพียงอย่างเดียว

จากผลการทดลองที่ได้ในขั้นนี้ทำให้รู้การเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีของพัฟเพสตรีไส้เสาวรสเมื่อผลิตตามภาวะที่กำหนด ก่อนที่จะนำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสหลังอบเหล่านี้ไปผ่านขั้นตอนการแช่แข็งและทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ ในขั้นตอนต่อไป

5.3.3 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ทำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ

ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาหารจากการใช้ไมโครเวฟขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ คุณสมบัติ dielectric องค์ประกอบ และ รูปร่างของอาหาร เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งให้ร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น C75 ซึ่งอยู่ในห้องทดลอง ก่อนที่จะศึกษาในขั้นต่อไป โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ($\pm$ 0.5^{o}C) และวัดแยกเป็น 2 ส่วน คือ พัฟเพสตรีส่วนบน และ ไส้เสาวรส เนื่องจากพัฟเพสตรีและไส้เสาวรสมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนไม่เท่ากัน โดยแปรระยะเวลาที่ใช้ทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟเป็น 0 10 20 30 40 45 และ 50 วินาที แล้วพิจารณาระยะเวลาที่ทำให้พัฟเพสตรีส่วนบน และไส้เสาวรสมีอุณหภูมิสูงกว่า 70^{o}C ก่อนรับประทาน เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ผู้บริโภครู้สึกว่าอาหารร้อน และ เพื่อความปลอดภัยทางจุลินทรีย์ (Fakhouri and Ramaswamy,1993)

จากตารางที่ 4.21 และ 4.22 พบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 (B) ระยะเวลาที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ (C) และอิทธิพลร่วมระหว่างค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 และระยะเวลาที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ (ABC) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งพัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นสูง แสดงว่ามีปริมาณน้ำอิสระมากจึงสามารถดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้เร็วกว่า แต่เมื่อระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นานขึ้น จะทำให้พัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรสมีปริมาณน้ำลดลงและแห้งมากขึ้น เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้ช้ากว่า และเมื่อระยะเวลาที่ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิในแต่ละส่วนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีของไอออนในระบบเพิ่ม และความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น Datta และ Anantheswaran (2001) รายงานว่าค่า dielectric constant และ dielectric loss factor ของผลิตภัณฑ์ขนมอบมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อระยะเวลาอบเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง แล้วค่า dielectric constant และ dielectric loss factor จะลดลงด้วยเช่นกัน ผู้วิจัยกลุ่มนี้ยังรายงานเพิ่มอีกว่า น้ำที่อยู่ในรูปที่เป็นส่วนประกอบกับสารอื่นจะทำให้

ความสามารถการดูดซับพลังงานไมโครเวฟลดลง แล้วอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงช้าลงด้วย

Tanaka , Mallikarjunan และ Hung (1999) ได้อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารแช่แข็งที่ทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ ว่าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิที่เก็บรักษาไปสู่อุณหภูมิที่จุดเยือกแข็งของอาหาร ส่วนช่วงที่ 2 เป็นช่วงการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิจุดเยือกแข็งไปจนถึงอุณหภูมิที่อาหารสุก โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะเกิดช้าในช่วงแรกเนื่องจากน้ำอยู่ในสถานะของแข็ง ซึ่งมีความสามารถดูดซับพลังงานไมโครเวฟต่ำและการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าถูกจำกัด การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงเกิดขึ้นช้า ส่วนในช่วงที่ 2 การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเร็ว เนื่องจากน้ำอยู่ในสถานะของเหลว จึงสามารถเคลื่อนที่ได้ในสนามไฟฟ้าทำให้ได้พลังงานความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีกับโมเลกุลอื่น ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ให้ร้อนด้วยไมโครเวฟควรจะทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ทั่วทั้งชิ้นสูงกว่า 70°C แต่ก็ไม่ควรใช้ระยะเวลานานเกินไป เนื่องจากจะทำให้อาหารสุกมากเกินไป จากตารางที่ 4.20 พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาทำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ นาน 40 วินาที แล้วอุณหภูมิของพัฟเพสตรีส่วนบนสูงประมาณ 60 - 70°C และเมื่อระยะเวลาทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนด้วยไมโครเวฟนาน 45 วินาที จะเป็นผลให้อุณหภูมิของพัฟเพสตรีส่วนบนยิ่งสูงมากกว่า 70°C ขึ้นไปอีก และ ที่ระยะเวลาทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนด้วยไมโครเวฟนาน 50 วินาที พบว่า อุณหภูมิของพัฟเพสตรีส่วนบนเพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่ไส้เสาวรสจะเดือด และน้ำในส่วนนี้จะกลายเป็นไอจำนวนมาก จึงทำให้ไส้บางส่วนทะลักออกมาด้านนอก และ พัฟเพสตรีส่วนบนจะนิ่มมากขึ้น

จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อนำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งมาทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยส่วนไส้เสาวรสสามารถดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้มากและเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่าพัฟเพสตรีส่วนบน โดยระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับทำพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งให้ร้อน คือ 45 วินาที เนื่องจาก เป็นระยะเวลาต่ำสุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิทั่วทั้งชิ้นสูงกว่า 70°C และไส้เสาวรสยังไม่เดือดจนทะลักออกมา

5.3.4 ศึกษาผลของค่า a_w ของไส้เสาวรส และ ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 ที่มีต่อคุณภาพของพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็ง หลังจากนำมาทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ

หลังจากนำผลิตภัณฑ์พัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็งที่ผ่านการทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟตามระยะเวลาที่เลือกได้จากข้อ 4.3.3 มาวัดและวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 4.23 – 4.26 พบว่าค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) มีผลต่อ น้ำหนักที่สูญเสียในขณะทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ และ ค่าความสว่าง (L) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไส้เสาวรสที่มีค่า a_w สูง จะมีปริมาณน้ำ

อิสระมากกว่า จึงเกิดการระเหยได้ในขณะทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ และเคลื่อนที่ไปสะสมที่ผิวของพัฟเพสตรีส่วนบนได้มากกว่า ในขณะที่ไม่พบผลของ a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 (B) และอิทธิพลร่วมของ a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นและระยะเวลาอบช่วงที่ 2 (AB) ที่มีต่อค่าปริมาตรจำเพาะ และ ค่าสีแดง (a^*) ($p > 0.05$) เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการไมโครเวฟ จะเกิดภายในชิ้นของอาหาร และ อากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์ภายในเตาไม่ร้อนพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard ที่ผิว ดังนั้นค่าสีแดง (a^*) จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

จากตารางที่ 4.27 – 4.30 พบว่าค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 (B) มีผลต่อความกรอบ ปริมาณน้ำของพัฟเพสตรีส่วนบน ค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความกรอบลดลง ปริมาณน้ำของพัฟเพสตรีส่วนบน และ ค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในส่วนไส้มีผลทำให้น้ำในส่วนนี้กลายเป็นไอและเคลื่อนที่ขึ้นไปสู่พัฟ-เพสตรีส่วนบน แต่อุณหภูมิภายในตู้ไมโครเวฟก็ไม่สูงพอที่จะทำให้น้ำที่ผิวของพัฟเพสตรีระเหย เป็นผลให้พัฟเพสตรีส่วนบนมีความชื้นเพิ่มขึ้น สำหรับการเพิ่มระยะเวลาอบช่วงที่ 2 จะเป็นผลให้พัฟเพสตรีส่วนบนของผลิตภัณฑ์หลังอบด้วยเตาอบแบบดั้งเดิมมีความกรอบเพิ่มและปริมาณน้ำลดลง พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาอบในช่วงที่ 2 เท่ากับ 30 นาที พัฟเพสตรีส่วนบนของผลิตภัณฑ์หลังจากทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟยังมีค่าความกรอบสูงและปริมาณน้ำต่ำกว่าเมื่อใช้ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 เท่ากับ 10 และ 20 นาที Giovanelli และคณะ (1997) รายงานว่า เมื่ออุณหภูมิภายในขนมอบสูง ทำให้โปรตีนละลายน้ำได้น้อยลง เนื่องจากโปรตีนเสียสภาพ และ โปรตีนยังเกิดพันธะกับสตาร์ช ซึ่งพันธะที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เนื้อในของผลิตภัณฑ์แข็งมากขึ้น จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยกว่า เมื่อได้รับไอน้ำหรือความชื้นอีกครั้ง (Van Arsdel and Copley, 1963)

จากตารางที่ 4.31 และ 4.32 พบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และ ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (AB) ต่อผลทางประสาทสัมผัสในด้านการขึ้นชั้น ความแห้ง และความกรอบของพัฟเพสตรีส่วนบน ($p > 0.05$) เนื่องจากระยะเวลาที่ทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟสั้นจึงทำให้ความแตกต่างไม่ชัดเจน ผู้ทดสอบไม่สามารถระบุความแตกต่างได้ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำ และ ค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนที่วัดและวิเคราะห์ได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยเช่นกัน ในขณะที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และระยะเวลาอบช่วงที่ 2 มีอิทธิพลร่วมกัน (AB) ต่อผลทางประสาทสัมผัสในด้านสีที่ผิว และ ความชอบพัฟเพสตรีส่วนบน ($p \leq 0.05$) ซึ่งพบว่า ที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.75 และ 0.85 และระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 30 นาที ได้คะแนนสีที่ผิวสูงสุดเนื่องจาก เมื่อค่า a_wของไส้เสาวรสเริ่มต้นต่ำ และ ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน ทำให้มีน้ำสะสมที่ผิวของพัฟเพสตรีส่วนบนหลังจากผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟน้อย คะแนนสีที่ผิว

ของผลิตภัณฑ์จึงเพิ่ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L) ที่วัดจากเครื่องวัดสี สำหรับความชอบพัฟเพสตรีส่วนบน พบว่า ที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.75 ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 20 และ 30 นาที และ ที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.85 ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 20 และ 30 นาที ได้คะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกันซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลางและผู้ทดสอบยังยอมรับพัฟเพสตรีส่วนบนที่ผลิตได้จากภาวะเหล่านี้ ถึงแม้ว่าจากรูปที่ 4.2 พบว่าที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.75 และ 0.85 ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 30 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังจากทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟแล้วได้คะแนนในด้านสีที่ผิว ความแห้ง และ ความกรอบมากกว่าค่าทางอุดมคติ

จากตารางที่ 4.31 พบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) และ อิทธิพลร่วมของค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นและระยะเวลาอบช่วงที่ 2 (AB) มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านความหวาน เปรี้ยว ขม ความข้นหนืด ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับสูตรของไส้เสาวรส โดย สูตรของไส้เสาวรสที่มีค่า a_w ต่ำ จะมีอัตราส่วนของน้ำตาลและกลีเซอรีนมาก ซึ่งทำให้ไส้เสารสมีรสหวานและรสขมมากกว่า และ มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาความชอบส่วนไส้ พบว่าได้รับอิทธิพลจากค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น (A) โดยค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.85 มีแนวโน้มทำให้ไส้เสาวรสได้คะแนนความชอบโดยรวมสูง เนื่องจาก ปริมาณน้ำตาลที่ใช้เหมาะสม ทำให้ผู้ทดสอบยอมรับ แต่ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในสูตรไส้เสาวรสที่มีค่า a_w เท่ากับ 0.95 และ 0.75 มีปริมาณน้อยและมากเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทางอุดมคติ (รูปที่ 4.3) พบว่าที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้นเท่ากับ 0.75 และ 0.85 ทำให้ไส้เสาวรสได้คะแนนความหวาน และ ความเปรี้ยว มีค่าใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติ

จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น และ ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 มีผลต่อความกรอบ สีที่ผิวและลักษณะทางประสาทสัมผัส ของพัฟเพสตรีไส้เสาวรสหลังจากผ่านการทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น เท่ากับ 0.75 และ ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 เท่ากับ 30 นาที จะทำให้พัฟเพสตรีส่วนบนยังคงมีความกรอบสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น เท่ากับ 0.75 และ 0.85 เป็นภาวะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังจากทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟแล้ว มีคะแนนความชอบพัฟเพสตรีส่วนบน และ ผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น เท่ากับ 0.75 และระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 30 นาที เพื่อใช้ผลิตพัฟ-เพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็ง เนื่องจากเป็นภาวะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟแล้วยังคงมีความกรอบ และ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ถึงแม้ว่าที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น เท่ากับ 0.85 และระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 30 นาที ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านการทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟใกล้เคียงกับที่ค่า a_w ของไส้เสาวรสเริ่มต้น เท่ากับ 0.75 และ

ระยะเวลาอบช่วงที่ 2 นาน 30 นาที แต่มีค่าความกรอบต่ำกว่า จึงมีความเหมาะสมน้อยกว่าในการพัฒนาเพื่อใช้ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ในขั้นต่อไป

5.4 ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บที่มีต่อพัฟเพสตรีไส้เสาวรสแช่แข็ง

การแช่แข็งเป็นวิธีที่ใช้เพื่อถนอมอาหารระยะยาว หากปฏิบัติอย่างถูกต้องตั้งแต่การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนแช่แข็ง วิธีแช่แข็ง การเก็บรักษา และ การคืนรูปแล้ว วิธีนี้จะช่วยรักษาคุณภาพทั้งในรูปกลิ่น สี และคุณภาพทางโภชนาการไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น สำหรับปัญหาที่พบในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมอบแช่แข็ง ได้แก่ การสูญเสียความชื้น และ การเกิด moisture migration ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น พายไส้ผลไม้ (Cauvain and Young , 2000) จากข้อกำหนดสุขลักษณะสำหรับอาหารเยือกแข็ง (มอก. 928 - 2533) ได้กำหนดอุณหภูมิที่เก็บรักษาควรต่ำกว่า –18°C แต่เมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในร้านค้าปลีกซึ่งมีข้อจำกัดในการควบคุมอุณหภูมิของตู้แช่แข็ง ทำให้อุณหภูมิที่เก็บผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ประมาณ-10°C (สุวิมล อาศัยธรรมคุณ, สัมภาษณ์, 10 ตุลาคม 2544) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ –10 และ –18 °C เพื่อให้ข้อมูลที่ได้เกิดประโยชน์สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4.38 และ 4.39 พบว่า อุณหภูมิ (A) ระยะเวลาเก็บ (B) และอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ (AB) ไม่มีผลต่อค่าปริมาตรจำเพาะ น้ำหนักที่สูญเสียในขณะไมโครเวฟ ค่าสีแดง (a^*) และ สีเหลือง (b^*) ($p > 0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านปริมาตรจำเพาะและสารสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ จากตารางที่ 4.40 เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของระยะเวลา (B) ที่มีต่อค่าความสว่าง (L) โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพบว่าในสัปดาห์ที่ 8 ค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก เกิด moisture migration จากส่วนไส้เสาวรสขึ้นไปสู่พัฟเพสตรีส่วนบน ทำให้ปริมาณน้ำที่ผิวของพัฟเพสตรีส่วนบนเพิ่ม

จากตารางที่ 4.41 และ 4.42 พบว่า อุณหภูมิ (A) ระยะเวลเก็บ (B) มีผลต่อค่าความกรอบ ปริมาณน้ำและค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก ความชื้นจากไส้เสาวรสซึ่งมีค่า a_w สูงกว่าจะเคลื่อนที่ไปสู่ส่วนพัฟเพสตรีซึ่งมีค่า a_w ต่ำกว่า โดยเมื่ออุณหภูมิที่เก็บรักษาเท่ากับ –10°C ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านความกรอบ ปริมาณน้ำและค่า a_w ของพัฟเพสตรีส่วนบนและไส้เสาวรส มากกว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิเท่ากับ –18°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.43) เนื่องจากที่อุณหภูมิ –18°C ความดันไอของระบบมีค่าต่ำ จึงทำให้เกิด moisture migration น้อยกว่า

จากตารางที่ 4.44 พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานาน 6 สัปดาห์ ทำให้ค่าความกรอบ และ ปริมาณน้ำของไส้เสาวรสลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานาน 4 และ 8 สัปดาห์ พบว่า ค่า a_w และปริมาณน้ำของพัฟเพสตรีส่วนบนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Robb (1991) ซึ่งศึกษาผลของอุณหภูมิที่เก็บรักษาที่มีต่อค่า hardness ของพายไส้แอปเปิ้ล พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ - 20°C ค่า hardness ของพายจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาเก็บนาน 10 วัน แต่ถ้าเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10°C พบว่า ค่า hardness ของพายจะลดลงจนผู้บริโภคไม่ยอมรับในวันที่ 2 ของการเก็บ Van der Graaf (1992) รายงานว่า พัฟเพสตรีที่ใช้ acetofat กั้นระหว่างส่วนพัฟเพสตรีที่ผ่านการอบแล้ว และ ส่วนไส้ สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ –20 และ – 10 °C ได้นานถึง 6 และ 3 เดือน โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพดี เนื่องจาก acetofat ทำหน้าที่เป็น edible film จึงลดการเกิด moisture migration ได้ นอกจากนี้ Labuza และ Hyman (1998) แนะนำว่า โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ก็มีผลต่อการเกิด moisture migration เช่นกัน โดยถ้าผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแน่นหรือระบบมีความข้นหนืดมาก จะทำให้การเกิด moisture migration ช้าลง

Labuza และ Hyman (1998) รายงานว่าการเกิด moisture migration จะเกิดขึ้นจนกระทั่งทั้ง 2 ส่วนมีค่า a_w ใกล้เคียงกัน แต่ความชื้นสุดท้ายของทั้ง 2 ส่วนอาจไม่เท่ากันก็ได้ เช่น เมื่อนำแผ่นชีสซึ่งมีค่า a_w และ ความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 0.95 และ 60% มาวางด้านบนของแครกเกอร์ซึ่งมีค่า a_w และความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 0.30 และ 3% แล้วเก็บไว้ในภาชนะซึ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 70% พบว่า ค่า a_w สุดท้ายของชีสและแครกเกอร์จะเท่ากับ 0.75 แต่มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 25 และ 15% ตามลำดับ ในขณะที่ Chirife (1998) แนะนำว่าถ้าค่า a_w ของแต่ละส่วนต่างกันน้อยกว่า 0.005 จะไม่เกิด moisture migration สำหรับในงานวิจัยนี้อุณหภูมิที่เก็บรักษาเป็นอุณหภูมิที่ต่ำ และ ไส้เสาวรสมีค่า a_w เท่ากับ 0.63 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เกิด moisture migration น้อย เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w ของไส้สูงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากตารางที่ 4.45 และ 4.46 พบว่า ระยะเวลาเก็บ (B) และ อิทธิพลร่วมกันของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ(AB) มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและความชอบของพัฟเพสตรีส่วนบน อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -18°C พบว่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและความชอบของพัฟเพสตรีส่วนบนมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 6 และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -10°C พบว่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและความชอบของพัฟเพสตรีส่วนบนมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากในระหว่างการ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เกิด moisture migration ทำให้ความกรอบลดลง ซึ่งส่งผลให้คะแนนความชอบพัฟเพสตรีส่วนบนลดลงด้วย

จากตารางที่ 4.47 และ 4.48 พบว่า ระยะเวลาเก็บ (B) มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน เปรี้ยว ขม ความข้นหนืด และความชอบในส่วนไส้เสาวรส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เกิด moisture migration จากส่วนไส้เสาวรสไปสู่ส่วนพัฟเพสตรี ทำให้ส่วนไส้เสาวรสมีปริมาณน้ำลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อรสชาติของไส้เสาวรส โดยเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนทางประสาทสัมผัสของไส้เสาวรสด้านความหวาน เปรี้ยว ขม และ ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น จึงทำให้คะแนนความชอบในส่วนไส้เสาวรสลดลงด้วย และเมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้น พบว่าได้รับอิทธิพลจาก ระยะเวลาเก็บ (B) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะเกิด moisture migration มากขึ้นเป็นผลให้ความกรอบของพัฟเพสตรีส่วนบนลดลง และ รสชาติของไส้เสาวรสเข้มข้นมากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งชิ้นลดลง เช่นกัน

ตารางที่ 4.49 พบว่า ไม่เกิดการเสื่อมเสียจากแบคทีเรีย รวมทั้งยีสต์และรา เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์พัฟเพสตรีไส้เสาวรสที่อุณหภูมิ -18 และ -10°C ตลอดระยะเวลาเก็บ 3 เดือน เนื่องจากพัฟเพสตรีไส้เสาวรสผ่านการอบเป็นระยะเวลานาน โดยอบช่วงที่ 1 ที่อุณหภูมิ 200 °C นาน 25 นาที และ อบช่วงที่ 2 ที่อุณหภูมิ 150°C นาน 30 นาที ซึ่งจะทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาตั้งแต่ในวัตถุดิบและระหว่างการผลิต และผู้ทดลองได้พยายามลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์หลังอบ โดยหลังจากที่นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบ และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลดลง แล้วรีบบรรจุ และนำไปแช่แข็งทันที ทำให้การปนเปื้อนมีน้อย ร่วมกับที่อุณหภูมิเก็บ –18 และ -10°C เป็นอุณหภูมิที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้ไม่พบแบคทีเรีย รวมทั้งยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาเก็บ 3 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย