

ค่าความแตกต่างของสี  $\Delta E^*$  (color difference) เปรียบเทียบ ค่าสีของสารละลายผงสีที่ปรับระดับความเป็นกรด-ด่างต่างๆ และนำมาผ่านการให้ความร้อน กับค่าสี ของสารละลายผงสีที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (ตารางที่ 27) โดยสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากเมล็ดถั่วดำที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 และ 7.0 ที่ไม่ผ่านความร้อน มีค่าความแตกต่างของสี  $\Delta E^*$  เท่ากับ และ 5.04, 4.25, 3.67, 1.76 และ 1.84 ผ่านความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์  $\Delta E^*$  เท่ากับ 7.14, 5.74, 4.20, 6.53 และ 9.66 และผ่านความร้อนระดับสเตอริไรซ์  $\Delta E^*$  เท่ากับ และ 8.51, 6.57, 4.44, 13.00 และ 19.69 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า การให้ความร้อนในระดับสเตอริไรซ์จะมีผลทำให้ค่าสีเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ ( $\Delta E^*$ มากกว่า) เนื่องจากการให้ความร้อนระดับสูงขึ้น ทำให้เกิดการสลายตัวของสารสีเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาปัจจัยโดยรวมระหว่างระดับความเป็นกรด-ด่างและการให้ความร้อน พบว่า มีอันตรกิริยากัน คือ ระดับความเป็นกรด-ด่าง และการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลง และ ระดับความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น และระดับการให้ความร้อนลดลงร้อยละของการละลายจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งทดลองทั้งหมดให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 27) ปริมาณแอนโทไซยานินในช่วง 2.34-3.32 มิลลิกรัม / ผงสี (กรัม), ร้อยละของการละลาย 87.53-93.93, ค่าความสว่าง  $L^*$  แสดงค่าความสว่างในช่วง 37.12-41.79,  $C^*$  แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 44.86-71.39,  $h$  แสดงค่ามุมของสี ในช่วง 57.07-61.40 องศา ซึ่งแสดงค่าสีน้ำตาลอมส้ม

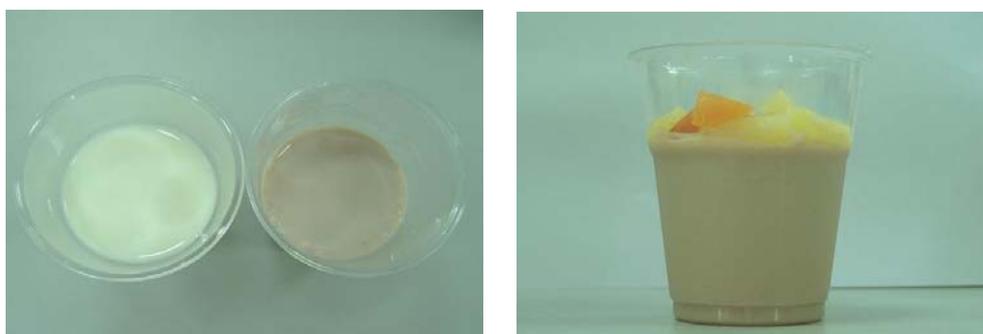
เมื่อพิจารณาปริมาณแอนโทไซยานิน และร้อยละของการละลายโดยรวมแล้ว พบว่า สารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากเมล็ดถั่วดำที่ระดับความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.0 – 4.0 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง แต่มีร้อยละของการละลายต่ำ โดยพบสารละลายจะมีตะกอนของผงสีแขวนลอยอยู่ในขณะที่สถานะความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.0-7.0 มีสถานะค่าความเป็นกรดเล็กน้อยถึงค่าความเป็นกลาง มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยกว่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.0–4.0 แต่สารละลายสีที่ได้มีร้อยละของการละลายสูง โดยที่สารละลายผงสีที่ได้ไม่เกิดการแขวนลอยและตกตะกอนของผงสี ดังนั้นผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำนี้เหมาะที่จะนำมาแต่งสีในอาหารที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหารทั่วไปอยู่ในช่วง 5.0 – 7.0 โดยไม่ทำให้ลักษณะอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยทั่วไปประคอบอุณหภูมิและระยะเวลาหรือการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้การสลายตัวของสารสีเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าใช้ความร้อนและระยะเวลาไม่มากก็สามารถใช้ผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำมาใช้เป็นสีผสมอาหารต่างๆ ได้ เช่น ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น Jackman and Smith (1996);

Jadwiga (2002) แนะนำให้ใช้กระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูงเวลาสั้น (High-temperature short-time) เป็นการรักษารงควัตถุที่ดีที่สุด

## 9 การใช้ประโยชน์ของผงสีจากสารสกัดเมล็ดถั่วดำ ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

Esselen and Sammy (1975) กล่าวว่าสีแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง (roselle) เหมาะสมใช้ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ เยลลี่เพกติน (pectin jelly) เยลลี่แอปเปิ้ล (apple jelly) และเครื่องดื่มน้ำกระเจี๊ยบแดง และไม่เหมาะสมใช้ในผลิตภัณฑ์ club soda หรือ ginger ale นอกจากนี้ Hendry (1996) กล่าวว่าสามารถนำแอนโทไซยานินมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม (soft drink), ผลไม้แช่อิ่ม (fruit preserve), ผลิตภัณฑ์ลูกอม ลูกกวาด (sugar confectionery), ผลิตภัณฑ์นม (dairy products) และผลิตภัณฑ์ประเภทผง (Dry mixes) เป็นต้น

การวิจัยนี้ นำผงสีที่สกัดจากเมล็ดถั่วดำที่ผลิตได้ในระดับนาร์องมาเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ เต้าฮวยนมสด และไอศกรีม ซึ่งมีสูตรและวิธีการทำแสดงใน ภาคผนวก ข โดยเติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำในเต้าฮวยนมสด ปริมาณร้อยละ 2.13 ของน้ำหนักของเต้าฮวยนมสด ทั้งหมดในสูตร (ภาพที่ 9) เต้าฮวยนมสดที่มีการเติมผงสีจากเมล็ดถั่วดำ จะมีค่าสี  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  เท่ากับ  $65.44 \pm 0.09$ ,  $13.86 \pm 0.03$  และ  $49.89 \pm 0.10$  องศา จะเห็นเต้าฮวยนมสดมีสีน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับ เต้าฮวยนมสดที่ไม่ได้เติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำ จะมีค่าสี  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  เท่ากับ  $85.71 \pm 0.63$ ,  $10.72 \pm 0.12$  และ  $98.47 \pm 1.34$  องศา จะเห็นเต้าฮวยนมสดมีสีขาว ซึ่งวิธีการใช้ผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำโดยการผสมอัตราส่วนผงสีต่อน้ำ (1 ต่อ 10) ใส่ลงในเต้าฮวยนมสดที่ผ่านการให้ความร้อน โดยคนให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว หลังจากผสมลงในเต้าฮวยนมสดแล้วคุณภาพของเต้าฮวยนมสดไม่เปลี่ยนแปลง คือ มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันกับผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 9 เต้าฮวยนมสดที่ไม่มีการเติม (ซ้าย) และมีการเติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำ (ขวา)

ในการทดสอบความชอบหรือการยอมรับ เพ็ญขวัญ (2536) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์เบื้องต้นของการทดสอบวิธีนี้ก็เพื่อประเมินความรู้สึกของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแง่ความชอบหรือการยอมรับในส่วนของผลิตภัณฑ์หรือลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เมื่อทดสอบความชอบหรือการยอมรับด้านสี จากผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน และจากการหาคะแนนความชอบ (Hedonic scale) โดยการตอบแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ข ที่สอบถามถึงความชอบปัจจัยคุณภาพ 4 ประการ คือ สี กลิ่น ถั่วดำ ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์ ความชอบรวม พบว่าผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยแล้วระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (6.46-7.38) โดยทุกคุณลักษณะผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 94 และผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะอยากให้มีสีและกลิ่นถั่วดำเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 28)

**ตารางที่ 28** ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 50 คนต่อผลิตภัณฑ์เต้าหอยนมสดและไอศกรีมที่ใช้ผงสีจากเมล็ดถั่วดำ

คุณลักษณะ	เต้าหอยนมสด	ไอศกรีม
สี	7.02±1.19 (ชอบปานกลาง)	6.78±1.15 (ชอบปานกลาง)
กลิ่นเมล็ดถั่วดำ	6.46±1.09 (ชอบปานกลาง)	6.12±1.14 (ชอบเล็กน้อย)
ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์	6.92±1.03 (ชอบปานกลาง)	7.24±0.77 (ชอบปานมาก)
ความชอบรวม	7.38±1.05 (ชอบปานมาก)	7.22±0.74 (ชอบปานกลาง)

**หมายเหตุ** คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

ส่วน ไอศกรีมซึ่งมีสูตรและวิธีการทำแสดงในภาคผนวก ข โดยเติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำในไอศกรีม ปริมาณร้อยละ 0.48 ของน้ำหนักของไอศกรีมทั้งหมด (ภาพที่ 10) ไอศกรีมที่ได้เติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำจะมีค่าสี  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  เท่ากับ  $80.04\pm 0.24$ ,  $10.96\pm 0.14$  และ  $67.60\pm 0.11$  องศา จะเห็นไอศกรีมมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ไม่มีการเติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำ จะมีค่าสี  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  เท่ากับ  $89.71\pm 0.32$ ,  $15.05\pm 0.92$ , และ  $87.03\pm 0.68$  องศา จะเห็นไอศกรีมสีขาวครีม

ในการทดสอบความชอบหรือการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน และจากการหาคะแนนความชอบ โดยการตอบแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ข ที่สอบถามถึงความชอบปัจจัยคุณภาพ 4 ประการ คือ สี กลิ่น ถั่วดำ ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์ ความชอบรวม พบว่า ผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยแล้วระดับ ชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก (6.12-7.24) โดยทุกคุณลักษณะผู้บริโภคทั้งหมดให้การยอมรับ และผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะอยากให้มีสีและกลิ่นถั่วดำเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 28)



ภาพที่ 10 ไอศกรีมถั่วดำที่ไม่มีกราดิม (ซ้าย) และมีการเติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำ (ขวา)

## 10. การยอมรับของผู้ใช้ผงสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

10.1 ศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ผงสีจากสารสกัดเมล็ดถั่วดำในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ผงสีจากเมล็ดถั่วดำโดยวิธีใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) โดยสอบถามผู้ใช้สีผสมอาหารทางอุตสาหกรรมอาหาร คือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิตโรงงานแหลมทอง ไอศกรีม เพื่อทดสอบ ความพอใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมผงสีจากเมล็ดถั่วดำ ความสะดวกในการใช้ผงสี คุณภาพของผงสีจากเมล็ดถั่วดำหลังทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยให้ตัวอย่างผงสีและแบบสอบถามแก่ผู้ใช้ พร้อมแนะนำวิธีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ให้ผลดังนี้ หลังจากที่ได้ทดลองใช้ผงสีจากเมล็ดถั่วดำลงในผลิตภัณฑ์อาหารผู้ใช้มีความพอใจในคุณภาพระดับปานกลาง และ การใช้ผงสีมีความสะดวกมาก โดยที่หลังจากการทดลองใช้ผงสีเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะมีกลิ่นและรสชาติของถั่วดำอ่อนๆ และสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

กับผลิตภัณฑ์และมีความสม่ำเสมอ โดยผู้ใช้ให้การยอมรับสีของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีสีที่สม่ำเสมอและสะดวกในการใช้และเก็บรักษาผงสี โดยที่มีปริมาณการใช้ผงสีในระดับปานกลาง ถ้าหากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำที่นอกจากจะช่วยแต่งสีให้ผลิตภัณฑ์ที่น่ารับประทานแล้ว ยังให้คุณค่าจากปริมาณแอนโทไซยานิน ผู้ทดสอบ สนใจที่จะซื้อ เพราะผงสีจากเมล็ดถั่วดำ เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติ ซึ่งให้ประโยชน์และความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค อีกทั้งสะดวกในการนำไปใช้งาน

## 10.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยให้โรงงานแหลมทองไอศกรีม ทำการผลิตไอศกรีมถั่วดำ 2 ชนิด คือ ไอศกรีมถั่วดำสูตรของโรงงาน และ ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ (ภาพที่ 11) ซึ่งจะไม่มีการใส่เมล็ดถั่วดำ เพื่อให้ผู้บริโภคเห็นสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ชัดเจน วัดค่าคุณภาพทางด้านสี พบว่า ไอศกรีมถั่วดำสูตรของโรงงาน จะมีค่าสี  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  เท่ากับ  $70.48 \pm 0.11$ ,  $9.72 \pm 0.19$  และ  $70.12 \pm 0.56$  องศา จะเห็น ไอศกรีมสีเทาอ่อน และเมื่อเปรียบเทียบกับ ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ จะมีค่าสี  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  เท่ากับ  $71.15 \pm 0.13$ ,  $13.65 \pm 0.33$  และ  $59.59 \pm 0.27$  องศา จะเห็น ไอศกรีมมีสีน้ำตาลอ่อน



ภาพที่ 11 ไอศกรีมถั่วดำสูตรของโรงงาน (ซ้าย) และที่ได้เติมผงสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำ (ขวา)

จากการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ โดยใช้ผู้ทดสอบที่รับประทานไอศกรีมถั่วดำ จำนวน 120 คน ตอบแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ข พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ทดสอบเป็นดังนี้ เป็นเพศชายและเพศหญิง

ร้อยละ 50 อยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปีมากที่สุดคือร้อยละ 52.50 รองลงไปที่ช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 16.70 มีการศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุดคือร้อยละ 58.30 รองลงไปที่ระดับสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 23.30 เป็นนักเรียน/นิสิต/นักศึกษามากที่สุดคือร้อยละ 43.30 รองลงมาคือประกอบอาชีพ เป็นข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจร้อยละ 25.00 มีรายได้ต่อเดือน 5,000-15,000 บาท มากที่สุด คือ ร้อยละ 45.80 รองลงมา คือ มีรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาทร้อยละ 20.80 (ตารางที่ 29)

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในคุณลักษณะต่างๆ ทางด้านสี โดยไม่คำนึงถึงรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ โดยการให้คะแนนความชอบปัจจัยคุณภาพ 4 ประการ คือ สีกลิ่นถั่วดำ ความเป็นเนื้อเดียวกันของสีกับตัวผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ และความชอบรวม พบว่าผู้บริโภคทั่วไปให้คะแนนความชอบเฉลี่ย ด้านสี กลิ่นถั่วดำ และความชอบรวม ของไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงานและไอศกรีมถั่วดำที่เติมผงสีจากถั่วดำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยให้คะแนนความชอบ ด้านสี กลิ่นถั่วดำ ความเป็นเนื้อเดียวกันของสีกับตัวผลิตภัณฑ์ และความชอบรวม ของไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงาน ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.25-6.88) และไอศกรีมถั่วดำที่เติมผงสีจากถั่วดำ ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.04-6.80) และพบว่า ผู้ที่ให้คะแนนความชอบสีไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงานและไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ 1- 5 คะแนน คือ ระดับไม่ชอบมากที่สุด ถึงเฉยๆ คิดเป็นร้อยละ 14.20 และ 15.80 ตามลำดับ ต้องการให้ไอศกรีมถั่วดำมีสีเข้มขึ้น (ตารางที่ 30)

เมื่อสอบถามถึงการยอมรับและการตัดสินใจซื้อไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงาน (ตารางที่ 31) ผู้บริโภคร้อยละ 87.50 ยอมรับ โดยให้เหตุผลว่ามี สีใกล้เคียงธรรมชาติ ดูน่ารับประทาน ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 12.50 ไม่ยอมรับ โดยให้เหตุผลว่ามี สีไม่มีความสม่ำเสมอ และสีไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ สีและกลิ่นอ่อนไป ส่วนไอศกรีมถั่วดำที่เติมผงสีจากถั่วดำ ผู้บริโภคร้อยละ 86.70 ยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ โดยให้เหตุผลว่า สีดูสะอาด ดูน่ารับประทาน แปลกใหม่ สีเนียนเป็นเนื้อเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 13.30 ไม่ยอมรับ โดยให้เหตุผลว่า สีไม่เหมือนไอศกรีมถั่วดำ สีและกลิ่นอ่อน

ตารางที่ 29 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคจากการทดสอบผู้บริโภค

n = 120

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
<b>เพศ</b>		
ชาย	60	50.00
หญิง	60	50.00
<b>อายุ</b>		
16-20 ปี	18	15.00
21-30 ปี	63	52.50
31-40 ปี	20	16.70
41-50 ปี	12	10.00
50 ปีขึ้นไป	7	5.80
<b>การศึกษา</b>		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย	5	4.20
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	10	8.30
อนุปริญญา/ปวส.	7	5.80
ปริญญาตรี	70	58.30
สูงกว่าปริญญาตรี	28	23.30
<b>อาชีพ</b>		
นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	52	43.30
พนักงานบริษัทเอกชน	21	17.50
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	30	25.00
ธุรกิจส่วนตัว	9	7.50
อื่นๆ	8	6.70

ตารางที่ 29 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	25	20.80
5,000-15,000 บาท	55	45.80
15,001-25,000 บาท	23	19.20
25,001-35,000 บาท	14	11.70
มากกว่า 35,000 บาท	3	2.50

ตารางที่ 30 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 120 คนต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	
	ไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงาน	ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ
สี <sup>ns</sup>	6.80±1.22 (ชอบปานกลาง)	6.76±1.27 (ชอบปานกลาง)
กลิ่นถั่วดำ <sup>ns</sup>	6.25±1.47 (ชอบเล็กน้อย)	6.05±1.35 (ชอบเล็กน้อย)
ความเป็นเนื้อเดียวกันของสีกับ ตัวผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ <sup>ns</sup>	6.65±1.40 (ชอบปานกลาง)	6.93±1.25 (ชอบปานกลาง)
ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	6.88±1.18 (ชอบปานกลาง)	6.80±1.27 (ชอบปานกลาง)

หมายเหตุ คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

<sup>ns</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแนวอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 31 การยอมรับและการตัดสินใจซื้อไอศกรีมถั่วดำของผู้บริโภค

การยอมรับ/การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค		ความถี่	ร้อยละ
การยอมรับ	ไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงาน	ยอมรับ	105
		ไม่ยอมรับ	15
	ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ	ยอมรับ	104
		ไม่ยอมรับ	16
การตัดสินใจซื้อ	ไอศกรีมถั่วดำสูตรโรงงาน	ซื้อ	102
		ไม่ซื้อ	18
	ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ	ซื้อ	100
		ไม่ซื้อ	20

ผู้บริโภคส่วนใหญ่ตัดสินใจซื้อ ไอศกรีมถั่วดำสูตรของโรงงานร้อยละ 85.00 โดยจะซื้อผลิตภัณฑ์หากมีจำหน่ายโดยให้เหตุผลว่า ชอบทานไอศกรีมถั่วดำ สีดูน่าทาน เป็นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ของไทย ไม่มีสารสังเคราะห์ ขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 15.00 จะไม่ซื้อ โดยให้เหตุผลที่ไม่ซื้อว่าสีและกลิ่นอ่อนไป อยากให้สีและกลิ่นเข้มข้น สีไม่เหมือนเนื้อเดียวกับผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมที่เติมผงสีจากถั่วดำ ผู้บริโภคร้อยละ 83.30 จะซื้อผลิตภัณฑ์หากมีจำหน่ายโดยให้เหตุผลว่า ชอบทานไอศกรีมถั่วดำ สีดูน่ารับประทาน สีเป็นเนื้อเดียวกับผลิตภัณฑ์ สีแปลกใหม่ เป็นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ของไทย ไม่มีสารสังเคราะห์ ขณะที่ผู้บริโภคร้อยละ 16.70 จะไม่ซื้อ โดยให้เหตุผลที่ว่าสีและกลิ่นอ่อนไป อยากให้สีและกลิ่นเข้มข้น สีไม่เหมือนไอศกรีมถั่วดำ สีเหมือนโอวัลติน

## สรุป

การพัฒนาการผลิตผงสีจากเมล็ดถั่วดำและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารผลสรุปได้ดังนี้

1. ผลสำรวจพฤติกรรมและความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้ใช้สารสีผสมอาหาร ได้แก่ ร้านค้าทั่วไป โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร บริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล พบว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่ใช้สีสังเคราะห์เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร รองลงมา เป็นสีธรรมชาติ และสีอนินทรีย์ สารสีที่มีการใช้ หรือผลิต หรือนำเข้า ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของผงละเอียดใช้โดยละลายน้ำ หรือผสมกับส่วนผสมที่เป็นผง (dry mixed) ในช่วงการเตรียมส่วนผสม ซึ่งประเภทอาหารที่มีการใช้สารสีผสมอาหารมากที่สุด คือ อาหารที่เป็นกรดต่ำ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์ขนมปัง ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นต้น และผู้ใช้ส่วนใหญ่เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในระดับปานกลางถึงสูงที่จะมีการใช้สีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์ในระดับอุตสาหกรรม เพราะการใช้สีธรรมชาติทำให้มีความปลอดภัยในการบริโภค และเป็นการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สีธรรมชาติให้อยู่ในระดับสินค้าที่มีคุณภาพสูง และให้ความสนใจที่จะซื้อหากมีการผลิตสีธรรมชาติจากเมล็ดถั่วดำที่ผลิตในรูปแบบผงละเอียด

2. ในการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพที่เหมาะสมในการผลิตผงสีธรรมชาติได้ข้อสรุป ควรพิจารณาถึง คุณภาพวัตถุดิบ, วัตถุดิบสามารถหาซื้อได้ง่ายในปริมาณที่มากเพียงพอที่นำไปผลิตผงสีได้ และต้นทุนในการผลิต ดังนั้นเมล็ดถั่วดำตราไรท์พี เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิต

3. ความเป็นกรด-ด่าง มีอิทธิพลต่อปริมาณแอนโทไซยานินและค่าสีของสารสี เมื่อความเป็นกรด-ด่างลดลง (ค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.5-4.5) ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมล็ดถั่วดำที่ได้จากการสกัดมีการเสียดสีสภาพโดยเปลี่ยนสีจากดำปนน้ำตาลเป็นสีม่วงแดง-แดง จากการวิจัยนี้การสกัดด้วยน้ำกลั่น สารสีที่ได้มีสีน้ำตาล และเมล็ดถั่วที่ได้จากการสกัดมีสีดำปนน้ำตาล ซึ่งเป็นสีธรรมชาติของถั่วดำ ดังนั้นความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลางเป็นสภาวะเหมาะสมในการสกัดแอนโทไซยานินโดยไม่ทำให้เมล็ดถั่วดำเสียดสีสภาพ

4. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเมล็ดถั่วดำ คือ อัตราส่วนของเมล็ดถั่วดำต่อน้ำที่ใช้ คือ 1:4 และสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที สารสีที่สกัดได้จากเมล็ดถั่วดำให้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานิน มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.58 และ 32.20 มิลลิกรัม / น้ำหนักเมล็ดถั่วดำแห้ง 100 กรัม และค่าสี L\*, C\* เท่ากับ 6.07, 20.69 และ h เท่ากับ 29.63 องศา ตามลำดับ

5. สภาวะที่เหมาะสมในการทำในการทำเข้มข้นสารสี คือ ระเหยแบบระบบเปิด โดยการระเหยด้วยน้ำเดือดโดยใช้หม้อเสตนเลสอังในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ระดับ  $87 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที จนปริมาณของแข็งที่ละลายได้สุดท้ายเท่ากับ 5 องศา บริกซ์ จากนั้นผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยสภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า 135 – 145 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของลมร้อนขาออก 90 – 100 องศาเซลเซียส

6. คุณภาพผงสีที่ผลิตได้มีสีน้ำตาลอมส้ม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.01 โปรตีนร้อยละ 8.16 ไขมันร้อยละ 0.47 เถ้าร้อยละ 6.09 โยอาหาร น้อยกว่าร้อยละ 0.1 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 81.3 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.270 ปริมาณแอนโทไซยานิน 3.09 มิลลิกรัม / ผงสี (กรัม) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.69 ความเป็นกรดร้อยละ 0.08 ค่าการดูดความชื้น 0.52 กรัม ค่าความหนาแน่น 0.62 กรัม / มิลลิลิตร การละลายร้อยละ 93.50 ค่าสี L\*, C\* และ h เท่ากับ 53.55, 19.96 และ 51.20 องศา จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด  $4.33 \times 10^1$  CFU ต่อกรัม (ค่าโดยประมาณ) โคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN ต่อกรัม จำนวนยีสต์ รา และ *Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 10 CFU ต่อกรัม (ค่าโดยประมาณ)

7. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งเมล็ดถั่วดำที่เหลือจากสกัดสารสี ด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดคือ การทำแห้งที่อุณหภูมิลมร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งมีคุณภาพเมล็ดถั่วดำที่ดีคิดเป็นร้อยละ 56.89 ความชื้นร้อยละ 10.46 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.433 และค่าสี L\*, C\* และ h เท่ากับ 15.39, 0.97 และ 27.81 องศา ตามลำดับ

8. การศึกษาสมบัติด้านความคงตัวของ สารละลายจากผงสีที่ผลิตได้ พบว่า ความคงตัวของแอนโทไซยานินมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจาก 3.0 ถึง 7.0 และที่ค่าความเป็นกรด-ด่างช่วง 3.0–4.0 สารละลายมีร้อยละการละลายต่ำ โดยสารละลายจะมีตะกอนของผงสีแขวนลอยอยู่ ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.0-7.0 มีร้อยละการละลายสูง สารละลายสีที่ได้ไม่เกิดการแขวนลอยและไม่พบตะกอนของผงสี สารละลายสีที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีความคงตัวสูงที่สุด และมีความคงตัวต่อความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ได้ดีกว่าระดับสเตอริไรซ์

9. การศึกษาคุณสมบัติ และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด พบว่าผงสีจากเมล็ด ถั่วดำที่เติมลงในเต้าฮวยนมสดทำให้เต้าฮวยนมสดที่ได้มีสีน้ำตาล โดยผู้บริโภครู้สึกว่า ความชอบด้านสี กลิ่นถั่วดำ ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์ และความชอบรวม ระดับชอบปาน กลางถึงชอบมาก(6.46-7.38)โดยทุกคุณลักษณะผู้บริโภครู้สึกว่าการยอมรับร้อยละ 94 และผงสีจากถั่ว ดำที่เติมลงในไอศกรีมทำให้ไอศกรีมที่ได้มีสีน้ำตาลอมส้ม ผู้บริโภครู้สึกว่า ความชอบด้าน สี กลิ่นถั่วดำ ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์ และความชอบรวม ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก (6.12-7.24) โดยทุกคุณลักษณะผู้บริโภครู้สึกว่าการยอมรับ

10. การศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ผงสีในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยให้ตัวอย่างผงสีและ แบบสอบถามแก่ผู้เข้าร่วมแนะนำวิธีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่า ผู้ใช้มีความพอใจใน คุณภาพระดับปานกลาง และมีความสะดวกมากในการใช้ผงสี โดยที่หลังจากทดลองใช้ผงสีเป็น ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำ พบว่า ไอศกรีมจะมีกลิ่นและรสชาติของถั่วดำอ่อนๆ ลักษณะ ของสีจากผงสีทำให้สีของไอศกรีมมีความสม่ำเสมอ โดยผู้ใช้ให้การยอมรับสีของผลิตภัณฑ์อาหาร และสนใจที่จะซื้อผงสีจากเมล็ดถั่วดำ และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมถั่วดำของโรงงาน และ ไอศกรีมที่ใช้ผงสีจากเมล็ดถั่วดำ โดยไม่ใส่เมล็ดถั่วดำ เพื่อให้ผู้บริโภครู้สึกเห็นสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ได้ชัดเจน มาทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 87.50 ยอมรับผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมถั่วดำสูตร โรงงานและผู้บริโภคร้อยละ 86.70 ยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่เติมผงสีจาก ถั่วดำ

## ข้อเสนอแนะ

1. ในกระบวนการสกัดแอนโทไซยานิน สามารถสกัดที่สภาวะเป็นกรดได้ เนื่องจากจะทำให้ได้ปริมาณแอนโทไซยานินสูง
2. ในกระบวนการทำสารสีให้เข้มข้น หากใช้กระบวนการทำสารละลายให้เข้มข้นแทนการใช้ความร้อน ด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้เมมเบรน (membrane) อาจทำให้ได้สารละลายสีที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น มีการทำลายเม็ดสีน้อยลง
3. ในการทำแห้ง ควรมีการพัฒนาการใช้กระบวนการอื่น ๆ เช่น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) อาจทำให้สีมีคุณภาพดีขึ้น
4. การพัฒนาด้านความคงตัวของสีธรรมชาติ ที่ไม่ทนต่อแสง อากาศ และมีการซีดจางของสีเพิ่มขึ้นอาจมีศึกษาการประยุกต์ใช้ เทคนิคไมโครเอนแคปซูลชัน (microencapsulation) เพื่อช่วยในเรื่องความคงตัวของสีธรรมชาติ
5. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บของผงสี และศึกษาคุณสมบัติด้านความคงตัวและการเปลี่ยนแปลงของผงสีที่เก็บรักษา
6. ในการตรวจเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ก่อโรค (pathogenic bacteria) ควรมีการศึกษาการตรวจให้มากกว่านี้ รวมทั้งควรมีการตรวจหาปริมาณ อะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ในผงสีด้วย
7. เมื่อกำหนดถึงราคาผงสีแอนโทไซยานินที่ขายในท้องตลาด ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินร้อยละ 5 ในกระบวนการทำสารสีให้เข้มข้นจึงควรระเหยน้ำออกไม่น้อยกว่า 20 เท่าของสารละลายสีเริ่มต้น เพื่อให้มีปริมาณแอนโทไซยานินในผงสีสุดท้ายมากกว่าร้อยละ 5