



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

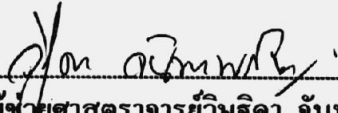
ภาควิชา

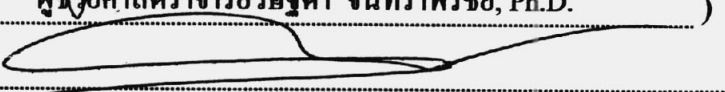
เรื่อง การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

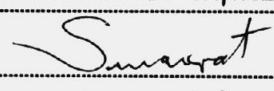
Development of the Colorant Powder Production from Carrot and Its Applications
in Food Industry

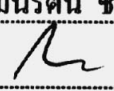
นามผู้วิจัย นางสาวกิตติมา เหมวงษา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

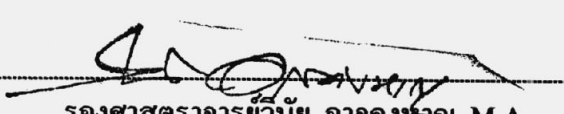
ประธานกรรมการ ()
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชิตา จันทราพรชัย, Ph.D.)

กรรมการ ()
(รองศาสตราจารย์รัช หฤทัยธนาสันต์, M.Sc.)

กรรมการ ()
(อาจารย์สุนรัตน์ ชื่นพติ, บธ. ม.)

หัวหน้าภาควิชา ()
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพศาล วุฒิจำนงค์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

()
(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 8 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

Development of the Colorant Powder Production from Carrot and Its
Applications in Food Industry

โดย

นางสาวกิติมา เหมวงษา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1624-4

กิตติมา เหมวงษา 2549: การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
วิชฐิตา จันทราพรชัย, Ph.D. 168 หน้า
ISBN 974-16-1624-4

การสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบพบว่า สีต้นของ
ผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค และเห็นควรให้มีการใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติ
เนื่องจากความปลอดภัยของสี การสำรวจพฤติกรรมการใช้สารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารของร้านค้า
โรงงานอุตสาหกรรม บริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร พบว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้สาร
สีธรรมชาติ คือ ความปลอดภัยในการบริโภค และส่วนใหญ่เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในระดับปานกลางถึงสูง
หากมีการใช้สารสีธรรมชาติทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ในระดับอุตสาหกรรม และผู้ใช้สารสีธรรมชาติส่วน
ใหญ่ให้ความสนใจที่จะซื้อหากมีการผลิตผงสีธรรมชาติจากแครอทขึ้น จากการศึกษาการสกัดสีจากแครอทด้วย
เอนไซม์ พบว่า ควรใช้แครอทนำเข้าพันธุ์แซนทีนจากประเทศจีน ซึ่งมีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 5.34
มิลลิกรัม / กรัม ขั้นตอนในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ นำแครอทมาล้าง, ปอกเปลือก, หั่นเป็นชิ้น
สี่เหลี่ยมขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร, แช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2
เป็นเวลา 15 นาที ลวกด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 12 นาที จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด ปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้
ได้ 2.5 ด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 บ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สกัดสารสีจากแครอท
โดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายเอนไซม์ (เอนไซม์เพกทินเนสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.4) เท่ากับ 1: 10
(น้ำหนักต่อปริมาตร) และสกัดที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 45 นาที นำมาเติมมอลโทเดกซ์ทริน D.E. 10 ปริมาณ
ร้อยละ 10 ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 12.48 ก่อนนำไปพ่นแห้ง โดยใช้
อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า 135-145 °C และอุณหภูมิของลมร้อนขาออก 90-100 °C ผงสีที่ผลิตได้มีสีเหลือง
อ่อน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.89, ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.27, ปริมาณบีตาแคโรทีน 2.01 มิลลิกรัม / กรัม, ค่า
ความเป็นกรด-เบส 6.34, ความเป็นกรดร้อยละ 0.18, การดูดความชื้น 0.82 กรัม, การละลาย 0.24 กรัมต่อ 10
มิลลิลิตร, ความหนาแน่น 0.64 กรัมต่อมิลลิลิตร, ค่าสี L*, C* และ h เท่ากับ 83.26, 23.20 และ 73.58 องศา
ตามลำดับ การศึกษาความคงตัวของผงสีในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า สามารถรักษาคุณภาพโดยรวมของผงสี
ธรรมชาติจากแครอทได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 °C และในการใช้ผงสีในน้ำสลัด และโยเกิร์ต
ในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก พบว่า ผู้ใช้ให้การยอมรับ และให้ความสนใจซื้อ โดยที่ผลิตภัณฑ์
อาหารที่เติมผงสีเพื่อทดสอบแต่ละประเภทยังคงคุณภาพเดิม


ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

1 ' พค. ' 49

Kitima Hemwongsa 2006: Development of the Colorant Powder Production from Carrot and Its Applications in Food Industry. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Assistant Professor Withida Chantrapornchai, Ph.D. 168 pages. ISBN 974-16-1624-4

A survey of consumer behavior on colored foods revealed that food colors had an influence on consumer's buying decision and consumers supported the use of natural colorants due to its safety. From the survey of natural colorant usage behavior of store, industrial users, colorant manufacturers, colorant importers and colorant distributors; benefit of using natural colorants was consuming safety. Most of them believed that there is moderate to high possibility in substitution of synthetic colorants by natural colorants in industrial usage. If natural colorants from carrot is produced, most natural colorants users will be interested in buying them. A study of colorant extraction from carrot using enzyme found that the suitable carrot was Chantenay carrot, which was imported from China and had β -carotene 5.34 mg/g. The procedure of colorant extraction using enzyme consists of washing, peeling, dicing into $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ cm}^3$, soaking in 0.2 % (w/v) Na_2SO_3 solution for 15 minutes, steam blanching for 12 minutes, grinding, adjusting pH to 2.5 using 50 % citric acid, and incubating at 35°C for 1 hour. Colorant from carrot was extracted using a ratio of carrot per enzyme solution (0.4 % pectinase) of 1: 10 (w / v) at 45°C for 45 minutes. Then, 10% maltodextrin D.E.10 was added to bring total soluble solid up to 12.48 % before spray drying at inlet air temperature of $135\text{-}145^\circ\text{C}$ and outlet air temperature of $90\text{-}100^\circ\text{C}$. The colorant powder had light yellow color, 3.89 % moisture content, a_w of 0.27, betacarotene quantity were 2.01 mg/g, pH 6.34, 0.18 % acidity, moisture absorbtion was 0.82 g, solubility was 0.24 g/10 ml, bulk density was 0.64 g/ml and color values L^*, C^*, h were 83.26, 23.20 and 73.58 degree respectively. Stability test in aluminum foil bag found that overall quality of natural color powder from carrot could be preserved for at least 12 weeks at 25°C . Applications of colorant powder in salad dressing and yogert (5%w/w) showed that users accepted and were interested in buying them and the quality of colored products was retained.

Kitima Hemwongsa.

Student's signature

Withida Chantrapornchai.

Thesis Advisor's signature

1 / May / 2006

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จลงด้วยดีข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตา จันทราพรชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันต์ กรรมการวิชาเอก และอาจารย์สุนทรรัตน์ ชื่นพุฒิ กรรมการวิชาการ ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์อรอนงค์ นัยวิกุล ผู้แทนบัณฑิตที่กรุณาตรวจแก้ไข และให้คำปรึกษาแนะนำเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันต์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องเครื่องฟั่นแห้งในการทำผงสีจากแครอต ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา และบริษัทเฟียวฟู๊ดส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม และเจ้าหน้าที่ดีกอุตสาหกรรมเกษตร 3 ชั้น 7 ช่วยอำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งขอขอบพระคุณมารดา พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และกำลังใจสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จอย่างสมบูรณ์

กิติมา เหมวงษา

เมษายน 2549

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
สัสมอาหาร	4
แครอต	12
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์	51
สรุป	106
ข้อเสนอแนะ	108
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	110
ภาคผนวก	117
ภาคผนวก ก ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522)	118
ภาคผนวก ข แบบสอบถาม	135
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ค่าคุณภาพ	146
ภาคผนวก ง การคำนวณต้นทุนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติ	
จากแครอต	149
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	151

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกา	6
2	สีธรรมชาติที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกา	8
3	มาตรฐานของแคโรต	16
4	คุณค่าทางโภชนาการของแคโรตในส่วนที่กินได้ 100 กรัม	17
5	ปริมาณแคโรทีนชนิดต่างๆในแคโรต	18
6	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวทำลาย และค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบีตาแคโรทีน	26
7	ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการสกัดสีจากแคโรตด้วยเอนไซม์	41
8	แผนผังการทดลองแบบแฟล็กเกจแอนด์เบอแมนสำหรับการสกัดสีด้วยเอนไซม์	42
9	ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการสำรวจผู้บริโภคทั่วไป ร้านค้าทั่วไป, โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร	52
10	พฤติกรรมผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบ	54
11	ความสำคัญของปัจจัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสังเคราะห์	56
12	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับปัจจัยความต้องการของผู้บริโภค	57
13	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอายุกับปัจจัยการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	57
14	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการศึกษา กับปัจจัยการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีสีสัง	58
15	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอาชีพกับปัจจัยการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	58
16	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอายุกับปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	59
17	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพศกับปัจจัยประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	59
18	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพศกับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	60
19	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอายุกับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	60
20	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยรายได้กับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	61
21	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอาชีพกับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
22	พฤติกรรมและความคิดเห็นต่อการใช้สารสีผสมอาหารของผู้เกี่ยวข้อง และบริษัทผู้ผลิต หรือผู้นำเข้า หรือผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร ในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล 62
23	บริษัทผู้ผลิต- ผู้นำเข้า ที่มีการจำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล 65
24	สีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร 74
25	การเปรียบเทียบขององค์ประกอบทางเคมีและราคาของแคโรทีนในป่นประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน) 76
26	ผลของปัจจัยในการลวกแคโรทีนด้วยน้ำร้อนต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีน 78
27	ผลของปัจจัยในการลวกแคโรทีนด้วยน้ำร้อนและไอน้ำต่อปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h 79
28	ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการสกัดสีจากแคโรทีนด้วยเอนไซม์เพื่อคัดเลือก ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีในแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล แอนด์เบอแมน 81
29	ผลการคัดเลือกปัจจัยในแผนการทดลองแฟกทอเรียลแอนด์เบอแมนต่อ ปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h 82
30	ผลของระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินเอสต่อ ค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตในการสกัดสีจากแคโรทีนด้วยเอนไซม์ 84
31	ผลของระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินเอสต่อ ค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีนในการสกัดสีจากแคโรทีนด้วยเอนไซม์ 84
32	ผลของระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินเอสต่อ ปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแคโรทีนด้วยเอนไซม์ 85
33	ผลของระดับความเป็นกรด-เบสต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแคโรทีนด้วยเอนไซม์ 87
34	ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินเอสต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแคโรทีนด้วยเอนไซม์ 88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
35 ผลของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิต ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	89
36 ผลของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณเบต้าแคโรทีน ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	89
37 ผลของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณเบต้าแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	90
38 ผลของอัตราส่วนของแครอทต่อน้ำต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณเบต้าแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	92
39 ลักษณะคุณภาพของผงสีธรรมชาติจากแครอทที่ผ่านการพ่นแห้ง ในระดับนําร่อง	96
40 ค่าเฉลี่ยของค่า a_w , ปริมาณบีตาแคโรทีน, ค่าการละลายและค่าการดูดความชื้น ของผงสีธรรมชาติจากแครอทที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์	98
41 ค่าเฉลี่ยของค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และ ΔE^* ของผงสีธรรมชาติจากแครอท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์	99
42 ผลการศึกษาความคงตัวของระดับความเป็นกรดต่างและกระบวน การพาสเจอไลส์ และสเตอริไลส์ต่อค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และปริมาณบีตาแคโรทีน	101
 ตารางผนวกที่	
จ1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการการเปรียบเทียบของ องค์ประกอบทางเคมีและราคาของแครอทในประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน)	152
จ2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปัจจัยในการลวกแครอทด้วย น้ำร้อนต่อปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h	154
จ3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปัจจัยในการลวกแครอทด้วย ไอน้ำต่อปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h	156

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
จ4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการคัดเลือกปัจจัยในแผนการทดลอง แฟลคเกจแอนด์เบอแมนต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณปีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	158
จ5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับความเป็นกรด-เบส และ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินเนสต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณปีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	161
จ6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อ ปริมาณผลผลิต, ปริมาณปีตาแคโรทีนและค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์	163
จ7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของอัตราส่วนต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณปีตาแคโรทีนและค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอท ด้วยเอนไซม์	166
จ8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าการดูดความชื้น, ค่าการละลาย, ปริมาณปีตาแคโรทีน, ค่า a_w ของผงสีธรรมชาติจากแครอทที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์	168

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แคโรตตัดตามขวางและตามยาว	13
2	ลักษณะแคโรตพันธุ์ต่างๆ	14
3	การเปลี่ยนบีตาแคโรทีนเป็นวิตามินเอ	19
4	โครงสร้างและการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่างๆของบีตาแคโรทีนไอโซเมอร์	22
5	การเปลี่ยนแปลงรูปของบีตาแคโรทีนเนื่องจากความร้อน แสงและรังสี	26
6	ปฏิกิริยาการเกิด Eposide isomerism	27
7	วิธีการสกัดสีจากแคโรตด้วยเอนไซม์	43
8	แคโรตนำเข้าจากประเทศจีนพันธุ์แซนทีเนที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น	77
9	เครื่องฟั่นแห้ง ออกแบบโดยนายบุญชัย หุทัยธนาสันต์ ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	94
10	ผงสีจากแคโรต	95
11	น้ำสกัดที่ไม่เติม (ซ้าย) และเติมผงสีจากแคโรต (ขวา)	103
12	โยเกิร์ตที่ไม่เติม (ล่าง) และเติมผงสีจากแคโรต (บน)	104

การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

Development of the Colorant Powder Production from Carrot and Its Applications in Food Industry

คำนำ

การใช้สีผสมอาหารเพื่อแต่งสีของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากทำให้อาหารมีสีน่ารับประทาน เป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีผลต่อจิตใจและอารมณ์ในด้านความอยากรับประทานอาหาร (appetite) มีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเป็นอันดับแรก และมีความสำคัญต่อผู้ผลิตในด้านการตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพ (เนื้อทอง และสายสนม, 2523) ในอาหารสดจากธรรมชาติ สีจะบอกถึงความแก่อ่อน และคุณลักษณะประจำพันธุ์ของอาหารนั้นๆ แต่สำหรับอาหารที่แปรรูปแล้วสีจะบอกถึงคุณภาพ เช่น สีของซอสมะเขือเทศ สีของซอสพริก สีของเนย โดยทั่วไปผู้ผลิตต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีสีสม่ำเสมอ จึงต้องเติมสีผสมอาหารเพื่อปรับสีผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปในระหว่างการผลิต สีที่ผู้ผลิตส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นสีสังเคราะห์ (synthetic colors) ซึ่งผลิตโดยการสังเคราะห์ทางเคมี ในแต่ละปีประเทศไทยนำเข้าสีผสมอาหารจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากในปี 2548 การนำเข้าสีสังเคราะห์มีมูลค่าถึง 1.00 พันล้านบาท, สีธรรมชาติมีมูลค่า 103.94 ล้านบาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (กรมศุลกากร, 2548) ซึ่งในการบริโภคสีผสมอาหารประเภทสีสังเคราะห์นั้นหากใช้ปริมาณมากเกินไป อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร กระเพาะปัสสาวะ ฯลฯ นอกจากนี้อาจมีอันตรายจากสารปนเปื้อนโลหะหนัก เช่น โครเมียม ตะกั่ว สารหนู จึงมีการประกาศกำหนดให้สีผสมอาหารเป็นอาหารเฉพาะ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2522) สีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ได้แก่ สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ สีอนินทรีย์ และสีจากธรรมชาติ ซึ่งสีธรรมชาติเป็นสารสีที่พบตามธรรมชาติในพืชและสัตว์ทั่วไป มีความปลอดภัยมากกว่าสีสังเคราะห์ ไม่ก่อกร่อนภาชนะบรรจุ และสารสีธรรมชาติบางชนิดยังมีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น สารแคโรทีนอยด์ในแครอทสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้โดยกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย อย่างไรก็ตามสีธรรมชาตินั้นมักจะไม่คงตัว ไวต่อการเปลี่ยนแปลง และมีราคาแพง เพราะต้องใช้วัตถุดิบจำนวนมากในการสกัดสีเพื่อให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ ในปัจจุบันประเทศต่างๆ และองค์กรระหว่างประเทศมีการออกกฎหมายควบคุมการใช้สีผสมอาหาร และหันมาสนใจการใช้สีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์กันมากขึ้น (Weissler, 1975)

สีจากแครอท (carrot) เป็นสีธรรมชาติที่ให้สีเหลือง สีส้ม จนถึงสีแดง ซึ่งเป็นรงควัตถุ แครอทินอยด์ ประเภทแครอทิน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของแครอท มีการนำมาใช้แต่โบราณอย่างปลอดภัย ตลอดจนเป็นพืชที่ปลูกได้ดีในประเทศไทย จากการสำรวจสถิติการปลูกพืช และการเก็บเกี่ยวของ กรมส่งเสริมการเกษตร ตั้งแต่เดือนธันวาคมในปี 2547 ถึงเดือนธันวาคมในปี 2548 พบว่า แครอทมีเนื้อที่ปลูกใหม่ถึง 2,468 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ยต่อพืชที่เก็บเกี่ยวได้ถึง 6,235 กิโลกรัม / ไร่ และมีปริมาณผลผลิตถึง 6,988 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวงเป็นสำคัญและจากการสำรวจสถิติการนำเข้าแครอทจากต่างประเทศในปี 2548 ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม พบว่า มีมูลค่าถึง 1.49 พันล้านบาท (กรมศุลกากร, 2548) จะเห็นได้ว่าแครอทเป็นวัตถุดิบที่มีมากในประเทศ สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบเบื้องต้นในการผลิตสีผสมอาหารจากธรรมชาติได้ นอกจากนี้แครอทยังเป็นแหล่งบีตาแคโรทีนที่สำคัญพบมากในผัก และผลไม้ที่มีสีเหลือง และสีส้ม เช่น ฟักทอง มะม่วง มะละกอ แต่ในแครอทมีมากถึงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับผัก และผลไม้อื่นๆ และมีหน้าที่หลักเป็นสารตั้งต้นวิตามินเอเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระ หรือเรียกว่าสารแอนติออกซิแดนต์ (antioxidant) สามารถลดการเกิดซิงเกิลต ออกซิเจน (singlet oxygen) ซึ่งเป็นสารที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคร้าย เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคต่อกระดูก บีตาแคโรทีนยังช่วยป้องกันการทำลายเซลล์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยจะเข้าร่วมตัวกับเพอร์ออกซี เรดิคัล (peroxy radicals) สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันในเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ (Gross, 1991) ในปัจจุบันไม่มีการกำหนดความต้องการประจำวันของบีตาแคโรทีน มีเพียงคำแนะนำของสำนักงานอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาเสนอให้บริโภคบีตาแคโรทีนวันละ 5.2 มิลลิกรัม การได้รับบีตาแคโรทีนมาก จะไม่ทำให้เกิดพิษเหมือนวิตามินเอ จึงจัดให้บีตาแคโรทีนเป็นกลุ่มสีที่ปลอดภัยในการบริโภค (พงศธร และเอมอร, 2536)

ดังนั้นงานวิจัย การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอท และการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นการศึกษาแนวทางผลิตสีผสมอาหารจากแครอท เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภค และเพิ่มมูลค่าให้แก่แครอท ช่วยลดการนำเข้าสีผสมอาหารจากต่างประเทศ ซึ่งในปัจจุบันสีบีตาแคโรทีน และสีสังเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นสีผสมอาหารที่นำเข้าจากต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ผงสีที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางทั้งในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบทางธรรมชาติ และสร้างรายได้ให้แก่ประเทศได้มากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจพฤติกรรม และความต้องการใช้สารสีธรรมชาติจากแคโรตในอุตสาหกรรมอาหาร
2. เพื่อศึกษาแนวทางในการผลิตสีผสมอาหารจากแคโรต
3. เพื่อศึกษาความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาของผงสีจากแคโรตที่ผลิตได้
4. เพื่อศึกษาความคงตัว และคุณสมบัติการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

การตรวจเอกสาร

สีผสมอาหาร

1. ความสำคัญของสีผสมอาหาร

สีผสมอาหาร จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่ง สุทธิ (2544) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของสีผสมอาหาร ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการใช้ดังต่อไปนี้

1.1 เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีสีเพื่อให้มีสีเป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค เช่น เครื่องดื่มหรือเครื่องดื่มผง ลูกกวาด ไอศกรีม แยม เยลลี่ เป็นต้น

1.2 เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งอาจสูญเสีย หรือ เปลี่ยนไปในระหว่างกระบวนการผลิตหรือ การเก็บรักษา เช่น การใช้สีผสมอาหารแต่งสีของเบียร์ วิสกี้ น้ำเชื่อม และอาหารอบ เป็นต้น

1.3 เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีธรรมชาติแปรเปลี่ยนตามฤดูกาล และสภาพภูมิอากาศ เช่น การใช้สีผสมอาหารซึ่งปกติมักมีสีแตกต่างกันมากขึ้นกับฤดูกาล โดยนมวัวในฤดูร้อนมักมีสีเหลืองเข้มกว่า นมวัวในฤดูหนาว เนื่องจากปริมาณบีตาแคโรทีนในหญ้าที่วัวบริโภคในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาว

การใช้สีผสมอาหาร เพื่อแต่งสีอาหารให้น่ารับประทาน มีทำกันมาแต่โบราณ โดยในสมัยแรกนิยมใช้สีจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว จนปี ค.ศ. 1865 Sir William Henry Perkin ได้สังเคราะห์สีอินทรีย์ขึ้นเป็นครั้งแรก คือ สีม่วงแดง (Bentry, 1960) หลังจากนั้นสีสังเคราะห์มีการเพิ่มบทบาทมากขึ้น และเริ่มใช้กันแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1900 พบว่ามีการใช้สีชนิดต่างๆถึง 80 ชนิด การใช้เป็นไปอย่างเสรีเพราะระบายนั้นยังไม่มีมาตรการ หรือกฎหมายใดๆควบคุมเกี่ยวกับคุณสมบัติ และความบริสุทธิ์ของสี ด้วยเหตุนี้จึงพบว่า สีชนิดเดียวกันนั้นอาจพบได้ทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารพวกลูกกวาด และในสีย้อมผ้า จึงทำให้นักวิชาการ และผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องนี้ ในปี ค.ศ. 1906 จึงเริ่มมีกฎหมายที่เรียกว่า Food and Drug Act เป็นมาตรการในการใช้สีสังเคราะห์ในอาหารเกิดขึ้น (Bauernfeind, 1981)

ในปี ค.ศ. 1938 ได้มีการบัญญัติกฎหมายขึ้นมาอีกฉบับหนึ่งซึ่งเรียกว่า Food Drug and Cosmetic โดยให้อำนาจแก่คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration : FDA) ซึ่งมีกฎข้อบังคับเกี่ยวกับการใช้สีสังเคราะห์ รวมไปถึงสีที่ใช้กับยาและเครื่องสำอาง และได้มีการกำหนดการเรียกชื่อสีสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ไม่ให้ใช้ชื่อทั่วไปดังที่เคยใช้แต่ให้บ่งถึงลักษณะสี และใช้เลขที่ประกอบ ซึ่งระบบที่อนุญาตให้เรียกได้มีอยู่ 3 แบบ (Weissler, 1975) คือ

FD & C Color เป็นสีที่ได้รับการรับรองให้ใช้ได้ ในอาหาร, ยา และ เครื่องสำอาง

D & C Color เป็นสี หรือรงควัตถุที่อนุญาตให้ใช้ในยา และเครื่องสำอาง

External D & C Color เป็นสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่รับประทาน ใช้ได้เฉพาะในยา หรือเครื่องสำอางที่ใช้ภายนอกเท่านั้น

ความสนใจเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดจากสีเริ่มต้นในปี 1950 มีสีสังเคราะห์ถึง 3 ชนิด ที่เติมลงในอาหารในปริมาณที่มากเกินไป เป็นผลทำให้เด็กที่รับประทานอาหารดังกล่าวมีอาการท้องเดิน ซึ่งสีดังกล่าว ได้แก่ Orange I (FD & C Orange No. 1), FD & C Yellow No. 4 และ FD & C Red No. 32 ประกอบกับสีดังกล่าวแสดงความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลองด้วย ต่อมาพบว่าสีทั้ง 3 มีคุณสมบัติเป็นยาถ่ายอย่างแรง จึงได้มีการประกาศให้ยกเลิกการใช้สีนั้นกับอาหาร ทำให้ผู้เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงปริมาณสีที่ใช้กับอาหาร ควรมีการกำหนดถึงปริมาณการใช้สีสังเคราะห์ชนิดต่างๆให้เหมาะสม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคด้วย แต่ไม่มีผลก้ำวหน้ามากนักในเรื่องนี้ เนื่องจากแต่ละประเทศมีการยอมรับ และการห้ามใช้สีที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความก้ำวหน้าทางวิชาการ และงานวิจัยของแต่ละประเทศเป็นสำคัญ จึงยากที่จะกำหนดให้แน่นอน แม้ในสหรัฐอเมริกาเองก็มีการเพิกถอนการอนุญาตการใช้สี หากพบการค้นคว้าที่แน่นอนว่ามีพิษ (เนื้อทอง และสายสนม, 2523)

ในเรื่องสีสังเคราะห์ที่ใช้กับอาหารในนานาชาตินั้นจะเห็นได้ว่า มีความพยายามที่จะตั้งชื่อสีให้เป็นระบบเดียวกัน โดยได้มีการกำหนดชื่อสีที่แต่ละประเทศอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายออกมาในรูปของตัวเลข ซึ่งเรียกว่า เลขดัชนีสี (Colour Index Number) ซึ่งผู้กำหนดเลขดังกล่าวคือ European Economic Community (EEC) ตัวอย่างสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกา (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกา

ปีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร	ชื่อสามัญ	ชื่อเฉพาะ (FDA)	เลขดัชนีสี	สถานภาพในปัจจุบัน	การอนุญาตให้ใช้ในอาหารในปัจจุบัน
1907	Erythrosine	FD & C Red No. 3	45430	ใช้ในรายการ	Yes
1907	Indigotine	FD & C Blue No. 2	73015	ใช้ได้ชั่วคราว	Yes
1916	Tartazine	FD & C Yellow No. 5	19140	ใช้ในรายการ	Yes
1927	Fast Green FCF	FD & C Green No. 3	42053	ใช้ได้ชั่วคราว	Yes
1929	Sunset Yellow FCF	FD & C Yellow No. 6	15985	ใช้ได้ชั่วคราว	Yes
1929	Brilliant Blue FCF	FD & C Blue No. 1	42090	ใช้ในรายการ	Yes
1959	Citrus Red No. 2	Citrus Red No. 2	12156	ใช้ในรายการ	Yes
1966	Orange B	Orange B	19235	ใช้ในรายการ	Yes
1971	Allura Red AC	FD & C Red No. 40	16035	ใช้ในรายการ	Yes

ที่มา: ดัดแปลงจาก Henry (1992)

กฎหมายไทยที่ควบคุมการใช้สีสังเคราะห์ได้ใช้ตัวเลขตามที่ได้กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522) และได้กำหนดให้สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพ หรือมาตรฐานการใช้ การผสม และฉลาก (ภาคผนวก ก)

คุณลักษณะของสีผสมอาหารที่ได้มาตรฐาน

- (1) ไม่มีสารที่ทำให้เกิดพิษและตัวสีเองไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายของผู้บริโภค
- (2) มีโครเมียม หรือ แคดเมียม หรือ ปะรอท หรือ ซาเซเนียม ไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
- (3) มีสารหนูไม่เกิน 5 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
- (4) มีตะกั่วไม่เกิน 20 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
- (5) มีโลหะหนักชนิดต่างๆนอกจากตะกั่ว รวมกันไม่เกิน 20 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก

การใช้สัพผสมอาหารให้ใช้ตามปริมาณที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

(ก) อาหารประเภทเครื่องดื่มน้ำ ไอศกรีม ลูกกวาด และขนมหวานที่ใช้สืตาม (ข) ให้ใช้ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม เว้นแต่สืปองโซ 4 อาร์ และสืบริลเลียนด์บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ ให้ใช้ได้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม ต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

(ข) อาหารอื่นที่มีใช้อาหารตาม (ก)

สืปองโซ 4 อาร์ ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สืเอโซรูนิน ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สืเออร์โทรซิน ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สืตาร์ทราซิน ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สืซันเซ็ด เฮ็ลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สืฟาสต์ กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สือินดิโกคาร์มิน หรือ อินดิโกติน ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

สืบริลเลียนด์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหารในลักษณะที่จะใช้บริโภค 1 กิโลกรัม

ส่วนสัพผสมอาหารจากธรรมชาติ มีการยอมรับกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก แต่มีบางประเทศที่ไม่ยอมรับไว้ในรายชื่อสัพผสมอาหารที่อนุญาตให้ใช้ได้ เนื่องจากสัทธิรรมชาติส่วนใหญ่ นอกจากให้สืแล้วยังให้กลิ่นรสด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เครื่องเทศไม่ถูกจัดอยู่ในประเภทสัพผสมอาหาร สำหรับในสหรัฐอเมริกา มีการกำหนดกลุ่มของสัทธิรรมชาติโดยได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สัตว์ธรรมชาติที่อนุญาตให้ใช้ได้สำหรับสหรัฐอเมริกา

สัตว์ธรรมชาติ	หมายเลขดัชนี	โทนีส	ปริมาณ (ปอนด์) ที่ใช้ในปี ค.ศ. 1976	อุตสาหกรรมอาหาร
แคสเสด	75120	เหลือง-พีช	630,000	ผลิตภัณฑ์อบ, เนื้อ, เนยแข็ง, ผัก น้ำผลไม้, เครื่องปรุงรส, อาหาร ว่าง, อาหารเข้าธัญพืช, ไขมัน, น้ำมัน, อาหารหวานประเภทนม เนยแข็งเยือกแข็ง
บีตา-อะโป-8- คารอทีนาล	40820	ส้มอ่อน-แก่	6,100	ผลไม้, น้ำผลไม้, อาหารว่าง, ไขมัน
แคนทาแซนทีน	40850	ชมพู-แดง	64	ซูป, ผัก, น้ำผัก, ไขมัน, น้ำมัน, เนื้อและผลิตภัณฑ์, น้ำเคี้ยวเนื้อ, ชีส, ผลิตภัณฑ์เมล็ด, พาสต้า
ขมิ้น (Turmeric Curcumin)	75300	เหลือง-ส้ม	1,400,000	ผลิตภัณฑ์อบ, ซูป, เกรวีชีส, ผลิตภัณฑ์เนื้อ, น้ำผัก
หญ้าฝรั่น (Saffron)	75100	เหลือง-ส้ม		เครื่องปรุงรส, อาหารทะเล, ผัก ซูป, เครื่องผสมซูป, ผลิตภัณฑ์อบ เนื้อและผลิตภัณฑ์
พริก (Paprika)			7,100,000	เนื้อและผลิตภัณฑ์, เนยแข็ง, ผัก, น้ำผัก, เครื่องปรุงรส, ไขมัน, น้ำมัน
สีสกัดจากแมลงที่มี ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <i>Coccus cacti</i> (Cochineal extrac)			1,600	ไขมันและผลิตภัณฑ์, ผลิตภัณฑ์เมล็ด, พาสต้า, อาหารทะเล, ส่วนผสม ซูป
สีสกัดจากเปลือกกุ้ง (Enocianina)			87,000	เครื่องดื่มแอลกอฮอล์, น้ำผลไม้ เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์
ผงหัวบีต			220,000	ผลิตภัณฑ์อบ, เนื้อ, ผลิตภัณฑ์เนื้อ เฮลาคิน, พุดดิ้ง, คัสตาร์ด, ส่วนผสม ซูป, ไขมัน, น้ำมัน, เครื่องปรุงรส

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สีธรรมชาติ	หมายเลขดัชนีสี	โทนสี	ปริมาณ (ปอนด์) ที่ใช้ในปี ค.ศ. 1976	อุตสาหกรรมอาหาร
(ต่อ)				
น้ำมันแคโรต			10,000	ไขมัน, น้ำมัน, เกรวี่, ซอส, น้ำผลไม้, เครื่องดื่มที่ไม่มี แอลกอฮอล์
คาราเมล		น้ำตาล		ครีมคาราเมล
บีตาแคโรทีน	75130			
		เหลือง-ส้ม		
คลอโรฟิลล์	75810	เขียว		ลูกกวาดน้ำตาลสมะนาว, ไอศกรีม, ซอสปรุงรส
Ratanjot	75520 / 75530	แดงม่วง		
ไรโบเฟลวิน		เหลือง		

ที่มา: คัดแปลงจาก Khanna *et al.* (1980)

2. ประเภทของสีผสมอาหาร

สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522) ซึ่งได้แบ่งสีผสมอาหารเป็น 3 ประเภท คือ

2.1 สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ (certified color หรือ synthetic colorant) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สีสังเคราะห์ที่ละลายน้ำได้ดี แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (dyes) จึงเหมาะที่จะใช้กับอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ และสีสังเคราะห์ที่ละลายได้ในน้ำมัน (lakes) จึงเหมาะกับอาหารประเภทน้ำมันและไขมัน ส่วนสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์ (ponceau 4 R), คาร์โมอิซิน หรือ เอโซรูบิน (carmosine or azorubine), เออร์โทรซิน (erythrosine) จัดอยู่ในกลุ่มของสีแดง ส่วนตาร์ตราซีน (tartasine), ซันเซต เยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (sunset yellow FCF), ไรโบฟลาวิน (riboflavin) จัดอยู่ในกลุ่มของสีเหลือง ส่วนฟาสต์ กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (fast green FCF) จัดอยู่ในกลุ่มของสีเขียว ส่วนอินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกติน (indigocarmine or indigotine), และบริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (brilliant blue FCF) จัดอยู่ในกลุ่มของสีน้ำเงิน

2.2 สีอินทรีย์ ได้แก่ ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช (vegetable charcoal) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide)

2.3 สีที่ได้จากธรรมชาติ (uncertified color or natural pigment) หมายถึง สีที่ได้จากการสกัดวัตถุดิบธรรมชาติ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ สีธรรมชาติ สีที่สกัดจากพืช ผัก ผลไม้ และสัตว์ และสารสีที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ บีตาแคโรทีน, บีตา-อะโป-8-แคโรทีนาล เป็นต้น

3. สารสีธรรมชาติ

สารสีธรรมชาติเป็นสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติในพืช และสัตว์ อาจแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของรงควัตถุ (pigment) ได้เป็น 4 กลุ่ม (เนื้อทอง และสายสนม, 2523) คือ

3.1 กลุ่มอนุพันธ์ของเตตราไพโรล (tetrapyrrole derivative) ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และฮีม (heme) คลอโรฟิลล์พบในพืชสีเขียวทั่วไป แต่เนื่องจากในโครงสร้างมีแมกนีเซียมเกาะอยู่ด้วยทำให้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก โดยแมกนีเซียมจะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนง่ายมากแม้จะใช้ความร้อนค่อนข้างต่ำ ทำให้สีเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล

3.2 กลุ่มอนุพันธ์ของไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid derivative) ได้แก่ แคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ ซึ่งรวมถึงสารสีที่สังเคราะห์ขึ้นในลักษณะของสารแคโรทีนอยด์ด้วย ได้แก่ บีตาแคโรทีน, บีตา-อะโป-8-แคโรทีนาล และแคนทาแซนทีน ซึ่งผลิตจากสารบีตา-ไฮโอโนน สีประเภทนี้พบตามธรรมชาติทั้งในพืชและสัตว์ ซึ่งจะมีสีเหลืองส้มจนถึงแดง สารแคโรทีนอยด์นี้เท่าที่พบและทราบโครงสร้างแล้วมีมากกว่า 200 ชนิด และถ้ารวมกับสารแคโรทีนอยด์ที่สังเคราะห์ขึ้น และที่นำมาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบางอย่างแล้วมีมากกว่า 400 ชนิด (Emodi, 1978)

3.3 กลุ่มอนุพันธ์ของเบนโซไพแรน (benzopyran derivative) สารสีกลุ่มนี้เรียกว่า แอนโทไซยานิน พบในส่วนต่างๆ ของพืชมีสีแดง น้ำเงินถึงม่วงเข้ม หรือเป็นกลุ่มของแอนโทแซนทินและแทนนิน สีกลุ่มนี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายจึงเป็นปัญหาในการสกัดมาใช้อาหารแม้ว่าพืชบางชนิดจะมีปริมาณสารสีประเภทนี้มากเพียงพอก็ตาม

3.4 สีชนิดอื่น ๆ ได้แก่ สีคาราเมลจากน้ำตาลเคี่ยวใหม่ สีโคชินีลจากแมลง สีจากครั่ง สีจากขมิ้น สีจากดอกคำฝอย เป็นต้น

4. ข้อดี และข้อเสียของสารสีธรรมชาติ

4.1 ข้อดีของสารสีธรรมชาติ (Gardon, 1997) ได้แก่

4.1.1 สีธรรมชาติเป็นสารสีที่พบตามธรรมชาติในพืช และสัตว์ทั่วไป มีความปลอดภัยกว่าสีสังเคราะห์ เช่น สารสีจำพวกแคโรทีนอยด์ ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ทุกชนิด

4.1.2 สารสีธรรมชาติไม่ก่อกร่อนภาชนะบรรจุ ขณะที่สารสีสังเคราะห์บางชนิด เช่น พวกลูโซ มีสมบัติก่อกร่อนกระป๋องได้

4.1.3 สารพวกแคโรทีนอยด์หลายชนิดสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้โดยกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย

4.1.4 สารพวกแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนต์ แก้อาหารใน ขณะที่สารสีสังเคราะห์ทั่วไปมีคุณสมบัติเร่งการเสื่อมออกซิเจน

4.2 ข้อเสียของสารสีธรรมชาติ (Gardon, 1997) ได้แก่

4.2.1 สารสีธรรมชาติโดยมากไม่คงตัว ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของโมเลกุลมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงได้มาก

4.2.2 สารสีธรรมชาติได้มาจากการสกัด ซึ่งอาจมีสารอื่นปะปนมาด้วยโดยเฉพาะสารให้กลิ่นรส ดังนั้นบางครั้งอาจทำให้อาหารมีกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ แต่บางครั้งกลิ่นรสเหล่านี้ก็เป็นที่ต้องการในอาหารบางชนิด

4.2.3 ปริมาณสารสีที่สกัดได้มีปริมาณไม่เพียงพอ หรือต้องใช้วัตถุดิบจำนวนมากในการสกัด ทำให้มีราคาค่อนข้างแพง

แครอท

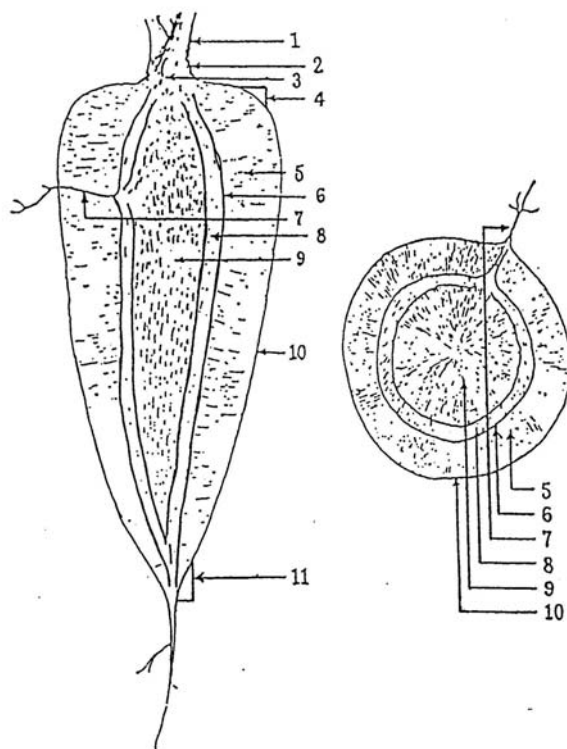
1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แครอท (carrot) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Daucus carotavar sativar* ชื่อไทยว่าหัวผักกาดแดง อยู่ในวงศ์พาสเลย์ หรือ อัมเบลลิเฟอริ เช่นเดียวกับบวบ ผักชี และผักชีฝรั่ง เป็นต้น มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียกลางถึงเอเชียตะวันตกจากนั้นจึงแพร่เข้าไปในกลุ่มประเทศแถบยุโรปและประเทศจีน ในระยะแรกแครอทถูกนำมาใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค ต่อมาช่วงต้นทศวรรษที่ 20 เริ่มมีการนำมาใช้ประกอบอาหาร ส่วนของรากที่นำมาใช้ประกอบอาหารมีเนื้อค่อนข้างแข็ง มีรสหวาน และมีหลายสี ตั้งแต่สีส้ม สีแดง ไปจนถึงสีเหลืองทั้งนี้เนื่องจากมีรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอปริมาณมาก (นพวรรณ และณัฏฐา, 2532)

ลักษณะต้นคล้ายต้นผักชี ลำต้นของแครอทอยู่เหนือพื้นดินเล็กน้อย เป็นลำต้นที่สั้นมากมีใบแตกออกจากรอบๆลำต้น รากมีขนาดใหญ่ รูปร่างแตกต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์ ลักษณะการเจริญของรากแครอท เป็นระบบรากแก้วพองโต เริ่มแรกจะเจริญเติบโตค่อนข้างช้า ต่อมาจะขยายใหญ่ขึ้น เพื่อทำหน้าที่เก็บอาหารสำรอง ความยาวเฉลี่ยอาจยาวถึง 25–30 นิ้ว แล้วแต่สภาพการปลูก ส่วนต่างๆของแครอท (ภาพที่ 1) เมื่อผ่าตามยาวจะพบว่าประกอบด้วยแกนกลาง (core) ซึ่งเป็นส่วนของไซเล็มจะอยู่ชั้นในสุด ถัดออกมาคือเนื้อเยื่อ (cortex) ซึ่งเป็นส่วนของโฟลเอ็มเป็นแหล่งเก็บอาหารสำรองในรูปน้ำตาลประมาณร้อยละ 45–65 ของหัว ส่วนใหญ่จะเป็นสีขาว เหลือง ส้ม แดง ม่วง และดำ ชั้นนอกสุด คือ เพอริเดอร์ม (periderm) จะสร้างรากฝอยขนาดเล็กจำนวนมาก จากเนื้อเยื่อแกนกลางของต้นไม้ เพื่อทำหน้าที่ดูดน้ำ และอาหารเลี้ยงส่วนต่างๆของลำต้น แครอทที่มีคุณภาพดี ส่วนของโฟลเอ็มจะมีมากกว่าส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในสุดของราก (endodermis) และแกนกลาง ความหวานของแครอทเกิดจากคาร์โบไฮเดรตที่สร้างจากส่วนโฟลเอ็ม (Nonnecke, 1992)

อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่แครอทเจริญได้คือ 7.2°C และอุณหภูมิที่สูงที่สุดคือ 23.8°C สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต คือ $15.6\text{--}18.4^{\circ}\text{C}$ ในประเทศไทยแครอทเจริญเติบโตได้ดีในฤดูหนาว คือ ระหว่างเดือนตุลาคม ถึงมีนาคม อายุการเก็บเกี่ยว 85–100 วัน แล้วแต่พันธุ์สามารถปลูกได้ในภาคกลางเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในฤดูร้อนและฤดูฝนจำเป็นต้องปลูกบนที่สูงในภาคเหนือจากระดับน้ำทะเล 800–1,200 เมตร จึงจะได้แครอทที่มี

คุณภาพดี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสามารถปลูกแครอทได้ทุกฤดู แต่ในฤดูร้อน และฤดูหนาวจะ
ได้ผลผลิตต่อไร่สูง ในขณะที่ฤดูฝนอาจจะประสบปัญหาด้านโรคและแมลง ทำให้ผลผลิตต่ำไป
บ้าง (อารมณ, 2535)



- | | | |
|----------------------|--|----------------------------|
| 1. เพติโอล (petiole) | 5. โพลีเอ็ม* (phloem; cortex) (45-60%) | 9. ไซเล็ม* (xylem; core) |
| 2. คอ (neck) | 6. แคมเบียม (cambium) (35-55%) | |
| 3. คอลลาร์ (collar) | 7. รากฝอย (secondary root) | 10. เพอริเดิร์ม (periderm) |
| 4. ไหล่ (shoulder) | 8. เอ็นโดเดอร์มิส (endodermis) | 11. ปลาย (tip) |

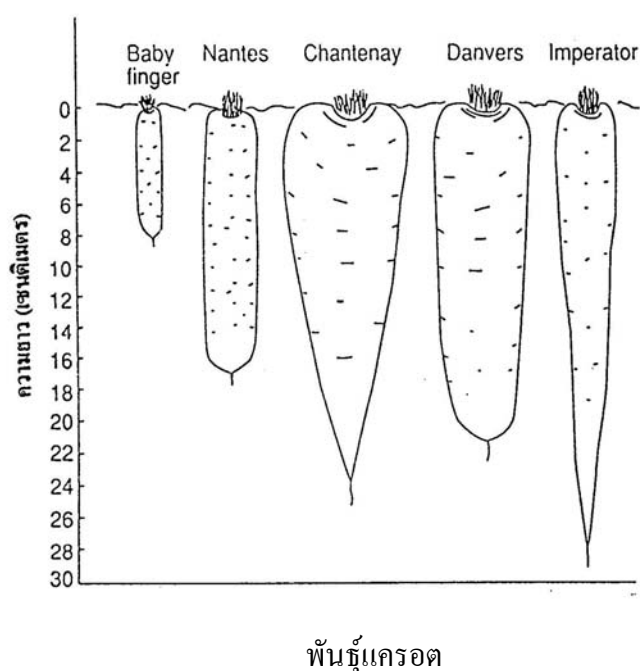
หมายเหตุ *ปริมาณความเข้มของสารสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid pigment)

ภาพที่ 1 ภาพตัดตามขวางและตามยาวของแครอท

ที่มา: คัดแปลงจาก Nonnecke (1992)

2. พันธุ์แครอท

2.1 พันธุ์ต่างๆของแครอท แบ่งออกตามลักษณะเฉพาะได้ 5 กลุ่ม (Macrac *et al.*, 1993)
โดยทั่วไปมักจะอาศัยลักษณะรูปร่าง และขนาดหัว (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะแครอทพันธุ์ต่างๆ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Macrac *et al.* (1993)

2.1.1. พันธุ์เบบี้แครอท (baby carrot) หรือ ฟิงเกอร์ (finger) มีขนาดหัวเล็กที่สุด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5–2.5 เซนติเมตร ยาว 8–10 เซนติเมตร เนื้อสีส้ม นิยมใช้บริโภคสด และแปรรูป

2.1.2. พันธุ์แนนเทส (nantes) มีขนาดหัวปานกลาง ลักษณะรูปทรงกระบอก ปลายจะทู่ ยาวประมาณ 16–18 เซนติเมตร เนื้อสีส้ม นุ่ม และกรอบ ถือว่ามีคุณภาพสูงที่สุด นิยมปลูกมากในแถบยุโรปเหมาะสำหรับบรรจุกระป๋อง และใช้บริโภคในรูปผักสด

2.1.3. พันธุ์แซนทีเน (chantenay) มีขนาดหัวปานกลาง ลักษณะรูปทรงยาว ประมาณ 24–26 เซนติเมตร เนื้อสีส้ม นุ่มกรอบ นิยมปลูกมากในสหรัฐอเมริกา เหมาะสำหรับบรรจุกระป๋อง ทำแฉ่ง และใช้บริโภคในรูปผักสด ขนาดใหญ่จะนำมาทำเป็นแผ่นบางๆบรรจุกระป๋องและแช่แข็ง

2.1.4. พันธุ์แคนเวอร์ (danvers) ลักษณะหัวค่อนข้างสั้น ปลายเรียวลงเล็กน้อยจนทู่ ยาวประมาณ 20–22 เซนติเมตร เนื้อสีส้มเข้ม มีแกนค่อนข้างใหญ่ ผิวเปลือกเรียบ คุณภาพดีเยี่ยม ยังอ่อน ถ้าแก่จะมีเส้นใยมาก ในสหรัฐอเมริกานิยมปลูกสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูป โดยเฉพาะการทำอาหารเหลวสำหรับเด็ก

2.1.5. พันธุ์อิมเพอเรเตอร์ (imperator) มีลักษณะหัวยาวประมาณ 28–30 เซนติเมตร ปลายเรียวผิวเรียบ และมีสีส้มสด ใบมักติดกับหัวแน่น เหมาะสำหรับการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยว ในสหรัฐอเมริกานิยมปลูกเพื่อการบริโภคสด เพราะทนทานกับการขนส่ง แต่มักเสียคุณภาพเร็ว หลังจากเก็บเกี่ยว

2.2 พันธุ์แครอตในประเทศไทย พันธุ์ของแครอตที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ กลุ่มพันธุ์แซนทีเน และกลุ่มพันธุ์เบบี้แครอต ส่วนกลุ่มพันธุ์แคนเวอร์ และอิมเพอเรเตอร์ ไม่นิยมปลูก เพราะรากมีลักษณะผอม และยาว หักง่ายขณะทำการขนส่ง พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย (โครงการหลวง, 2533) ได้แก่

2.2.1 พันธุ์หงส์แดง (new kuruda) เป็นแครอตกลุ่มพันธุ์แซนทีเน นิยมปลูกมากที่สุด ลักษณะอ้วนรูปกรวย เมื่อรากโตเต็มที่จะยาวตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ขึ้นไป เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 250 กรัม ปลูกได้ตลอดปี ที่ระดับความสูง 600–1,300 เมตร ในดินร่วนปนทราย อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 80-100 วัน

2.2.2 พันธุ์มินิเอ็กซ์เพรส (mini express) เป็นแครอตกลุ่มพันธุ์เบบี้แครอต ขนาดเล็ก ผอม ยาว ความยาว 6–8 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร ปลูกได้ตลอดปี ที่ระดับความสูง 600–1,300 เมตร ในดินร่วนปนทราย อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 60-90 วัน

2.2.3 พันธุ์ทัมบีลินา (thumbelina) ที่รูปร่างแปลกสะดุดตา มีรสชาติดี หัวเป็นรูปทรงกลมขนาดยาวประมาณ 5 เซนติเมตร มีสีส้มสด ใช้แปรรูป หรือปลูกเพื่อการบริโภคสด

2.2.4 พันธุ์ทัวร์โน เอฟวัน (tourino F1) ในระยะการเก็บเกี่ยวที่สั้น ขนาดความยาวของหัวปานกลาง เจริญเติบโตได้ดี ลักษณะของหัวอ้วนเตี้ย หนาเป็นรูปทรงกระบอก มีสีส้มสด และให้ผลผลิตสูง

3. มาตรฐานการแบ่งเกรดแครอท

มาตรฐานการแบ่งเกรดแครอท โครงการหลวง (2533) จัดมาตรฐานการแบ่งเกรดแครอท พันธุ์หงส์แดงไว้เป็น 4 เกรด (ตารางที่ 3) เกรดที่ 1 และ 2 เป็นเกรดที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายในรูปแครอทสดให้กับโรงแรม ชุปเปอร์มาร์เก็ต และร้านอาหาร จะมีการคัดเกรดแครอทเฉพาะเกรดที่ 1 และ 2 ที่ได้คุณภาพที่ตรงตามมาตรฐานเท่านั้น ทำให้มีแครอทที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานถึงร้อยละ 30-40 ของปริมาณที่ผลิตได้อาจต้องทิ้งไป หรือยังไม่นำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง ส่วนเกรดที่ 3 และ 4 เป็นเกรดที่ไม่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายรูปแครอทสด เกรดที่ 3 อาจจะจำหน่ายให้กับตลาดสดทั่วไป ส่วนเกรดที่ 4 ใช้แปรรูปเป็นผักดอง หรือใช้เลี้ยงสัตว์ การเตรียมจำหน่ายสู่ตลาดของแครอทที่คัดเกรดแล้ว คือ ทำการตัดแต่งก้านใบออกเหลือประมาณ 1-1.5 นิ้ว ตัดปลายรากออก และบรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 °C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 98-100 สามารถเก็บรักษาได้นาน 4-5 เดือน

ตารางที่ 3 มาตรฐานของแครอท

เกรดที่ 1	เกรดที่ 2	เกรดที่ 3	เกรดที่ 4
1) เส้นผ่าศูนย์กลาง มี ขนาดตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไป ยาวตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ขึ้นไป	1) เส้นผ่าศูนย์กลาง บริเวณไหล่มี ขนาด 3 -4.5 เซนติเมตร ยาว ตั้งแต่ 12 เซนติเมตร ขึ้นไป	1) ความยาว 10- 15 เซนติเมตร 2) หัวใหญ่แต่ รูปร่างไม่ดีนัก ส่วนปลายหักแต่ ต้องไม่เกินร้อยละ 5 ของความ ยาวของหัว	1) รากแตกแขนง ฉีกขาดผิด รูปร่างมากไป รากเป็นปม 2) มีสีคล้ำบริเวณ ไหล่เกินร้อยละ 30 ของความยาว หัว 3) มีแผลจากโรค หรือแมลง
2) รูปทรงดี ไม่แตก แขนงไม่มีรอย แผล	2) รูปทรงดี ไม่แตก แขนง ไม่มีรอย แผล		
3) สีสัมผัส	3) สีสัมผัส		

ที่มา: โครงการหลวง (2533)

4. คุณค่าทางโภชนาการของแครอท

แครอทเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งสำคัญของบีตาแคโรทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ นอกจากนี้ยังมีวิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และวิตามินซี รวมถึงเกลือแร่ที่สำคัญที่ร่างกายต้องการ เช่น แคลเซียม เหล็ก เป็นต้น คุณค่าของแครอท (ตารางที่ 4) บีตาแคโรทีนเป็นรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ ประเภทแคโรทีน ซึ่งบีตาแคโรทีนจะมีอยู่มากในผัก และผลไม้ ที่มีสีเหลือง และส้ม เช่น ฟักทอง มะม่วง แครอท เป็นต้น หรือ ผักใบเขียว เช่น คะน้า เป็นต้น นอกจากนี้อาจพบในสัตว์ เช่น วัว โดยมีรายงานว่าในประเทศอังกฤษผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้รับบีตาแคโรทีนจากแครอท คิดเป็นร้อยละ 60 เทียบกับผัก และผลไม้อื่น (อรชุน, 2539)

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของแครอทในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน	37.0 กิโลแคลอรี
ความชื้น	89.0 กรัม
โปรตีน	1.6 กรัม
ไขมัน	0.4 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.8 กรัม
ใยอาหาร	1.0 กรัม
เถ้า	4.0 กรัม
แคลเซียม	1.0 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	68.0 มิลลิกรัม
เหล็ก	1.2 มิลลิกรัม
บีตาแคโรทีน	6,994.0 ไมโครกรัม
วิตามินเอรวม	1,166.0 ไมโครกรัม
วิตามินบีหนึ่ง (ไทอะมิน)	0.04 มิลลิกรัม
วิตามินบีสอง (ไรโบฟลาวิน)	0.05 มิลลิกรัม
วิตามินซี	41.0 มิลลิกรัม
ไนอาซิน	0.8 มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ (2535)

5. รังควัตถุในแครอต

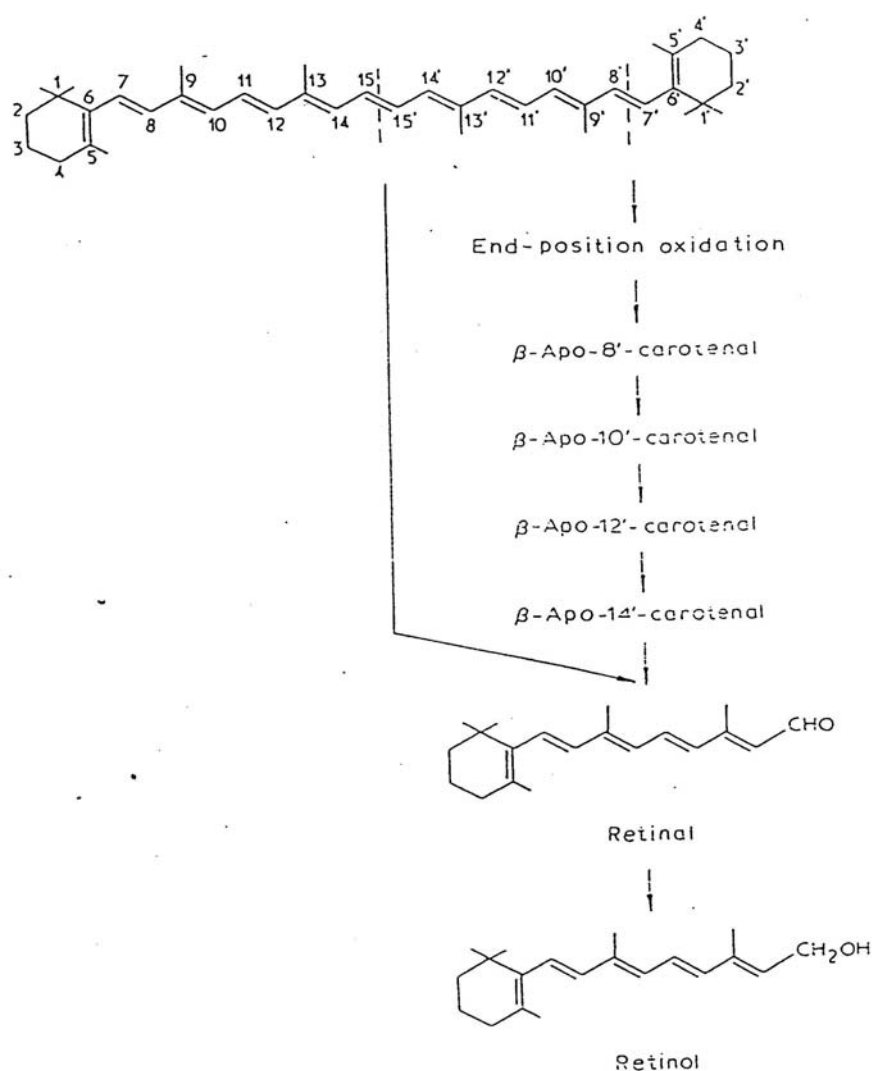
Baloch and Edwards (1977) กล่าวว่า บีตาแครอติน เป็นรงควัตถุหลักที่ให้สีในแครอต มีปริมาณร้อยละ 85–90 และยังมีแอลฟาแครอตินร้อยละ 20 ของแครอตินอยด์ทั้งหมด ซึ่งแหล่งเม็คสีในแครอตจะอยู่ในส่วนที่เรียกว่า คาร์โมพลาสต์ (Goodwin, 1984) รวมทั้งรงควัตถุแครอตินไลโคพีน แซนโทฟิลมีอยู่ในแครอตทั่วไปมีปริมาณร้อยละ 5-10 แต่ในแครอตสีเหลืองมีถึงร้อยละ 75-93 และความเข้มข้นของแครอตินอยด์จะอยู่ในส่วนที่เรียกว่า โพลีเอม ซึ่งจะมีปริมาณที่มากกว่าส่วนที่พบในไซเล็มถึงร้อยละ 30 และปริมาณแครอตินอยด์ชนิดต่างๆในแครอตสด (ตารางที่ 5) ปริมาณแครอตินในแครอตจะสร้างเพิ่มขึ้นเมื่อแครอตมีอายุการเจริญเติบโตได้ประมาณ 100 วัน หลังจากนั้นจะมีอัตราการสร้างเม็คสีที่เพิ่มขึ้นบริเวณโพลีเอม และไซเล็ม และมีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณแครอติน และระดับน้ำตาลในรากที่สร้างขึ้นได้ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีอยู่ระหว่าง 60-120 ไมโครกรัม / กรัม ต่อน้ำหนักแครอตสด และมีสูงถึง 370 ไมโครกรัม / กรัม

ตารางที่ 5 ปริมาณแครอตินชนิดต่างๆในแครอต

ชนิดของแครอตินอยด์	ปริมาณแครอตินอยด์ (ไมโครกรัม / กรัม)
แอลฟาแครอติน	22.4
บีตาแครอติน	85.0
เดลตาแครอติน	7.0
แกรมม่าแครอติน	2.9
ซีสแครอติน	0.9
นิวโรสพอร์	2.1
ไลโคพีน	0.6
ลูทีน	3.6
แครอตินอยด์ที่ไม่สามารถระบุชนิดได้	0.3
รวม	125.8

ที่มา: คัดแปลงจาก Baloch and Edwards (1977)

แคโรทีนที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้มีอยู่ 4 ชนิด คือ แอลฟาแคโรทีน บีตาแคโรทีน แกมมาแคโรทีน และคริบโทแซนทีน โดยแคโรทีนออกซ์ 3 ชนิดแรกได้จากพืช และใน 3 ชนิดนั้น บีตาแคโรทีนสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้มากที่สุด คือ ประมาณ 2 เท่าของอีก 2 ชนิด โดยการไฮโดรลิซิส บีตาแคโรทีนจะให้วิตามินเอ 2 โมเลกุล (รัชนี, 2535) อัตราส่วนของการเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ โดยประมาณ 6 ต่อ 1 หมายความว่าต้องอาศัยบีตาแคโรทีน 6 มิลลิกรัม เพื่อเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ 1 มิลลิกรัม ตามปฏิกิริยาชีวเคมี (ภาพที่ 3) หน้าที่หลักของบีตาแคโรทีนในร่างกาย คือ เป็นสารตั้งต้นวิตามินเอ และเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระ บีตาแคโรทีนที่ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเข้าสู่กระแสเลือด สะสมที่ไขมันและเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนบีตาแคโรทีนเป็นวิตามินเอ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Gross (1991)

บีตาแคโรทีนทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระ (รัชนี, 2535) โดยการเข้าไปจับกับอนุมูลอิสระทำให้เกิดการสลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ และยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากบีตาแคโรทีนแล้ว วิตามินเอ และวิตามินซี ก็จัดว่าเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระเช่นกัน อนุมูลอิสระ (free radical) หมายถึง โมเลกุลที่เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนเป็นจำนวนเลขคี่ ซึ่งปกติโมเลกุลจะมีอิเล็กตรอนเป็นจำนวนคู่ ดังนั้นจึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่ลงตัว มีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ และอยู่ได้อย่างอิสระ อนุมูลอิสระมีแหล่งที่มาทั้งภายในและภายนอก ร่างกาย แหล่งจากภายนอกได้แก่ มลพิษในอากาศ ควันบุหรี่ อาหารบางชนิดที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือมีธาตุเหล็กในปริมาณที่สูงกว่าปกติ แสงแดด ยาบางชนิด เป็นต้น แหล่งจากภายใน ได้แก่ การเกิดเมแทบอลิซึมของออกซิเจนภายในเซลล์ ซึ่งร้อยละ 98 ของออกซิเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำในขณะที่ย่อยสลาย 2 จะอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ การย่อยทำลายแบคทีเรียภายในเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน และการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกายได้ทั้งสิ้น อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ภายในร่างกาย จนเกิดการทำลายเซลล์ และการสะสมของเซลล์ที่ถูกทำลายอย่างต่อเนื่อง และนำไปสู่การเกิดโรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคต่อกระดูก โรคมะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งปอด มะเร็งในกระเพาะอาหาร เป็นต้น ดังนั้นการได้รับบีตาแคโรทีน วิตามินเอ และวิตามินซี จึงช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคเหล่านี้ได้

6. การใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์แคโรตในประเทศไทย มีดังนี้

6.1 เพื่อการบริโภคสด ประกอบอาหารคาวหวานต่าง ๆ รูปแบบการบริโภค เช่น หั่นบาง ๆ ผสมรวมกับผักอื่นในสลัด เป็นเครื่องจิ้มโดยบริโภคสดหรือต้ม เป็นส่วนประกอบในการประกอบอาหารผัด ต้ม แกงต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบในการทำขนมเค้ก ข้าวเกรียบ เป็นต้น (สรจักร, 2539)

6.2 เพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร การแปรรูปแคโรตในรูปแบบอุตสาหกรรมภายในประเทศยังมีไม่มากนัก มีเพียง 6 โรงงานเท่านั้น ปริมาณความต้องการแคโรตรวมเป็น 512 ตัน /เดือน รูปแบบการแปรรูป คือ แคโรตอบแห้ง แคโรตแช่แข็ง และแคโรตบรรจุกระป๋อง นอกจากนี้ยังมีการนำแคโรตมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อย่างอื่นอีกบ้างแต่มีปริมาณไม่มากนักคือ แคโรตกวน โดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเขาคือ ต.เขา คือ จ.เพชรบูรณ์ และแคโรตดองสามารถร่วมกับผัก

อื่น โดยฝ่ายผลิตของมูลนิธิโครงการหลวง เป็นการนำแคโรทีนที่สกัดจากพืชที่ไม่สามารถส่งจำหน่ายในรูปแบบ ผักสดได้มาตัดแต่งใช้เฉพาะส่วนดี หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ผสมร่วมกับผักเกรดต่ำชนิดอื่นของ

โครงการหลวง (โครงการหลวง, 2533)

6.3 เพื่อการใช้ประโยชน์รูปแบบอื่นๆ เช่น เป็นส่วนผสมในตำรับยาจีนในการแก้โรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคตาบอดกลางคืนไอเรื้อรัง ท้องผูก ความดันโลหิตสูง เป็นต้น เป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้ป่วย โดยคั้นน้ำสด ๆ รับประทาน

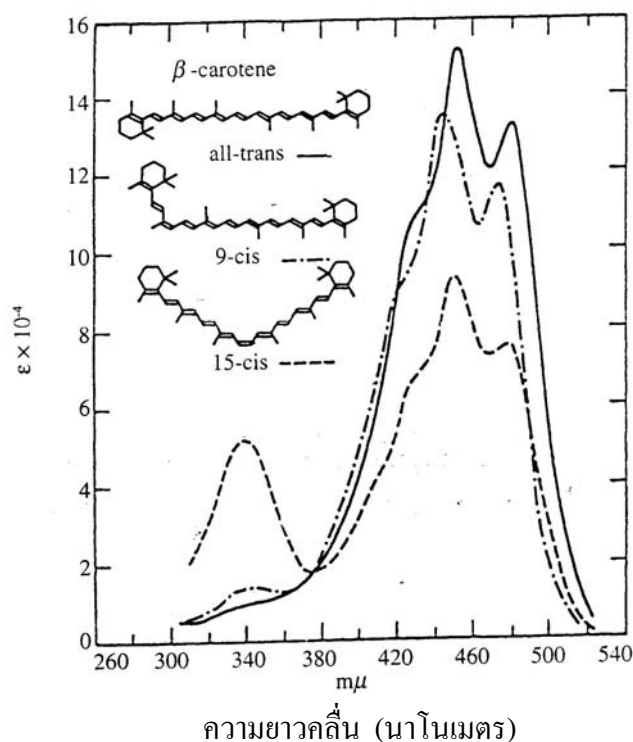
ส่วนการใช้ประโยชน์ของบีตาแคโรทีนคือ ใช้เป็นอาหารลดความอ้วน เนื่องจากเป็นสาร แอนติออกซิแดนต์ ใช้ทำเป็นอาหารสุขภาพ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด (Ben-Amotz and Shaish, 1992) เป็นตัวให้ฮอร์โมนพืช วิตามินเอ (retinal) ซึ่งเป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตมีผลต่อ ระบบการสืบพันธุ์ และการมองเห็น เพิ่มสีในสัตว์น้ำ เช่น ปลาแซลมอน เพิ่มสีในไข่แดง นอกจากนี้ใช้เป็นสีผสมอาหาร และส่วนประกอบของโภชนาการต่างๆได้อีกด้วย เนื่องจากสีของ บีตาแคโรทีนจากธรรมชาติให้คุณภาพสีสูง (ใส่น้อยแต่ให้สีเข้ม) ไม่เป็นพิษ สะดวกในการละลาย น้ำและไขมัน ก่อนข้างคงที่ ถ้าเติมลงในอาหารประเภทที่มีไขมันเป็นหลัก ได้แก่ เนย มายองเนส (Bramley *et al.*, 1993) ในการใช้อาจจะกระจายตัวในน้ำจนเป็นสารละลายเสียก่อน หรือทำให้อยู่ใน รูปอิมัลชันกับสารละลายที่มีน้ำมันปนอยู่ด้วย จึงเติมลงในอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ ไขมันพืช เช่น ขนมนึ่ง ขนมน้ำแข็ง เส้นมะกะโรนี เส้นบะหมี่ ใช้เพิ่มสีในเครื่องดื่มประเภทที่ไม่มี แอลกอฮอล์ เช่น น้ำส้ม ทำเครื่องดื่มโดยใช้เติมลงในครีมกันแดด (Gardon, 1997) อย่างไรก็ตาม แคโรทีนอยด์สังเคราะห์ประเภทบีตาแคโรทีนที่มีจำหน่ายอาจมีอยู่หลายลักษณะ เช่น อยู่ใน รูปของสารสีที่ละลายในน้ำมัน (oily-suspension) หรือเป็นเม็ดเล็กๆที่เคลือบผิวออกด้วยเจลาติน หรือ อยู่ในรูปผลึกเล็ก ๆ (microcrystals) ซึ่งสารสีที่สังเคราะห์ได้นั้นอาจมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม (นิธิยา, 2545)

7. การสกัดสารสีแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นสารที่มีสีเหลือง สีส้ม และสีแดงในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะพบได้ในพืช ขึ้นสูง และสาหร่ายเกือบทุกชนิด จะเกิดร่วมกับคลอโรฟิลล์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 แต่โดยปกติจะไม่เห็นสีของแคโรทีนอยด์ เนื่องจากถูกบดบังด้วยคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์จะมีองค์ประกอบ หลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มของบีตาแคโรทีน ซึ่งให้สีส้มเป็นอันดับแรก สกัดได้จากแคโรต (*Daucus*

carota) โดย Wackenroder ในปี 1831 ซึ่งในบีตาแคโรทีนจะประกอบด้วยโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่มีเส้นสายคาร์บอนไม่อิ่มตัว 40 อะตอม และไฮโดรเจน 56 อะตอม รวมมีน้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 536.89 (Ben-Amotz and Shaish, 1992) ผลิตภัณฑ์ของบีตาแคโรทีนที่พบในธรรมชาติมี 3 รูปแบบ ประกอบด้วย *all-trans* betacarotene, *9-cis* betacarotene และ *15-cis* betacarotene โครงสร้าง และการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่างๆของบีตาแคโรทีนไอโซเมอร์ (ภาพที่ 4) ตามปกติบีตาแคโรทีนเมื่ออยู่ในรูปผลึกจะมีสีม่วง แต่เมื่ออยู่ในรูปสารละลายพวกน้ำมันจะให้สีต่างกันตั้งแต่สีเหลืองอ่อน จนถึงสีส้ม ขณะที่ละลายอยู่ในสารละลายพวกน้ำจะให้สีต่างๆไป คือสีส้ม และสัดส่วนของ *all-trans* betacarotene และ *9-cis* betacarotene ทั้ง 2 ชนิดนี้จะแตกต่างกันไปในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด สำหรับคุณสมบัติของ *all-trans* betacarotene จะละลายได้ยากในน้ำมัน และสารละลายอินทรีย์จึงมีแนวโน้มตกผลึกได้ง่าย ในขณะที่ *9-cis* betacarotene จะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์จึงมีแนวโน้มตกผลึกได้ยาก โดยทั่วไปสามารถเก็บรักษาไว้ในรูปของน้ำมัน บีตาแคโรทีนที่ใช้ในอุตสาหกรรมประมาณร้อยละ 90 มาจากการ

ค่าการดูดกลืนแสง



ภาพที่ 4 โครงสร้างและการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่างๆของบีตาแคโรทีนไอโซเมอร์
ที่มา: บุญบา (2540)

สังเคราะห์โดยอยู่ในรูปแบบของ *all-trans* betacarotene ในขณะที่ *9-cis* betacarotene ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ และจะพบเฉพาะในธรรมชาติเท่านั้น (Ben-Amotz and Shaish, 1992)

การสกัดแครอทที่น้อยก็ยังไม่มีการหรือเทคนิคที่แน่นอน (Gross, 1991) ต้องควบคุมปัจจัยหลายประการ เช่น แสง อุณหภูมิ เอนไซม์ วัตถุดิบที่ใช้ต้องสด และไม่มีส่วนเสีย ในการสกัดสีจะต้องหลีกเลี่ยง หรือลดการเกิดออกซิเดชันของเอนไซม์ โดยเติมสารแอนติออกซิแดนต์ เช่น BHT (butylated hydroxytoluene), BHA (butylated hydroxyanisole) และ alkaline carbonate ก่อนทำการสกัดต้องทำเป็นชิ้นเล็กๆ หรือบดเป็นผงทำให้ง่ายต่อการสกัด ถ้าเป็นตัวอย่างของผัก ในเนื้อเยื่อผักมีเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) เป็นส่วนประกอบจะต้องลวกก่อนการสกัด เนื้อเยื่อสดมีส่วนประกอบร้อยละของน้ำสูงจึงละลายในน้ำได้ดี และแครอทที่น้อยก็สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ได้อีกหลายชนิด เช่น แอซีโตน, เมทานอล, เอทานอล, เฮกเซน, ไดเอทิลอีเทอร์, ปีโตรเลียมอีเทอร์ หรือผสมระหว่างแอซีโตน และเมทานอล แล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบ

อัจฉริยา (2530) ศึกษาภาวะในการสกัดสีแครอทที่น้อยจากลูกพุด พบว่า การสกัดสีจากลูกพุดที่ผ่านการอบแห้งมีประสิทธิภาพสูงกว่าลูกพุดตากแห้งที่ผ่านการเก็บรักษานาน 1 ปี เมทิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายในการสกัดสีได้ดีที่สุด ซึ่งใช้ในปริมาณ 20 มิลลิลิตร ต่อลูกพุด 0.1 กรัม การเติมกรดลงในตัวทำละลายทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดคือ 60°C เป็นเวลา 30 นาที โดยการคนจะช่วยให้ประสิทธิภาพการสกัดมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การแช่ สารละลายสีที่สกัดได้มีความคงตัวดีที่อุณหภูมิน้อยกว่า 60°C และค่าความเป็นกรด-เบส 5.0–6.0 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะเก็บได้นานขึ้น การเตรียมสีผสมอาหารในรูปผงโดยวิธีการพ่นแห้งจะใช้เจลาติน 25.0 กรัม และน้ำตาลเดกซ์โทรส 25.0 กรัม เป็นสารตัวกลาง นำมาละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อเตรียมสารละลายสีให้มีความเข้มข้น 20°brix และนำมาพ่นแห้งโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150° และอุณหภูมิลมร้อนขาออก 90°C ส่วนการเตรียมสารละลายเข้มข้นใช้กลีเซอรอลเป็นตัวทำละลาย และศึกษาการแยกสีที่สกัดได้โดยใช้เทคนิคทางสเปกโทรสโกปี แบบวิธี TLC ซึ่งตัวทำละลายที่เหมาะสมคือ 1 – เพนทานอลต่อกรดแอซิดิกต่อน้ำเท่ากับ 4: 1: 1 และพบว่า ลูกพุดเป็นสารพวกโครเซติน

Anocha (1998) ศึกษาการสกัดสีแครอทที่น้อยจากน้ำมะเขือเทศกระป๋อง แครอต และผักขม เลือกตัวทำละลายที่คำนึงถึงความปลอดภัยคือ เอทานอล และเฮกเซน ใช้ผสมในอัตราส่วนระหว่างเอทานอลต่อเฮกเซนเท่ากับ 4 : 3 จำนวน 35 มิลลิลิตร โดยเตรียมตัวอย่างจำนวน 1 กิโลกรัม หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นบางๆ และนำไปปั่นให้ละเอียด

ประมาณ 250 กรัม เพื่อนำไปสกัดด้วยตัวทำละลาย หลังจากนั้นทำแห้งภายใต้ความดันด้วยก๊าซไนโตรเจน และนำมาสกัดด้วยเฮกเซน 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธีของโครมาโทกราฟี เพื่อดูปริมาณสารสีแคโรทีนอยด์ (ปีตาแคโรทีนที่ $E_{1\%}^{1\text{cm}} 2590$ ในเฮกเซน ที่ $\lambda 452$ นาโนเมตร)

Chen and Tang (2000) ศึกษาการสกัดแคโรทีนอยด์จากแครอตสีม่วง จำนวน 90 กรัม โดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างเอซีโตน 90 มิลลิลิตร และเฮกเซน 135 มิลลิลิตร นำมาผสมกันเป็นเวลา 1 นาที และกรองด้วยกระดาษกรอง ชะล้างด้วยเอซีโตน 45 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และตามด้วยเฮกเซน 1 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร และเติมเมทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 ตามด้วยเฮกเซน 1 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร และเติมเมทานอลโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 ผสม เขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณสารสี กรองไล่ น้ำออกด้วยโซเดียมซัลไฟด์ และนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งเยือกแข็ง สกัดจากผงสีโดยใช้ตัวอย่าง 4 กรัม ผสมระหว่างน้ำ 40 มิลลิลิตร และปิโตรเลียมอีเทอร์ 80 มิลลิลิตร ปริมาณอีเทอร์ต่อเอซีโตนเท่ากับ 1:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เหยี่ยงที่ความเร็วต่อรอบ 10,000 รอบต่อ 30 วินาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นวิเคราะห์แยกสีด้วยวิธี HPLC

Mayer and Spie (2003) ศึกษาอิทธิพลของการลวกและการแช่เย็นที่มีต่อแคโรทีนอยด์ในแครอตพบว่า การลวกหรือการให้ความร้อนในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แคโรทีนอยด์มีความคงตัวมากขึ้น และเมื่อเก็บรักษาแครอตสดไว้ที่ 1°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แครอตจะสูญเสียแคโรทีนอยด์ไปถึงร้อยละ 30 และศึกษาวิธีการสกัดแคโรทีนอยด์ โดยเตรียมตัวอย่างที่บดละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน 20 กรัมผสมในเอซีโตน สกัดด้วยวิธีการกลั่นแบบสูญญากาศด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่อุณหภูมิจุดเดือด $30-50^{\circ}\text{C}$ ทำการแยกสารสีและไล่ น้ำออกด้วยโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) เป็นเวลา 1 คืน และหาปริมาณสารสีด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ที่ความยาวคลื่น 445 นาโนเมตร; $A_{1\%}^{1\text{cm}}$ เท่ากับ 2,500) วิเคราะห์แยกสีด้วยวิธี HPLC

Cinar (2004) ศึกษาความคงตัวในการสกัดสีแคโรทีนอยด์จากแครอต ส้ม และมะเขือเทศหวาน ที่ผ่านการทำแห้งเยือกแข็ง และเก็บรักษาในที่สว่างและที่มืด ที่อุณหภูมิ 25°C ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C และในตู้อบที่อุณหภูมิ 40°C พบว่า การทำแห้งเยือกแข็งแครอต มีการสูญเสียแคโรทีนอยด์ที่เก็บรักษาในตู้อบที่อุณหภูมิ 40°C สูงที่สุด (98.1 กรัม/100 กรัม) และต่ำที่สุดเป็นการทำแห้งเยือกแข็งมะเขือเทศ ที่เก็บรักษาในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4°C (11.3 กรัม/ 100 กรัม) และทั้ง 3 ตัวอย่างให้ผลไปในทางเดียวกันคือมีการสูญเสียแคโรทีนอยด์สูงที่สุด คือ ที่เก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ 40°C และต่ำที่สุดคือ เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C และการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25°C ในที่สว่าง

ให้ผลไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บในที่มืด และศึกษาผลของการสกัดสีแคโรทีนอยด์จากแครอทด้วยเอนไซม์เพกทิเนส และเซลลูเลส ที่ระดับต่างกัน คือ เอนไซม์เพกทิเนส 10, 15 และ 20 มิลลิลิตร และเซลลูเลส 0.5, 5.0 และ 10 กรัม ต่อน้ำหนักแครอทสด 100 กรัม พบว่า การใช้เอนไซม์เพกทิเนส 10 มิลลิลิตร และเซลลูเลส 0.5 กรัม ให้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น

8. การหาปริมาณสารสีแคโรทีนอยด์

Gross (1991) ศึกษาการสกัดสีแคโรทีนอยด์ โดยเลือกสารบีตาแคโรทีนเป็นตัวแทนในการศึกษา มีมาตรฐานการวัดปริมาณสารสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตเมตริก ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นสูงที่สุดที่ 450 นาโนเมตร แล้วคำนวณปริมาณสารสีแคโรทีนอยด์เป็นไมโครกรัม ต่อ กรัม ของวัตถุดิบที่ให้สารสีแคโรทีนอยด์

$$\mu\text{g carotenoid} / \text{g} = \frac{A \times V \times 10^6}{A^{1\%}_{1\text{cm}} \times 100 \times G}$$

โดยที่ V คือ ปริมาณทั้งหมดที่ใช้ในการสกัด (มิลลิลิตร)

G คือ ปริมาณตัวอย่าง (กรัม)

$A^{1\%}_{1\text{cm}}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หรือที่ความเข้มข้นของสารละลาย 1 โมลาร์ ในเซลล์ที่มีขนาดแสงส่องผ่าน 1 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนักของค่า A ของแคโรทีนอยด์ทุกตัวที่มีอยู่ในพืชตัวอย่างนั้นๆ ในที่นี้ใช้ค่า $A^{1\%}_{1\text{cm}}$ เท่ากับ 2620

A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นสูงที่สุดที่ 450 นาโนเมตร

ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวทำละลายชนิดต่างๆที่ใช้ในการสกัดจะแสดงถึงค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุดแตกต่างกัน (ตารางที่ 6)

9. ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของแคโรทีนอยด์

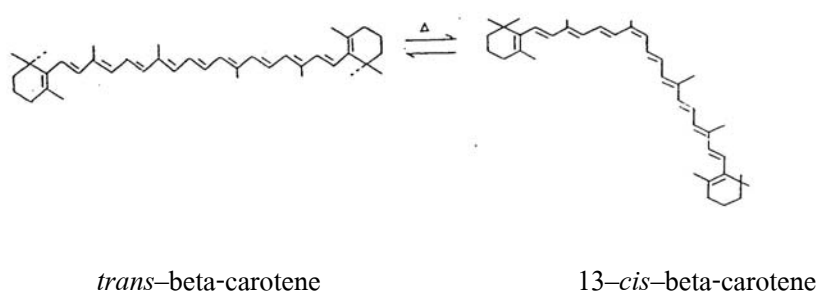
9.1 ความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิต หรือความร้อนในระหว่างการเก็บรักษาลักษณะอาหารจะมีผลทำให้แคโรทีนอยด์เกิดเทอมอลไอโซเมอไรเซชัน (thermal isomerization) แคโรทีนอยด์

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวทำละลาย และค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของบีตาแคโรทีน

ตัวทำละลาย	ตำแหน่งค่าการดูดกลืนแสงที่สูงสุด	
	ความยาวคลื่น(nm)	A ^{1%} _{1cm}
เฮกเซน	453	2592
เอทิลแอลกอฮอล์	453	2620
ไซโคลเฮกเซน	457	2505
เบนซีน	465	2337
แอซีโตน	452	2396
คลอโรฟอร์ม	465	2396
คาร์บอนไดซัลไฟด์	484	2008

ที่มา: คัดแปลงจาก Goodwin (1984)

ในธรรมชาติอยู่ในรูป *trans*-form ถ้าได้รับแสง ความร้อน หรือรังสีจะเกิดการบิดตัว 180° เป็น *cis*-form ซึ่งว่องไวมากกว่า *trans*-form จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่ำกว่า ทำให้สีอ่อนลง (Gross, 1991) (ภาพที่ 5) เทอมอลไอโซเมอร์ คือ การเปลี่ยนแปลงอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตโดยที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสูญเสียไป อุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนมีผลมากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน

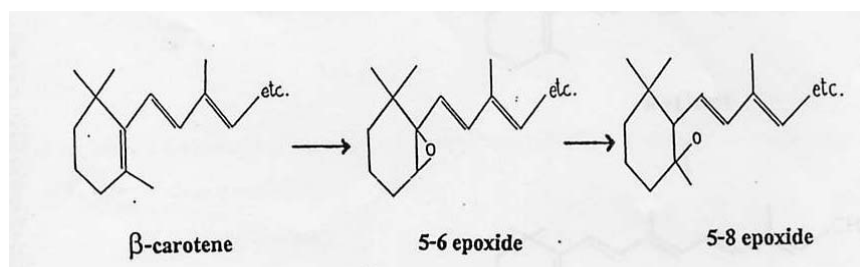


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงรูปของบีตาแคโรทีนเนื่องจากความร้อน แสง และรังสี

ที่มา: คัดแปลงจาก Gross (1991)

9.2 ความเป็นกรด การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของบีตาแคโรทีน ในสภาวะที่รุนแรง และการใช้สารเคมีที่รวมตัวกับออกซิเจนที่รุนแรงร่วมกับความร้อน และกรด จะทำให้เกิดสารประกอบพวกอีพอกไซด์ชนิดต่างๆหรืออาจเปลี่ยนเป็น epoxide isomerism ซึ่งเกิดจากการจับตัวของ

ออกซิเจนตรงพันธะคู่ของส่วนที่เป็นวงแหวนในโครงสร้างเกิดเป็น 5, 6 epoxide ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีซีดจางลง (Goodwin, 1984) กลไกของปฏิกิริยา (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ปฏิกิริยาการเกิด epoxide isomerism

ที่มา: คัดแปลงจาก Goodwin (1984)

9.3 การเสื่อมสลายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Bauernfeind, 1981; Gross, 1991 and Britton, 1989)

9.3.1 ออกซิเจน เมื่อแครอทินอยด์สัมผัสกับอากาศ คอนจูเกชันของพันธะคู่จับตัวกับออกซิเจนได้เป็นของผสมสีน้ำตาลของไฮโดรเพอร์ออกไซด์ สารประกอบคาร์บอนิล และสารที่ระเหยตัวได้ อาหารพวกที่ผ่านการพ่นแห้ง และการทำแห้งเยือกแข็งจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยตรง แครอทินอยด์ที่มีออกซิเจนจะเกิดการสูญเสียอย่างรวดเร็ว โดยที่บีตาแครอทินจะสูญเสียเป็นตัวแรก แคนทาแซนทิน จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันน้อยที่สุด คือ ทำให้มีออกซิเจนเหลือน้อยที่สุด การบรรจุในสภาพสุญญากาศจะดีที่สุด และเก็บได้นานที่สุด หรือ ใช้การรวมตัวระหว่างรงควัตถุกับน้ำมันจะเป็นตัวกั้นออกซิเจน ทำให้แครอทินอยด์มีเสถียรภาพดีขึ้น หรืออาจใช้สารพวกแอนติออกซิแดนต์ เช่น การเติมกรดแอสคอร์บิก ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดช้าลง นอกจากนั้นยังสามารถยับยั้งเชื้อรา หรือ อาจเติมสารป้องกันตัวอื่น เช่น BHT (butylated hydroxytoluene), BHA (butylated hydroxyanisole) แล้วแต่ชนิดของอาหาร

9.3.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว สีที่หายไปอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอื่นที่รวมอยู่ด้วยในกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้เอง และจะทำให้แครอทินอยด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันตามไปด้วย เรียกว่า โคออกซิเดชัน (co-oxidation) การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยอ้อม การป้องกันทำได้โดยใช้กรด

ไขมันชนิดอิ่มตัว หรือน้ำมันที่ปราศจากอ็อกซิเจนของโลหะผสมกับแคโรทีนอยด์ เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนและพันธะคู่ในโมเลกุลของแคโรทีนอยด์

9.3.3 การปนเปื้อนของโลหะ อ็อกซิเจนของโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้แคโรทีนอยด์เสื่อมสภาพลง ถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ด้วย เช่น โลหะทองแดง จะเร่งปฏิกิริยาทำให้ไลโคพีนเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนเร็วขึ้น 3.5 เท่า โดยอ็อกซิเจนของทองแดงจะเป็นตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระ แต่ถ้ามีน้ำมันอยู่กับกรดไขมันไม่อิ่มตัว ผลที่เกิดขึ้นจะไม่เหมือนกัน เพราะว่ามีน้ำมันจะเป็นสารตัวแรกที่เกิดการรวมตัวกับออกซิเจน

9.3.4 แสงสว่าง แสงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สีและกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป ถ้าไม่มีออกซิเจนแคโรทีนอยด์จะเกิดการสูญเสียเพียงเล็กน้อย ดังนั้น การสูญเสียจึงขึ้นอยู่กับออกซิเจนและแสงสว่าง การปล่อยให้ปีตาแคโรทีนถูกแสงนานๆ ทำให้เกิด ซิส-ทรานส์ ไอโซเมอร์ (cis-trans isomerism) คล้ายกันกับชนิดที่เกิดโดยความร้อน ในขณะที่ปีตาแคโรทีนสัมผัสกับไอโอดีน จะเป็นตัวช่วยเร่งทำให้เกิดซิส-ทรานส์ไอโซเมอร์ (cis-trans isomer) ที่อุณหภูมิห้อง

9.3.5 เอนไซม์ ในระดับเซลล์แคโรทีนอยด์จะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนของแคโรทีนอยด์กับโปรตีนที่มีเสถียรภาพที่ดี ซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันสารในเนื้อเยื่อที่ยังไม่ถูกทำลายเวลาเก็บเกี่ยว แต่เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลายจะมีการปล่อยเอนไซม์ออกมาเป็นจุดเริ่มต้นการเสื่อมสภาพของแคโรทีนอยด์ เอนไซม์ที่ทำให้ไขมันเกิดออกซิเดชัน เช่น เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) จะเปลี่ยนแคโรทีนอยด์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้เกิดกลิ่นรสไม่ดี โดยเฉพาะการทำแห้ง การแช่เยือกแข็ง จึงต้องทำให้เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสหมดสภาพการทำงาน ด้วยความร้อนจากน้ำร้อนหรือน้ำ การให้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์นี้เรียกว่า การลวก (blanching) ส่วนไลพอกซิเดส (lipoxidase) จะผลิตอนุมูลอิสระจากไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับแคโรทีนอยด์ในขั้นแรกๆ เป็นต้น

9.3.6 น้ำ น้ำสำคัญต่อประสิทธิภาพเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ผักและผลไม้ที่ทำแห้งโดยการกำจัดน้ำออกแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเอนไซม์ และแบคทีเรีย น้อยมากเมื่อเก็บไว้นาน แต่อย่างไรก็ตาม การเอาน้ำออกจะทำให้พื้นที่ผิวมากขึ้น ทำให้แคโรทีนอยด์สัมผัสกับออกซิเจนได้มากขึ้น ในที่มีน้ำน้อยการเปลี่ยนแปลงของปีตาแคโรทีน มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย และนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ในสถานะที่มีออกซิเจนไม่จำกัด ปริมาณการสูญเสียแคโรทีนอยด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีน้ำเหลืออยู่น้อย เซลล์จะเกิด

ความเสียหายและตายลง ทำให้เอนไซม์จับกับสารทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายขึ้น แครอทที่น้อยจะลดลง

9.3.7 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นสารประกอบพวกซัลไฟด์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟด์ โซเดียมไบซัลไฟด์ โซเดียมเมทาไบซัลไฟด์ และโพแทสเซียมไบซัลไฟด์ สารเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นเวลานานแล้ว เพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทั้งจากเอนไซม์ และไม่ใช้เอนไซม์ ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ใช้เป็นสารแอนติออกซิแดนต์ Zhao and Chang (1995) ศึกษาผลของซัลไฟต์ต่อบีตาแคโรทีนในแครอทอบแห้ง ระหว่างการเก็บรักษา เปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของโซเดียมไบซัลไฟด์ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.05 และ 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่า ปริมาณบีตาแคโรทีนในตัวอย่างที่แช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟด์ที่ร้อยละ 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) มีปริมาณผลผลิตสูงสุด

10. รูปแบบในการผลิตสัสมอาหาร

Hendry and Houghton (1999) ผลิตสัสมอาหารจากแครอท ในรูปแบบผงที่ได้จากการทำแห้ง ซึ่งไม่ได้เป็นแครอทบริสุทธิ์ แต่ปกติแครอทจะมีแครอทอยู่ในปริมาณมาก (Henry, 1992; Benjamin and Gray, 1997) ส่วนการสกัดแครอทปกติใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ เช่น แอซีโตน เมทานอล หรือ เอทานอล ไม่แนะนำให้ใช้คลอโรฟอร์ม – เมทานอลกับแครอทน้อย เนื่องจากจะเกิดกรดไฮโดรคลอริก ในทางการค้าอาจใช้ความร้อนและการคนช่วยในการสกัด แม้ว่าความร้อนอาจทำให้สีของแครอทน้อยเปลี่ยนแปลงแต่ก็ช่วยให้การสกัดเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

การทำแห้งเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารมีปริมาณของน้ำหรือความชื้นของอาหารลดลง ให้เหลือเพียงร้อยละ 4-5 โดยอาศัยหลักการถ่ายเทของเหลว เช่น น้ำออกจากของแข็ง หรือ วัสดุเปียก ไปยังก๊าซที่ไม่อิ่มตัว ในกระบวนการทำแห้งอาหารนั้นไม่ว่าวัตถุดิบจะอยู่ในรูปของเหลวหรือของแข็ง จะต้องผ่านกระบวนการอื่นๆอันเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง เพื่อให้วัตถุดิบที่ทำแห้งมีคุณสมบัติและสภาพที่เหมาะสม ก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการทำแห้ง โดยทั่วไปแล้วจะต้องผ่านกระบวนการที่สำคัญหลายอย่าง เช่น การลวก การระเหยน้ำออกเพื่อให้เข้มข้นขึ้น การอุ่นวัตถุดิบให้อุณหภูมิสูงขึ้น การตัดแต่งวัตถุดิบให้เหมาะสม ดังนั้นการเลือกกระบวนการที่เหมาะสมจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งมีคุณภาพดีขึ้น (สมบัติ, 2529)

10.1 การทำแห้งแบบถาด (tray or cabinet drying) เป็นระบบการทำแห้งที่นิยมใช้ ระบบนี้ จะใช้ถาดบรรจุผลิตภัณฑ์วางภายในตู้อบ ให้สัมผัสอากาศร้อนที่เคลื่อนที่เหนือผิว ผลิตภัณฑ์ด้วยความเร็ว ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลตลอดเวลาในการอบแห้ง แต่เครื่องอบแห้งแบบถาดจะมีข้อเสียในเรื่องความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงต้องสลับเปลี่ยนตำแหน่งการวางถาด เพื่อช่วยปรับปรุงอาหารให้สม่ำเสมอมากขึ้น (สมบัติ, 2529) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำแห้งด้วย อัศวิน (2546) ศึกษาการทำแห้งแครอทที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C พบว่า ถ้าอุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้นจะใช้เวลาในการทำแห้งสั้นลงเป็น 19, 17 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ

ศิริมา (2541) ศึกษาผลของการทำแห้งโดยใช้ลมร้อน ต่อปริมาณบิตาแคโรทีน ในแครอท พบว่า สภาพที่เหมาะสมในการลวกแครอทรูปลูกบาศก์ ขนาด 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้ไอน้ำ เป็นเวลา 4 นาที และใช้สารละลายยาเป็งข้าวโพดที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ชุบเคลือบแครอตร่วมกับการใช้โซเดียมซัลไฟด์ร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) สามารถรักษ ปริมาณบิตาแคโรทีนได้ในปริมาณสูง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ดี และศึกษาเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้ง แปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 60°C และ 55°C, 70°C และ 65°C และ 80°C และ 75°C พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 100 นาที แล้วลดอุณหภูมิเป็น 65°C อบอุ่นเป็นเวลา 50 นาที มีปริมาณบิตาแคโรทีนสูงที่สุดถึง 232.65 ไมโครกรัม/กรัม คิดเป็นร้อยละ 50.37 เมื่อเทียบกับปริมาณบิตาแคโรทีนในแครอทสด และศึกษาผลของวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ในช่วง 0.42–0.65 พบว่าค่า a_w สูงสามารถรักษ ปริมาณบิตาแคโรทีนได้ดีกว่าค่า a_w ต่ำ ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C ที่สภาวะสุญญากาศ ปริมาณบิตาแคโรทีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

10.2 การพ่นแห้ง เป็นวิธีการทำแห้งที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารได้เร็ว โดยใช้เวลาในการพ่นแห้งที่สั้นมาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมามีคุณภาพคงเดิมใกล้เคียงสภาพสดมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพ่นแห้งแบบนี้จะมีลักษณะสม่ำเสมอ คือ มีขนาด รูปร่าง และปริมาณความชื้นเหลืออยู่น้อยในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในทุกๆอนุภาคของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การพ่นแห้งวัตถุดิบจะถูกนำมาทำแห้งโดยเครื่องพ่นแห้ง (spray dryer) ที่มีหัวฉีดพ่น (atomizer) ทำหน้าที่เป็นตัวฉีดหรือเหวี่ยงให้ของเหลวกระจายเป็นหยดของเหลว ปะทะกับลมร้อนจากแหล่งให้ความร้อน (heater) ภายในห้องทำแห้ง (drying chamber) ทำให้หยดของเหลวแห้งกลายเป็นผง แล้วถูกดูดโดยอากาศหมุนแบบไซโคลนมายังส่วนแยกผลิตภัณฑ์ผง (cyclone separator) (สมบัติ, 2529)

สำหรับคุณสมบัติของวัตถุดิบที่จะนำมาพ่นแห้งควรเป็นสารที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เป็นของเหลวที่มีปริมาณของแข็งอยู่สูงกว่าร้อยละ 20 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 ขึ้นกับชนิดของอาหาร และของเหลวต้องไหลได้ และการทำให้วัตถุดิบมีความเข้มข้น อาจทำได้โดยการต้มระเหยน้ำออก หรือการระเหยภายใต้สุญญากาศเพื่อรักษากลิ่นรส และสีของวัตถุดิบ วัตถุดิบไม่ควรมีน้ำตาลสูงมาก เพราะจะทำให้แห้งไม่สนิท และเกาะติดผนังเครื่องพ่นแห้ง วัตถุดิบที่มีไขมันมากเกินไปไม่เหมาะกับการพ่นแห้งเพราะผงที่ได้จะแห้งไม่สนิท และจะละลายได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง หรือวัตถุดิบที่มีเส้นใยมากจะเกิดปัญหาอุดตันหัวฉีดได้ง่าย วัตถุดิบที่มีปริมาณเกลือและกรดสูงจะเกิดปัญหาสึกกร่อนของภาชนะเครื่องพ่นแห้ง วัตถุที่เหมาะสมในการพ่นแห้ง ส่วนใหญ่ก็มีแป้งและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ อาจมีไขมันหรือน้ำตาลบ้างเล็กน้อย และอาจมีการเติมสารตัวกลาง (carrier) บางชนิดเพื่อลดปัญหาการเกาะติดผนังของเครื่องพ่นแห้ง ควรอุ่นตัวอย่างให้ร้อนก่อนเข้าเครื่องพ่นแห้ง ยกเว้นอาหารที่ไม่ทนต่อความร้อนเช่นไข่ขาว (สมบัติ, 2529)

การเตรียมเครื่องพ่นแห้ง ทำได้โดยทำความสะอาดเครื่อง เช็ดผนังภายในให้แห้งสนิท ตรวจสอบข้อต่อต่างๆของเครื่อง ขันเกลียวให้สนิทไม่รั่ว ตรวจสอบหัวฉีดไม่อุดตัน สะอาดไม่มีเศษอาหารติดค้าง สวมชุดแก้วเข้ากับเครื่องเพื่อรองรับอาหารแห้งที่ออกจากเครื่อง เดินเครื่องเพื่อให้ขดลวดร้อนทำงาน และให้ลมหมุนเวียนอุณหภูมิภายในตัวถังต้องควบคุมอยู่ระหว่าง 180-220 °C ลมร้อนออกจากถังประมาณ 80—100 °C ขึ้นกับชนิดของอาหาร สำหรับการทำให้แห้งแครอทอุณหภูมิลมร้อนภายในตัวถังต้องควบคุมอยู่ระหว่าง 135—145 °C อุณหภูมิลมร้อนออกจากตัวถังประมาณ 90—100 °C (Chen and Tang, 1998)

เพียง (2533) ศึกษาการเตรียมสัณสุกอาหารจากธรรมชาติของลำแตง ลูกพุด และครั้ง โดยการพ่นแห้ง พบว่า สารละลายที่เหมาะสมในการสกัดลำแตง คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 3 ในเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ส่วนลูกพุดใช้สารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ในการสกัด และครั้งใช้น้ำในการสกัด ตามลำดับ โดยปริมาณที่ใช้ในการสกัดคือ 15, 30 และ 20 กรัม ตามลำดับ ต่อสารละลาย 100 มิลลิลิตร ในการสกัดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด สารละลายลำแตงใช้เจลาตินร้อยละ 10 ในการพ่นแห้ง สารละลายลูกพุดใช้เจลาตินร้อยละ 5 ในการพ่นแห้ง และสารละลายครั้งใช้มอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 15 และแป้งร้อยละ 5 ในการพ่นแห้ง โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า-ขาออกเท่ากับ 160 – 170 °C

10.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จากการพ่นแห้ง

Master (1991) และสมบัติ (2529) ได้กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จากการพ่นแห้ง ได้แก่

10.3.1 ความเร็วของหัวเหวี่ยง (atomizer speed) ในขณะที่อัตราการป้อนวัตถุดิบคงที่ การเพิ่มความเร็วของหัวเหวี่ยงมีผลทำให้ละอองของเหลวที่ฉีดได้มีขนาดเล็กลงผงที่ได้จะละเอียด และมีความหนาแน่นมาก

10.3.2 ความหนืดของวัตถุดิบ (viscosity) และอุณหภูมิของวัตถุดิบก่อนเข้าทำแห้ง ในกรณีที่หัวเหวี่ยงทำงานด้วยความเร็วคงที่ การเพิ่มความหนืดของวัตถุดิบและการลดอุณหภูมิของวัตถุดิบก่อนเข้าทำแห้ง มีผลทำให้ละอองของเหลวที่ฉีดได้มีขนาดใหญ่ขึ้น การระเหยน้ำเปลี่ยนไป ผงที่ได้มีขนาด และมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

10.3.3 อัตราความเร็วในการป้อนวัตถุดิบ (feed rate) ในกรณีที่หัวเหวี่ยงทำงานด้วยความเร็วคงที่ การเพิ่มอัตราความเร็วในการป้อนวัตถุดิบ จะทำให้ละอองของเหลวที่ฉีดได้มีขนาดใหญ่ขึ้น และผงที่ได้มีขนาดใหญ่หยาบ

10.3.4 ชนิดหัวฉีด (atomizers) การเลือกชนิดของหัวฉีดจะขึ้นกับขนาดของอนุภาคผง และลักษณะการกระจายของขนาดผงที่ต้องการ ถ้าใช้หัวเหวี่ยงแบบโรตารี (rotary atomizers) ขนาดของอนุภาคผงแห้งอยู่ระหว่าง 20–150 ไมครอน และถ้าต้องการผงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถทำได้โดยผลิตในห้องทำแห้งขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าหัวฉีดแบบใช้ความดัน (pressure atomizers) ขนาดของอนุภาคผงแห้งอยู่ระหว่าง 120–300 ไมครอน

10.3.5 ประสิทธิภาพในการทำให้ของเหลวกลายเป็นละอองฝอย ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของหัวเหวี่ยงตั้งแต่ความเร็วในการหมุนของวงล้อหัวเหวี่ยง จำนวนรอบหมุน ลักษณะของใบพัด ลักษณะของปลอกวงล้อ และปริมาณวัตถุดิบที่ป้อนเข้า

10.3.6 อุณหภูมิในการทำแห้ง (drying temperature) การเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าทำแห้ง (inlet air temperature) ในขณะที่ยังคงอัตราการไหลของลมคงที่จะทำให้การระเหยน้ำเพิ่มขึ้น ถ้าอุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าทำแห้งสูงเกินไป ผงที่ได้จะมีความหนาแน่นต่ำ เนื่องจาก

อัตราการระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว พงจะมีลักษณะรูพรุน หรือโปรง การเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนหลังการทำแห้ง (outlet air temperature) ในขณะที่ยังอัตราความเร็วลมคงที่จะทำให้ปริมาณความชื้นของพงที่ได้ลดลง ถ้าต้องการพงที่ได้มีอนุภาคใหญ่เกาะกันเป็นเม็ดจะใช้อุณหภูมิลมร้อนหลังการทำแห้งที่ระดับต่ำ พงที่ได้จะมีคุณสมบัติละลายน้ำง่าย

10.3.7 ทิศทางและอัตราเร็วของลมร้อน อัตราเร็วของลมร้อนเป็นตัวควบคุมระยะเวลาในการทำแห้งของละอองของเหลว ถ้าระยะเวลาในการทำแห้งนานความชื้นในพงที่ได้จะลดลง การลดอัตราความเร็วของลมร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกพงออกจากเครื่องทำแห้ง ส่วนการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของลมร้อนภายในห้องทำแห้งเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงมาก เพราะถ้าทิศทางการไหลของลมร้อนเหมาะสม จะทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดได้เร็วขึ้น โดยทิศทางเคลื่อนที่ของลมร้อนในห้องทำแห้งแบ่งออกเป็น 5 แบบ คือ เคลื่อนที่ขนานตามแนวราบกับละอองของเหลว เคลื่อนที่ลงขนานตามแนวตั้งกับละอองของเหลว เคลื่อนที่ขึ้นขนานตามแนวตั้งกับละอองของเหลว เคลื่อนที่สวนทางตามแนวตั้งกับละอองของเหลว และเคลื่อนที่แบบผสม โดยลมร้อนถูกพ่นเข้าด้านข้างก่อนไปทางด้านบนของห้องทำแห้ง ละอองของเหลวถูกพ่นออกจากด้านบน มีเครื่องดูดอากาศออกทางด้านบน ทำให้ลมร้อนเกิดการผสมวนเวียนกับละอองของเหลวภายในห้องทำแห้ง

10.4 สารตัวกลาง (carrier) เป็นสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นตัวขนส่ง มีคุณสมบัติเป็นตัวพา และมีหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับสารสีก่อนเข้าเครื่องพ่นแห้ง เพื่อประหยัดเวลาในการทำแห้ง และช่วยลดการเกาะติดผนังภายในห้องทำแห้ง ซึ่งสารที่นำมาเติมคือ มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) เป็นผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมกลูโคสที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส หรือ ค่า D.E. (dextrose equivalent) ต่ำกว่า 20 เป็นผงสีขาวมีส่วนผสมของแซคคาไรด์ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแป้ง โดยคือน้ำออกจนกลายเป็นของแข็งปริมาณร้อยละ 95 – 97 ปกติแล้วจะถูกผลิตออกมาอยู่ในรูปของผงแห้งมากกว่าสารละลาย ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวาน มีค่าความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 3.0- 5.0 ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 32 – 36 ปอนด์ต่อตารางฟุต ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 4.0 – 5.5 มีการแบ่งชนิดตามค่าสมมูลเดกซ์โทรส หรือค่า D.E. ซึ่งเป็นค่าร้อยละ โดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่ในตัวอย่างเมื่อใช้วิธีการตรวจวัดโดยวิธีรีดักชัน มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า D.E. ต่ำ จะมีค่าการดูดความชื้นต่ำ และค่าการละลายจะน้อยลง แต่การใช้มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า D.E. สูง จะมีค่าการดูดความชื้นสูงขึ้น และค่าการละลายเพิ่มขึ้น แต่บางครั้งอาจทำให้สารสีที่ถูกเติมเกิดความขุ่นได้ และมีผลทำให้มีความหนืดลดลง (Walance, 1973; สมบัติ, 2529)

10.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง (รุ่งนภา, 2540)

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการถนอมและแปรรูปด้วยการทำแห้งมาแล้วจำเป็นต้องมีการเก็บรักษาไว้ก่อนที่จะนำมาบริโภค ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นั้นอาจมีการเสื่อมเสีย เช่น การเสื่อมเสียคุณภาพของสี กลิ่นรส และการเสื่อมเสียเหล่านี้มีผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นระหว่างเก็บรักษา ดังนั้นจึงควรทราบปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง และวิธีการควบคุมปัจจัยดังกล่าวเพื่อให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น

10.5.1 ชนิดและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งประเภทที่ประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอะมิโนโปรตีนสูง จะทำให้มีการเสื่อมเสียคุณภาพได้มากจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาล ความชื้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นชั้นและผิวกว้างมีความชื้นต่ำ เมื่อเก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติซึ่งมีความชื้นในบรรยากาศสูงกว่าผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำจากภายนอกดูดซึมเข้าไปในผลิตภัณฑ์ได้ดี จึงทำให้เกิดการเกาะกลุ่มเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ เมื่อดูดซึมน้ำเข้าไปมากจะทำให้อาหารผงเหนียวสูญเสียสภาพการเป็นอาหารผงได้

10.5.2 สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แห้ง ควรคำนึงถึง

10.5.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ เช่น สภาพแวดล้อมในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งสูง จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งดูดความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียได้

10.5.2.2 ออกซิเจนในบรรยากาศ อาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารเคมีหรือสารอาหารในผลิตภัณฑ์ เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นหืน

10.5.2.3 อุณหภูมิและแสงในขณะที่เก็บรักษา เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้อายุการเก็บสั้นลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาต่างๆที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพจะเกิดได้เร็วขึ้น เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเปลี่ยนแปลงของเม็ดสี และการเสื่อมเสียวิตามินบางชนิด เป็นต้น ดังนั้นควรป้องกันโดยเก็บในที่ที่มีความชื้นต่ำ ความชื้น

ผลิตภัณฑ์ประมาณร้อยละ 1 จะสามารถเก็บได้นาน 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 38°C การใช้ซิลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสี

10.5.2.4 สัตว์ แมลง จุลินทรีย์ และสิ่งปนเปื้อนต่างๆในสภาพที่เก็บรักษา เช่น หนู และแมลงไปกัดแทะผลิตภัณฑ์ให้เกิดความเสียหาย

10.5.2.5 คุณสมบัติของภาชนะบรรจุโดยทั่วไปภาชนะที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งนั้นควรป้องกันความชื้น แสง อากาศ ฝุ่นละออง จุลินทรีย์แมลง และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆได้ มีความคงทน มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม ปลอดภัย และมีราคาที่เหมาะสมกับมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่มาบรรจุซึ่งภาชนะที่นำมาบรรจุผลิตภัณฑ์แห้งนั้นมีหลายประเภท เช่น ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน, ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน, ขวดแก้วสีชา, ถุงพลาสติกที่ประกบกันระหว่างพลาสติกต่างชนิดกัน คือ ถุงลามิเนตของอะลูมิเนียมและพลาสติก (aluminum foil) ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและก๊าซได้ ปลอดภัยในการใช้ มีความคงทนต่ออุณหภูมิสูง และต่ำได้ดี ใช้วัสดุที่หาง่ายและราคาไม่แพง

11. การทดสอบผู้บริโภค

การทดสอบผู้บริโภคเป็นการทดสอบความชอบ หรือการยอมรับของผู้บริโภค เป็นการวัดความชอบจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึก (ไพโรจน์, 2539) การทดสอบผู้บริโภคควรมีความเข้าใจถึงความรู้สึกของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่ได้เป็นความรู้สึกของผู้บริโภคจากใจจริงโดยไม่สามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะตัวในส่วนลึกของผลิตภัณฑ์ได้ ผู้บริโภคจะเรียนรู้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เทียบกับผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นหรืออาศัยประสบการณ์จากอดีต จึงจำเป็นต้องใช้ผู้บริโภคที่เป็นตัวแทนเชิงสถิติที่เลือกจากประชากรทั้งหมดในตลาดจำนวนที่มากพอ เพื่อให้ได้ค่าสรุปและผลในการวิเคราะห์เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้ในการศึกษานั้นอาจเป็นกลุ่มผู้บริโภคสุดท้าย หรือผู้บริโภคที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมก็ได้ขึ้นอยู่กับตลาดของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นตลาดผลิตภัณฑ์ชนิดใด (ศิริวรรณ และคณะ, 2541)

ในการทดสอบผู้บริโภค ผู้บริโภคจะรู้สึกชอบผลิตภัณฑ์ได้ 2 แบบ คือ ความชอบเชิงเปรียบเทียบ เช่น การชอบผลิตภัณฑ์ A มากกว่าผลิตภัณฑ์ B เป็นต้น การรู้สึกชอบแบบนี้สามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจสอบตามวิธีการที่เรียกว่า การตรวจสอบความชอบ (preference tests) ส่วนความรู้สึกชอบอีกแบบหนึ่ง คือ ความชอบในเชิงปริมาณ หรือการยอมรับ เช่น รู้สึกชอบ

ผลิตภัณฑ์ A มาก รู้สึกชอบผลิตภัณฑ์ B น้อย หรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์ C เป็นต้น การรู้สึกชอบแบบนี้สามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจสอบวิธีการที่เรียกว่า การตรวจสอบการยอมรับ (acceptance tests) ผลการตรวจสอบทั้งสองแบบนี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่มีการยอมรับมากกว่าผู้ทดสอบจะต้องชอบมากกว่าอย่างแน่นอน (ณรงค์, 2537)

การตรวจสอบความชอบ และการยอมรับ นอกจากจะทำได้โดยการทดสอบผู้บริโภคแล้ว (consumer test) แล้วอาจทำได้โดยการสำรวจ (consumer survey) สิ่งที่แตกต่างกันสำหรับ 2 วิธีดังกล่าว คือ การสำรวจผู้บริโภคจะใช้เฉพาะผู้ที่เคยบริโภคเท่านั้น การตรวจสอบแบบนี้ไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างเพื่อแจกให้ผู้บริโภค จะถือว่าผู้บริโภคได้ผ่านการเลือกซื้อและบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสำรวจมาบ้างแล้ว ส่วนการทดสอบผู้บริโภคนั้นจำเป็นต้องมีการเตรียมตัวอย่างเพื่อแจกให้ผู้ทดสอบนำไปทดสอบ ซึ่งมี 3 แบบ คือ การออกไปทดสอบกับผู้บริโภคโดยตรง (field test, conventional test) เป็นการตรวจสอบความชอบหรือการยอมรับภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นจริง อาจเป็นการจัดตั้งจุดตรวจสอบในตลาด (marketplace test) หรือการจัดตั้งศูนย์ตรวจสอบ (central location test) ซึ่งผู้บริโภคทั้งหมดจะถูกกำหนดให้รวมตัวกันที่หนึ่งเป็นศูนย์ เช่น ในโรงอาหารของโรงเรียนเพื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ภายใต้การดูแล และการควบคุมของผู้ดำเนินการทดสอบ แบบที่ 2 คือ การแจกตัวอย่างให้กับผู้บริโภคไปใช้ที่บ้าน (home use test) ซึ่งผลิตภัณฑ์จะถูกให้กับผู้บริโภค เพื่อประเมินในวิถีทางที่ปกติผู้บริโภคใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจริงตามบ้านโดยปกติวิสัยของการใช้ ซึ่งอาจอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ก็ได้ระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และแบบสุดท้าย คือ การตั้งร้านทดลองจำหน่าย (pretest market test) (ณรงค์, 2537; ไพโรจน์, 2539)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

แคโรทีนอยด์สังเคราะห์ได้จากมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และแคโรทีนนำเข้าพันธุ์แซนทีเน่ จากห้างสรรพสินค้าคาร์ฟูร์ สาขาบางปะกอก เลือกเฉพาะส่วนของโพลีเอม และไซเล็ม ซึ่งเป็นส่วนที่มีสารแคโรทีนอยด์มาก

2. สารเคมี

- 2.1 แอซีโตน (acetone acid) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.2 เฮกเซน (hexane) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.3 แมกนีเซียมคาร์บอเนต (magnesium carbonate) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.4 โซเดียมไบซัลไฟต์ (sodiumbisulfite) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 50 (50 % sodiumhydroxide) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.6 ฟีนอล์ฟทาเลิน (phenolphthalene) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.7 กรดซิตริกร้อยละ 50 (50 % citric acid) (MERCK, ประเทศเยอรมนี)
- 2.8 เพกทินเอส (pectinex^R Ultra SP-L) และ เซลลูเลส (celluclast^R) (NOVOZYMES, ประเทศสวีเดน)
- 2.9 แอนไฮเดรต โซเดียมซัลเฟต (anhydrous sodiumsulphate)
- 2.10 ดั้วดูดซับ (absorbent-activated magnesia) diatomaceous earth-hyflo super cel

3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.1 เครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500 d (Minolta, ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.2 เครื่องพ่นแห้ง (spray dryer) ออกแบบโดย นายบุญชัย หฤทัยนาสันดี

- 3.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 115-E2 with R3-controller (BINDER GmbH, ประเทศเยอรมนี)
- 3.4 เครื่องบดเนกประสงค์ (moulinex) (บริษัทเฮกเกอร์เมเยอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ)
- 3.5 เครื่องชั่งละเอียด ยี่ห้อ Presica รุ่น XT 220 A (Precisa Instruments AG, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- 3.6 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส ยี่ห้อ TOA รุ่น HM-16S (Electronics Co. Ltd., ประเทศญี่ปุ่น)
- 3.7 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity : a_w) thermoconstanter ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH 200 (Novasina, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)
- 3.8 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Memmert รุ่น Schutzart DIN 40050 - IP 20 (Mettler, ประเทศเยอรมนี)
- 3.9 เครื่องคน (stirrer)
- 3.10 เครื่องปิดผนึก
- 3.11 หลอดโครมาโทกราฟีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณบีตาแคโรทีน
- 3.12 เครื่องแก้ว และอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการเคมี, จุลินทรีย์ และแปรรูป

วิธีการ

1. การศึกษาพฤติกรรมในการบริโภคอาหารที่มีสารสีธรรมชาติ และความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติจากแครอทผงในอุตสาหกรรมอาหาร

เก็บข้อมูลด้วยวิธีการสำรวจ โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) ร่วมกับการสัมภาษณ์ ใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้อง โดยสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มง่าย (simple random sampling) ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 250 คน ซึ่งคำนวณได้จาก $n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$ (Tuckman, 1978) แบ่งได้ดังนี้

1. ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 150 คน แบ่งตามกลุ่มอายุในแบบสอบถาม
 2. ผู้ที่ใช้สารสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร จำนวน 50 คน แบ่งตามประเภทของผลิตภัณฑ์อาหาร
 3. ผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหาร จำนวน 32 คน หรือผู้ผลิตสี หรือผู้นำเข้าสี หรือผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร จำนวน 18 คน
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และประเมินผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และเปรียบเทียบราคาของแครอทสดทั้งในประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน)

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และเปรียบเทียบราคาของแครอทสดทั้งในประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน) เพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพที่เหมาะสมในการผลิตผงสี โดยนำแครอทมาล้าง ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น และบดให้ละเอียด วิเคราะห์คุณภาพดังนี้ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และปริมาณบีตาแคโรทีน ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) (ภาคผนวก ก) และเปรียบเทียบราคา คัดเลือกวัตถุดิบที่มีปริมาณบีตาแคโรทีนสูงที่สุด และราคาต่ำที่สุดเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตผงสีต่อไป

3. การศึกษาผลของปัจจัยในการลวกแครอทด้วยน้ำร้อน (water blanching) และไอน้ำ (steam blanching)

ศึกษาผลของปัจจัยในการลวกแครอทด้วยน้ำร้อน 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ และระยะเวลา เพื่อเตรียมแครอทสำหรับการสกัดสีด้วยเอนไซม์ จัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้

อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 50, 70 และ 90°C (Mayer and Spie, 2003) โดยใช้ไอน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ

ระยะเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 15 นาที

ศึกษาปัจจัยในการลวกด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 100°C

ระยะเวลาที่ศึกษา 5 ระดับ ได้แก่ 3, 6, 9, 12 และ 15 นาที

โดยใส่น้ำในรังถึงร่อนน้ำเดือดจึงใส่ตัวอย่างบนรังถึงที่มีผ้าในลอนปูปิดฝาและจับเวลา (สิริมา, 2541) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์

เตรียมแครอทสดโดยล้าง ปอกเปลือก หั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ 0.5x0.5x0.5 เซนติเมตร³ ครั้งละ 200 กรัม แช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Zhao and Chang, 1995) นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปผ่านสภาวะต่างๆดังกล่าวข้างต้น และสิ่งทดลองควบคุม จากนั้นทำให้เย็น โดยแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 5°C ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นาน 5 นาที ที่ทำให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงนาน 5 นาที (สิริมา, 2541) ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.1 ปริมาณปิตาแครอทิน คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990) (ภาคผนวก ก)

3.1.2 ค่าสี วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hunter and Harod, 1987)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของดันแคน (Duncan's new multiple's range test) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปริมาณปีดาแคروتินสูงที่สุด นำไปศึกษาสภาวะการสกัดด้วยเอโนไซม์ต่อไป

4. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีจากแคروتด้วยเอโนไซม์

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแคروتด้วยเอโนไซม์ ตามวิธีของ Cinar (2004) ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสี มีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ระดับความเป็นกรด-เบส, อุณหภูมิในการบ่มแคروت, ความเข้มข้นของเอโนไซม์เพกทิเนส, ความเข้มข้นของเอโนไซม์เซลลูเลส, ความเข้มข้นของเอโนไซม์เพกทิเนส และเอโนไซม์เซลลูเลส (อัตราส่วน 1:1) ระยะเวลาในการสกัดด้วยเครื่องคน ที่อุณหภูมิ 50 °C วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล แอนด์ เบอร์แมน (plackett and burman design) เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีจาก 6 ปัจจัย ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะศึกษาในระดับต่ำ และระดับสูง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปัจจัย และระดับที่ใช้ในการสกัดสีจากแคروتด้วยเอโนไซม์

ปัจจัย	ระดับสูง (+)	ระดับต่ำ (-)
A : ระดับความเป็นกรด-เบส	6.0	3.5
B : อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม (°C)	60.0	35.0
C : ความเข้มข้นของเอโนไซม์เพกทิเนส (ร้อยละ)	1.0	0.1
D : ความเข้มข้นของเอโนไซม์เซลลูเลส (ร้อยละ)	1.0	0.1
E : ความเข้มข้นของเอโนไซม์ผสม (เพกทิเนส : เซลลูเลส = 1 : 1) (ร้อยละ)	1.0	0.1
F : เวลาในการสกัด (นาที)	120.0	60.0

ซึ่งในการคัดเลือกปัจจัย 6 ปัจจัย ต้องเลือกแบบแผนมาตรฐาน (N) ที่มากกว่าจำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา คือ N = 12 เพื่อสร้างปัจจัยสมมติ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (significant of effect) จะมีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 12 สิ่งทดลอง โดยที่เครื่องหมาย (+) แสดงถึงปัจจัยในระดับสูง และเครื่องหมาย (-) แสดงถึงปัจจัยในระดับต่ำ แผนผังการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แผนผังการทดลองแบบแฟกทอเรียล แอนด์ เบอร์แมนสำหรับการสกัดสีจากแครอทด้วย เอนไซม์

สิ่งทดลอง	ลำดับการสุ่ม	ปัจจัยที่ต้องการคัดเลือก							ปัจจัยสมมติ				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	2	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
2	6	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	
3	11	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	
4	9	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	
5	4	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	
6	1	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	
7	7	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	
8	12	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	
9	10	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	
10	8	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	
11	5	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	
12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

ที่มา: อนุวัตร (2546)

นำตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่คัดเลือกจากข้อ 3 มาบดให้ละเอียด เตรียมในอัตราส่วนของแครอทต่อน้ำ (1:10) คือใช้แครอท 10 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ศึกษาสภาวะต่างๆดังกล่าวข้างต้น และมีสิ่งทดลองที่ไม่ใช่เอนไซม์ในการสกัดเป็นสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 7) ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพ

4.1.1 ปริมาณผลผลิตที่ได้ (% yield) ของน้ำแครอท ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C.

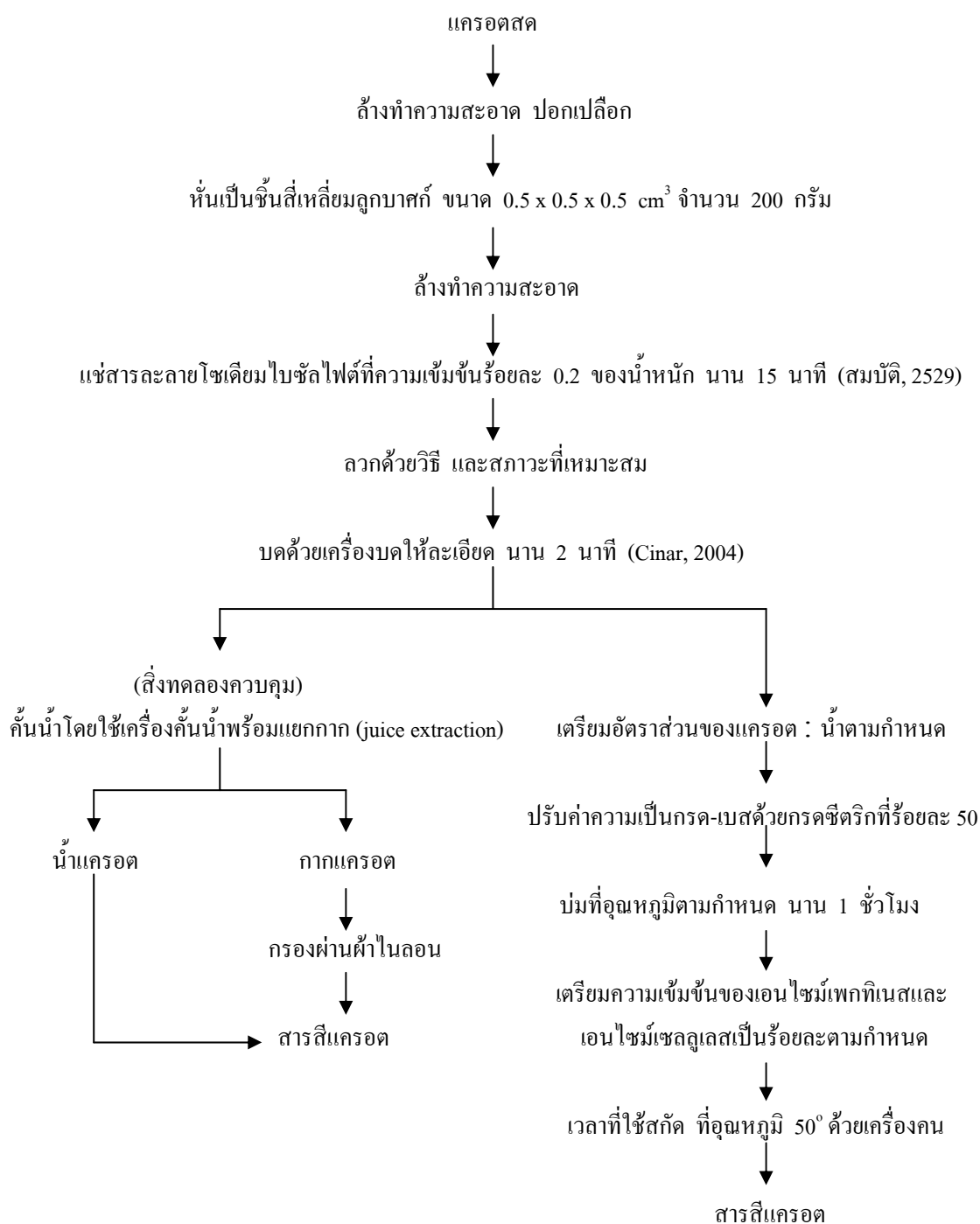
(1990) (ภาคผนวก ก)

4.1.2 ปริมาณบีตาแคโรทีน ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990) (ภาคผนวก ก)

4.1.3 ค่าสี วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

(Hunter and Harod, 1987)

วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของคันทัน แคนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS คัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสี เพื่อนำไปศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีด้วยเอนไซม์



ภาพที่ 7 วิธีการสกัดสีจากแครอตด้วยเอนไซม์

5. การศึกษาระดับความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส ที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ที่คัดเลือกได้จากแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล แอนด์ เบอร์แมนในข้อ 4 มาจัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ดังนี้

ระดับความเป็นกรด-เบส 3 ระดับ ได้แก่ 2.5, 3.5 และ 4.5

ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5

นำตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่เหมาะสมแล้วมาบดให้ละเอียด เตรียมในอัตราส่วนของแครอทต่อน้ำ (1:10) คือใช้แครอท 10 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ศึกษาตามสภาวะดังกล่าวข้างต้น โดยบ่มแครอทที่อุณหภูมิ 35°C ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์เพกทิเนส และใช้ระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ด้วยเครื่องคน ที่อุณหภูมิ 50°C ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 4.1 คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนสูงที่สุด

5.1 การศึกษาระดับความเป็นกรด-เบสที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ศึกษาระดับความเป็นกรด-เบสเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้ ระดับความเป็นกรด-เบส 3 ระดับ ได้แก่ 2.0, 2.5 และ 3.0

นำตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่เหมาะสมแล้วมาบดให้ละเอียด เตรียมในอัตราส่วนของแครอทต่อน้ำ (1:10) คือใช้แครอท 10 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ศึกษาตามสภาวะดังกล่าวข้างต้น โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.5 บ่มแครอทที่อุณหภูมิ 35°C ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์เพกทิเนส และใช้ระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ด้วยเครื่องคน ที่อุณหภูมิ 50°C ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 4.1 คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนสูงที่สุด

5.2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยวางแผนการทดลองกลุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.3, 0.4 และ 0.5

นำตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่เหมาะสมแล้วมาบดให้ละเอียด เตรียมในอัตราส่วนของแครอท ต่อ น้ำ (1:10) คือใช้แครอท 10 กรัม ต่อ น้ำ 100 มิลลิลิตร ปรับระดับความเป็นกรด-เบสให้ได้ 2.5 ศึกษาตามสภาวะดังกล่าวข้างต้น บ่มแครอทที่อุณหภูมิ 35 °C ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์เพกทิเนส และใช้ระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ด้วยเครื่องคน ที่อุณหภูมิ 50 °C ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 4.1 คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปริมาณผลผลิต และปริมาณปิตาแครอทที่สูงที่สุด

6. การศึกษาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์จะใช้ระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ด้วยเครื่องเครื่องคน ที่อุณหภูมิ 50 °C ซึ่งเป็นระยะเวลาในระดับต่ำในแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล แอนด์ เบอร์แมน ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับระยะเวลาในระดับสูง 120 นาที เพื่อประหยัดเวลาในการสกัด และหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสี จึงจัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล 3² ในแผนการทดลองกลุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ดังนี้

ระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 45, 50 และ 55 °C

ระยะเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 45, 60 และ 75 นาที

นำตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่เหมาะสมแล้วมาบดให้ละเอียดเตรียมในอัตราส่วนของแครอทต่อ น้ำ (1:10) คือใช้แครอท 10 กรัมต่อ น้ำ 100 มิลลิลิตร ศึกษาตามสภาวะดังกล่าวข้างต้น โดยบ่มแครอทที่อุณหภูมิ 35 °C ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 4.1 คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปริมาณผลผลิต และปริมาณปิตาแครอทที่สูงที่สุด

7. การศึกษาอัตราส่วนของแคโรตต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแคโรตด้วยเอนไซม์

ศึกษาอัตราส่วนของแคโรตต่อน้ำที่เหมาะสม ในการสกัดสีจากแคโรตด้วยเอนไซม์ โดยวางแผนการทดลองสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้

อัตราส่วนของแคโรต ต่อ น้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1: 8, 1: 10 และ 1:12

นำตัวอย่างที่ผ่านการลวกที่เหมาะสมแล้วมาบดให้ละเอียด เตรียมในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น โดยบ่มแคโรตที่อุณหภูมิ 35 °C ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 4.1 คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนสูงที่สุด

8. การศึกษาการทำแห้งสารสีที่สกัดโดยวิธีการพ่นแห้ง (Spray drying)

นำสารสีที่สกัดได้จากแคโรต ไปวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัม นำมาระเหยน้ำจนแห้งด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ และอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 °C ชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990) เดิมมอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า D.E. 10 เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งในปริมาณร้อยละ 10 ของสารละลาย ซึ่งมอลโทเดกซ์ทริน D.E. 10 ที่ใช้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.2 ค่าความหนาแน่น 34 ปอนด์ต่อตารางฟุต ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 4.7 จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และนำไปผ่านกระบวนการพ่นแห้ง ควบคุมให้อุณหภูมิของสารละลายสีก่อนการทำแห้งเท่ากับ 45 °C เป็นเวลา 15 นาที ความดันของลมที่หัวเหวี่ยง 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือคิดเป็นความเร็วของหัวเหวี่ยง 25,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าทำแห้ง 135-145 °C และหลังทำแห้ง 90-100 °C (Chen and Tang, 1998) ใช้หัวฉีดความดัน (pressure nozzles) และนำผงสีที่ผลิตได้ไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

8.1 การวิเคราะห์คุณภาพ

8.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) โดยชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร โดยนำมาระเหยน้ำจนแห้งด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ และอบต่อในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 °C นำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณเป็นปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990)

8.1.2 ปริมาณบีตาแคโรทีน คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990) (ภาคผนวก ก)

8.1.3 ค่าสี วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hunter and Harod, 1987)

8.1.4 การละลาย (solubility) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องคนทีระดับ 5 บันทึกลงเป็น เวลา 90 วินาที แบ่งสารละลายจำนวน 10 มิลลิลิตร นำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 ซึ่งทราบน้ำหนักคงที่แล้ว ค่าการละลายเปรียบเทียบกับจำนวนตะกอนที่เหลืออยู่หลังจาก หักน้ำหนักกระดาษกรองออกแล้วเป็นกรัม (Al-kahtani and Hasson, 1990)

9. การศึกษาการผลิตผงสีจากแคโรทีนผ่านกระบวนการพ่นแห้ง ในระดับนำร่อง (pilot plant scale)

นำผงสีแคโรทีนผ่านกระบวนการพ่นแห้งที่มีสภาวะที่เหมาะสมมาผลิตในระดับนำร่อง วิเคราะห์คุณภาพผงสี ทางกายภาพ, เคมี และทางจุลินทรีย์ ดังนี้

9.1 การวิเคราะห์คุณภาพผงสี (Al-kahtani and Hasson, 1990)

9.1.1 ปริมาณความชื้นตามวิธีของ A.O.A.C. (1990)

9.1.2 ค่าสี วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hunter and Harod, 1987)

9.1.3 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีด้วยเครื่องเทอร์โมคอนสแตนต์เตอร์

9.1.4 ปริมาณบีตาแคโรทีน คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990) (ภาคผนวก ก)

9.1.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ละลายในน้ำ กลั่นและปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร นำมากระเหยน้ำจนแห้งด้วยอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ และอบต่อในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105°C นำไปชั่งน้ำหนัก คำนวณเป็นปริมาณร้อยละของแข็งที่ ละลายได้ทั้งหมด คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990)

9.1.6 ความเป็นกรด (acidity) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตร เท่ากับ 100 มิลลิลิตร แบ่งสารละลายที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนสีจางลง และทำการไตเตรท ด้วยสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะได้สีชมพูอ่อน (คัดแปลง จาก A.O.A.C., 1995) โดยค่าความเป็นกรดเท่ากับ

จำนวนของเบส (มิลลิลิตร) x Normality x 70 x 100

1000 x น้ำหนักผงสี (กรัม)

9.1.7 ความเป็นกรด-เบส (pH) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิเมตร วัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส

9.1.8 การดูดความชื้น (hygroscopicity) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ลงในจาน (plate) บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นแล้วตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง โดยควบคุมอุณหภูมิ 27 °C บันทึกน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 นาที และบันทึกน้ำหนักสุดท้าย เมื่อเวลาผ่านไป 360 นาที เพื่อเปรียบเทียบ

9.1.9 ค่าความหนาแน่น (bulk density) โดยชั่งน้ำหนักผงสีบรรจุลงในกระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร ยกขึ้นสูงจากเดิม 10 เซนติเมตร ภายในเวลา 1 วินาที โดยไม่ให้กระบอกตวงเหวี่ยงหรือสะบัด ลดกระบอกตวงลงมาที่ตำแหน่งเดิมภายใน 1 วินาที แล้วหมุนกระบอกตวงไปประมาณ 10 องศา ทำซ้ำ 15 ครั้งแล้วอ่านปริมาตรของตัวอย่าง บันทึกค่าของปริมาตรของผงสี ค่าความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร) เท่ากับ อัตราส่วนของน้ำหนักผงสี (กรัม) ต่อปริมาตรของผงสีหลังการสั่น (มิลลิลิตร) (ดัดแปลงจาก มอก. 1142-2536)

9.1.10 การละลาย (solubility) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องคนทีระดับ 5 บันทึกเป็นเวลา 90 วินาที แบ่งสารละลายจำนวน 10 มิลลิลิตร นำมากรองด้วยกระดาษกรอง what man เบอร์ 4 ซึ่งทราบน้ำหนักคงที่แล้ว ค่าการละลายเปรียบเทียบจากจำนวนตะกอนที่เหลืออยู่หลังจากหักน้ำหนักกระดาษกรองออกแล้วเป็นกรัม

9.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (A.O.A.C., 1990)

9.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

9.2.2 จำนวนยีสต์และรา

9.2.3 *Coliform*

9.2.4 *Staphylococcus aureus*

10. การศึกษาความคงตัวของผงสีจากแคโรต

นำผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตในระดับนำร่องบรรจุในถุงอะลิเนียมฟอยล์ ปิดผนึกให้สนิทภายใต้ความดันปกติ มาศึกษาความคงตัว โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ

(Tadao and Yoshio, 1998) เก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ (Chen and Tang, 1998) มาวิเคราะห์คุณภาพผงสี ดังนี้

10.1 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีด้วยเครื่องเทอร์โมคอนสแตนต์เตอร์

10.2 ปริมาณบีตาแคโรทีน คัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (1990) (ภาคผนวก ก)

10.3 ค่าสี วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และ ΔE^* ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hunter and Harod, 1987)

10.4 การละลาย (solubility) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องคนทีระดับ 5 บันทึกเป็น เวลา 90 วินาที แบ่งสารละลายจำนวน 10 มิลลิลิตร นำมากรองด้วยกระดาษกรอง what man เบอร์ 4 ซึ่งทราบน้ำหนักคงที่แล้ว ค่าการละลายเปรียบเทียบจากจำนวนตะกอนที่เหลืออยู่หลังจาก หักน้ำหนักกระดาษกรองออกแล้วเป็นกรัม (Al-kahtani and Hasson, 1990)

10.5 การดูดความชื้น (hygroscopicity) ชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ลงในงาน (plate) บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นแล้วตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง โดยควบคุมอุณหภูมิ 27°C บันทึกน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 นาที และบันทึกน้ำหนักสุดท้าย เมื่อเวลาผ่านไป 360 นาที เพื่อเปรียบเทียบ (Al-kahtani and Hasson, 1990)

วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ สิ่งทดลองโดยวิธีของคันทัน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อศึกษาความคงตัวของผงสีระหว่าง เก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

11. การศึกษาความคงตัวของผงสีต่อความเป็นกรด-เบส และความร้อน และคุณสมบัติการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

11.1 การศึกษาความคงตัวของผงสีความเป็นกรด-เบส และความร้อน

เตรียมสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตโดยชั่งน้ำหนักผงสี 10 กรัม ละลาย ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปศึกษาผลของระดับความเป็นกรด-เบส โดยเตรียมสารละลายที่ ความเป็นกรด-เบส 3.0, 5.0, 7.0 และ 9.0 โดยปรับระดับความเป็นกรด-เบสด้วยสารละลายกรดซี ตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 (Sim, *et al.*, 1993) และศึกษาระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาโดยผ่านกระบวนการให้ความร้อน 2

รูปแบบ ได้แก่ พาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 30 นาที และสเตอริไลซ์ (sterilization) ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที (Michaela *et al.*, 2003) เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง วิเคราะห์คุณภาพค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h , ΔE^* และปริมาณบีตาแคโรทีน

วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธีของคันทนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อศึกษาความคงตัวของผลผลิตที่ได้

11.2 การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

นำผลผลิตที่ได้มาเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ น้ำสลัด และโยเกิร์ต ในอัตราส่วนที่เหมาะสม วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h บันทึกคุณสมบัติ, วิธีการนำไปใช้ของผลผลิต และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ได้เติมผลผลิตธรรมชาติจากแครอท เพื่อนำไปทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ผลผลิตที่ได้จากแครอทในน้ำสลัด และโยเกิร์ต

11.3 การทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ผลผลิตในผลิตภัณฑ์อาหาร

ศึกษาการยอมรับ (ณรงค์, 2537) ผลิตภัณฑ์ผลผลิตจากแครอทโดยวิธีใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) โดยสอบถามผู้ใช้สีผสมอาหารทางอุตสาหกรรมอาหารจำนวน 2 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์โรงงานเพียวฟู้ดส์ และโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เพื่อทดสอบการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมผลผลิตจากแครอท, คุณภาพของผลผลิตจากแครอทหลังทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร, แนวทางในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และราคาที่สามารถจำหน่าย โดยให้ตัวอย่างผลผลิตและแบบสอบถามแก่ผู้ให้พร้อมแนะนำวิธีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

12. สถานที่ และระยะเวลาทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2547 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2548

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาพฤติกรรมในการบริโภคอาหารที่มีสารสีธรรมชาติ และความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติจากแครอทผงในอุตสาหกรรมอาหาร

จากการศึกษาพฤติกรรมจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้อง โดยวิธี สุ่มตัวอย่างแบบสุ่มง่าย (Simple Random Sampling) จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป และผู้ที่เกี่ยวข้อง ในการใช้สารสีผสมอาหาร ได้แก่ ร้านค้าทั่วไป, โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร และบริษัทผู้ผลิตสี, ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร จำนวน 250 คน ซึ่งคำนวณได้จาก $n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$

(Tuckman, 1978) ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยใช้การสัมภาษณ์ และแบบสอบถาม 2 ชุด ซึ่ง แยกเป็นชุดที่ 1 สำหรับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 150 ชุด และชุดที่ 2 สำหรับผู้ใช้สารสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทร้านค้าทั่วไป จำนวน 50 คน ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร จำนวน 32 คน และบริษัทผู้ผลิตสี, ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร จำนวน 18 คน สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับ

- 1.) ลักษณะทางประชากรศาสตร์
- 2.) พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบ
- 3.) พฤติกรรมการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหารของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร และบริษัทผู้ผลิต, ผู้นำเข้า และจำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล
- 4.) ความคิดเห็นต่อการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหารของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร และบริษัทผู้ผลิต, ผู้นำเข้า และจำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

1.1 การสำรวจลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสำรวจผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถามชุดที่ 1 กับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 150 คน สุ่มตัวอย่างโดยแบ่งตามระดับอายุ 4 ระดับแตกต่างกัน ดังนี้ น้อยกว่า 20 ปี, 20 - 30 ปี 31 - 45 ปี และมากกว่า 45 ปี ผลการสำรวจ (ตารางที่ 9) พบว่า ผู้บริโภคที่สำรวจเป็นผู้หญิง และชายคิดเป็นร้อยละ 56.7 และ 43.3 ตามลำดับ ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี รองลงมาเป็นปวส./ อนุปริญญา, มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช., สูงกว่าปริญญาตรี, น้อยกว่าหรือ

ตารางที่ 9 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป และผู้ที่
เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร

		n = 250	
ลักษณะทางประชากรศาสตร์		ความถี่ (ร้อยละ)	
		ผู้บริโภคทั่วไป	ผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้ สารสีผสมอาหาร
เพศ	หญิง	56.7	55.0
	ชาย	43.3	45.0
อายุ	น้อยกว่า 20 ปี	25.3	0.0
	21 – 30 ปี	24.7	51.0
	31- 45 ปี	24.7	36.0
	มากกว่า 45 ปี	25.3	13.0
ระดับการศึกษา	น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา	4.7	3.0
	มัธยมศึกษาตอนต้น	3.3	7.0
	มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	12.7	17.0
	ปวส. / อนุปริญญา	14.0	26.0
	ปริญญาตรี	56.0	42.0
	สูงกว่าปริญญาตรี	9.3	5.0
รายได้ต่อเดือน	น้อยกว่า 5,000 บาท	29.3	4.0
	5,001– 10,000 บาท	27.3	43.0
	10,001-15,000 บาท	26.7	36.0
	15,001– 20,000 บาท	11.3	6.0
	สูงกว่า 20,000 บาท	5.3	11.0
อาชีพ	นักเรียน / นิสิต / นักศึกษา	46.0	0.0.
	พนักงานบริษัทเอกชน	13.3	50.0
	ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว	6.7	50.0
	ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ	26.7	0.0
	แม่บ้าน	7.3	0.0

เท่ากับประถมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 56.0, 14.0, 12.7, 9.3, 4.7 และ 3.3 ตามลำดับ รายได้ของผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน น้อยกว่า 5,000 บาท, รองลงมาเป็น 5,001 - 10,000 บาท, 10,001 - 15,000 บาท, 15,001 - 20,000 บาท และสูงกว่า 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.3, 27.3, 26.7, 11.3 และ 5.3 ตามลำดับ อาชีพของผู้บริโภค ได้แก่ นิสิต / นักศึกษา, ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ, พนักงานบริษัทเอกชน, แม่บ้าน, ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 46.0, 26.7, 13.3, 7.3 และ 6.7 ตามลำดับ และจากการสำรวจผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทร้านค้าทั่วไป จำนวน 50 คน โดยแบ่งตามประเภทผลิตภัณฑ์อาหารดังนี้ เครื่องดื่มจำนวน 8 คน, ขนมหวานจำนวน 8 คน, ขนมไทยจำนวน 9 คน, ขนมอบจำนวน 9 คน, ผลิตภัณฑ์นมจำนวน 8 คน และอาหารคาวจำนวน 8 คน, โรงงานอุตสาหกรรมอาหารจำนวน 32 คน และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารจำนวน 18 คน ผลการสำรวจ (ตารางที่ 9) พบว่า ผู้บริโภคที่สำรวจเป็นหญิง และชาย คิดเป็นร้อยละ 55.0 และ 45.0 ตามลำดับ ระดับอายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วงช่วงอายุ 21 - 30 ปี รองลงมาอยู่ในช่วง 31 - 45 ปี และมากกว่า 45 ปี คิดเป็นร้อยละ 51.0, 36.0 และ 13.0 ตามลำดับ ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี รองลงมาเป็นปวส. / อนุปริญญา, มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช., มัธยมศึกษาตอนต้น, สูงกว่าปริญญาตรี, น้อยกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 42.0, 26.0, 17.0, 7.0, 5.0 และ 3.0 ตามลำดับ รายได้ของผู้บริโภคส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 50,001 - 10,000 บาท รองลงมาเป็น 10,001 - 15,000 บาท, สูงกว่า 20,000 บาท, 15,001 - 20,000 บาท และน้อยกว่า 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 43.0, 36.0, 11.0, 6.0 และ 4.0 ตามลำดับ ด้านอาชีพแบ่งเป็นค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว และพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 50 และ 50 ตามลำดับ

1.2 การสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบ

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบ (ตารางที่ 10) พบว่า สีส่นในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 41.3 รองลงมา คือ ระดับสูง, สูงมาก, น้อย คิดเป็นร้อยละ 36.7, 12.0 และ 10.0 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภครับประทานส่วนใหญ่ผู้บริโภคเป็นผู้ซื้อเอง คิดเป็นร้อยละ 98.0 และผู้อื่นซื้อให้ เช่น แม่บ้าน หรือผู้ปกครอง คิดเป็นร้อยละ 2.0 ส่วนประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมสารสีผสมอาหารที่ผู้บริโภครับประทานบ่อยที่สุด คือ เครื่องดื่ม เช่น น้ำอัดลม, น้ำหวานเข้มข้น, น้ำผลไม้ เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 22.7 รองลงมาคือ ขนมอบ เช่น เค้ก, ขนมปัง, เวเฟอร์ เป็นต้น, อาหารคาว เช่น น้ำสลัด, ซอสเย็นตาโฟ, ข้าวหมกไก่ เป็นต้น, ขนมไทย เช่น ลูกชุบ, สาลี่, ขนมชั้น, บัวลอย, โรตีสายไหม, ซาลาเปา, ถ้วยฟู, ปุยฝ้าย เป็นต้น,

ตารางที่ 10 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบ

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
ระดับอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสี	
สูงมาก	12.0
สูง	36.7
ปานกลาง	41.3
น้อย	10.0
น้อยมาก	0.0
ผู้ซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร	
ตัวแทน	98.0
ผู้อื่น	2.0
ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมสารสีผสมอาหาร	
ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม	22.7
ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน	8.0
ผลิตภัณฑ์ขนมไทย	13.3
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	22.0
ผลิตภัณฑ์นม	12.0
ผลิตภัณฑ์อาหารคาว	22.0
สถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร	
ตลาดสด	21.4
ร้านค้าส่ง	0.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	36.7
ร้านค้าปลีก	2.7
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า	39.3
ร้านสหกรณ์	0.0
สารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อความปลอดภัย	
สีสังเคราะห์	0.0
สีอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิต	0.0
สีอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต	100.0

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
กรณีที่ใช้สารสีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหาร	
ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์อาหารเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	
ยอมรับ	96.0
ไม่ยอมรับ	4.0

ผลิตภัณฑ์จากนม เช่น ไอศกรีม, เชอร์เบต เป็นต้น และขนมหวาน เช่น เยลลี่, วน้ำผลไม้ เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 22.0, 22.0, 13.3, 12.0 และ 8.0 ตามลำดับ สถานที่ที่ผู้บริโภคเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด คือ ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 39.3 รองลงมา คือ ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป, ตลาดสด และร้านค้าปลีก คิดเป็นร้อยละ 36.7, 21.4 และ 2.7 ตามลำดับ สารสีที่ผู้บริโภคทุกคนต้องการให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคมากที่สุด คือ สีอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น สีเขียวจากใบเตย, สีม่วงจากดอกอัญชัน เป็นต้น และผู้บริโภค ร้อยละ 96 ยอมรับได้ เพื่อแลกกับความปลอดภัยในกรณีที่ใช้สารสีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์ใน ผลิตภัณฑ์อาหาร จะทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และผู้บริโภคร้อยละ 4 ไม่ยอมรับ โดยเห็นว่าการเติมสีในผลิตภัณฑ์อาหารใช้เพียงนิดเดียวไม่น่าจะทำให้ราคาค้นทุนของ ผลิตภัณฑ์อาหารเพิ่มขึ้นได้

ส่วนปัจจัย 5 ลำดับแรกที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือกซื้อหรือรับประทาน ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้มของผู้บริโภค (ตารางที่ 11) มีดังนี้ ลำดับที่ 1 ความปลอดภัย, ลำดับที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการ, ลำดับที่ 3 รสชาติ, ลำดับที่ 4 ความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต, ลำดับที่ 5 ระดับความเข้มของสี โดยที่ผู้บริโภคทุกช่วงอายุให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยเป็นลำดับที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการ เป็นลำดับที่ 2 และรสชาติเป็นลำดับที่ 3 ส่วนช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปีให้ความสำคัญในเรื่องระดับความเข้มของสีเป็นลำดับที่ 4 และประเภทของสีผสมอาหารเป็นลำดับที่ 5, ช่วงอายุ 20 – 30 ปี ให้ความสำคัญในเรื่องประเภทของสีผสมอาหารเป็นลำดับที่ 4 และระดับความเข้มของสีเป็นลำดับที่ 5, ช่วงอายุ 31-45 ปี ให้ความสำคัญในเรื่องความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต เป็นลำดับที่ 4 และราคาเป็นลำดับที่ 5, และช่วงอายุมากกว่า 45 ปี ให้ความสำคัญในเรื่องประเภทของสีผสมอาหารเป็นลำดับที่ 4 และความสะดวกในการซื้อเป็นลำดับที่ 5, ซึ่งมีความสอดคล้องกับระดับอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้มทั้งสิ้น ทำให้ทราบว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคทุกช่วงอายุ โดยที่ผู้บริโภคจะ

ตารางที่ 11 ความสำคัญของปัจจัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้มของผู้บริโภค

ปัจจัย	ความถี่ในแต่ละระดับคะแนน					ผลรวมของ การเรียงลำดับ	ลำดับ* ความสำคัญ
	1	2	3	4	5		
ความปลอดภัย	124	23	3	0	0	721	1
คุณค่าทางโภชนาการ	11	124	9	3	3	587	2
รสชาติ	3	1	48	58	18	297	3
ความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต	9	1	16	15	16	143	4
ระดับความเข้มของสี	1	0	20	21	25	132	5
ราคา	0	0	5	23	43	104	6
ความสะดวกในการซื้อ	2	0	12	8	23	85	7
ประเภทสีผสมอาหาร	0	0	26	2	0	82	8
ความสวยงาม	0	0	8	12	21	69	9
ความทันสมัย	0	0	3	8	1	26	10

หมายเหตุ * ลำดับที่ 1 หมายถึง สำคัญมากที่สุด ให้ 5 คะแนน และลำดับที่ 5 หมายถึงสำคัญน้อยที่สุดให้ 1 คะแนน เรียงลำดับตามคะแนนรวมมากที่สุดเป็นลำดับที่ 1

คำนึงถึงความปลอดภัยในการเลือกใช้ประเภทของสีผสมอาหาร และระดับความเข้มของสีในผลิตภัณฑ์อาหารที่ดูแล้วไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับปัจจัยความต้องการของผู้บริโภค โดยวิเคราะห์ค่า χ^2 พบว่า อายุ, การศึกษา และอาชีพมีผลต่อระดับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม, อายุมีผลต่อการเลือกซื้อ, เพศมีผลต่อการเลือกซื้อประเภทผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม, เพศ, อายุ, รายได้ และอาชีพมีผลต่อสถานที่ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม รายละเอียดแสดงในตารางที่ 12

โดยที่ผู้บริโภคที่มีช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี และช่วงอายุ 20 – 30 ปี ส่วนใหญ่เห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับสูง ส่วนช่วงอายุ 31 – 45 ปี ส่วนใหญ่เห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลาง และช่วงอายุมากกว่า 45 ปี ส่วนใหญ่เห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับสูง และปานกลาง (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับปัจจัยความต้องการของผู้บริโภค

ปัจจัย	เพศ	อายุ	การศึกษา	รายได้	อาชีพ
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร	0.307	0.001*	0.015*	0.756	0.006*
ผู้เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร	0.410	0.029*	0.791	0.117	0.464
ประเภทผลิตภัณฑ์อาหาร	0.005*	0.577	0.744	0.312	0.388
สถานที่	0.028*	0.006*	0.065	0.046*	0.002*
การยอมรับ	0.614	0.310	0.598	0.255	0.211

หมายเหตุ * หมายถึงข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอายุกับปัจจัยระดับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

ระดับการตัดสินใจซื้อ	อายุ				รวม
	< 20 ปี	20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	> 45 ปี	
สูงมาก	10.0	5.0	0.0	3.0	18.0
สูง	17.0	16.0	7.0	15.0	55.0
ปานกลาง	9.0	15.0	23.0	15.0	62.0
น้อย	2.0	1.0	7.0	5.0	15.0
รวม	38.0	37.0	37.0	38.0	150.0

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษากับสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ส่วนใหญ่ในระดับปริญญาตรี, ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. และมัธยมศึกษาตอนต้น จะเห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับสูง และในระดับสูงกว่าปริญญาตรี, อนุปริญญา / ปวส. และน้อยกว่าหรือเท่ากับประถมศึกษา จะเห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการศึกษา กับปัจจัยระดับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

ระดับการตัดสินใจซื้อ	การศึกษา						รวม
	≤ประถมศึกษา	ม.ต้น	ม.ปลาย / ปวช.	ปวส.	ปริญญาตรี	≥ปริญญาตรี	
สูงมาก	0.0	0.0	3.0	1.0	13.0	1.0	18.0
สูง	2.0	4.0	8.0	5.0	34.0	2.0	55.0
ปานกลาง	5.0	1.0	7.0	8.0	31.0	10.0	62.0
น้อย	0.0	0.0	1.0	7.0	6.0	1.0	15.0
รวม	7.0	5.0	19.0	21.0	84.0	14.0	150.0

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอาชีพกับสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค อาชีพนักเรียน/นิสิต และ แม่บ้าน จะเห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับสูง, อาชีพข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ, พนักงานเอกชน และค้าขายส่วนตัว จะเห็นว่าสีส้มในผลิตภัณฑ์อาหารมีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอาชีพกับปัจจัยระดับการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

ระดับการตัดสินใจซื้อ	การศึกษา					รวม
	นักเรียน/นิสิต	พนักงานเอกชน	ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	แม่บ้าน	
สูงมาก	14.0	1.0	1.0	1.0	1.0	18.0
สูง	31.0	4.0	3.0	10.0	7.0	55.0
ปานกลาง	21.0	12.0	5.0	21.0	3.0	62.0
น้อย	3.0	3.0	1.0	8.0	0.0	15.0
รวม	69.0	20.0	10.0	40.0	11.0	150.0

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการเลือกซื้ออาหาร ผู้บริโภคในช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี จะให้ผู้อื่นซื้อให้ ส่วนช่วงอายุอื่นเป็นผู้ซื้อเองทั้งหมด (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอายุกับปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

การเลือกซื้อ	อายุ				รวม
	< 20 ปี	20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	> 45 ปี	
ตัวเอง	35.0	37.0	37.0	38.0	147.0
ผู้อื่น	3.0	0.0	0.0	0.0	3.0
รวม	38.0	37.0	37.0	38.0	150.0

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับการเลือกซื้อประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม เพศหญิงจะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเครื่องดื่ม และขนมอบ มากที่สุด ส่วนเพศชายเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอาหารคาว รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์นม (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพศกับปัจจัยประเภทผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

ประเภทผลิตภัณฑ์อาหาร	เพศ		รวม
	หญิง	ชาย	
ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม	22.0	12.0	34.0
ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน	9.0	3.0	12.0
ผลิตภัณฑ์ขนมไทย	14.0	6.0	20.0
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	22.0	11.0	33.0
ผลิตภัณฑ์นม	4.0	14.0	18.0
ผลิตภัณฑ์อาหารคาว	14.0	19.0	33.0
รวม	85.0	65.0	150.0

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม สถานที่ที่เพศหญิงเลือกซื้ออาหารที่มีสีส้ม คือ ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป ส่วนเพศชาย คือ ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า (ตารางที่ 18) เมื่อพิจารณาถึงช่วงอายุกับสถานที่ พบว่า ผู้บริโภคที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี และอายุ 31–45 ปี เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้มจากซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภคช่วงอายุ 20–30 ปี และมากกว่า 45 ปี เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้มจากซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป นอกจากนี้ผู้บริโภคช่วงอายุมากกว่า 45 ปีส่วนหนึ่งเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้มที่ตลาดสด (ตารางที่ 19) เมื่อพิจารณาถึงรายได้กับสถานที่เลือกซื้อ

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง ผู้บริโภคที่มีรายได้ในช่วงอายุที่น้อยกว่า 5,000 บาท, 10,001 – 15,000 บาท, 15,001 – 20,000 บาท และสูงกว่า 20,000 บาท เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสังจากซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภคที่มีรายได้ 5,001 – 10,000 บาท เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสังจากซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป (ตารางที่ 20) ส่วนเรื่องของอาชีพกับสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง ผู้บริโภคที่มีอาชีพเป็นนักเรียน/ นิสิตเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสังในซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป พนักงานเอกชน,ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว และข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสังในซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเพศกับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง

ประเภทผลิตภัณฑ์อาหาร	เพศ		รวม
	หญิง	ชาย	
ตลาดสด	22.0	10.0	32.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	34.0	21.0	55.0
ร้านค้าปลีก	4.0	0.0	4.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า	25.0	34.0	59.0
รวม	85.0	65.0	150.0

ตารางที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอายุกับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัง

การเลือกซื้อ	อายุ				รวม
	< 20 ปี	20 – 30 ปี	31 – 40 ปี	> 45 ปี	
ตลาดสด	4.0	5.0	9.0	14.0	32.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	13.0	20.0	8.0	14.0	55.0
ร้านค้าปลีก	0.0	1.0	3.0	0.0	4.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า	21.0	11.0	17.0	10.0	59.0
รวม	38.0	37.0	37.0	38.0	150.0

ตารางที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยรายได้กับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

ระดับการตัดสินใจซื้อ	การศึกษา					รวม
	≤ 5,000บ.	5,001–10,000บ.	10,001–15,000บ.	15,001–20,000บ.	≥ 20,000บ.	
ตลาดสด	5.0	8.0	13.0	5.0	1.0	32.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	18.0	21.0	10.0	5.0	1.0	55.0
ร้านค้าปลีก	0.0	1.0	1.0	2.0	0.0	4.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้าง	21.0	11.0	16.0	5.0	6.0	59.0
รวม	44.0	41.0	40.0	17.0	8.0	150.0

ตารางที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอาชีพกับปัจจัยสถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีส้ม

ระดับการตัดสินใจซื้อ	การศึกษา					รวม
	นักศึกษา	พนักงานเอกชน	ค้าขาย	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	แม่บ้าน	
ตลาดสด	8.0	2.0	2.0	12.0	8.0	32.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	32.0	8.0	4.0	8.0	3.0	55.0
ร้านค้าปลีก	1.0	0.0	0.0	3.0	0.0	4.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้าง	28.0	10.0	4.0	17.0	0.0	59.0
รวม	49.0	20.0	10.0	40.0	11.0	150.0

1.3 การสำรวจพฤติกรรมการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหารของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหารของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (ตารางที่ 22) พบว่า ประเภทสารสีที่มีการใช้ ผลิต หรือจำหน่าย ส่วนใหญ่ร้อยละ 52.2 เป็นสารสีประเภทสีสังเคราะห์ เช่น สีปองโซ 4 อาร์, ทาร์ทาร์ซีน, ชันแซ็พเทิลโล เอ็ฟซีเอ็ม, คาร์โมอิซีน, เออร์โทรซิน, ฟาสต์กรีน, เอ็ฟซีเอ็ฟ, อินดิโกคาร์มิน และบิลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, ไรโบเฟลวิน รองลงมาร้อยละ 34.8 คือ สีธรรมชาติ เช่น สีจากใบเตย, สีจากแครอท, สีจากขมิ้นชัน, สีจากดอกอัญชัน, สีจากดอกฟักทอง, สีจากดอกดาวเรือง, สีจากเต้าหู้ยี้, สีจากดอกพุด, สีจากดอกคำฝอย และสีจากครั่ง เป็นต้น สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น ปีตาแคโรทีน,

ตารางที่ 22 พฤติกรรมและความคิดเห็นการใช้สารสีผสมอาหารของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
สารสีผสมอาหารที่ใช้ หรือผลิต หรือจำหน่าย	
สีสังเคราะห์	52.2
สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์	9.0
สีอนินทรีย์	3.9
สีธรรมชาติ	34.8
รูปแบบสารสีผสมอาหารที่ใช้ หรือผลิต หรือจำหน่าย	
ผงละเอียด	22.5
ของเหลว	50.0
ของเหลวข้น	2.2
อื่นๆ	25.3
สถานที่ซื้อสารสีผสมอาหาร	
ตลาดสด	16.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า	8.0
นำเข้าจากต่างประเทศ	18.0
ร้านค้าปลีก	22.0
ร้านค้าส่ง	0.0
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	0.0
บริษัทจำหน่ายสี	32.0
อื่นๆ	4.0
ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้สารสีธรรมชาติ	
ความปลอดภัยในการบริโภค	36.8
ความสะดวกในการใช้	8.9
ใช้สีในอาหารได้มากขึ้น	21.5
เสริมคุณค่าทางโภชนาการ	5.6
ได้รับความเชื่อถือจากลูกค้า	27.2

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
ปัญหาในการใช้สารสีธรรมชาติ	
มีข้อจำกัดในการใช้	38.8
หาซื้อยาก	6.1
สีไม่สม่ำเสมอ	29.4
ราคาสูง	17.8
มีผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าน้อยราย	7.9
ความเป็นไปได้ในการใช้สารสีธรรมชาติในระดับอุตสาหกรรม	
เป็นไปได้	100.0
เป็นไปได้	0.0
ระดับความเป็นไปได้	
สูงมาก	5.0
สูง	48.0
ปานกลาง	44.0
น้อย	3.0
น้อยมาก	0.0
รูปแบบสารสีธรรมชาติที่ผลิตขึ้นจากแคโรต	
ผงละเอียด	90.0
ของเหลวข้น	7.0
ของเหลว	3.0
ความสนใจที่จะซื้อสารสีธรรมชาติจากแคโรตในระดับอุตสาหกรรม	
สนใจซื้อ	88.0
ไม่แน่ใจ	12.0
ไม่สนใจซื้อ	0.0

บีตา-อะโป-8-แคโรทีนาล, คาราเมล, ปาปริก้า, โอรีโอเรซิน, แคนทาแซนทิน, โคชินิล, แอนโทโด และคลอโรฟิลล์ คอปเปอร์คอมเพลกซ์, คาร์تامัส, ทาร์มารินคัสทาร์นิน เป็นต้น และสีย้อมอินทรีย์ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งร้านค้าทั่วไป และโรงงานอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่จะใช้สีสังเคราะห์มากที่สุด และจากการสำรวจบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขต

กรุงเทพและปริมณฑล (ตารางที่ 23) พบว่า มีการผลิต และจำหน่ายสีสังเคราะห์ที่นำเข้าจากต่างประเทศมากที่สุด ส่วนบริษัทที่มีการจำหน่ายสีธรรมชาติเฉพาะมีเพียง 2 บริษัท คือ บริษัทไรเคน วิตามิน และบริษัทเฮลล์มหาบุญ จำกัด

สารสีที่มีการใช้ หรือผลิต หรือนำเข้า ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของเหลวใช้โดยผสมรวมตัวกับน้ำ คิดเป็นร้อยละ 50.0 วิธีการแบบนี้ทั้งร้านค้าทั่วไป และโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะนิยมใช้กันมากที่สุด รองลงมาอยู่ในรูปแบบอื่นๆ คือ นำวัตถุดิบจากธรรมชาติมาแปรรูป โดยการนำมาปอกเปลือก หั่น สับ บดให้ละเอียด แล้วคั้นเอาน้ำสีมาใส่ลงในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น แครอต, ใบเตย, ฟักทอง, อัญชัน และขมิ้นชัน วิธีการเช่นนี้เป็นที่นิยมของร้านค้าทั่วไป รองลงมาอยู่ในรูปแบบของผงละเอียด ใช้โดยละลายรวมกับน้ำ หรือส่วนผสมที่เป็นผง เช่น น้ำตาล ในช่วงการเตรียมส่วนผสม และของเหลวข้น ใช้โดยผสมรวมกับน้ำเย็น หรือส่วนผสมที่เป็นซอซโกเลต ครีมน้ำตาล ทั้ง 2 วิธีนี้ส่วนใหญ่โรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะนิยมใช้ คิดเป็นร้อยละ 25.3, 22.5 และ 2.2 ตามลำดับ สถานที่ที่ซื้อสารสีผสมอาหารมากที่สุด คือ บริษัทจำหน่ายสี คิดเป็นร้อยละ 32.0 รองลงมา คือ ร้านค้าปลีก, นำเข้าจากต่างประเทศ, ตลาดสด, ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า และร้านค้าขายอุปกรณ์การทำเบเกอรี่ คิดเป็นร้อยละ 22.0, 18.0, 16.0, 8.0 และ 4.0 ตามลำดับ

สีที่มีการใช้ หรือผลิต หรือจำหน่ายที่สำรวจได้จากผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้ ผลิต และจำหน่ายสารสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร (ตารางที่ 24) ได้แก่ สีเหลือง, สีเขียว, สีส้ม, สีแดง, สีน้ำตาล, สีม่วง, สีฟ้า, สีชมพู และสีน้ำเงิน แต่สีที่มีการใช้ หรือผลิต หรือจำหน่ายมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ สีเหลือง, สีส้ม และสีเขียว

1.4 ความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

จากการสำรวจความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติของผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร (ตารางที่ 22) พบว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้สารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด คือ ความปลอดภัยในการบริโภค คิดเป็นร้อยละ 36.8 รองลงมา คือ ได้รับความเชื่อถือจากลูกค้า, ใช้สีในอาหารได้มากขึ้น, ให้ความสะดวกในการใช้ และเสริมคุณค่าทางโภชนาการ คิดเป็นร้อยละ 27.2,

ตารางที่ 23 บริษัทผู้ผลิต - นำเข้า ที่มีการจำหน่ายสียผสมอาหารในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสียผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
1.	เกรทฮิลล์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด (ตราวินเนอร์) 77/148 ม.6 หมู่บ้านสินทวีแมนชั่น รัตนกวี จอมทอง กทม. 10150 เบอร์โทร 0-2487-1557	บริษัทผู้ผลิต - นำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, คาร์โมอีซิน, เอริโรซิน, คาร์ตารซิน, ชันเซ็ทเฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ, โรโบเฟลวิน, อินดิโกคาร์มิน, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, สีอินทรีย์ได้แก่ สีคาราเมล	แดง, ม่วง, ส้ม, เหลือง, เขียว น้ำเงิน, ฟ้ำ, ม่วงออร์กิด, แดงกุหลาบ, แดงแสด, แดงบานเย็น, แดงคริสมาสต์, แดงสตรอเบอร์รี่, เหลืองไข่, เหลืองมะนาว, เขียวแก่, เขียวขี้ม้า, เขียวแอปเปิ้ล, ชมพู, ดำ, น้ำตาลแก่, น้ำตาลอ่อน	สีน้ำ - นำสีละลายน้ำให้ เจือจางได้ โทนสี ต่างๆนำมาจำหน่าย หยดลงในอาหาร สีผง - ละลายในน้ำ และน้ำมัน ผสมร่วมกับส่วน ผสมในอาหาร	ขวดแก้ว ซองอะลูมิเนียม ฟอยล์ ขวดพลาสติก	11.75 / 1 ออนซ์ 2 / 6 กรัม 75 / 1 ปอนด์ 420 / 1 กิโลกรัม (แล้วแต่สี) 15.75 / 1 ออนซ์ 85 / 1 ปอนด์
2.	บริษัทโนวารา เฟลเวอร์ แอนด์ ฟราแกนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด 80 ซ.รังสิต - นครนายก 51 ต. ประชาธิปไตย อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130 เบอร์โทร 0-2996-2980-1	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ชันเซ็ทเฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, คาร์ตารซิน, คาร์โมอีซิน, ปองโซร์ 4 อาร์, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, เอริโรซิน	เหลือง ส้ม, ม่วง แดงสด น้ำเงิน ชมพู	สีผง — ละลายในน้ำ ผสมร่วมกับส่วน ผสมในอาหาร	ถังพลาสติก ปิดผนึก	410 / 1 กิโลกรัม 490 / 1 กิโลกรัม 440 / 1 กิโลกรัม 1,700 / 1 กิโลกรัม 2,500 / 1 กิโลกรัม
3.	บริษัทวิริยะนันท์ คอมเมอร์เชียล กรุ๊ป จำกัด 100/109 จ. ปทุมธานี เบอร์โทร 0-2598-2871-4	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ คาร์ตารซิน ปองโซร์ 4 อาร์	ส้ม แดงสด	สีผง — ละลายในน้ำ ผสมร่วมกับส่วน ผสมในอาหาร	ถังพลาสติก ปิดผนึก	420 / 1 กิโลกรัม 440 / 1 กิโลกรัม (25 กิโลกรัม)

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
4.	บริษัทอดินพ จำกัด (ตราบุญเจ) 24 / 3 ม. 5 ซ. ร่มไพร อ. เพชรเกษม กทม. เบอร์โทร 0-2445-5022-30	บริษัทผู้ผลิต - นำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ปองโซร์ 4 อาร์, คาร์โมอิซิน, เออร์โรซิน, คาร์ตารซิน, ซันเซ็ทเยลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, อินคิโกคาร์มิน, ไรโบเฟลวิน, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ สีอินทรีซ์ ได้แก่ ไตเตเนี่ยมไดออกไซด์ สีอินทรีซ์ ได้แก่ สีจากแคโรทีนอยด์, คลอโรฟิลล์, คลอโรฟิลล์คอมเปอร้ คอมเพล็กซ์, แคนธาแซนทีน, คาราเมล	เหลืองเลมอน, เหลืองไข่, แดงสด, ม่วง, ชมพู, ส้ม, เหลือง, น้ำเงิน, เขียว, ดำ, ม่วงแก่, ฟ้ำ แดงสดรอบอร์รี่, แดงบานเย็น, แดงแสด, แดงสดรอบอร์รี่, เขียวแก่, เขียวแอปเปิ้ล, เขียวจี๊ม้, น้ำตาลแก่, น้ำตาลอ่อน,	สีน้ำ - นำสีละลายน้ำให้ เจือจางได้โทนสี ต่างๆนำมาจำหน่าย หยดลงในอาหาร (บรรจุตามฉัพพลายเออร์) สีผง - ละลายในน้ำ และน้ำมัน ของเหลวข้น - ละลายในน้ำ (ผสมร่วมกับส่วนผสมในอาหาร)	ขวดแก้ว (1 ลิตร) ขวดพลาสติก (1 / 21 / 25 กิโลกรัม) (แล้วแต่สี) (บรรจุตามฉัพพลายเออร์)	85 / 1 ปอนด์ 440 / 1 กิโลกรัม
5.	บริษัทเสรีวัฒน์ ฟู๊ด จำกัด (ตราเสรีวัฒน์) 65 / 5 นิคมลาดกระบัง อ. คลองกรุง เขตลาดกระบัง กทม.	บริษัทผู้ผลิต — นำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ปองโซร์ 4 อาร์, คาร์โมอิซิน, เออร์โรซิน, คาร์ตารซิน, ซันเซ็ทเยลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, อินคิโกคาร์มิน, ไรโบเฟลวิน, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ,	แดงแสด, เหลืองมะนาว, เหลืองไข่ม่วง, เขียวแก่, น้ำเงิน, แดง, ส้ม, ฟ้ำดำ, แดงสดรอบอร์รี่ น้ำตาลอ่อน, น้ำตาลแก่,	สีน้ำ - นำสีละลายน้ำให้ เจือจางได้โทนสี ต่างๆนำมาจำหน่าย หยดลงในอาหาร	ขวดแก้ว	11 / 1 ออนซ์

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
6.	บริษัทเซ็นเซียนท์ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด อาคารมณียาเซ็นเตอร์ ถ. เพชรจินต ลุมพินี ปทุมวัน กทม. 10310 เบอร์โทร 0-2254-7050-3, 0-2254-8158 และ 269 / 27 สาทร ย่านนาва กทม. เบอร์โทร 0-2672-3801	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซร์ 4 อาร์, คาร์โมอีซิน, เออร์โรชิน, คาร์ตารซิน ชั้นเซฟเฮลโล เอพีซีเอฟ, ไรโบเฟลวิน, ฟลาสกรีนต์ เอพีซีเอฟ, อินดิโกคาร์มิน, บริลเลียนบลู เอพีซีเอฟ, สียอนทรีซ์ได้แก่ ไทเทเนียมไดออกไซด์, สียอนทรีซ์ได้แก่ โคชินิล, สีจากแคโรทีนอยด์, คลอโรฟิลล์, คลอโรฟิลล์คอมเปอ์คอมเพล็กซ์,	แดงสด, ม่วง, ชมพู, ส้ม, เหลือง, เขียว, น้ำเงิน, ดำ, แดง, เหลือง-ส้ม	สีน้ำ - ละลายในน้ำ และน้ำมัน สีผง - ละลายในน้ำ และน้ำมัน ของเหลวข้น - ละลายในน้ำ (ผสมร่วมกับส่วนผสมในอาหาร)	ขวดแก้ว (1 ลิตร) ขวดพลาสติก (1 / 21 / 25 กิโลกรัม) (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	87 / 1 ปอนด์ 420-2,775 / 1 กิโลกรัม (แล้วแต่สี)
7.	บริษัทภัทรกิจ เคมีคอล จำกัด 111 / 9 ถ. วิภาวดีรังสิต 16 / 13 ลาดยาว จตุจักร กทม. เบอร์โทร 0-2691-5178-80	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ชั้นเซฟเฮลโล เอพีซีเอฟ, เหลืองเลมอน	ส้ม, เหลืองเลมอน	สีผง — ละลายในน้ำ	ขวดพลาสติก	420 / 1 กิโลกรัม (21 กิโลกรัม)

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
8.	บริษัทเบสท์โอเคอร์ จำกัด 704 / 7-8 ถ. พัฒนาการ แขวง / เขตสวนหลวง กทม. 10250 เบอร์โทร 0-2319-7463-8	บริษัทผู้ผลิต-นำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, คาร์โมอีซิน, เออร์โรซิน, คาร์ตาร์ซิน, ชันเซ็ทเฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลอสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ โรโบเฟลวิน, อินดิโกคาร์มีน บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ สีอินทรีย์ได้แก่ สีคาราเมล	แดงกุหลาบ, แดงบานเย็น แดงสด, ส้ม, ชมพู, แดงสตรอเบอร์รี่, แดงคริสต์มาส, เขียวสด เขียวขี้ม้า, เขียวแก่, เขียวแอปเปิ้ล, น้ำเงิน, ฟ้า, ม่วง, เหลืองมะนาว, เหลืองไข่, น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่, ดำ	สีน้ำ - นำสีละลายน้ำให้ เจือจางได้ทันที ต่างๆนำมาจำหน่าย หยดลงในอาหาร สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ขวดแก้ว ขวดพลาสติก	10.75 / 1 ออนซ์ 300 - 2,000 / 1 กิโลกรัม (แล้วแต่สี)
9.	บริษัทไทยฟู๊ดส์ แอนด์ เคมีคอล จำกัด 26 / 171 ซ.105 ถ.สุขุมวิท บางนา กทม. เบอร์โทร 0-2748-7365, 0-2399-3059-62	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, คาร์โมอีซิน, เออร์โรซิน, คาร์ตาร์ซิน, ชันเซ็ทเฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลอสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ โรโบเฟลวิน, อินดิโกคาร์มีน บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ	แดง, ชมพู, เหลือง, ส้ม, เขียว, น้ำเงิน	สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ถังพลาสติก ปิดผนึก	300 - 2,200 / 25 กิโลกรัม (แล้วแต่สี)

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
10.	บริษัทโรซ่า ไคเค็ม (ประเทศไทย) จำกัด (ตราโรซ่า) 207-211 ซ. สุขุมวิท 93 ถ.สุขุมวิท แขวงบางจาก เขตพระโขนง กทม. 10250 เบอร์โทร 0-2740-3848-9	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, อัลเลอร์ราวด, อมาแรนท์, ตาร์คาร์ชิน, ควิโนลิน คาร์โมอีซิน, เออร์โรซิน, ชันเซ็ทเฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ, อินดิโกคาร์มิน, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, สีอินทรีย์ได้แก่ ปาปริกา, โอริโอเรซิน สีอนินทรีย์ ได้แก่ ไทเทเนียมออกไซด์ 99%	แดง, เหลือง, ชมพู, เขียว, น้ำเงิน, สีดำ	สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ขวดพลาสติก (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	300 -1,200 / 21,25 กิโลกรัม
11.	บริษัททีซีเอส แปซิฟิค จำกัด 947 ดิเกทสพล 3 ชั้น 9 C 1 ถ. บางนาตราด กิโลเมตร 3 บางนา กทม. 10260 เบอร์โทร 0-2361-8804-7	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, ตาร์คาร์ชิน, ชันเซ็ทเฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, คาร์โมอีซิน, เออร์โรซิน, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, น้ำตาลช็อคโกแลต, สีอินทรีย์ได้แก่ บีตาแคโรทีน, บีตา-อะโปแคโรทีนาล, ไลโคปีน, แคนธาแซนทีน, อะแนตโต, เคอร์คิวมิน	แดง, เหลือง, ชมพู, เขียว, น้ำเงิน, ส้ม น้ำตาลช็อคโกแลต	สีผง — ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ขวดพลาสติก (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	300 -1,400 / 25 กิโลกรัม

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
12.	บริษัทนีโอแปซิฟิค จำกัด 149 / 246 ม.3 ซ. เพชรเกษม 95 ถ. เพชรเกษม อ. กระทุ่มแบน จ. สมุทรสาคร 74130 เบอร์โทร 0-2813-7611-16	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, อัลเลอร์เรด, อมาแรนท, เรสเปอเรรี เรด, ออเรนจ์ เรด, เหลืองไข่, คาร์ตาร์ซิน, ควิโนลีน, เลมอน, ชันเซ็ทเยลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, คาร์โมอีซิน, เออร์โรซิน, ออเรนจ์ เยลโล ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ, แอปเปิ้ลกรีน บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, อินดิโกคาร์มิน, น้ำตาลช็อคโกแลต, ฝรั่งม่วง, สีอินทรีได้แก่ บีตาแคโรทีน, ลูทีน คอปเปอร์ คลอโรฟิลล์, คารามัล ปาปริกา โอริโอเรซิน, โคชินิล อะแนตโต, คาร์รามาัส, แคลปแซนทีน, ทาร์มารินดัส ทาร์นิน สีอินทรีได้แก่ ไทเทเนียมออกไซด์ 99% สีธรรมชาติ ได้แก่ ดอกดาวเรือง, ขมิ้นชัน, ครั่ง, ดอกพุด	แดง, ส้มแดง, เหลืองไข่, เหลือง, เหลืองเลมอน, เหลืองส้ม, ชมพู, เขียว, เขียวแอปเปิ้ล, น้ำเงิน, คราม, น้ำตาลช็อคโกแลต, ฝรั่งม่วง, ดำ	สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ขวดพลาสติก (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	100 -10,000 / 1, 25 กิโลกรัม

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
13.	บริษัท ไโรเค็น วิตามิน จำกัด 1168/98-100 อ. ลุมพินีทาวเวอร์ 33 ถ. พระราม 4 แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กทม. 10120 เบอร์โทร 0-2689-5749	บริษัทนำเข้าสีอินทรีย์ได้แก่ สารสกัดจากดอกพุดซ้อน, เชื้อราโมแนสคัส, ปาปริกา, ดอกดาวเรือง, สหรัยทะเล	เหลือง, เขียว, น้ำเงิน, แดง, เหลือง, เขียว	สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน กระจายตัวในน้ำมัน ของเหลว - เจือจางกับน้ำ	ขวดพลาสติก ขวดแก้ว	2,000 - 4,000 / 25 กิโลกรัม
14.	ห้างหุ้นส่วนนิติวิธรัน จำกัด 96 ถ. โยธา แขวงตลาดน้อย เขตสัมพันธวงศ์ กทม. 10100 เบอร์โทร 0-2639-0511	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, คาร์โมอิซิน, เอริโครซิน, คาร์ตารซิน, ชันเซ็ลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลาสค์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ, โรโบเฟลวิน, อินดิโกคาร์มิน, บิลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, สีอินทรีย์ได้แก่ บีตาแคโรทีน, บีตา-อะโป-8-แคโรทีนาล, ไลโคปีน	แดง, ชมพู, เหลือง, ส้ม, เขียว, น้ำเงิน, เหลืองส้ม	สีผง — ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน กระจายตัวในน้ำมัน	ขวดพลาสติก (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	300 - 4,000 / 1, 25 กิโลกรัม

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทส่วนผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
15.	บริษัทสามดี ควอลิตี้ โปรดักส์ จำกัด (ตราสามดี) 20 / 22 ม.17 ช. ประภาวรรณโฮม ถ. สุรินทร์วงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กทม. 10510 เบอร์โทร 0-2914-8218, 0-2914-9319	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, คาร์โมอีซิน, เออร์โรชิน, ตาร์ตาร์ซิน, ชันเซ็ทเยลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, แอปเปิ้ลกรีน, ม่วง, อินคิโกคาร์มิน, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, น้ำตาลช็อคโกแลต สีอินทรีซี่ได้แก่ โอริโอเรชิน ปาปริกา, คาราเมล	แดง, ชมพู, ส้ม, เหลือง, เขียว, เขียวแอปเปิ้ล, ม่วง, คราม, ฟ้าน้ำทะเล, น้ำตาล, เขียวแก่, ดำ, แดงสละ, แดงสตอเบอร์รี่, น้ำเงิน, ฟ้า, ม่วงออร์คิด, ส้มเหลือง, เหลืองไข่, เหลืองมะนาว, ชาเขียว, แดงเข้ม, แดงสด, ส้มเหลือง, บลูเบอร์รี่	สีน้ำ - นำสีละลายน้ำให้ เจือจางได้โทนสีต่างๆ หยดลงในอาหาร สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ขวดแก้ว ซองอะลูมิเนียมฟอยล์ ขวดพลาสติก ถังพลาสติกปิดผนึก	12,24 / 30, 60 กรัม 78 / 454 กรัม 2 / 6 กรัม 300-1,200/1 กิโลกรัม (25 กิโลกรัม) (แล้วแต่สี)
16.	บริษัทฟู๊ดฟิลด์อินเตอร์เนชั่นแนลจำกัด 729 / 113-4 รัชดาภิเษก บางโพธิ์พวง ถนนนาหวา กทม. 10120 เบอร์โทร 0-2683-8505-8	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, เออร์โรชิน, ตาร์ตาร์ซิน, คาร์โมอีซิน, ชันเซ็ทเยลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ โรโบเฟลวิน, อินคิโกคาร์มิน	แดง, ชมพู, เหลือง, ส้ม, เขียว, น้ำเงิน	สีผง - ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน	ขวดพลาสติก ถังพลาสติกปิดผนึก	300 - 2,200 / 1, 25 กิโลกรัม (แล้วแต่สี)

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - ที่อยู่ บริษัท	ประเภทสีผสมอาหาร	สี	รูปแบบ-วิธีการใช้	ภาชนะบรรจุ	ราคา (บ.) / ขนาด
17.	บริษัทอีส เอเชียติก (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) 1168 / 98 - 100 อาคารลุมพินี ทาวเวอร์ ชั้น 33 ถ. พระราม 4 แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กทม. 10120 เบอร์โทร 0-2689-5749, 0-2689-5999	บริษัทนำเข้าสีสังเคราะห์ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์, คาร์โมอิซิน, อัลเลอร์เรด, อมาแรนท, เอริโครซิน, คาร์คาร์ซิน, ชันเซท์เฮลโล เอ็ฟซีเอ็ฟ, ควิโนลิน, ฟลาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ, แดงน้ำเงิน, บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ, สีอินทรีซี่ได้แก่ อะแนตโต, เทอร์เมอร์ริก, บีท, แบล็ค แครอด แบล็ค เคอร์เรท, คาราเมล, คาร์มิน, กลอโรฟิลล์, โคชินิล, บีตาแคโรทีน เอลเดอร์เบอร์รี่, เกรปสกิน, มอลต์, ปาปริกา, แอนโทไซยานิน บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ	แดง, ส้ม, ชมพู, เหลือง, เขียว, ฟ้าน้ำทะเล, น้ำเงิน, เหลืองส้ม, แดงดำ, น้ำตาล, น้ำตาลดำ, ม่วง, ดำ ม่วงแดง, เหลืองเขียว, แดงน้ำเงิน, เอ็ฟซีเอ็ฟ, อะแนตโต, เทอร์เมอร์ริก, บีท, แบล็ค แครอด แบล็ค เคอร์เรท, คาราเมล, คาร์มิน, กลอโรฟิลล์, โคชินิล, บีตาแคโรทีน เอลเดอร์เบอร์รี่, เกรปสกิน, มอลต์, ปาปริกา, แอนโทไซยานิน บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ	สีผง — ละลายในน้ำ ละลายในน้ำมัน กระจายตัวในน้ำและน้ำมัน	ขวดพลาสติก ถังพลาสติก (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	300 - 10,000 / 1,25 กิโลกรัม
18.	บริษัทเฮลล์มหายญ จำกัด ดิกทีเอสที ทาวเวอร์ ชั้น 12 ถ. วิทยาดังสิต กทม. 10900 เบอร์โทร 0-2273-8138	บริษัทนำเข้าสีธรรมชาติ ได้แก่ สีจากใบเตย, ขมิ้น, ดอกคำฝอย, ฟักทอง, แครอด, มะเขือเทศ	เขียว, เหลือง, ส้ม, แดง	สีผง - ละลายในน้ำ สีน้ำ - นำสีมาเจือจาง ในน้ำ	ขวดพลาสติก (บรรจุตามฉัพพลาเยอร์)	2,000-3,000 / 12.5, 20 กิโลกรัม

หมายเหตุ บรรจตามซัพพลายเออร์ คือการบรรจุใส่ของอะลูมิเนียมพอยต์แล้วบรรจุลงกระปุกพลาสติก หรือบรรจุลงถังแล้วปิดผนึก

ตารางที่ 24 สี่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

สี่	ความถี่ในแต่ละระดับ			ผลรวมของ การเรียงลำดับ	ลำดับ* ความสำคัญ
	1	2	3		
เหลื๋อง	35	22	15	164	1
สี่ม	19	37	18	149	2
เจียว	32	17	17	147	3
แดง	9	8	18	61	4
น้ำตาล	4	5	8	30	5
ม่วง	1	1	3	8	6
ชมพู	0	2	3	7	7
น้ำเงิน	0	1	0	2	8

หมายเหตุ * ลำดับที่ 1 หมายถึง มีการใช้มากที่สุด ให้ 3 คะแนน และลำดับที่ 3 หมายถึงมีการใช้ น้อยที่สุดให้ 1 คะแนน เรียงลำดับตามคะแนนรวมมากที่สุดเป็นลำดับที่ 1

21.5, 8.9 และ 5.6 ตามลำดับ และปัญหาในการใช้สารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด คือ มีข้อจำกัดในการใช้ในเรื่องความคงตัวของสีที่มีต่อกระบวนการผลิต ตลอดจนถึงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่น สีธรรมชาติไม่คงทนต่อความร้อนสูง คิดเป็นร้อยละ 38.8 รองลงมา คือสีไม่มีความสม่ำเสมอ, ราคาสูง, มีผู้ผลิต หรือผู้นำเข้าน้อยราย และหาซื้อยาก คิดเป็นร้อยละ 29.4, 17.4, 7.9 และ 6.1 ทั้งนี้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร และบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร ส่วนใหญ่จะเห็นว่าจะมีความเป็นไปได้หากมีการใช้สารสีธรรมชาติในระดับอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ให้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง คิดเป็นร้อยละ 44 – 48 เพราะปัจจุบันในประเทศไทยมีแนวโน้มในการทำวิจัยอย่างต่อเนื่องในเรื่องการสกัดสารสีธรรมชาติมากขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาสนใจด้านสุขภาพ และเรียนรู้ในเรื่องอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายตนเองมากขึ้น รวมทั้งถ้าผลิตสารสีธรรมชาติที่ไม่มีสารตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิต และสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดในการใช้ นั่นคือ ทำให้สีที่ได้ลงในผลิตภัณฑ์อาหารมีความสม่ำเสมอตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบตลอดจนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร มีวิธีการใช้ที่สะดวกไม่ยุ่งยากในการเตรียม และผลิตโดยคำนึงถึงต้นทุนให้ต่ำที่สุด เพราะสินค้าบริโภคในประเทศส่วนใหญ่จะคำนึงถึงต้นทุนของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้จะมีความเป็นไปได้สูงมากขึ้นถ้ารัฐบาล

มีการรณรงค์ให้ใช้สารสีธรรมชาติมากขึ้น หรือประกาศบังคับให้ยกเลิกการนำเข้าสีสังเคราะห์จากต่างประเทศอย่างเคร่งครัด

สำหรับสารสีธรรมชาติที่ผลิตขึ้นจากแครอท ผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหารส่วนใหญ่เห็นว่าควรมีรูปแบบเป็นผงละเอียดจะเหมาะสมที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90 รองลงมา เป็น ของเหลวข้น และของเหลว คิดเป็นร้อยละ 7.0 และ 0.3 ตามลำดับ และผู้ใช้สารสีส่วนใหญ่ให้ความสนใจที่จะซื้อสีธรรมชาติจากแครอทหากมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมในรูปผงละเอียด คิดเป็นร้อยละ 88.0 โดยเห็นว่าเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยลดการนำเข้าสีผสมอาหารจากต่างประเทศ และให้ความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค รวมทั้งประโยชน์ที่ได้รับจากบีตาแคโรทีนในแครอท ทั้งนี้ราคาต้องไม่แพงจนเกินไป ใช้งานง่าย สะดวก และไม่เกิดปัญหาในระหว่างการผลิต ผู้บริโภคร้อยละ 12.0 ไม่แน่ใจที่จะซื้อ โดยเห็นว่าจะต้องมีการประกาศรับรองความปลอดภัยจากกระทรวงสาธารณสุขถึงจะกล้านำมาบริโภค

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและเปรียบเทียบราคาของแครอทสดทั้งในประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน่)

จากการนำแครอทในประเทศพันธุ์หงส์แดง และแครอทนำเข้าจากประเทศจีนพันธุ์แซนทีเน่ มาล้าง ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น และบดให้ละเอียด วิเคราะห์คุณภาพดังนี้ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต บีตาแคโรทีน พลังงาน และเปรียบเทียบราคาโดยเฉลี่ย พบว่า ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และ พลังงานของแครอทพันธุ์หงส์แดงมีค่าเท่ากับร้อยละ 89.56, 1.52, 0.37, 0.34, 1.01, 7.18 และ 38.19 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแครอทพันธุ์แซนทีเน่ ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 90.00, 1.39, 0.34, 0.37, 0.88, 7.00 และ 36.70 ตามลำดับ แต่ปริมาณบีตาแคโรทีน และราคามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่างแครอทพันธุ์หงส์แดง และแครอทพันธุ์แซนทีเน่ซึ่งมีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 3.28, 5.34 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ และราคาเท่ากับ 15.64, 21.50 บาท / กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 25)

ในการคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อนำไปผลิตสารสีบีตาแคโรทีนจากแครอทควรคัดเลือกแครอทที่ให้ค่าคุณภาพปริมาณบีตาแคโรทีนสูง นอกจากนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณวัตถุดิบ และต้นทุนการผลิตเพราะต้องใช้วัตถุดิบเริ่มต้นเป็นจำนวนมากในการผลิตสารสีเพื่อให้ได้ปริมาณที่เพียงพอ

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบขององค์ประกอบทางเคมีและราคาของแคโรตในประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน)

องค์ประกอบทางเคมี	แคโรตในประเทศ พันธุ์หงส์แดง	แคโรตนำเข้าจากประเทศจีน พันธุ์แซนทีเน
ความชื้น (ร้อยละ) ns	89.56	90.00
โปรตีน (ร้อยละ) ns	1.52	1.39
ไขมัน (ร้อยละ) ns	0.37	0.34
เถ้า (ร้อยละ) ns	0.34	0.37
ใยอาหาร (ร้อยละ) ns	1.01	0.88
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) ns	7.18	7.00
พลังงาน (Kcal) ns	38.19	36.70
ปริมาณบีตาแคโรทีน (มิลลิกรัม / กรัม)	3.28 b	5.24 a
ราคาแคโรต * (บาท / กิโลกรัม)	15.64 b	21.10 a
ราคาปริมาณบีตาแคโรทีน(บาท/กรัม)	4.77 b	4.10 a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ ns แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ที่มา: * กรมส่งเสริมการเกษตร (2548)

(Gardon, 1997) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า แคโรตพันธุ์แซนทีเนมีปริมาณบีตาแคโรทีนสูงกว่าแคโรตพันธุ์หงส์แดงเกือบ 2 เท่า แต่ราคาของแคโรตพันธุ์หงส์แดงในประเทศ มีราคาถูกกว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบราคาของปริมาณบีตาแคโรทีนของแคโรตพันธุ์แซนทีเนเท่ากับ 4.10 บาท / กรัม จะถูกกว่าแคโรตพันธุ์หงส์แดง ที่มีค่าเท่ากับ 4.77 บาท / กรัม จึงเลือกใช้แคโรตนำเข้าพันธุ์แซนทีเน (ภาพที่ 8) เพราะมีการนำเข้าตลอดทั้งปี และสามารถเลือกแหล่งจำหน่ายที่ทำให้ราคาต้นทุนในการผลิตต่ำลงได้ ในการทดลองครั้งนี้จะซื้อที่ห้างสรรพสินค้าคาร์ฟูร์ สาขาบางปะกอก มีราคาเท่ากับ 21.50 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งแคโรตพันธุ์แซนทีเนที่ใช้มีค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ 47.67, 41.58, 51.37, 66.09, 51.01 องศา มีความยาวประมาณ 24 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร เป็นวัตถุดิบในการผลิตผงสีต่อไป



ภาพที่ 8 แครอตนำเข้าจากประเทศจีนพันธุ์เซนทีเนที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น

3. การศึกษาผลของปัจจัยในการลวกแครอตด้วยน้ำร้อน และไอน้ำ

จากการศึกษาปัจจัยในการลวกแครอตด้วยน้ำร้อน ได้แก่ อุณหภูมิ และระยะเวลา ศึกษาที่ระดับอุณหภูมิ 50, 70 และ 90°C เป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที รวม 9 สิ่งทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการลวกด้วยน้ำร้อน มีอิทธิพลต่อปริมาณบีตาแคโรทีน โดยที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณบีตาแคโรทีนจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ไ้จะช่วยทำลายส่วนของคลอโมพลาสติกภายในเนื้อเยื่อแครอตได้ (Goodwin, 1984) ทำให้สกัดรงควัตถุที่มีอยู่ในแครอต โดยเฉพาะส่วนของบีตาแคโรทีนที่มีถึงร้อยละ 85–90 ได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีปริมาณบีตาแคโรทีนสูง เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีนในแต่ละระดับอุณหภูมิ 50, 70 และ 90°C ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.83, 5.93 และ 6.47 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 26) พบว่า อุณหภูมิในการลวกด้วยน้ำร้อนทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนค่าสี L^* , C^* และ h ในการลวกแครอตด้วยน้ำร้อน (ตารางที่ 27) พบว่า เมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง L^* และค่าความเข้มของสี C^* ลดลง ซึ่งค่าความสว่าง L^* มีค่าอยู่ในช่วง 43.78 – 46.52 และค่าความเข้มของสี C^* มีค่าอยู่ในช่วง 61.24 – 67.46 ส่วนค่ามุมของสี h มีค่าอยู่ในช่วง 49.30 - 51.79 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง

ตารางที่ 26 ผลของปัจจัยในการลวกแครอทด้วยน้ำร้อนต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีน

ระดับอุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา (นาทีก)			ค่าเฉลี่ย ปริมาณบีตาแคโรทีน (มก./ก.)
	5	10	15	
50	4.47	4.84	5.20	4.84 c
70	4.90	5.87	7.03	5.93 b
90	5.75	6.27	7.40	6.47 a
ค่าเฉลี่ย				
ปริมาณบีตาแคโรทีน (มก./ก.)	5.04 C	5.66 B	6.54 A	

หมายเหตุ ตัวอักษร abc ในแนวนั่ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระดับอุณหภูมิในการลวกด้วยน้ำร้อน
ตัวอักษร ABC ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระยะเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อน

ระยะเวลาในการลวกด้วยน้ำร้อนมีอิทธิพลต่อปริมาณบีตาแคโรทีนโดยที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณบีตาแคโรทีนเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีน ในแต่ละระยะเวลา 5, 10 และ 15 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.04, 5.66 และ 6.54 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 26) พบว่า ระยะเวลาทั้ง 3 ระดับมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาปัจจัยโดยรวมในการลวกด้วยน้ำร้อนระหว่างระดับอุณหภูมิ และระยะเวลา พบว่า มีปฏิกริยาสัมพันธ์กัน คือ ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณบีตาแคโรทีนเพิ่มขึ้น

ส่วนปัจจัยในการลวกด้วยไอน้ำ ที่ระยะเวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 นาที รวม 5 สิ่งทดลอง พบว่า ระยะเวลาที่มีอิทธิพลต่อปริมาณบีตาแคโรทีน โดยที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณบีตาแคโรทีนเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณบีตาแคโรทีนในแต่ละระยะเวลา 3, 6, 9, 12 และ 15 นาที จะให้ค่าเฉลี่ยดังนี้ 4.43, 5.86, 7.49, 9.85 และ 7.58 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ พบว่า ระยะเวลาทั้ง 5 ระดับมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 27 ผลของปัจจัยในการลวกแครอทด้วยน้ำร้อนและไอน้ำต่อปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h

วิธีการลวก	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาท.)	บีตาแคโรทีน (มก./ก.)	ค่าสี				
				L*	a*	b*	C*	h*(องศา)
น้ำร้อน	50	5	4.47 m	46.52 a	43.34 a	51.70a	67.46 a	49.30 ij
น้ำร้อน	50	10	4.84 l	45.73 b	42.54 b	50.09 b	66.33 b	49.44 i
น้ำร้อน	50	15	5.20 j	44.34 e	42.31 c	49.81 c	65.50 c	49.68 h
น้ำร้อน	70	5	4.90 k	44.49 e	42.43 b	49.90 c	65.80 c	49.47 i
น้ำร้อน	70	10	5.87 g	43.98 f	41.24 f	48.35 f	63.69 f	49.95 g
น้ำร้อน	70	15	7.03 e	43.90 f	41.03 g	48.10 g	63.20 g	50.24 f
น้ำร้อน	90	5	5.75 h	44.73 d	41.66 e	49.50 d	64.67 d	49.95 g
น้ำร้อน	90	10	6.26 f	43.97 f	39.26 h	48.96 e	61.98 i	51.15 f
น้ำร้อน	90	15	7.40 d	43.78 f	37.83 j	48.12 g	61.24 j	51.79 e
ไอน้ำ	100	3	4.43 m	41.96 g	38.95 i	49.82 c	62.59 h	51.96 d
ไอน้ำ	100	6	5.86 g	41.83 gh	36.24 k	48.24 fg	59.18 k	53.00 c
ไอน้ำ	100	9	7.49 c	41.73 h	35.19 l	47.51 h	58.62 l	53.45 b
ไอน้ำ	100	12	9.85 a	41.43 i	35.04 m	46.48 i	58.04 m	54.57 a
ไอน้ำ	100	15	7.58 b	41.53 i	35.14 lm	46.49 i	59.09 k	53.42 b
ควบคุม	32	0	5.49 i	45.31 c	41.82 d	48.13 g	63.76 e	49.01 j

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนค่าสี L*, C* และ h ในการลวกแครอทด้วยไอน้ำ (ตารางที่ 27) พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง L* และค่าความเข้มของสี C* ลดลง ซึ่งค่าความสว่าง L* มีค่าอยู่ในช่วง 41.43 - 41.96, ค่าความเข้มของสี C* มีค่าอยู่ในช่วง 58.04 – 62.59 และค่ามุมของสี h มีค่าอยู่ในช่วง 51.96 – 54.57 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน และไอน้ำ พบว่า การลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 15 นาที จะให้ปริมาณบีตาแคโรทีนสูงที่สุด เท่ากับ 7.40 มิลลิกรัม / กรัม ส่วน

การลวกด้วยไอน้ำเป็นเวลา 12 นาที จะให้ปริมาณบิตาแคโรทีนสูงที่สุด เท่ากับ 9.85 มิลลิกรัม / กรัม แสดงว่า การลวกด้วยไอน้ำจะให้ปริมาณบิตาแคโรทีนที่สูงกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน จึงเลือกวิธีการลวกด้วยไอน้ำเพื่อใช้ในการเตรียมแครอทก่อนการสกัดต่อไป ในการลวกด้วยไอน้ำจะช่วยลดการสูญเสียภายในเซลล์ของผักได้ ทำให้ผักมีคุณภาพใกล้เคียงกับของสด (Mayer and Spie, 2003) และการนำวัตถุดิบมาผ่านการลวกก่อนการทำแห้งนั้นสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลหลังการทำแห้งได้ (สมบัติ, 2529)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งทดลองทั้งหมดให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 27) ปริมาณบิตาแคโรทีนในช่วง 4.43–9.85 มิลลิกรัม / กรัม, ค่าสี L^* แสดงค่าความสว่างในช่วง 41.43–46.52, a^* แสดงค่าสีแดงในช่วง 35.04–43.34, b^* แสดงค่าสีเหลืองในช่วง 46.48–51.70, C^* แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 58.04–67.46 และ h แสดงค่ามุมของสีในช่วง 49.01–54.57 องศา จะเห็นแครอทเป็นสีส้มเหลือง ซึ่งแครอทที่ผ่านการลวกที่เหมาะสมที่สุด คือ แครอทที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 12 นาที มีปริมาณบิตาแคโรทีน 9.85 มิลลิกรัม / กรัม และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 41.43, 35.04, 46.48, 58.04 และ 54.57 องศา ตามลำดับ

4. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ ตามวิธีของ Cinar (2004) ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ระดับความเป็นกรด-เบส, อุณหภูมิในการบ่ม, ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส, ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลส, ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดสี วางแผนการทดลองแบบแฟกต์เก็จ แอนด์เบอร์แมน เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีจากทั้งหมด 6 ปัจจัย รวม 12 สิ่งทดลอง ตามแผนผังการทดลอง (ตารางที่ 28)

วัดค่าคุณภาพปริมาณผลผลิต, ปริมาณบิตาแคโรทีน, ค่าความสว่าง L^* , ค่าสีแดง a^* , ค่าสีเหลือง b^* , ค่าความเข้มของสี C^* , ค่ามุมของสี h (ตารางที่ 29) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณผลผลิต, ปริมาณบิตาแคโรทีน, ค่าความสว่าง L^* , ค่าสี a^* , ค่าสี b^* , ค่าความเข้มของสี C^* , ค่ามุมของสี h ของทุกสิ่งทดลอง พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่สิ่งทดลองที่ 8 (ปรับค่าความเป็นกรด-เบส 3.5, บ่มที่อุณหภูมิ 35 °C, ใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส ที่ร้อยละ 1.0, ความเข้มข้นของ

ตารางที่ 28 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดสีในแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล แอนดอร์แมน

สิ่งทดลองที่	ระดับpH	อุณหภูมิในการต้ม (°C)	เอนไซม์เพกทิเนส (มิลลิลิตร)	เอนไซม์เซลลูเลส (มิลลิลิตร)	เอนไซม์เพกทิเนสและเซลลูเลส (มิลลิลิตร)	เวลาในการสกัดที่อุณหภูมิ 50°C (นาที)
1	6.0	60	0.1	1.0	1.0	120
2	6.0	35	1.0	1.0	1.0	60
3	3.5	60	1.0	1.0	0.1	60
4	6.0	60	1.0	0.1	0.1	60
5	6.0	60	0.1	0.1	0.1	120
6	6.0	35	0.1	0.1	1.0	60
7	3.5	35	0.1	1.0	0.1	120
8	3.5	35	1.0	0.1	1.0	120
9	3.5	60	0.1	1.0	1.0	60
10	6.0	35	1.0	1.0	0.1	120
11	3.5	60	1.0	0.1	1.0	120
12	3.5	35	0.1	0.1	0.1	60
13	สิ่งทดลองควบคุม สกัดโดยไม่ใช้เอนไซม์					

เอนไซม์เซลลูเลสที่ร้อยละ 0.1, ใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ผสมระหว่างเพกทิเนส และเซลลูเลส ในอัตราส่วน 1:1 ที่ร้อยละ 1.0 และสกัดที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 120 นาที) จะให้ปริมาณผลผลิตร้อยละ 93.84 และปริมาณบีตาแคโรทีน 7.87 มิลลิกรัม / กรัม สูงที่สุด และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ 64.68, 15.24, 20.74, 25.74 และ 53.69 องศา ตามลำดับ ทั้งนี้การสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ในสถานะที่เหมาะสมจะช่วยย่อยสลายสารเพกตินตามผนังเซลล์เนื้อเยื่อแครอท ทำให้เนื้อเยื่อแครอทอ่อนตัว เอนไซม์จะช่วยย่อยและได้ของเหลวเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตที่มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ใช้เอนไซม์ และสารสีที่สกัดได้จะมีการกระจายตัวของอนุภาคที่ละเอียดของบีตาแคโรทีน ทำให้มีปริมาณบีตาแคโรทีนสูง (Schmitt, 1986) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส,

ตารางที่ 29 ผลการคัดเลือกปัจจัยในแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล แอนด์เบอร์แมน ที่มีผลต่อปริมาณปีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

สิ่งทดลองที่	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณปีตาแคโรทีน (มก./ก.)	ค่าสี				
			L^*	a^*	b^*	C^*	h (องศา)
1	78.36 e	2.74 e	62.66 e	22.96 h	26.17 h	34.82 h	48.73 g
2	72.64 i	2.43 fg	61.66 I	24.17 e	28.25 e	37.17 e	49.45 d
3	88.70 b	4.67 b	64.06 b	19.97 k	24.00 k	31.22 k	50.22 b
4	69.62 l	1.74 i	59.61 l	25.81 b	30.65 b	40.07 b	49.90 c
5	65.66 m	1.68 j	58.51m	26.37 a	31.17 a	40.83 a	49.76 c
6	71.93 j	2.38 g	60.77 j	24.98 d	28.70 d	38.05 d	48.96 f
7	77.42 f	2.71 e	62.47 f	23.50 g	27.14 g	35.90 g	49.11 e
8**	93.84 a	7.87 a	64.68 a	15.24 l	20.74 l	25.74 l	53.69 a
9	76.35 g	2.50 f	62.07 g	23.90 f	27.87 f	36.71 f	49.38 d
10	70.52 k	2.04 h	60.24 k	25.17 c	29.34 c	38.65 c	49.37 d
11	86.51 c	4.05 c	63.95 c	20.13 j	24.10 j	31.40 j	50.12 b
12	82.36 d	3.38 d	62.83 d	20.87 i	25.04 l	32.60 i	50.18 b
Control	75.03 h	2.50 f	61.84 h	7.66 m	4.54 m	8.90 m	30.65 h

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส และความเข้มข้นของเอนไซม์ผสมระหว่างเพกทิเนส และเซลลูโลสในอัตราส่วน 1:1 โดยที่การปรับค่าความเป็นกรด-เบสในระดับต่ำที่ 3.5 ให้ปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนสูงกว่าการปรับค่าความเป็นกรด-เบสในระดับสูงที่ 6.0, การใช้ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทิเนสในระดับสูง ที่ร้อยละ 1.0 ให้ปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนสูงกว่าการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสในระดับต่ำ ที่ร้อยละ 0.1 และการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ผสมระหว่างเพกทิเนส และเซลลูโลสในอัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มเดียวกันกับการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส ส่วนปัจจัยการศึกษาอื่นๆ ได้แก่ ระดับอุณหภูมิในการบ่ม, ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลส และระยะเวลาในการสกัด ไม่ได้เป็นปัจจัยที่มี

อิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีน ในการศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์ผสม เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีน แต่ความเข้มข้นของเอนไซม์ เซลลูเลสไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีน แสดงว่าความเข้มข้นของ เอนไซม์เพกทีเนสมีผลโดยตรงต่อการสกัดสีจากแครอท จึงนำปัจจัยระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนส มาศึกษาระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของ เอนไซม์เพกทีเนสที่เหมาะสมต่อไป โดยจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองสุ่ม ในบล็อกสมบูรณ์

5. การศึกษาระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนสที่มีผลต่อการ สกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ พบว่า ปัจจัยที่มี อิทธิพลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ ระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้น ของเอนไซม์เพกทีเนส นำมาจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองสุ่มในบล็อก สมบูรณ์ ศึกษาความเป็นกรด-เบส 3 ระดับ ได้แก่ 2.5, 3.5 และ 4.5 และความเข้มข้น ของเอนไซม์เพกทีเนส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 รวม 9 สิ่งทดลอง พบว่า ระดับความเป็นกรด-เบสมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีน เมื่อระดับความ เป็นกรด-เบสลดลง ปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้ม ว่าระดับความเป็นกรด-เบสลดลง ปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนจะเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนในแต่ละระดับความ เป็นกรด-เบส 3 ระดับ ได้แก่ 2.5, 3.5, และ 4.5 ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 91.50, 90.61 และ 89.40 ตามลำดับ (ตารางที่ 30) และมีปริมาณปีตาแคโรทีนเท่ากับ 3.85, 3.29 และ 2.74 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 31) พบว่า ระดับความเป็นกรด-เบสทั้ง 3 ระดับมีความ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนส มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโร ทีน แต่ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทีเนส ทั้ง 3 ระดับให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีน ในแต่ละ ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทีเนสทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ

ตารางที่ 30 ผลของระดับความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนสต่อ
ค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ระดับความเป็นกรด-เบส	ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทีเนส (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย
	0.5	1.0	1.5	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)
2.5	91.73	91.45	91.33	91.50 a
3.5	90.85	90.61	90.39	90.61 b
4.5	89.70	89.36	89.14	89.40 c
ค่าเฉลี่ย				
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	90.76 A	90.47 A	90.29 A	

หมายเหตุ ตัวอักษร abc ในแนวนั่ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระดับความเป็นกรด-เบส
ตัวอักษร A ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนส

ตารางที่ 31 ผลของระดับความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนสต่อ
ค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีน ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ระดับความเป็นกรด-เบส	ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทีเนส (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย
	0.5	1.0	1.5	ปริมาณบีตาแคโรทีน (มก./ก.)
2.5	3.99	3.86	3.72	3.85 a
3.5	3.48	3.29	3.09	3.29 b
4.5	2.89	2.75	2.57	2.74 c
ค่าเฉลี่ย				
ปริมาณบีตาแคโรทีน (มก./ก.)	3.45 A	3.30 A	3.12 A	

หมายเหตุ ตัวอักษร abc ในแนวนั่ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระดับความเป็นกรด-เบส
ตัวอักษร A ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทีเนส

ร้อยละ 90.76, 90.47 และ 90.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 30) และ 3.45, 3.30 และ 3.12 มิลลิกรัม / กรัม (ตารางที่ 31)

ส่วนค่าสี L^* , C^* และ h (ตารางที่ 32) พบว่า เมื่อระดับความเป็นกรด-เบสลดลง และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสที่ระดับต่ำลง ทำให้ค่าความสว่าง L^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเข้มของสี C^* ลดลง ซึ่งค่าความสว่าง L^* มีค่าอยู่ในช่วง 57.22–63.29, ค่า C^* มีค่าอยู่ในช่วง 29.83–41.56 และค่ามุมของสี h มีค่าอยู่ในช่วง 50.62–54.26 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง

เมื่อพิจารณาปัจจัยโดยรวมระหว่างระดับความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส พบว่า ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์กัน จึงแยกศึกษาปัจจัยเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

ตารางที่ 32 ผลของระดับความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสต่อ

ปริมาณผลผลิต, บีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ระดับ pH	ความเข้มข้น เอนไซม์ เพกทิเนส (ร้อยละ)	ปริมาณ ผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณ บีตาแคโรทีน (มก./ก.)	ค่าสี				
				L^*	a^*	b^*	C^*	h (องศา)
2.5	0.5	91.73 a	3.99 a	63.29 a	17.43 h	24.22 h	29.83 h	54.26 a
2.5	1.0	91.45 b	3.86 ab	62.25 b	18.49 g	25.28 g	31.31 g	53.82 b
2.5	1.5	91.33 b	3.72 b	61.18 c	19.63 f	26.70 f	33.14 f	53.68 b
3.5	0.5	90.85 c	3.48 c	59.58 d	21.07 e	28.42 e	35.38 e	53.44 c
3.5	1.0	90.61cd	3.29 c	59.37 d	23.25 d	29.64 d	37.67 d	51.88 d
3.5	1.5	90.39 d	3.09 d	58.70 e	24.44 c	30.25 c	38.89 c	51.07 e
4.5	0.5	89.70 e	2.89 de	58.32 e	25.25 b	31.17 b	40.11 b	50.98 e
4.5	1.0	89.36 f	2.75 e	58.25 e	25.39 b	31.31 b	40.31 b	50.95 e
4.5	1.5	89.14 f	2.57 f	57.22 f	26.37 a	32.13 a	41.56 a	50.62 f

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่

ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งทดลองทั้งหมดให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 32) ปริมาณผลผลิตในช่วงร้อยละ 89.14–91.73, ปริมาณบีตาแคโรทีนในช่วง 2.57–3.99 มิลลิกรัม / กรัม, ค่าสี L* แสดงค่าความสว่างในช่วง 57.22–63.29, a* แสดงค่าสีแดงในช่วง 17.43–26.37, b* แสดงค่าสีเหลืองในช่วง 24.22–32.13, C* แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 29.83–41.56 และ h แสดงค่ามุมของสีในช่วง 50.62–54.26 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง สิ่งทดลองที่ให้ปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนสูงที่สุด คือ สิ่งทดลองที่ปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 2.5 ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.5 มีปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับร้อยละ 91.73 และ 3.99 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ

5.1 การศึกษาระดับความเป็นกรด-เบสที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

จากการศึกษาระดับความเป็นกรด-เบส 3 ระดับ ได้แก่ 2.5, 3.5 และ 4.5 พบว่าระดับความเป็นกรด-เบสมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีน และมีแนวโน้มว่าระดับความเป็นกรด-เบสลดลง ปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนจะมีแนวโน้มสูงขึ้น จึงศึกษาระดับความเป็นกรด-เบสที่ 2.0, 2.5 และ 3.0 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยให้ผลดังนี้ ปริมาณผลผลิตในช่วงร้อยละ 89.14–91.73, ปริมาณบีตาแคโรทีนในช่วง 1.65–3.93 มิลลิกรัม / กรัม ค่าสี L* แสดงค่าความสว่างในช่วง 57.29–63.93, a* แสดงค่าสีแดงในช่วง 17.40–28.41, b* แสดงค่าสีเหลืองในช่วง 24.02–24.52, C* แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 29.65–44.71 และ h แสดงค่ามุมของสีในช่วง 50.54–54.08 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง (ตารางที่ 33) สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ ปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 2.5 โดยใช้ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.5 ซึ่งมีปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 91.34 และ 3.93 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ 63.93, 17.40, 24.02, 29.65 และ 54.08 องศา ตามลำดับ ทั้งนี้การใช้ระดับความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมต่อสภาวะการสกัดสีด้วยเอนไซม์เพกทิเนสจะช่วยเร่งปฏิกิริยาในการย่อยสลายสารสีบีตาแคโรทีน ทำให้มีปริมาณบีตาแคโรทีนเพิ่มขึ้น ถ้าระดับความเป็นกรด-เบสเป็นกรดแก่หรือด่างแก่อาจมีผลทำให้โปรตีนของเอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติได้ (ปราณี, 2540; Pilnik and Voragen, 1991)

ตารางที่ 33 ผลของระดับความเป็นกรด-เบส ต่อปริมาณผลผลิต, บีตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ระดับ pH	ปริมาณ ผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณบีตา แคโรทีน (มก. / กรัม)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h (องศา)
2.0	86.92 c	1.65 c	57.29 c	28.41 a	34.52 a	44.71 a	50.54 c
2.5	91.34 a	3.93 a	63.93 a	17.40 c	24.02 c	29.65 c	54.08 a
3.0	91.08 b	3.79 b	61.12 b	19.83 b	26.95 b	33.37 b	53.65 b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5.2 การศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

จากการศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสที่ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 พบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณบีตาแคโรทีน แต่ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสทั้ง 3 ระดับให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อประหยัดต้นทุนจึงศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสที่ร้อยละ 0.3, 0.4 และ 0.5 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.4 และ 0.5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และให้ปริมาณผลผลิตและปริมาณบีตาแคโรทีนมากกว่าที่ความเข้มข้นเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.3 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 34) ปริมาณผลผลิตในช่วงร้อยละ 87.77–91.40, ปริมาณบีตาแคโรทีนในช่วง 3.66–3.93 มิลลิกรัม / กรัม ค่าสี L* แสดงค่าความสว่างในช่วง 63.50–63.90, a* แสดงค่าสีแดงในช่วง 17.42–18.23, b* แสดงค่าสีเหลืองในช่วง 24.13–25.18, C* แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 29.77–31.09 และ h แสดงค่ามุมของสีในช่วง 54.10–54.20 องศา แสดงค่าสีส้มเหลืองซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ ใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสร้อยละ 0.4 และปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 2.5 ซึ่งมีปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับร้อยละ 91.38 และ 3.90 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ 63.86, 17.42, 24.17, 29.77 และ 54.20 องศา ตามลำดับ

ตารางที่ 34 ผลของความเข้มข้นเอนไซม์เพกทินเอสต่อปริมาณผลผลิต, ปีตาแคโรทีน และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ความเข้มข้น เอนไซม์ เพกทินเอส(ร้อยละ)	ปริมาณ ผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณปีตา แคโรทีน (มก. / ก.)	ค่าสี				
			L^*	a^*	b^*	C^*	h (องศา)
0.3	87.77 b	3.66 b	63.50 b	18.23 a	25.18 a	31.09 a	54.10 b
0.4	91.38 a	3.90 a	63.86 a	17.42 b	24.17 b	29.77 b	54.20 a
0.5	91.40 a	3.93 a	63.90 a	17.46 b	24.13 b	29.78 b	54.10 b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6. การศึกษาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลต่อการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 50°C กวนด้วยเครื่องคนตลอดเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้เร็วขึ้น (Engel, 1979) เป็นระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาในระดับต่ำในแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล แอนด์เบอร์แมน ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับระยะเวลาในระดับสูง 120 นาที ดังนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการสกัด และศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสี จึงศึกษาระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 45°C , 50°C และ 55°C เป็นระยะเวลา 3 ระดับ ได้แก่ 45, 60 และ 75 นาที รวม 9 สิ่งทดลอง พบว่า ระดับอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณปีตาแคโรทีนโดยที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 35-36) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิต และปริมาณปีตาแคโรทีนในแต่ละระดับอุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่า ที่อุณหภูมิ 45°C ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับที่อุณหภูมิ 50°C แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 95 กับที่อุณหภูมิ 55°C ทั้งนี้ความร้อนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการสกัดสีแต่การให้ความร้อนที่สูงเกินไปอาจเกิดการสลายตัวได้ (Emodi, 1978)

เมื่อพิจารณาค่าสี L^* , C^* และ h (ตารางที่ 37) พบว่า สารสีทั้ง 9 สิ่งทดลองมีสีส้มเหลือง ไม่แตกต่างกันนัก โดยค่าความสว่าง L^* มีค่าอยู่ในช่วง 61.53 – 65.76, ค่าความเข้มของสี C^* มีค่าอยู่ในช่วง 24.80 – 28.83 และค่ามุมของสี h มีค่าอยู่ในช่วง 53.30 – 54.94 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง

ตารางที่ 35 ผลของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตในการสกัดสีจากแครอท ด้วยเอนไซม์

ระดับอุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา (นาที)			ค่าเฉลี่ย
	45	60	75	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)
45	91.74	91.69	91.66	91.69 a
50	91.63	91.58	91.54	91.58 a
55	91.00	90.89	90.78	90.89 b
ค่าเฉลี่ย				
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	91.45 A	91.38 A	91.32 A	

หมายเหตุ ตัวอักษร ab ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระดับอุณหภูมิ
ตัวอักษร A ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระยะเวลา

ตารางที่ 36 ผลของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีนในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ระดับอุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา (นาที)			ค่าเฉลี่ย
	45	60	75	ปริมาณบีตาแคโรทีน (มก./ก.)
45	3.96	3.93	3.89	3.92 a
50	3.86	3.81	3.78	3.81 a
55	3.73	3.70	3.67	3.70 b
ค่าเฉลี่ย				
ปริมาณบีตาแคโรทีน (มก./ก.)	3.84 A	3.81 A	3.77 A	

หมายเหตุ ตัวอักษร ab ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระดับอุณหภูมิ
ตัวอักษร A ในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของระยะเวลา

ระยะเวลามีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีน เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิต และปริมาณบีตาแคโรทีนในแต่ละระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ ได้แก่ 45, 60 และ 75 นาที ซึ่งมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 91.45, 91.38 และ 91.32 ตามลำดับ (ตารางที่ 35) และมีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 3.84, 3.81 และ 3.77 มิลลิกรัม / กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 36) พบว่า ระยะเวลาดัง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 95

ตารางที่ 37 ผลของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาคือปริมาณผลผลิต, บีตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ปริมาณ ผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณ บีตา แคโรทีน (มก./ ก.)	ค่าสี				
				L*	a*	b*	C*	h (องศา)
45	45	91.74 a	3.96 a	65.76 a	14.35 g	20.22 g	24.80 g	54.68 ab
45	60	91.69 ab	3.93 ab	64.38 b	14.74 f	20.64 f	25.36 f	54.46 b
45	75	91.66 ab	3.89 ab	63.28 c	15.05 ef	21.46 e	26.21 e	54.94 a
50	45	91.63 ab	3.86 b	62.86 d	15.39 e	21.64 de	26.55 e	54.58 b
50	60	91.58 ab	3.81 bc	62.47 e	15.84 d	21.86 d	27.00 d	54.08 c
50	75	91.54 b	3.78 c	62.02 f	16.24 c	22.42 c	27.68 c	54.08 c
55	45	91.00 c	3.73 d	61.53 g	16.63 b	22.76 b	28.19 b	53.84 cd
55	60	90.89 d	3.70 de	60.76 h	16.86 b	22.91 ab	28.45 ab	53.65 d
55	75	90.78 d	3.67 de	60.33 i	17.24 a	23.12 a	28.83 a	53.30 e

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาปัจจัยโดยรวมระหว่างระดับอุณหภูมิและระยะเวลา พบว่า ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งทดลองทั้งหมดให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 37) ปริมาณผลผลิตในช่วงร้อยละ 90.78–91.74 ปริมาณบีตาแคโรทีนในช่วง 3.67–3.96 มิลลิกรัม / กรัม, ค่าสี L* แสดงค่าความสว่างในช่วง 60.33–65.76, a* แสดงค่าสีแดงในช่วง 14.35– 17.24,

b* แสดงค่าสีเหลืองในช่วง 20.22–23.12, C* แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 24.80–28.83 และ h แสดงค่ามุมของสี ในช่วง 53.30–54.94 องศา ซึ่งแสดงค่าสีส้มเหลือง ซึ่งสิ่งทดลองที่ให้ปริมาณผลผลิตและปริมาณบิตาแคโรทีนสูงที่สุด คือ สิ่งทดลองที่ใช้อุณหภูมิที่ระดับ 45°C และเวลาที่ใช้ในการสกัด 45 นาที มีปริมาณผลผลิตและปริมาณบิตาแคโรทีนเท่ากับร้อยละ 91.74 และ 3.96 มิลลิกรัม / กรัม และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ ตามลำดับ 65.76, 14.35, 20.22, 24.80 และ 54.68 องศา ตามลำดับ ซึ่งได้คัดเลือกให้เป็นสถานะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ต่อไป

7. การศึกษาอัตราส่วนของแครอทต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

ศึกษาอัตราส่วนของแครอทต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ 3 ระดับ ดังนี้ 1:8, 1:10 และ 1:12 จากการศึกษา พบว่า อัตราส่วนของแครอทต่อน้ำมีอิทธิพลต่อสถานะการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ และอัตราส่วนทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่ออัตราส่วนของแครอทต่อน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1:8 เป็น 1:10 ปริมาณผลผลิตที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเป็น 1:12 ทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง ซึ่งปริมาณผลผลิตจะสอดคล้องกับปริมาณบิตาแคโรทีนที่วิเคราะห์ได้ ดังนั้น อัตราส่วนของแครอทต่อน้ำที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์คือ 1:10 แสดงว่าอัตราส่วนของน้ำหรือความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินสต่อแครอทนี้มากพอที่จะทำให้ปริมาณบิตาแคโรทีน และปริมาณผลผลิตที่ต้องการสกัดได้ในปริมาณที่สูงขึ้น จนไม่มีการเปลี่ยนแปลงได้ต่อไปหรือจนถึงจุดสมดุล อย่างไรก็ตามเพื่อให้สมดุลเกิดขึ้นจำเป็นต้องให้แครอทและเอนไซม์สัมผัสกันเป็นเวลานานพอ (รุ่งนภา, 2541)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งทดลองทั้งหมดให้ผลดังนี้ (ตารางที่ 38) ปริมาณผลผลิตร้อยละในช่วง 89.78–91.65, ปริมาณบิตาแคโรทีนในช่วง 3.10–3.94 มิลลิกรัม / กรัม, ค่าสี L* แสดงค่าความสว่างในช่วง 61.72–65.62, a* แสดงค่าสีแดงในช่วง 14.18–18.19, b* แสดงค่าสีเหลืองในช่วง 20.86–24.53, C* แสดงค่าความเข้มของสีในช่วง 25.22–30.53 และ h แสดงค่ามุมของสีในช่วง 53.13–55.79 องศา ซึ่งให้ค่าสีส้มเหลือง อัตราส่วนของแครอทต่อน้ำที่ให้ปริมาณผลผลิต และบิตาแคโรทีนสูงที่สุดคือ 1:10 มีค่าเท่ากับร้อยละ 91.65 และ 3.94 มิลลิกรัม / กรัม และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h เท่ากับ 65.62, 14.18, 20.86, 25.22 และ 55.79 องศา ตามลำดับ

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ นำแครอทที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 12 นาที ไปบดละเอียด และปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 2.5 ด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 บ่มแครอทที่อุณหภูมิ 35°C เตรียมความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนส ร้อยละ 0.4 อัตราส่วนของแครอทต่อน้ำที่ใช้ คือ 1:10 และนำไปสกัดสารสีที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 45 นาที กวนตลอดการสกัดจนได้สารสีจากแครอท

ตารางที่ 38 ผลของอัตราส่วนแครอทต่อน้ำต่อปริมาณผลผลิต, บีตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

อัตราส่วน แครอท ต่อน้ำ	ปริมาณ ผลผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณบีตา แคโรทีน (มก./ก.)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h (องศา)
1:8	89.78 c	3.10 c	61.72 c	18.19 a	24.53 a	30.53 a	53.44 b
1:10	91.65 a	3.94 a	65.62 a	14.18 c	20.86 c	25.22 c	55.79 a
1:12	90.14 b	3.50 b	63.44 b	16.84 b	22.46 b	28.08 b	53.13 c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษานี้เมื่อสกัดสีจากแครอทโดยสภาวะที่เหมาะสมจะได้ปริมาณบีตาแคโรทีน 3.94 มิลลิกรัม / กรัม ซึ่งได้ค่าค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ใช้เอนไซม์เพกทิเนสเพื่อนำไปผลิตเป็นน้ำแครอทของ วิษขมณี (2541) พบว่ามีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 2.50 มิลลิกรัม / กรัม และการศึกษาของ Sims *et al.*, (1993) ซึ่งให้ความร้อนแก่แครอทที่อุณหภูมิ 93 °C นำมาบดและปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ 4-5 ด้วยสารละลายกรดซิตริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และใช้เอนไซม์ผสมระหว่างเอนไซม์เพกทิเนส และ เอนไซม์เฮมิเซลลูเลสในการสกัดแครอทเพื่อนำไปผลิตเป็นน้ำแครอท พบว่า มีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 3.13 มิลลิกรัม / กรัม

8. การทำแห้งสารสีที่สกัดได้โดยวิธีการพ่นแห้ง

นำสารสีที่สกัดได้จากแครอทโดยสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 7 ไปปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 6.3 (ค่าความเป็นกรด-เบสของสารสีแครอทเริ่มต้น) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลาย

น้ำได้ทั้งหมด มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.47 เดิมมอลโทเดกซ์ทริน D.E. 10 ซึ่งเป็นสารตัวพา มีหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับสารสีก่อนเข้าพ่นแห้ง และช่วยลดการเกาะติดผนังภายในห้องทำแห้ง ในปริมาณร้อยละ 10 (Chen and Tang, 1998) วิเคราะห์คุณภาพปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, ปริมาณบีตาแคโรทีน ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และค่าการละลาย ทั้งก่อนและหลัง เดิมมอลโทเดกซ์ทริน D.E. 10 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 2.47 และ 12.48 ตามลำดับ นำไปผ่านกระบวนการพ่นแห้ง โดยนำสารสีแคโรตไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 15 นาที เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สารสีที่สกัดได้จากแคโรต สภาพของเครื่องพ่นแห้ง (ภาพที่ 9) มีดังนี้ ความดันของลมที่หัวเหวี่ยง 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือคิดเป็นความเร็วของหัวเหวี่ยง 25,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิลมร้อนก่อนเข้าทำแห้ง $135\text{--}145^{\circ}\text{C}$ และหลังการทำแห้ง $90\text{--}100^{\circ}\text{C}$ (Chen and Tang, 1998) ใช้หัวฉีดแบบใช้ความดัน (pressure nozzles) มีอัตราเร็วของลมร้อนเท่ากับ 48.5 เมตรต่อวินาที อัตราการป้อนสารสี 5 มิลลิลิตรต่อวินาที ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนเป็นการเคลื่อนที่แบบผสม (mixed flow or complex vertical downward) โดยลมร้อนถูกพ่นเข้าด้านข้างก่อนไปทางด้านบนของห้องทำแห้ง ละอองของเหลวถูกพ่นออกจากด้านบน มีเครื่องดูดอากาศออกทางด้านบน ทำให้ลมร้อนเกิดการผสมวนเวียนกับละอองของเหลวภายในห้องทำแห้ง ผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตมีสีเหลืองอ่อน และมีคุณภาพดังนี้ ปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 2.01 มิลลิกรัม/กรัม, ค่าการละลายเท่ากับ 0.24 กรัมต่อ 10 มิลลิลิตร, และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h เท่ากับ 83.26, 6.56, 22.26, 23.20 และ 73.58 องศา ตามลำดับ

9. การศึกษาการผลิตผงสีจากแคโรตที่ผ่านกระบวนการพ่นแห้งในระดับนำร่อง

จากการศึกษาการผลิตผงสีธรรมชาติจากแคโรต (ภาพที่ 10) ในระดับนำร่องโดยใช้สถานะในการสกัดสารสีจากแคโรตด้วยเอนไซม์ที่เหมาะสม (จากข้อ 7) และนำไปพ่นแห้งโดยสถานะจากข้อ 8 พบว่า ในการผลิตผงสีธรรมชาติจากแคโรต 1 กิโลกรัม ใช้แคโรตสด 961.53 กรัม โดยเตรียมอัตราส่วนแคโรตสดต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:10 ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทินสรี้อยละ 0.4 โดยเติมลงในปริมาณ 38.46 มิลลิลิตรต่อน้ำกลั่น 9,615.38 มิลลิลิตร เดิมมอลโทเดกซ์ทริน D.E.10 961.53 กรัม จะได้สารสีแคโรตที่สกัดด้วยเอนไซม์ 9.61 ลิตร ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 12.48 ได้ปริมาณผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 83.33 และมีราคาต้นทุนรวมของผงสีธรรมชาติจากแคโรตที่คำนวณตามวิธีการของจิรพรรณ และคณะ (2525) พบว่า มีราคาต้นทุนรวมกิโลกรัมละ 237.38 บาท (ภาคผนวก จ) นำผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตมาวิเคราะห์



ภาพที่ 9 เครื่องพ่นแห้ง ออกแบบโดย นายบุญชัย หฤทัยธนาสันต์ ที่สถาบันคั่นคว้าและพัฒนา
ผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพผงสี และทางจุลินทรีย์ (ตารางที่ 39) พบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.98, ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 83.26, 6.56, 22.26, 23.20 และ 73.58 องศา ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นผงสีธรรมชาติจากแครอทเป็นสีเหลืองอ่อน, ค่า a_w เท่ากับ 0.27, ปริมาณบีตาแคโรทีน 2.01 มิลลิกรัม / กรัม ทั้งนี้การลดลงของปริมาณบีตาแคโรทีนเนื่องจากความร้อนจากการพ่นแห้งทำให้สารสีบีตาแคโรทีนลดลง และการเจือจางด้วยมอลโทเดกซ์ทริน D.E. 10 (Chen and Tang,

1998) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 12.48, ขนาดของอนุภาค 120 ไมครอน, ความเป็นกรดร้อยละ 0.18, ความเป็นกรดเบส 6.34, ค่าการดูดความชื้น 0.82 กรัม (ภายในเวลา 360 นาที), ค่าความหนาแน่น 0.64 กรัม / มิลลิลิตร, ค่าการละลาย 0.24 กรัมต่อ 10 มิลลิลิตร จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม จำนวนยีสต์ และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ไม่พบโคลิฟอร์ม และ *Staphylococcus aureus* คุณภาพของผงสีที่ถือว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์สูง (Al – Kahtani and Hassan, 1990) ต้องมีค่าความหนาแน่นที่สูง ซึ่งหมายถึง ผงสีมีปริมาณของอากาศภายในอยู่น้อย ซึ่งปริมาณอากาศเหล่านี้จะทำให้ผงสีมีคุณภาพในการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Main et al., 1989) ผงสีต้องมีคุณสมบัติการละลายที่ดีโดยที่ค่าการละลายแสดงถึงปริมาณตะกอนที่เหลือจากการละลายได้ในน้ำทั้งหมด จะต้องมียุทธศาสตร์ที่มีปริมาณตะกอนต่ำ มีปริมาณความชื้น และค่า a_w ที่ต่ำ และค่าความเป็นกรด-เบสเป็นกลาง



ภาพที่ 10 ผงสีจากแคโรต

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะคุณภาพของผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตกับผงสีที่ผลิตได้จากดอกกระเจียวแดงที่ศึกษาโดย Al – Kahtani and Hassan (1990) ซึ่งทำแห้งสารละลายจากดอกกระเจียวแดงโดยกรรมวิธีการพ่นแห้งโดยปรับปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมดในการละลายให้เท่ากับร้อยละ 19 ใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าก่อนการทำแห้ง $193.7\text{--}203.3^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิลมร้อนออกหลังการทำแห้ง $97.1\text{--}100.5^{\circ}\text{C}$ ซึ่งอุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าทำแห้ง 198.5°C และอุณหภูมิลมร้อนออกหลังการทำแห้ง 98.8°C ให้ผงสีแดงจากดอกกระเจียวแดงดีที่สุด ซึ่งมี

ลักษณะคุณภาพดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 3.78, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 0.95, ค่าความเป็นกรด-เบส 2.41, ค่าความหนาแน่น 0.76 กรัมต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 39 ลักษณะคุณภาพของผงสีจากแคโรตที่ผ่านกระบวนการพ่นแห้งในระดับนำร่อง

ลักษณะคุณภาพ	ปริมาณ
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	3.89
ค่าสี L*	83.26
a*	6.56
b*	22.26
C*	23.20
h	73.58
ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี	0.27
ปริมาณบีตาแคโรทีน (มิลลิกรัม / กรัม)	2.01
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	12.48
ความเป็นกรด (ร้อยละ)	0.18
ความเป็นกรด-เบส	6.34
ค่าการดูดความชื้น (กรัม)	0.82
ค่าความหนาแน่น (กรัม / มิลลิลิตร)	0.64
ค่าการละลาย (กรัม / 10 มิลลิลิตร)	0.24
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10
จำนวนยีสต์ และรา (โคโลนีต่อกรัม)	น้อยกว่า 10
โคลิฟอร์ม (MPN ต่อกรัม)	ไม่พบ
<i>Staphylococcus aureus</i>	ไม่พบ

นัยวิท (2538) ใช้สภาวะในการทำแห้งสารละลายจากดอกกระเจี๊ยบแห้ง คือ ที่อุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าทำแห้ง 200°C และอุณหภูมิของลมร้อนหลังทำแห้ง 100°C ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดร้อยละ 20 - 25 โดยเติมมอลโทเดกซ์ทรินปริมาณร้อยละ 35 ของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด ได้ผงสีที่มีลักษณะคุณภาพดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 3.14, ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมดร้อยละ 1.0, ค่าความเป็นกรด-เบส 2.87, ค่าความ

เป็นกรดร้อยละ 0.19, ค่าความหนาแน่น 0.897 กรัมต่อมิลลิลิตร, ค่าการละลาย 0.313 กรัมต่อ 10 มิลลิลิตร, ค่า a_w 0.11 และค่าสี L^*, a^*, b^* เท่ากับ 31.46, 21.30 และ 7.70 ตามลำดับ

Chen and Tang (1998) พ่นแห้งสารสีจากแคโรทีนที่สกัดด้วยอะซิโตน และเฮกเซน ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยน้ำตาลซูโครส และเจลาตินให้เท่ากับร้อยละ 15 ใช้อุณหภูมิความร้อนเข้าก่อนการทำแห้ง $135 - 145^\circ\text{C}$ อุณหภูมิความร้อนออกหลังการทำแห้ง $90 - 100^\circ\text{C}$ ได้ผงสีเหลืองซึ่งมีค่าสี L^*, a^*, b^* เท่ากับ 90.10, 0.20 และ 27.30 ตามลำดับ มีปริมาณบีตาแคโรทีนของ 9 – cis ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสีด้วยวิธี HPLC เท่ากับ 2.11 ไมโครกรัม / กรัม และ Chen and Tang (1999) ทำแห้งแบบเยือกแข็งสารสีจากแคโรทีนที่สกัดด้วยอะซิโตน และเฮกเซน ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยน้ำตาลซูโครส และเจลาติน ที่สูญญากาศ 0.4 มิลลิเมตรปรอท ได้ผงสีเหลืองซึ่งมีค่าสี L^*, a^*, b^* เท่ากับ 92.80, 0.30 และ 32.50 ตามลำดับ มีปริมาณบีตาแคโรทีนของ 9 – cis ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสีด้วยวิธี HPLC เท่ากับ 1.93 ไมโครกรัม / กรัม

10. การศึกษาความคงตัวของสีระหว่างการเก็บรักษาของผงสีจากแคโรทีน

จากการศึกษาความคงตัวของสีระหว่างการเก็บรักษาของผงสีจากแคโรทีน ในระดับน้ำร้อนบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกให้สนิทภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผงสีแคโรทีน (Tadao and Yoshio, 1997) เก็บในตู้ป่นควบคุมอุณหภูมิ นำผงสีธรรมชาติจากแคโรทีนมาวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ (Chen and Tang, 1998) ดังนั้นค่า a_w , ปริมาณบีตาแคโรทีน, ค่าการละลาย และค่าการดูดความชื้น (ตารางที่ 40) ค่าสี L^*, a^*, b^*, C^*, h และ ΔE^* (ตารางที่ 41)

จากการศึกษา a_w ของผงสีธรรมชาติจากแคโรทีน พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อค่า a_w โดยที่ผงสีธรรมชาติจากแคโรทีนมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.277 – 0.281

การศึกษาด้านปริมาณบีตาแคโรทีนของผงสีธรรมชาติจากแคโรทีน พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณบีตาแคโรทีน และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณบีตาแคโรทีนมีแนวโน้มลดลง โดยผงสีธรรมชาติจากแคโรทีนเริ่มต้นในการเก็บรักษาจะมีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 2.01 มิลลิกรัม / กรัม เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จะมีค่าลดลงเหลือ 1.93 มิลลิกรัม / กรัม

ค่าการละลายและค่าการดูดความชื้นของผงสีธรรมชาติจากแคโรต พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลต่อค่าการละลาย และค่าการดูดความชื้น โดยที่ผงสีธรรมชาติจากแคโรตมีค่าการละลายในช่วง 0.22–0.24 กรัมต่อ 10 มิลลิลิตร และค่าการดูดความชื้นในช่วง 0.82 – 0.90 กรัม

ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ยของปริมาณบีตาแคโรทีน, ค่า a_w , ค่าการละลาย และค่าการดูดความชื้นของผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ลักษณะคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา			
	ปริมาณบีตา แคโรทีน (มก./ก.)	ค่า a_w ^{ns}	ค่าการละลาย ^{ns} (กรัมต่อ 10 มล.)	ค่าการดูดความชื้น ^{ns} (กรัม)
0	2.01 a	0.277	0.24	0.82
1	2.00 a	0.279	0.24	0.84
2	1.99 a	0.279	0.24	0.84
3	1.98 ab	0.280	0.23	0.85
4	1.97 ab	0.279	0.22	0.86
5	1.97 ab	0.279	0.24	0.86
6	1.97 ab	0.278	0.24	0.87
7	1.95 bc	0.279	0.24	0.89
8	1.98 ab	0.280	0.23	0.89
9	1.96 b	0.280	0.23	0.88
10	1.94 c	0.281	0.23	0.89
11	1.93 c	0.280	0.22	0.90
12	1.93 c	0.281	0.22	0.90

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h ของผงสีธรรมชาติจากแคโรต ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นผงสีเหลืองอ่อนโดยมีค่าความสว่าง L^* มีค่าอยู่ในช่วง 83.14 – 83.26, ค่าสีแดง a^* มีค่าอยู่ในช่วง 6.42 – 6.57, ค่าสีเหลือง b^* มีค่าอยู่ในช่วง 22.17 – 22.26, ค่าความเข้มของสี C^* มีค่าอยู่ในช่วง 23.08 – 23.21 และค่ามุมของสี h มีค่าอยู่ในช่วง 73.56 – 73.85 องศา ซึ่งแสดงค่าสีเหลืองอ่อน

ตารางที่ 41 ค่าเฉลี่ยของค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และ ΔE^* ของผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
	L^*	a^*	b^*	C^*	h (องศา)	ΔE^*
0	83.26	6.56	22.26	23.20	73.56	0.00
1	83.26	6.57	22.26	23.21	73.56	0.01
2	83.22	6.56	22.25	23.20	73.57	0.04
3	83.24	6.53	22.23	23.16	73.63	0.05
4	83.24	6.54	22.24	23.18	73.61	0.03
5	83.20	6.52	22.22	23.16	73.65	0.08
6	83.21	6.49	22.22	23.15	73.72	0.09
7	83.19	6.48	22.20	23.13	73.73	0.12
8	83.17	6.46	22.19	23.11	73.77	0.15
9	83.18	6.46	22.18	23.10	73.76	0.15
10	83.15	6.44	22.20	23.11	73.82	0.17
11	83.14	6.42	22.18	23.09	73.86	0.20
12	83.14	6.42	22.17	23.08	73.85	0.20

ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* (color difference) หมายถึง ความแตกต่างของสีตัวอย่างกับสีมาตรฐานที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งคำนวณได้จากค่าความแตกต่างของค่าสี L^* , a^* และ b^* (ΔL^* , Δa^* และ Δb^*) เมื่อนำค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผงสีจากแคโรตที่เก็บรักษาที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 เดือนไปหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสีหรือความแตกต่างของค่าสี L^* ,

a^* และ b^* (ΔL^* , Δa^* และ Δb^*) โดยเปรียบเทียบกับค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผงสีจากแคโรตที่เวลา 0 สัปดาห์ นำไปคำนวณหาความแตกต่างของสี ΔE^* (ตารางที่ 41) โดยผงสีจากแคโรตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าความแตกต่างของสี ΔE^* เท่ากับ 0.03, 0.15 และ 0.20 ตามลำดับ ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีข้อม: สีไคเร็กซ์ (มอก. 739-2530) ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ระหว่างสีตัวอย่างกับสีมาตรฐานที่ผู้ทำกำหนดไว้ต้องไม่เกิน ± 1.00 (CIE lab unit) จากการทดลองเมื่อใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีข้อม: สีไคเร็กซ์ มาเป็นเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา พบว่า ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ระหว่างสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน กับสีของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

ดังนั้นในการศึกษาความคงตัวของผงสีระหว่างการเก็บรักษาของผงสีธรรมชาติจากแคโรตที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ปิดสนิทให้สนิทภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ เมื่อพิจารณาปริมาณบิตาแคโรทีน และค่าความแตกต่างของสี ΔE^* เปรียบเทียบในแต่ละสัปดาห์กับระยะเริ่มต้นในการเก็บรักษาผงสี พบว่า สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 3 เดือน โดยที่ปริมาณบิตาแคโรทีนเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ปริมาณบิตาแคโรทีนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษา Chen and Tang (1998) ได้ศึกษาความคงตัวของผงสีธรรมชาติจากแคโรตที่ผ่านการพ่นแห้งเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาณบิตาแคโรทีนและค่าสี L^* , a^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง แต่คุณภาพยังเป็นที่ยอมรับได้เนื่องจากค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ไม่เกิน ± 1.00 (CIE lab unit)

11. การศึกษาความคงตัว และคุณสมบัติการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

11.1 การศึกษาความคงตัวของผงสีที่ผลิตได้จากแคโรต

ปัญหาการใช้สีธรรมชาติ คือ ความไม่คงตัวเกิดการสลายตัวได้ง่าย เนื่องจากสภาวะต่างๆของกระบวนการแปรรูปและสภาวะการเก็บรักษา ทำให้สีซีดจางลงหรือมีการเปลี่ยนสีไป ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสารสี ได้แก่ ความร้อนหรืออุณหภูมิ และระดับความเป็นกรด-เบส เป็นต้น

จากการศึกษาความคงตัวของระดับความเป็นกรด-เบสในช่วง 3.0, 5.0, 7.0 และ 9.0 (ตารางที่ 42) โดยปรับระดับความเป็นกรด-เบสด้วยสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ

50 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 และเปรียบเทียบสารละลายที่ได้จากการละลายผงสีจากแคโรตที่ควบคุม ซึ่งมีระดับความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.34 เมื่อพิจารณาจากค่าสี L^* , C^* และ h พบว่า ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยที่ค่าความสว่าง L^* อยู่ในช่วง 44.64-46.11, ค่าความเข้มของสี C^* อยู่ในช่วง 36.57-38.39 และค่ามุมของสี h อยู่ในช่วง 79.72-80.62 ซึ่งแสดงค่าสีเหลืองอ่อน

ตารางที่ 42 ผลการศึกษาความคงตัวของระดับความเป็นกรด-เบสและกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ และสเตอริไลส์ต่อค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และปริมาณบีตาแคโรทีน

ปัจจัย	ลักษณะคุณภาพ						
	ค่าสี						ปริมาณ บีตาแคโรทีน
ระดับความเป็นกรด-เบส							
(pH)	L*	a*	b*	C*	h (องศา)	ΔE^*	(มก./ก.)
3	46.11	5.96	36.08	36.57	80.62	1.49	1.94
5	45.26	6.14	36.45	36.96	80.43	0.93	1.99
7	44.92	6.49	37.19	37.75	80.10	0.38	1.99
9	45.47	6.85	37.77	38.39	79.72	1.21	1.94
สารละลายสี (6.34)	44.64	6.23	37.14	37.65	80.53	0.00	2.01
พาสเจอร์ไรซ์ (70°C 30 นาที)	44.94	5.74	36.79	37.23	81.13	0.60	1.97
สเตอริไลซ์ (121°C 15 นาที)	45.36	5.94	36.64	37.12	80.79	0.92	1.95

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง คือ ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ของสารละลายสีจากผงสีจากแคโรตที่ปรับค่าความเป็นกรด-เบส โดยเปรียบเทียบกับค่าสีของสารละลายสีจากผงสีจากแคโรตเริ่มต้น (ตารางที่ 40) โดยสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรตที่ปรับความเป็นกรด-เบส 3.0, 5.0, 7.0, 6.34 และ 9.0 มีค่าความแตกต่างของสี ΔE^* เท่ากับ 1.49, 0.93, 0.38, 0.00 และ 1.21 ตามลำดับ ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 739-2530) ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ระหว่างสีตัวอย่างกับสีมาตรฐานที่ผู้กำหนดไว้ต้องไม่เกิน ± 1.00 (CIE lab unit) จากการทดลองเมื่อใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีข้อม: สีโคเร็กซ์ มาเป็นเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา พบว่า ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ระหว่างสารละลายสีแคโรทีนที่ปรับความเป็นกรด-เบสกับสีของสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรทีนเริ่มต้น มีสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรทีนที่ปรับค่าความเป็นกรด-เบสที่ 5.0, 6.34 และ 7.0 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ส่วนปริมาณบีตาแคโรทีน พบว่า สารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรทีนเมื่อปรับระดับความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นหรือลดลง คือ ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 9 หรือมีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 3 ทำให้ปริมาณบีตาแคโรทีนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ส่วนระดับความเป็นกรด-เบสในช่วง 5.0–7.0 จะมีปริมาณบีตาแคโรทีนที่ไม่แตกต่างกันนัก ซึ่งปริมาณบีตาแคโรทีนอยู่ในช่วง 1.99-2.03 มิลลิกรัม / กรัม

เมื่อพิจารณาค่าสี L^* , C^* , h , ΔE^* และปริมาณบีตาแคโรทีนโดยรวมแล้ว พบว่า สารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรทีนมีความคงตัวดีที่ระดับความเป็นกรด-เบสในช่วง 5.0–7.0 หรือมีสภาวะค่าความเป็นกรดเล็กน้อยถึงค่าความเป็นกลาง ทำให้ค่าสี L^* , C^* , h และปริมาณบีตาแคโรทีนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แสดงว่าผงสีธรรมชาติจากแคโรทีนนี้เหมาะที่จะนำมาแต่งสีในอาหารได้ เพราะอาหารโดยทั่วไปจะมีระดับความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง 4.0–7.0 ดังนั้น ผงสีธรรมชาติจากแคโรทีนสามารถนำมาเติมในอาหารได้ โดยไม่ทำให้ลักษณะอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

จากการศึกษาความคงตัวของ การให้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ (70°C 30 นาที) และสเตอริไลส์ (121°C 15 นาที) ต่อค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h , ΔE^* และปริมาณบีตาแคโรทีน (ตารางที่ 41) พบว่า ให้ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* , h และปริมาณบีตาแคโรทีนที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ของสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแคโรทีน ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ และสเตอริไลส์ เท่ากับ 0.60 และ 0.92 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ผู้กำหนดไว้ต้องไม่เกิน ± 1.00 (CIE lab unit) โดยทั่วไประดับอุณหภูมิ และระยะเวลาหรือการให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้การสลายตัวของสารสีเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าใช้ความร้อน และระยะเวลาที่ไม่มากนักก็สามารถใช้ผงสีธรรมชาติจากแคโรทีนมาแต่งสีในอาหารได้ เช่น โยเกิร์ต, น้ำสลัด, น้ำหวาน และปุ๋ยฝ้าย เป็นต้น

11.2 การศึกษาคุณสมบัติ และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

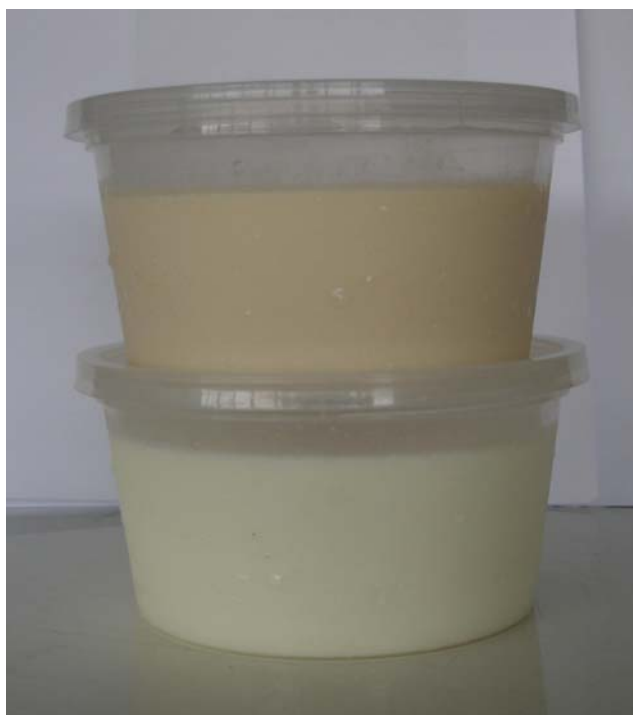
Blemley *et al.* (1993) ได้กล่าวถึงผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับสปีดาคเรอทิน ซึ่งเป็นสีธรรมชาติที่มีสีเหลืองถึงสีส้ม และมีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดยใช้กับอาหารจำพวกไขมัน เนื่องจากไม่เป็นพิษ สะดวกในการละลายในไขมันเช่น เนยแข็ง, เนยเทียม, มาคาริน, น้ำสลัด และน้ำมันปรุงอาหาร เป็นต้น เนื่องจากสปีดาคเรอทินละลายน้ำได้ยากจึงมีเทคนิคต่างๆที่ทำให้ละลายน้ำได้ และใช้เป็นสารสีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำเชื่อม, ขนมอบ, ผลิตภัณฑ์จากไข่, ผลิตภัณฑ์จากนม และผลิตภัณฑ์จากเนื้อ เป็นต้น

นำผงสีธรรมชาติจากแคโรตที่ผลิตได้ในระดับนำร่องมาเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ น้ำสลัด และโยเกิร์ต ซึ่งมีสูตรและวิธีการทำแสดงในภาคผนวก ข โดยเติมผงสีธรรมชาติจากแคโรตในน้ำสลัด ปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักของน้ำสลัดทั้งหมดในสูตร (ภาพที่ 11) น้ำสลัดที่มีการเติมผงสีจากแคโรต จะมีค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 94.53, 0.10, 13.53, 13.53 และ 89.56 องศา จะเห็นน้ำสลัดมีสีเหลืองส้ม เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสลัดที่ไม่ได้เติมผงสีธรรมชาติจากแคโรต จะมีค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 96.69, -1.82, 10.32, 10.48 และ 100.00 องศา จะเห็นน้ำสลัดมีสีขาว ซึ่งวิธีการใช้ผงสีธรรมชาติจากแคโรตลงในน้ำสลัดสามารถผสมหลังจากได้น้ำสลัด โดยคนให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว หลังจากผสมลงในน้ำสลัดแล้วคุณภาพของน้ำสลัดยังคงเดิม คือ มีลักษณะเป็นครีมข้นละเอียด



ภาพที่ 11 น้ำสลัดที่ไม่เติม (ซ้าย) และเติมผงสีจากแคโรต (ขวา)

ส่วนโยเกิร์ตซึ่งมีสูตรและวิธีการทำแสดงในภาคผนวก ข โดยเติมผงสีธรรมชาติจากแครอทในโยเกิร์ต ปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักของโยเกิร์ตทั้งหมด (ภาพที่ 12) โยเกิร์ตที่มีการเติมผงสีธรรมชาติจากแครอท จะมีค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 95.70, -0.29, 16.53, 16.54 และ 91.00 องศา จะเห็นโยเกิร์ตมีสีเหลืองส้ม เมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมผงสีธรรมชาติจากแครอท จะมีค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 93.79, -3.01, 9.09, 9.58 และ 108.30 องศา จะเห็นโยเกิร์ตมีสีขาว ซึ่งวิธีการใช้ผงสีธรรมชาติจากแครอทในโยเกิร์ต โดยนำไปละลายด้วยน้ำต้มสุกเสียก่อน หรือนำไปผสมหลังจากตีโยเกิร์ตที่บ่มจนได้ก้อนนุ่มแล้วตีให้แตกเป็นครีมข้นเหลวโดยคนให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวโยเกิร์ตที่มีการเติมผงสีธรรมชาติจากแครอท คุณภาพของโยเกิร์ตยังคงเดิม คือ มีลักษณะจับตัวเป็นก้อนคล้ายเจลาติน หรือคล้ายๆเต้าหู้



ภาพที่ 12 โยเกิร์ตที่ไม่เติม (ล่าง) และเติมผงสีจากแครอท (บน)

11.2 การทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ผงสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

ศึกษาการยอมรับ ผลิตภัณฑ์ผงสีจากแครอท โดยวิธีใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) โดยสอบถามผู้ใช้สัสมอาหารในอุตสาหกรรมอาหารจำนวน 2 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์โรงงานเพียวฟู้ดส์ และโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เพื่อทดสอบการยอมรับ

ด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมผงสีจากแครอท, คุณภาพของผงสีจากแครอทหลังทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร, แนวทางการจำหน่าย และราคาที่ใช้ขาย โดยให้ตัวอย่างผงสีและแบบสอบถามแก่ผู้เข้าร่วมแนะนำวิธีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ให้ผลดังนี้ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์โรงงานเพียวฟู้ดส์ ทดสอบผงสีในน้ำสลัดในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักน้ำสลัดทั้งหมดในสูตร หลังจากได้ทดลองในผลิตภัณฑ์ ผู้ใช้ยอมรับสีของน้ำสลัดที่ได้จากการเติมผงสีธรรมชาติจากแครอท มีความพอใจในคุณภาพ และเห็นว่าผลิตภัณฑ์ผงสีมีความสะดวกในการใช้ระดับปานกลาง โดยที่น้ำสลัดยังมีคุณภาพคงเดิม หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสีจากแครอทที่นอกจากจะช่วยแต่งสีให้ผลิตภัณฑ์ดูน่ารับประทานแล้ว ยังให้คุณค่าทางโภชนาการจากบีตาแคโรทีน ผู้ทดสอบไม่แน่ใจที่จะซื้อ เพราะต้องการให้ปรับปรุงความเข้มของสีให้มีสีใกล้เคียงแครอทเพิ่มขึ้นเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค แต่ให้ความสนใจในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับจากบีตาแคโรทีน เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของสีบีตาแคโรทีนที่ได้จากการสังเคราะห์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ (2,500—3,000 บาท / 1 กิโลกรัม) ผู้ทดสอบให้ความสนใจที่จะซื้อผงสีธรรมชาติจากแครอทราคาที่ไม่เกิน 2,500 บาท / 1 กิโลกรัม

ส่วนเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ทดสอบผงสีในโยเกิร์ตในปริมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักโยเกิร์ตทั้งหมดในสูตร หลังจากได้ทดลองในผลิตภัณฑ์ ผู้ใช้ยอมรับสีของโยเกิร์ตที่ได้จากการเติมผงสีธรรมชาติจากแครอท มีความพอใจในคุณภาพ และเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความสะดวกในการใช้ระดับปานกลาง นอกจากนี้ผู้ใช้มีความเห็นว่า กลิ่นของผงสีจากแครอทที่เติมในโยเกิร์ต ทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นหอม หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงสีจากแครอท ผู้ทดสอบสนใจที่จะซื้อ เพื่อเพิ่มความหลากหลายแก่ผลิตภัณฑ์ และให้ประโยชน์แก่ผู้บริโภค และเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของสีบีตาแคโรทีนที่ได้จากการสังเคราะห์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ (2,500—3,000 บาท / 1 กิโลกรัม) ผู้ทดสอบให้ความสนใจที่จะซื้อผงสีธรรมชาติจากแครอทในราคาที่ไม่เกิน 2,800 บาท / 1 กิโลกรัม

สรุป

การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารผลสรุปได้ดังนี้

1. ผลการสำรวจพฤติกรรม และความต้องการใช้สารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหารพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้สีในผลิตภัณฑ์อาหารช่วยในการตัดสินใจซื้อในระดับปานกลางและผู้บริโภคทุกคนเห็นว่าประเภทของสารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อความปลอดภัยคือ สีอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตและผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับได้ถ้าใช้สารสีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารแล้วทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์อาหารเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและจากการสำรวจพฤติกรรมและความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้ใช้สารสีผสมอาหาร ได้แก่ ร้านค้าทั่วไป โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร บริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายสีผสมอาหารในเขตกรุงเทพและปริมณฑล ซึ่งมีทั้งหมด 18 บริษัท พบว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่ใช้สีสังเคราะห์เดิมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร รองลงมาเป็นสีธรรมชาติ และผู้ใช้ส่วนใหญ่เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในระดับสูงที่จะมีการใช้สารสีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์ในระดับอุตสาหกรรม เพราะการใช้สีธรรมชาติทำให้ได้รับประโยชน์ดังนี้ มีความปลอดภัยในการบริโภค ใช้สีในอาหารได้มากขึ้น และผู้ใช้ส่วนใหญ่จะให้ความสนใจที่จะซื้อหากมีการผลิตสีธรรมชาติจากแครอทที่ผลิตในรูปแบบผงละเอียด

2. ในการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพที่เหมาะสมในการผลิตผงสีธรรมชาติควรคำนึงถึงคุณภาพปริมาณบีตาแคโรทีน, ปริมาณที่มากเพียงพอที่นำไปผลิตผงสีได้ และต้นทุนในการผลิต ทั้งนี้เลือกศึกษาแครอทนำเข้าจากประเทศจีน พันธุ์แซนทีเน่ เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิต

3. สภาพที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมแครอทก่อนนำไปสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ นำแครอทไปลวกด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 12 นาที

4. สภาพที่เหมาะสมในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์ คือ นำแครอทที่ผ่านการลวกด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 12 นาทีไปบดละเอียด ปรับระดับความเป็นกรด-เบสเป็น 2.5 ด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 บดแครอทที่อุณหภูมิ 35°C สกัดสารสีแครอทโดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายเอนไซม์ (เอนไซม์เพกทิเนสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.4) เท่ากับ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และสกัดที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 45 นาที กวนด้วยเครื่องคนตลอดการสกัดจนได้สารสีจากแครอท สารสีที่สกัดได้จากแครอทด้วยเอนไซม์ให้ปริมาณผลผลิต และบีตา

แครอทมี มีค่าเท่ากับร้อยละ 91.65 และ 3.94 มิลลิกรัม / กรัม ของสารสีที่สกัดได้ และค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 65.62, 14.18, 20.86, 25.22 และ 55.79 องศา ตามลำดับ

5. เมื่อนำสารสีที่สกัดได้จากแครอทด้วยเอนไซม์มาผลิตเป็นผงสี โดยผ่านการพ่นแห้งด้วยสภาวะอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า 135-145 °C และอุณหภูมิของลมร้อนขาออก 90 - 100 °C ผงสีที่ผลิตได้มีสีเหลืองอ่อน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.89, ค่า a_w เท่ากับ 0.27, ความเป็นกรด-เบส 6.34, ความเป็นกรดร้อยละ 0.18, การดูดความชื้น 0.82 กรัม, การละลาย 0.24 กรัม ต่อ 10 มิลลิตร, ความหนาแน่น 0.64 กรัมต่อมิลลิตร, ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h เท่ากับ 83.26, 6.56, 22.26, 23.20 และ 73.58 องศา ตามลำดับ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบโคลิฟอร์ม *Staphylococcus aureus*

6. ผลกระทบของสีธรรมชาติจากแครอทที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึกสนิทภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ พบว่า ค่าสีไม่เปลี่ยนแปลง แต่ปริมาณบีตาแครอทินมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ระหว่างสีตัวอย่างกับสีมาตรฐานที่ผู้ทำกำหนดไว้ต้องไม่เกิน ± 1.00 (CIE lab unit) จากการทดลองเมื่อใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีช้อม: สีโคเร็กซ์ มาเป็นเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา พบว่า ค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ระหว่างสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25° เป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน กับสีของผลิตภัณฑ์เริ่มต้นได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด สามารถเก็บรักษาผงสีจากแครอทที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 3 เดือน

7. การศึกษาความคงตัวและคุณสมบัติการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด พบว่า สารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแครอทที่ปรับค่าความเป็นกรด-เบสเป็น 5.0, 7.0 และสารละลายสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแครอทเริ่มต้นมีความคงตัวดี และเมื่อนำสีจากผงสีที่ผลิตได้จากแครอทเริ่มต้นมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนพาสเจอร์ไรซ์ (70°C 30 นาที) และสเตอริไลซ์ (121°C 15 นาที) พบว่า การให้ความร้อนในสภาวะดังกล่าวไม่ทำให้ผงสีเกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถใช้ผงสีธรรมชาติจากแครอทมาแต่งสีในอาหารทั่วไปได้ โดยไม่ทำให้คุณภาพของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง และการนำไปใช้น้ำสลัด และโยเกิร์ตในปริมาณร้อยละ 5 พบว่า ผู้ใช้ยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ หลังจากทดสอบแล้วมีความพอใจในคุณภาพระดับปานกลาง โดยที่น้ำสลัด และโยเกิร์ตที่มีการเติมผงสีธรรมชาติจากแครอทยังคงคุณภาพเดิม และผู้ทดสอบให้ความสนใจที่จะซื้อผงสีจากแครอท หากมีการจำหน่ายที่ราคาที่ไม่เกิน 2,500 - 2,800 บาท / กิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

1. จากการสำรวจผู้ใช้สารสีผสมอาหารตามแบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) พบว่า ข้อมูลในการสอบถามควรสอบถามข้อมูลในส่วนของคุณภาพของสีจะเหมาะสมกว่าส่วนของบุคคล ดังนี้ ควร สอบถามเกี่ยวกับขนาดของธุรกิจ จำนวนบุคลากร จำนวนของการผลิต ระยะเวลาในการประกอบการ ประเภทของธุรกิจ ประเภทของผลิตภัณฑ์ และปริมาณการใช้สารสีธรรมชาติในโรงงาน หรือ บริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่าย เพื่อให้ทราบถึงความต้องการในการใช้สารสีธรรมชาติที่แท้จริง

2. เพื่อให้ได้สารสีจากแครอทที่รักษาสีของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับวัตถุดิบเริ่มต้น และคุณภาพปริมาณบีตาแคโรทีน รวมทั้งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ใช้ ควรศึกษาแนวทางการผลิตสารสีจากแครอทในรูปแบบของเหลวข้น โดยนำไปประเหยแบบสุญญากาศต่อไป

3. เนื่องจากผงสีแครอทเป็นสารสีธรรมชาติที่ไม่คงตัว มีข้อจำกัดในการใช้ จึงควรมีข้อกำหนด (specification) เพื่อความเหมาะสมในการใช้งานดังนี้

ผงสีจากแครอทสามารถใช้ในอาหารที่มีระดับความเป็นกรด-เบสประมาณ 5-7 ซึ่งเป็นอาหารทั่วไป และการให้ความร้อนแก่อาหารที่ผงสีแครอทยังคงทนต่อความร้อนได้ คือ ที่อุณหภูมิ 100 °C หากระดับสูงกว่านี้ประมาณ 121 °C ก็ยังใช้ได้ แต่ต้องใช้เวลาที่ไม่นานนักควรไม่เกิน 30 นาที ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถเติมผงสีจากแครอท ได้แก่ ขนมไทย หรือ อาหารว่างบางชนิด เช่น ปุยฝ้าย, ขนมถ้วยฟู, ซาลาเปา, คุกกี้, น้ำหวาน ผลิตภัณฑ์นม เช่น โยเกิร์ต, ครีมแต่งหน้าเค้ก, ไอศกรีม, ไขมันและผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำสลัด เป็นต้น ซึ่งไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก, คุกกี้ เพราะใช้ความร้อนในการอบที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้สารสีสลายตัวได้

วิธีการใช้ผงสีจากแครอท ทำได้โดยนำผงสีจากแครอทไปละลายน้ำ หรือผสมในส่วนผสมที่อยู่ในรูปของเหลวข้นได้ เช่น ในการทำสลัดนำผงสีมาผสมในส่วนผสมหลังจากได้น้ำสลัดแล้วก็ได้ ส่วนโยเกิร์ตนำผงสีมาผสมในน้ำดื่มสุกร่วมกับนมผงและส่วนผสมอื่นที่ละลายน้ำได้ก่อน (ภาคผนวก ค) ใช้ในปริมาณร้อยละ 5 อาจใช้ต่ำ หรือ สูงกว่านี้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์อาหาร และความพึงพอใจของผู้ใช้

ผงสีจากแครอทนอกจากนำมาแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหาร เหมือนกับสีสังเคราะห์แล้วยังได้รับคุณค่าในปริมาณบีตาแคโรทีนที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกายซึ่งเป็นสารตั้งต้นวิตามินเอ และสารยับยั้งอนุมูลอิสระป้องกันโรคมะเร็งได้ ทั้งนี้ผงสีจากแครอทที่ผลิตได้มีปริมาณบีตาแคโรทีนเท่ากับ 2.01 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งใส่ในปริมาณมากได้โดยไม่มีกำหนด เนื่องจากไม่มีอันตรายแก่ร่างกาย จะต่างจากสีสังเคราะห์ที่ให้ประโยชน์แต่การแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น หากใช้ในปริมาณมากเกินไปจนเกินกำหนด หรือเกิดการสะสมเป็นเวลานานก่อให้เกิดโทษต่อร่างกายได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2535. **คุณค่าทางอาหารภายในส่วนที่กินได้**. กรมอนามัย, กรุงเทพฯ.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. ราคาแคโรต. แหล่งที่มา: <http://www.thaifruitnews.com/Dailyprice>, 15 มีนาคม 2548.
- กรมศุลกากร. 2548. สถิติการนำเข้า. แหล่งที่มา: <http://www.customs.go.th/customseport/statistic/Index.htm>, 22 กุมภาพันธ์ 2548.
- โครงการหลวง. 2533. **คู่มือส่งเสริมการปลูกพืชผักบนที่สูงในประเทศไทย**. ดารารัตน์การพิมพ์, เชียงใหม่.
- จิรพรรณ กุลดิลก, ชุชีพ พิพัฒน์ดิถี และ วาสนา สิงห์โกวินท์. 2525. รายงานผลการวิจัยเรื่อง **อุตสาหกรรมเกษตร และพัฒนาเศรษฐกิจของท้องถิ่นชนบท กรณีอุตสาหกรรมผัก และผลไม้บรรจุกระป๋อง**. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ และบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2537. **การชิมอาหารและวิธีการปฏิบัติ**. วีบี ปักเซ็นเตอร์ (เคยู), กรุงเทพฯ.
- นพวรรณ สมิทธินันท์ และ ญัฐฐา โคกเกษม. 2532. **ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแคโรต**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- นัยวิท เณดินนท์. 2538. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธยา รัตนปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- เนื่อทอง วานานุวัช และ สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2523. **วัตถุดิบในอาหาร**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- บุษบา ยงสมิทธิ์. 2540. จุลชีววิทยาการหมักวิตามินและสารสี. คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2542. เอนไซม์ทางอาหาร. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ธร สังข์เผือก และ เอมอร อุดมเกษมมาลี. 2536. ปีตาแคโรทีน. สถาบันวิจัยโภชนาการ
มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- เพียง อุดมเกียรติกุล. 2533. การเตรียมสัสมอาหารชนิดผงจากธรรมชาติโดยวิธีพ่นแห้ง.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2539. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รัชณี คั่นทะพานิชกุล. 2535. เคมืออาหาร. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา วิสิฐอุตรการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา วิสิฐอุตรการ. 2541. วิศวกรรมอาหาร: หน่วยปฏิบัติในอุตสาหกรรมเกษตร.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิชมณี ยืนยงพุทธกาล. 2541. การพัฒนาน้ำแครอทผสมน้ำผึ้งพร้อมดื่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญา
โท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์, ปริญญ์ ลักขิตานนท์, สุกร เสรีลักษณ์ และ งามอาจ ประภาณิช. 2541.
การบริหารการตลาดยุคใหม่. ซีระฟิล์มและไซน์เท, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. ฉบับที่ 21. การ
กำหนดสัสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพ หรือ มาตรฐานการใช้
การผสม และฉลาก. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีย้อม : สี ไคเร็กซ์**. มอก. 739-2530.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2536. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรม**. มอก. 1142-2536.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. **กรรมวิธีการอบแห้ง**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริมา สุขพรรณ. 2541. **ผลของการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนต่อปริมาณเบตา-แคโรทีนในแครอท**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิ กมลสุมิตร. 2544. **เอกสารประกอบการเรียนวิชา Food Additive**. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อรชุน เลียววัฒนะผล. 2539. **ต้านโรคมะเร็งด้วยบีตาแคโรทีน**. รวมพรรณ, กรุงเทพฯ.

อนุวัตร แจ่มชัด. 2546. **สถิติและการวางแผนการทดลองสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัจฉริยา จารยะพันธ์. 2530. **การสกัดสีจากลูกพุดเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัศวิน ชินธรรมมิตร. 2546. **การพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่ โดยการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารมณั์ เทศแก้ว. 2533. **แครอท**. ข่าวสารเศรษฐกิจการเกษตร. 36 (39): 36-37.

- Al-Kahtani, A. and H. Hassan 1990. Spray drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. **J. Food Sci.** 55 (4): 1073–1076.
- Anocha, K.T., P. Jones, L. Mark and R. Briggs. 1998. Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoids in fruits and vegetable. **J. Food Chem.** 63 (4): 577-584.
- A.O.A.C. 1990. **Official Method of Analysis 15th ed.** Association of Official Analytical Chemical Chemists. Washington, D.C.
- A.O.A.C. 1995. **Official Method of Analysis 15th ed.** Association of Official Analytical Chemical Chemists. Washington, D.C.
- Baloch, A.K.B. and R.A. Edwards. 1977. Effect of processing variables on the quality of dehydrated carrot. **J. Food Technol.** 12: 285-293.
- Bauernfeid, J.C. 1981. **Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors.** Academic Press, New York.
- Ben-Amotz, A. and A. Shaish. 1992. Betacarotene biosynthesis, pp. 205-216. In M. avron and A. Ben-Amotz, eds. **Dunaliella: physiology, Biochemistry and Biotechnology.** CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Benjamin, H.T., A. McGarry and D. Gray. 1997. The root vegetable: beet, carrot, parsnip and turnip, pp. 553–573. In H.C. Wein, ed. **The Physioiogy of Vegetable Crops.** Modison Avenue, New York.
- Bentry, K.W. 1960. **The Natural Pigment.** vol. 4 Inscience Publ. Inc., New York.

- Bramley, P.M., C.R. Bird and W. Schuch. 1993. Carotenoid biosynthesis and manipulation, pp. 139-177. *In* D. Grierson, ed. **Biosynthesis and manipulation of Plant Product**. Blackie Acad. and Prof., Glasgow.
- Britton, C.G. and A.G. Maragons. 1989. Carotenoid, pp. 197-243. *In* G.A.F. Hendry and J.D. Houghton, eds. **Natural Food Colorant**. Blackie Acad. and Prof., Glasgow.
- Chen, B.H. and Y.C., Tang. 1998. Processing and stability of carotenoid powder from carrot pulp waste. **J. Agric. Food Chem.** 46: 2312-2318.
- Chen, B.H. and Y.C., Tang. 2000. Pigment change of freeze – dried powder during storage. **J. Food Chem.** 69: 11-17.
- Cinar, I. 2004. Carotenoid pigment loss of freeze dried plant samples under different storage condition. **J. Food Sci. and Technol.** 37: 363-367.
- Cinar, I. 2004. Effects of cellulose and pectinase concentrations on the colour yield of enzyme extracted plant carotenoids. **J. Food Eng.** 1–5.
- Emodi, A. 1978. Carotenoid – properties and application. **J. Food Technol.** 32 (5): 38-40.
- Engel, C. 1979. **Natutal Colour – their Stability and Application in Food**. Sciencetific and Technical survey. British Feed Manufacturing Ind. Res. Associ.
- Gardon, H.T. 1997. The carotenoid – current status food colorants, pp. 41-48. *In* E.F. Thomus, ed. **Current Aspects of Food Colorants**. USA.
- Goodwin, T.W. 1984. **The Biochemistry of the Carotenoid vol. 1 Plants**. 2nd ed. Chapman and Hall, New York.

- Gross, J. N. 1991. **Pigment in Vegetable: Chlorophyll and Carotenoid**. The AVI Publ. Co. Inc., New York.
- Henry, B.S. 1992. Natural Food Colors, pp. 39-77. *In* G.A.F. Hendry and J. D. Houghton, eds. **Natural Food Colorants**. Blackie Acad. and Prof., Glasgow.
- Hunter, R.S. and R.W. Harod. 1987. The Measurement of Appearance. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Khanna, S.K., G.B. Sing and C.R.K. Murti. 1980. Toxicity profile of some commonly encountered food colors. **J. Food Sci. and Technol.** 17: 95-103.
- Macrac, R., R.K. Robinson and M.J. Sadler. 1993. **Encyclopedia of Food Science, Food Technology and nutrition**. Acad. Press Inc., New York.
- Main, J.H., F.M. Clydesdale and F.J. Shewfelt. 1989. Spray drying anthocyanin concentrates for use as food colorants. **J. Food Sci.** 43: 1693 – 1694, 1697.
- Master, K. 1991. **Spray drying Handbook**. Longman Scientefic and Technical, England.
- Mayer, M.E. and W.E.L., Spie. 2003. Influence of cold storage and blaching on the carotenoid content of *Kintoki* carrots. **J. Food Eng.** 56: 211-213.
- Michaela, M., M. Stuparic and A. Schieber. 2003. Effect of thermal processing on *trans-cis*-isomerization of β -carotene in carrot juice and carotene-containing preparations **J. Food Chem.** 83: 609-617.
- Nonnecke, I.L. 1992. **Vegetable Production**. The AVI Publ. Co. Inc., New York.

- Pilnik, W. and A.G.J. Voragen. 1991. The Significance of Endogenous and Exogenous Pectic Enzymes in Fruit and Vegetable Processing, pp. 303–363. *In* P.F. Fox, eds. **Food Enzymology**. Elsevier Applied Sci. Publ. New York.
- Schmitt, R. 1986. Optimized enzyme system for production of carrot and other vegetable juice. **Flussings Observ.** 55 (6): 321-323.
- Sim, C.A., M.O. Balaman and R.F. Matthews. 1993. Optimization of carrot juice color and cloud stability. **J. Food Sci.** 58 (5): 1129–1131.
- Tadao, I. and Yoshio, M. 1998. Modelling of discoloration of dried powder of carrots. **J. Agric. Eng. Res.** 69: 249-254
- Tuckman, B.M. 1978. **Conducting Educational Research**. 2nd ed. Marcourt Brace Jovanovich, Inc. New York.
- Walance, B. 1973. **Food Dehydration**. vol. 2. The AVI Publishing. USA.
- Weissler, A. 1975. Utilization of plant pigment : FDA regulation of food colors. **J. Food. Technol** : 38–46.
- Zhao, Y.P. and K.C. Chang. 1995. Sulfite and starch effect color and carotenoids of dehydrated carrots (*Daucus carota*) during storage. **J. food Sci.** 60: (2) 324-326.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข
ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522)

เรื่อง กำหนดสีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพ หรือ มาตรฐานการใช้ การผสม และฉลาก

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6 (1) (2) (4) (5) และ (10) แห่ง พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

ข้อ 2 สีผสมอาหาร ได้แก่

(1) สีอินทรีย์ ที่ได้จากการสังเคราะห์ ดังต่อไปนี้

(ก) จำพวกสีแดง ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์ (ponso 4 R) คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน (carmoesine or azorubin) เออร์โทรซีน (erythrosine)

(ข) จำพวกสีเหลือง ได้แก่ ทาร์ทราซีน (tartrazine) ซันเซ็ท เยลโล เอ็ฟซี เอ็ฟ (sunset yellow FCF) ไรโบฟลาวิน (riboflavin)

(ค) จำพวกสีเขียว ได้แก่ ฟาสต์ กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ (fast green FCF)

(ง) จำพวกสีน้ำเงิน ได้แก่ อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกทีน (indigo carmine or indigotine) บริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ (brilliant blue FCF)

(2) สีอนินทรีย์ ดังต่อไปนี้

ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช (vegetable charcoal) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide)

(3) สีที่ได้จากธรรมชาติโดยการสกัดจากพืช และสัตว์ ที่ใช้บริโภคได้โดยไม่ เกิดอันตราย และสีชนิดเดียวกันที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น โคชินิล (cochineal) สีจากแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ได้แก่ แคแทแซนทีน (cathaxantene), คารอซีน (carosene natural), บีตา แคโรทีน (beta – carotene), บีตา-อะโป-8'-คารอทีนาล (beta-Apo-8'-carotenoid), เอทิลเอสเทอร์ของบีตา-อะโป-8'-แคโรโทนิก แอซิด (ethyl ester of beta-apo-8'-carotonic acid), เมทิล เอสเทอร์ของบีตา-อะโป-8'-แคโรโทนิกแอซิด (methyl ester of beta-apo-8'-carotonic acid), คลอโรฟิลล์ (chlorophyll), คลอโรฟิลล์คอปเปอร์คอมเพลกซ์ (chlorophyll coppercomplex)

(4) ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสีตาม (1) (2) หรือ (3) ผสมอยู่และใช้สำหรับแต่งสีอาหารได้
ข้อ 3 สีผสมอาหารต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ตามข้อ 2 (1) ต้องมีมาตรฐานของแต่ละสีตามที่กำหนดไว้ท้ายประกาศนี้

(2) สีอนินทรีย์ตามข้อ 2 (2) และสีที่ได้จากธรรมชาติหรือที่ได้จากการสังเคราะห์ตามข้อ 2 (3) ต้อง

(ก) มีมาตรฐานของแต่ละสีตามที่กำหนดไว้ท้ายประกาศนี้

(ข) ไม่มีสารที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ สำหรับสีที่ไม่ได้กำหนดมาตรฐานไว้

(3) สีตามข้อ 2 (4) ต้องไม่มีสารที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้

(4) สีที่ผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต้องมีปริมาณของโลหะหนัก (heavy metals) รวมกันไม่เกินปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ของสีหนึ่งสีใดที่ผสมอยู่

ข้อ 4 การใช้สีผสมอาหารต้องใช้สีที่กำหนดตามข้อ 2 และ ข้อ 3

ข้อ 5 สีผสมอาหารที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่ายต้องมีฉลากข้อความในฉลากต้องเป็นภาษาไทย อ่านได้ชัดเจน และอย่างน้อยต้องมีข้อความต่อไปนี้

(1) คำว่า “ สีผสมอาหาร “

(2) ชื่อสามัญ

(3) เลขทะเบียนอาหาร

(4) ปริมาณสุทธิเป็นระบบเมตริก

(5) ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิต

(6) ชนิดของพืช และสัตว์ ที่เป็นต้นกำเนิดของสีธรรมชาติ

ประกาศฉบับนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป
ประกาศ ณ วันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2522

บุญสม มาร์ติน

(นายแพทย์บุญสม มาร์ติน)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(คัดจากราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 96 ตอนที่ 163 ลงวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2522)

ปองโซ 4 อาร์

(Poncoau 4 R)

ชื่อสามัญ	ปองโซ 4 อาร์ (poncoau 4 R)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 16255
ชื่อทางเคมี	ไตรโซเดียม-1-(1)-แนฟทิลอะโซ-2-แนฟทอล-4; 6, 8-ไตรซัลโฟเนต (trisodium 1-(1)-naphthylazo-2-naphthal-4; 6, 8-trisulfonate) หรือเกลือไตรโซเดียมของ 7-ไฮดรอกซี-8-(4-ซัลโฟ-แนฟทิล) อะโซ-1, 3-แนฟทาลีน ไดซัลโฟนิก แอซิด (7-hydroxy-8-(sulfo-1-naphthyl) azo-1, 3-naphthalene disulfonic acid trisodium salt)
สูตรเอมพริกัล	$C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$
น้ำหนักโมเลกุล	604.48
คุณลักษณะ	- เป็นเม็ดเล็กๆ หรือผงสีแดง ถึงแดงเข้ม ไม่มีกลิ่น ละลายได้ในน้ำ กลีเซอรอล ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 82 ของน้ำหนัก - จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 18 ของน้ำหนัก - สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก - สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether-extractable-mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก - สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม - ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม - โครเมียม (คิดเป็น Cr) ไม่เกิน 25 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม - สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก - สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediates) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน
(Carmoesine or Azorubine)

ชื่อสามัญ	คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 14720
ชื่อทางเคมี	เกลือไดโซเดียม 2-(4-ซัลโฟ-1-แนฟทิลอะโซ)-1-แนฟทอล-4-ซัลโฟนิค แอซิด (disodium of 2-(4-sulfo-1-naphthylazo)-1 naphthol -4-sulfonic acid หรือ ไดโซเดียม-4-ไฮดรอกซี-3, 4'-อาโซได-1-แนฟทาลีน-ซัลโฟเนต (disodium - 4-hydroxyl- 3, 4'-asodi-1- naphthalene-sulfonate)
สูตรเคมี	$C_{20}H_{12}N_2Na_2O_7S_2$
น้ำหนักโมเลกุล	502.44
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีแดง ละลายได้ในน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 4. สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether-extractable-mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7. สังกะสี (คิดเป็น Zn) ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 8. โลหะหนักไม่รวมสังกะสี (heavy metals other than zinc) ไม่เกิน 40 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 8. สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก 9. สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediates) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

เออริโทรซิน
(Erythrosine)

ชื่อสามัญ	เออริโทรซิน (erythrosine)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 45430
ชื่อทางเคมี	เกลือไอโซเดียม หรือ เกลือโพแทสเซียม ของ 2', 4', 5', 7' เทตราไอโอโคฟลูออเรสซีน (2', 4', 5', 7' tetra-iodofluorescein, disodium or dipotassium salt)
สูตรเคมี	$C_{20}H_6I_4Na_2O_5$ หรือ $C_{20}H_6I_4K_2O_5$
น้ำหนักโมเลกุล	879.87 (เกลือไอโซเดียม) 912.10 (เกลือโพแทสเซียม)
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีแดง ละลายได้ง่ายในน้ำ และละลายได้ในเอทานอล มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักรั่วหายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นไอโซเดียมคลอไรด์ และไอโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 4. สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์จากสารละลายที่เป็นด่างเท่านั้น (ether-extractable matter from solution only) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7. สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก 8. สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediates) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

ทาร์ทราซีน
(Tartrazine)

ชื่อสามัญ	ทาร์ทราซีน (tartrazine)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 19140
ชื่อทางเคมี	เกลือไตรโซเดียมของ 5-ไฮดรอกซี-1-พาร์-ซัลโฟนิล-4-(พาร์-ซัลโฟนิลอะโซ) เพราโซล-3-คาร์บอกซีลิก แอซิด (trisodium salt of 5-hydroxyl-1-p-sulfonyl-4-(p-sulfonylazo) perasol-3-carboxylic acid)
สูตรเคมี	$C_{15}H_9Na_3O_9S_2$
น้ำหนักโมเลกุล	534.37
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีเหลือง ละลายได้ในน้ำ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 4. สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether-extractable-mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7. สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก 8. สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediater) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

ซันเซต เยลโล เอ็ฟ ซี เอ็ฟ

(Sunset yellow FCF)

ชื่อสามัญ	ซันเซต เยลโล เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (sunset yellow FCF)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 15985
ชื่อทางเคมี	เกลือโซเดียมของ 1-(4-ซัลโฟฟีนิลอะโซ) -2-แนฟทอล-6-ซัลโฟนิก แอซิด (disodium salt of 1-(4-sulfonylazo) - 2 naphthol-6-sulfonic acid)
สูตรเคมี	$C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$
น้ำหนักโมเลกุล	452.37
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีส้ม ละลายได้ในน้ำ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 4. สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether-extractable-mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7. สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก 8. สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediater) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

ไรโบฟลาวิน

(Riboflavin)

ชื่อสามัญ	ไรโบฟลาวิน (riboflavin)
เลขดัชนี	-
ชื่อทางเคมี	7,8-ไดเมทิล-10-(ดี-ไรโม-2, 3, 4, 5-เตตราไฮดรอกซีพอนทริล)7, 8- dimethyl -10 - (d- rimo- 2, 3, 4, 5-tetrahydroxypontryl)
สูตรเคมี	$C_{17}H_{20}N_4O_6$
น้ำหนักโมเลกุล	376.37
คุณลักษณะ	1. เป็นผงละเอียดสีเหลืองถึงสีส้ม มีกลิ่นเล็กน้อย ละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์และ ค้างที่เจือจาง มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ของน้ำหนัก และ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 102 ของน้ำหนัก เมื่อคิดเป็นสมมูลของ $C_{17}H_{20}N_4O_6$ (คำนวณโดยน้ำหนักแห้ง) 2. มีจุดหลอมเหลวที่ 280°C 3. ต้องไม่มีสารที่ทำให้เกิดอันตราย

อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกทิน
(Indigocarmine or Indigotine)

ชื่อสามัญ	อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกทิน (indigocarmine or indigotine)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 73015
ชื่อทางเคมี	เกลือไดโซเดียมของอินดิโก -5, 5'- ไดซัลโฟนิค แอซิด (disodium salt of indigo -5, 5' disulfonic acid) หรือ เกลือไดโซเดียม 3, 3'- ไดอะโซ [Δ ^{2,2} , -ไบอินโดลิน] -5, 5'- ไดซัลโฟเนต (disodium 3,3'- diazo- [Δ ^{2,2} , -blindoline] - 5,5' -disulfonate)
สูตรเคมี	C ₁₆ H ₈ N ₂ Na ₂ O ₈ S ₂
น้ำหนักโมเลกุล	466.36
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีน้ำเงิน ละลายได้ในน้ำ และละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล เป็นสารผสมของกรดอินดิโกซัลโฟนิค ที่ประกอบด้วย อินดิโก - 5,5' - ไดซัลโฟนิค แอซิด กับ อินดิโก - 5,7' - ไดซัลโฟนิค แอซิด มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 4. สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether-extractable-mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7. สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก 8. สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediater) ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก

บริลเลียนท์บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ
(Brilliant blue FCF)

ชื่อสามัญ	บริลเลียนท์บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Brilliant blue FCF)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 42090
ชื่อทางเคมี	เกลือไดโซเดียมของ 4- {[4- (นอร์มัล-เอทิล-พาร์-ซัลโฟเบนซีนอะมิโน) – ฟีนิล]-(2 – ซัลโฟเนียมฟีนิล)–เมทิลีน} -1-นอร์มัล-เอทิล-พาร์-ซัลโฟเบนซิล) – $\Delta^{2,5}$ ไซโคเฮกซาไดอินดีมีน] (disodium salt of 4- {[4- (n-ethyl-p-sulfobenzylamino) –phenyl] –(2-sulfoniumphenyl)–methylene} –1–(n-ethyl – n-p-sulfobenzyl)- $\Delta^{2,5}$ cyclohexadiiminine
สูตรเคมี	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$
น้ำหนักโมเลกุล	792.86
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีน้ำเงิน ละลายได้ในน้ำ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 85 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการอบแห้งที่ 135°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รวมกับจำนวนคลอไรด์ และซัลเฟต คิดคำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต ทั้งหมดต้องไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water –insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 4. สารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ (ether –extractable –mater) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7. โครเมียม (คิดเป็น Cr) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 8. สีอื่น (subsidiary dyes) ไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก 9. สารที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ (intermediater) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

ไทเทเนียมไดออกไซด์
(Tritanium dioxide)

ชื่อสามัญ	ไทเทเนียมไดออกไซด์ (tritanium dioxide)
เลขดัชนี	C.I. (1965) No. 77891
ชื่อทางเคมี	ไทเทเนียมไดออกไซด์ (tritanium dioxide)
สูตรทางเคมี	TiO ₂
น้ำหนักโมเลกุล	79.90
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่นและ รส ไม่ละลายในน้ำ และในกรดที่เจือจาง และประกอบด้วย TiO₂ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 ของน้ำหนัก 2. จำนวนน้ำหนักที่หายไป โดยการเผาไหม้ที่ 800°C (หลังทำแห้งที่ 150°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก 3. สารที่ไม่ละลายน้ำ (water-insoluble mater) ไม่เกินร้อยละ 0.3 ของน้ำหนัก 4. สารที่ละลายได้ด้วยกรด ไม่เกิน ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก 5. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 7.ปรอท (คิดเป็น Hg) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 8. แอนติโมนี (คิดเป็น Sb) ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม

โคชินิล
(Cochineal)

ชื่อสามัญ	โคชินิล (cochineal)
เลขดัชนีสี	C.I. (1956) No. 75470
ชื่อทางเคมี	เกลืออัลคาไล และอลูมินา เลกของกรดคาร์มินิก (alkali salt and alumina lake of carminic acid)
สูตรเอมพิริกัล	เกลือของกรดคาร์มินิก $C_{22}H_{20}O_3$
น้ำหนักโมเลกุล	กรดคาร์มินิก 492.40
คุณลักษณะ	1. เป็นผงสีแดง ละลายได้ในน้ำและ แอลกอฮอล์ 2. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 3. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม

แคนทาแซนทีน
(Canthaxantine)

ชื่อสามัญ	แคนทาแซนทีน (canthaxantine)
เลขดัชนี	-
ชื่อทางเคมี	บีตา - แคโรทีน - 4, 4' ไดโอน (beta-carotene-4'-dione) ทรานส์ แคนทาแซนทีน (<i>trans</i> -canthaxantene) บีตา, บีตา- แคโรทีน- 4,4'- ไดโอน (β - β -carotene-4,4'-dione)
สูตรเคมี	$C_{40}H_{52}O_2$
น้ำหนักโมเลกุล	564.86
คุณลักษณะ	1. เป็นทรานส์-ไอโซเมอร์และ มีสีอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 96 ของน้ำหนักและไม่มากกว่า ร้อยละ 101 ของน้ำหนัก เมื่อคิดเป็นสมมูลของ $C_{40}H_{52}O_2$ 2. เป็นผลึกสีม่วงเข้ม ไม่ละลายน้ำ เอทานอล ละลายได้เล็กน้อยในน้ำมันพืช ละลายในคลอโรฟอร์ม ทางการค้าอยู่ในสภาพที่เป็นสารละลายในน้ำมัน ไขมัน หรือตัวทำละลายอินทรีย์ หรือ กระจายตัวอยู่ในน้ำ สภาพที่เป็นผง หรือ เม็ดเล็กๆ มีสีส้มแดง 3. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 4. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 5. โลหะหนัก (heavy metals) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. เถ้าซัลเฟต (sulfate ash) ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก

บีตา-แคโรทีน
(Beta-carotene)

ชื่อสามัญ	บีตา- แคโรทีน (beta-carotene)
เลขดัชนี	-
ชื่อทางเคมี	บีตา-แคโรทีน (beta-carotene predominant trans isomer)
สูตรเคมี	$C_{40}H_{56}$
น้ำหนักโมเลกุล	536.69
คุณลักษณะ	1. เป็นผลึกหรือผงผลึกสีแดง ทางการค้าอยู่ในสภาพที่เป็นสารละลายในน้ำมัน ไขมัน หรือตัวทำละลายอินทรีย์ หรือ อาจกระจายตัวได้ในน้ำ สภาพที่เป็นผง หรือ เม็ดเล็กๆ ไม่ละลายในน้ำ เอทานอล เมทานอล ละลายได้เล็กน้อยใน น้ำมันพืช 2. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 3. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 4. โลหะหนัก (heavy metals) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 5. เถ้าซัลเฟต (sulfate ash) ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก

บีตา-อะโป-8'-การอทินาล
(Beta-apo-8'carotenal)

ชื่อสามัญ	บีตา-อะโป-8'-การอทินาล (beta – apo – 8' carotenal)
เลขดัชนี	-
ชื่อทางเคมี	บีตา-อะโป-2'-แกมมา-การอทินาล (beta-apo-2'- γ -carotenal), แอล-บีตา-อะโป-8'-การอทินาล (L-beta –apo-8' carotenal), 8'-อะโซ-บีตา, แกมมา-การอทิน-8' แอล (8'-apo-beta – γ -carotene-8' el)
สูตรเคมี	$C_{30}H_{40}O$
น้ำหนักโมเลกุล	416.65
คุณลักษณะ	- มีสีอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 96 ของน้ำหนัก และไม่มากกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก เมื่อคิดเป็นสมมูลของ $C_{30}H_{40}O$ - เป็นผลึกสีม่วงเข้ม ลักษณะเป็นมันวาว ไม่ละลายน้ำ ละลายได้เล็กน้อยในเอทานอลและ น้ำมันพืช ละลายได้ดีในในคลอโรฟอร์ม ทางการค้าอยู่ในสภาพที่เป็นสารละลายในน้ำมัน ไขมัน หรือตัวทำละลายอินทรีย์ หรือ กระจายตัวอยู่ในน้ำ สภาพที่เป็นผง หรือ เม็ดเล็กๆ มีสีส้มแดง - สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม - ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม - โลหะหนัก (heavy metals) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม - เถ้าซัลเฟต (sulfate ash) ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก

บีตา-อะโป-8'-คารอทีโนอิก แอซิด เมทิล หรือเอทิล เอสเทอร์

(Beta-apo-8' carotenoic acid methyl or ethyl ester)

ชื่อสามัญ	เมทิลเอสเทอร์ของ บีตา-อะโป-8'-คารอทีโนอิก แอซิด (methyl ester of beta-apo-8' carotenoic acid), เอทิลเอสเทอร์ของ บีตา-อะโป-8'-คารอทีโนอิก แอซิด (ethyl ester of beta-apo-8' carotenoic acid)
เลขดัชนี	-
ชื่อทางเคมี	ทรานส์-บีตา-อะโป-8'-คารอทีโนอิก แอซิด เมทิล หรือเอทิล เอสเทอร์ หรือเมทิล หรือเอทิล 8'-อะโป- บีตา, แกมมา-คารอทีน-8'- โอเอท (<i>trans</i> -beta-apo-8'-carotenoic acid, methyl or ethyl ester or methyl, ethyl 8'-apo-beta- γ -carotene-8' oate)
สูตรเคมี	$C_{31}H_{42}O_2$ (methyl ester) $C_{32}H_{44}O_2$ (ethyl ester)
น้ำหนักโมเลกุล	445.70 (methyl ester) 460.70 (ethyl ester)
คุณลักษณะ	1. เป็นผลึกสีแดง ไม่ละลายน้ำ ละลายได้น้อยมากในเอทานอล ละลายได้เล็กน้อยในน้ำมันพืช ละลายได้ดีในในคลอโรฟอร์ม ทางการค้าอยู่ในสภาพที่เป็นสารละลายในน้ำมัน ไขมัน หรือตัวทำละลายอินทรีย์ หรือ กระจายตัวอยู่ในน้ำ สภาพที่เป็นผง หรือ เม็ดเล็กๆ มีสีเหลืองแสด 3. สารหนู (คิดเป็น As) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 4. ตะกั่ว (คิดเป็น Pb) ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 5. โลหะหนัก (heavy metals) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม 6. เถ้าซัลเฟต (sulfate ash) ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก

ภาคผนวก ข
แบบสอบถาม

แบบสอบถาม

การสำรวจความต้องการใช้สารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร (ผู้บริโภคทั่วไป)

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความต้องการใช้สารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวกิติมา เหมวงษา นิสิตปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต่อไป จึงขอความกรุณาตอบแบบสอบถามทุกข้อเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม เฉพาะเจ้าหน้าที่ C 1-3

- | | |
|---|-----|
| 1. เพศ | C 4 |
| ☐ หญิง ☐ ชาย | |
| 2. อายุ | C 5 |
| ☐ น้อยกว่า 20 ปี ☐ 31-45 ปี | |
| ☐ 20-30 ปี ☐ มากกว่า 45 ปี | |
| 3. ระดับการศึกษา | C 6 |
| ☐ น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา ☐ ปวส./อนุปริญญา | |
| ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น ☐ ปริญญาตรี | |
| ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ☐ สูงกว่าปริญญาตรี | |
| 4. รายได้ต่อเดือน | C 7 |
| ☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 15,001 - 20,000 บาท | |
| ☐ 5,001 - 10,000 บาท ☐ สูงกว่า 20,000 บาท | |
| ☐ 10,001 - 15,000 บาท | |
| 5. อาชีพ | C 8 |
| ☐ นักเรียน / นิสิต / นักศึกษา ☐ ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ | |
| ☐ พนักงานบริษัทเอกชน ☐ แม่บ้าน | |
| ☐ ค้าขาย / ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... | |

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารสีผสมอาหารเป็นส่วนประกอบ

6. สีสัณในผลิตภัณฑ์อาหาร มีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อของท่านในระดับใด C 9
- () สูงมาก () สูง () ปานกลาง () น้อย () น้อยมาก
7. กรุณาเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกซื้อ หรือรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีสัณของท่าน มา 5 ลำดับ โดยที่ ให้หมายเลข 1 = สำคัญมากที่สุด และ 5 = สำคัญน้อยที่สุด
- () ความปลอดภัย () ระดับความเข้มของสีผสมอาหาร
- () คุณค่าทางโภชนาการ () ราคา
- () ประเภทของสีผสมอาหาร () รสชาติ
- () ความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต () ความสวยงาม
- () ความสะดวกในการซื้อ () ความทันสมัยดูแปลกใหม่
8. ส่วนมากผลิตภัณฑ์อาหารที่ท่านรับประทาน ใครเป็นผู้ซื้อ C 11
- () ตัวท่าน () ผู้อื่นซื้อให้ โปรดระบุ.....
9. ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมสารสีผสมอาหาร ที่ท่านรับประทาน บ่อยครั้งที่สุด เป็นประเภทใด (ตอบเพียงข้อเดียวกรณาระบุชื่ออาหาร ถ้าไม่มีในคำตอบ) C 12
- () เครื่องดื่ม เช่น น้ำผลไม้ น้ำหวานเข้มข้น โปรดระบุ.....
- () ขนมหวาน เช่น เยลลี่ คุกกี้ น้ำผลไม้ โปรดระบุ.....
- () ขนมไทย เช่น สาลี่ ขนมชั้น ลูกชุบ โปรดระบุ.....
- () ขนมอบ เช่น เค้ก ขนมปัง โปรดระบุ.....
- () ผลิตภัณฑ์นม เช่น ไอศกรีม เฮอร์เบต เนยแข็ง โปรดระบุ.....
- () อาหารคาว เช่น ข้าวหมกไก่ ก๋วยเตี๋ยวเย็นตาโฟ โปรดระบุ.....
- () อื่นๆ (โปรดระบุ).....
10. สถานที่ ที่ท่านเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด (ตอบเพียงข้อเดียว) C 13
- () ตลาดสด () ร้านค้าปลีก () ร้านสหกรณ์
- () ร้านค้าส่ง (Mackro) () ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า
- () ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป () อื่นๆ โปรดระบุ.....
11. สารสีประเภทใด ที่ท่านต้องการให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อความปลอดภัยในการบริโภค มากที่สุด (ตอบเพียงข้อเดียว) C 14
- () สีสังเคราะห์
- () สีอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น สีดำจากการเผาถ่านในขนมเปียกปูน
- () สีอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น สีเขียวจากใบเตย สีม่วงจากดอกอัญชัน

12. ในกรณีที่ใช้สารสีธรรมชาติแทนสีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ท่านยอมรับได้หรือไม่ C 15

() ยอมรับ เพราะ.....

() ไม่ยอมรับ เพราะ.....

ขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

แบบสอบถาม

การสำรวจความต้องการใช้สารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร (ผู้ใช้สารสี)

- คำชี้แจง** แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความต้องการใช้สารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวกิตติมา เหมวงษา นิสิตปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต่อไป จึงขอความกรุณาตอบแบบสอบถามทุกข้อเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม
- คำแนะนำ** กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงใน () หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม เฉพาะเจ้าหน้าที่ C 1-3

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----|
| 1. เพศ | | C 4 |
| () หญิง | () ชาย | |
| 2. อายุ | | C 5 |
| () น้อยกว่า 20 ปี | () 31–45 ปี | |
| () 20–30 ปี | () มากกว่า 45 ปี | |
| 3. ระดับการศึกษา | | C 6 |
| () น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา | () ปวส./อนุปริญญา | |
| () มัธยมศึกษาตอนต้น | () ปริญญาตรี | |
| () มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. | () สูงกว่าปริญญาตรี | |
| 4. รายได้ต่อเดือน | | C 7 |
| () น้อยกว่า 5,000 บาท | () 15,001 – 20,000 บาท | |
| () 5,000 – 10,000 บาท | () สูงกว่า 20,000 บาท | |
| () 10,001 – 15,000 บาท | | |

5. ท่านมีความเกี่ยวข้องกับสารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ในฐานะที่ท่านเป็น C 8

() ผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร (โปรดระบุลักษณะกิจการและสถานที่ตั้ง)

.....

.....

() ผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหารหรือ ผู้ผลิตสี หรือผู้จำหน่ายสี หรือผู้นำเข้าสีผสมอาหาร (โปรดระบุชื่อบริษัท, สถานที่ตั้ง และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในโรงงาน)

.....

.....

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการใช้สารสีของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือผู้ผลิตสี หรือผู้นำเข้าสี หรือผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร

6. สารสีที่ท่านใช้ หรือผลิต หรือจำหน่าย เป็นสารสีประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ กรุณาระบุให้ชัดเจน) C 9

() สีสังเคราะห์ เช่น สีปองโซ 4 อาร์, สีตาร์ตราซิน โปรดระบุ.....

.....

() สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น เบตาแคโรทีน, แคนธาแซนทีน โปรดระบุ....

.....

() สีอนินทรีย์ เช่น Titanium dioxide โปรดระบุ.....

.....

() สีธรรมชาติ เช่น สีจากใบเตย สีจากขมิ้นชัน โปรดระบุ.....

.....

7. สารสีผสมอาหารที่ท่านใช้ หรือผลิต หรือจำหน่ายอยู่ในรูปแบบใด และมีวิธีการใช้อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) C 10

() ผงละเอียด (powder) วิธีใช้

() ของเหลว (liquid) วิธีใช้

() ของเหลวข้น (paste) วิธีใช้

() อื่นๆ โปรดระบุ.....

8. กรณารับสีที่ท่านใช้ หรือผลิต หรือจำหน่าย มากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ C 11

1.) สี..... 2.) สี..... 3.) สี.....

9. สถานที่ ที่ท่านซื้อสารสีผสมอาหาร มากที่สุด คือ (ตอบเพียงข้อเดียว) C 12

- () ตลาดสด () ร้านค้าปลีก () ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป
 () ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า () ร้านค้าส่ง () บริษัทจำหน่ายสี
 () นำเข้าจากต่างประเทศ () อื่นๆ โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือผู้ผลิต
 สี หรือผู้นำเข้าสี หรือผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร

10. ท่านคิดว่าประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้สารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ (ตอบได้
 มากกว่า 1 ข้อ) C 13

- () ความปลอดภัยในการบริโภค () เสริมคุณค่าทางโภชนาการ
 () ให้ความสะดวกในการใช้ () ได้รับความเชื่อถือจากลูกค้า
 () ใช้สีในอาหารได้มากขึ้น () อื่นๆ โปรดระบุ.....

11. ท่านคิดว่าปัญหาในการใช้สารสีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () มีข้อจำกัดในการใช้ () ราคาสูง C 14
 () หาซื้อยาก () มีผู้ผลิต หรือผู้นำเข้าน้อยราย
 () สีไม่สม่ำเสมอ () อื่นๆ โปรดระบุ.....

12. ท่านคิดว่าการใช้สารสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ มีความเป็นไปได้ ในระดับ
อุตสาหกรรม หรือไม่ C 15

- () เป็นไปได้ (ในระดับใด กรุณาทำเครื่องหมาย)
 () สูงมาก () สูง () ปานกลาง () น้อย () น้อยมาก
 เพราะ.....

- () เป็นไปไม่ได้ เพราะ.....

13. ท่านคิดว่าสารสีธรรมชาติที่ผลิตขึ้นจากแครอท ควรมีรูปแบบใดที่เหมาะสมในการใช้งาน

- () ผงละเอียด (powder) () ของเหลว (liquid) C 16
 () ของเหลวข้น (paste) () อื่นๆ โปรดระบุ.....

14. ท่านคิดว่า ถ้ามีการผลิตสารสีธรรมชาติจากแครอทในระดับอุตสาหกรรม ท่านให้ความสนใจที่จะซื้อ หรือไม่ C 17

- () สนใจที่จะซื้อ เพราะ
 () ไม่แน่ใจ เพราะ
 () ไม่สนใจที่จะซื้อ เพราะ

แบบทดสอบ

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมผงสีธรรมชาติจากแคโรต

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นการทดสอบการยอมรับสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมผงสีธรรมชาติจากแคโรต ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ของ นางสาวกิตติมา เหมวงษา นิสิตปริญญาโท ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงขอความกรุณาตอบแบบสอบถามทุกข้อเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อตัวท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

คำอธิบาย ผงสีธรรมชาติจากแคโรต เป็นผลิตภัณฑ์ที่สกัดสารสีได้จากแคโรต และนำไปผ่านกระบวนการพ่นแห้ง ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีส้มอ่อน ได้พัฒนาขึ้นเพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่งสีให้ดูน่ารับประทานยิ่งขึ้น มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และผู้บริโภค และได้รับคุณค่าทางโภชนาการจากบีตาแคโรทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นวิตามินเอ และเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระ ทั้งนี้สามารถใช้แทนสีสังเคราะห์ ช่วยลดปริมาณการนำเข้าสีสังเคราะห์จากต่างประเทศและเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรได้ด้วย

คำแนะนำ กรุณาทดลองใช้ผงสีธรรมชาติจากแคโรตในผลิตภัณฑ์อาหารตามคู่มือวิธีการใช้ที่แนบมาพร้อมผลิตภัณฑ์ผงสีตัวอย่าง และตอบแบบสอบถามดังต่อไปนี้

1. ท่านยอมรับสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมผงสีธรรมชาติจากแคโรตนี้หรือไม่
() ยอมรับ () ไม่ยอมรับ
2. หลังจากที่ได้ทดลองใช้ผงสีธรรมชาติจากแคโรตในผลิตภัณฑ์อาหารแล้วมีความพอใจในคุณภาพระดับใด
() พอใจมาก () พอใจปานกลาง () พอใจเล็กน้อย () ไม่พอใจเลย

3. ความสะดวกในการใช้ผงสีธรรมชาติจากแคโรตลงในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างไร

() สะดวกมากที่สุด () สะดวกมาก () สะดวกปานกลาง () สะดวกน้อย

4. ผงสีธรรมชาติจากแคโรตมีผลทำให้คุณภาพ (เช่น กลิ่นรส ฯลฯ) ของผลิตภัณฑ์อาหารของท่านเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

() ไม่เปลี่ยนแปลง () เปลี่ยนแปลง (กรุณาอธิบายคุณภาพที่เปลี่ยนแปลง)

.....

5. หากมีผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแคโรตที่นอกจากจะช่วยแต่งสีให้ผลิตภัณฑ์อาหารดูน่ารับประทานแล้ว ยังให้คุณค่าทางโภชนาการจากบีตาแคโรทีน (ปริมาณบีตาแคโรทีน 2.01 มก./

ก.) นี้ออกจำหน่ายท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่

() ซื้อ () ไม่แน่ใจ () ไม่ซื้อ

6. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแคโรต ควรมีราคาเท่าไร เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของสีบีตาแคโรทีนที่สังเคราะห์ และนำเข้าจากต่างประเทศประมาณ 2,500–3,000 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม

..... บาท ต่อ 1 กิโลกรัม

7. ข้อเสนอแนะ / สิ่งที่ต้องการปรับปรุง (ถ้ามี)

.....

8. ผู้ทดสอบการใช้ผงสีธรรมชาติจากแคโรต

8.1 ชื่อผู้ทดสอบ

8.2 ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

กิตติมา เหมวงษา นิสิตปริญญาโทปี 3

เบอร์โทรศัพท์ 0-5832-6626

โยเกิร์ต

ส่วนประกอบ

นมผง	12.0 %
น้ำตาลทราย	3.0 %
หัวเชื้อโยเกิร์ต	
น้ำดื่มสุก	80.0 %
ผงสีธรรมชาติจากแครอท	5.0 %

วิธีทำ

1. นำภาชนะที่ต้องใช้ในการทำโยเกิร์ตไปผ่านการพาสเจอร์ไรซ์
2. ละลายน้ำตาลทราย นมผง ผงสีธรรมชาติจากแครอทในน้ำดื่มสุก ผสมในเครื่องปั่นไฟฟ้า (blender) ตักฟองอากาศออก กรองด้วยผ้าขาวบางใส่ในภาชนะที่ฆ่าเชื้อแล้ว
3. ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70–80°C เป็นเวลา 10 นาที
4. ทิ้งให้อุณหภูมิลดลงประมาณ 40–44°C
5. เติมหหัวเชื้อโยเกิร์ต (หัวเชื้อโยเกิร์ต: นมที่เตรียมไว้ = 1: 10)
6. บ่มที่อุณหภูมิ 40–44°C เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง จนเกิดเป็นก้อนนุ่ม

หมายเหตุ นำผงสีธรรมชาติจากแครอทผสมลงในโยเกิร์ต โดยคนให้ส่วนผสมเข้ากัน จนเป็นเนื้อเดียวกัน

น้ำสลัด

ส่วนประกอบ

น้ำตาลทราย	20.0 %
น้ำส้มสายชู	10.0 %
น้ำมันถั่วเหลือง	8.0 %
เครื่องเทศ	6.0 %
เกลือ	1.8 %
ไข่ไก่	1.5 %
แป้งข้าวโพด	47.7 %
ผงสีธรรมชาติจากแครอท	5.0 %

วิธีทำ

1. ผสมน้ำส้มสายชู น้ำตาลทราย เครื่องเทศ และเกลือ คนให้ละลาย
2. ใช้เครื่องปั่นไฟฟ้า (blender) ปั่นไข่ไก่ให้ขึ้นฟูใส่ส่วนผสมแป้งข้าวโพดและ (1) สลับกับน้ำมันถั่วเหลืองจนหมด
3. นำผงสีธรรมชาติจากแครอทมาผสมในน้ำสลัดที่ปั่นได้ให้เข้ากัน
4. นำไปตุ๋นฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที

หมายเหตุ นำผงสีธรรมชาติจากแครอทผสมลงในน้ำสลัด โดยคนให้ส่วนผสมเข้ากัน จนเป็นเนื้อเดียวกัน

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ค่าคุณภาพ

1. การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตที่ได้ (% Yield) ของแคโรต (ดัดแปลงวิธีของ A.O.A.C., 1990)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ของตัวอย่างแคโรตและน้ำก่อนการสกัด (C_1)
2. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ของตัวอย่างแคโรตและน้ำหลังการสกัดที่ผ่านกรองกากออก แล้ว (C_2)
3. คำนวณปริมาณผลผลิตที่ได้ (% Yield)

$$(\% \text{ Yield}) = \frac{C_2 \times 100}{C_1}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณบีตาแคโรทีน (ดัดแปลงวิธีของ A.O.A.C., 1990)

สารเคมี

1. แอซีโตน
2. เฮกเซน
3. ตัวดูดซับ (absorbent-activated magnesia)
4. diatomaceous earth-hyflo super gel

วิธีการ

การสกัด (Extraction) โดยบดตัวอย่าง 2 – 5 กรัม เติมแอซีโตน 40 มิลลิลิตร เฮกเซน 60 มิลลิลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 0.1 กรัม บดนาน 5 นาที กรองแยกตะกอน ถ่ายส่วนใสลงในกรวยแยก ล้างตะกอนด้วยแอซีโตน 25 มิลลิลิตร เฮกเซน 25 มิลลิลิตร รวมเอาส่วนที่สกัดได้ไว้ด้วยกัน ล้างแอซีโตนออกจากส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้นาน 10 นาที แยกเอาสารละลายส่วนล่างทิ้ง ล้างสารละลายส่วนบนด้วยน้ำอีก 4 ครั้ง แยกเอาสารละลายส่วนบนออก ใส่ลงขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ซึ่งมีแอซีโตน 9 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเฮกเซน

การแยกสารให้สี (pigment separation) บรรจุ activated magnesia-Diatomaceous earth mixture (1:1) ในหลอดโครมาโทกราฟี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร ความยาว 175 มิลลิเมตร เตรียมคอลัมน์โดยใส่ต่ำลิ่งลงในหลอดก่อนแล้วใส่ activated magnesia-Diatomaceous earth mixture (1: 1) ให้ได้ความสูง 15 มิลลิเมตร แล้วใส่ anhyd. Na_2SO_4 ที่บนผิวหน้าประมาณ 1 เซนติเมตร เทส่วนสกัดได้ผ่านคอลัมน์ ใช้สารผสมเอซีโตน – เฮกเซน (1: 9) 50 มิลลิลิตรในการเริ่มแยก และล้างแถบสีเหลืองของแคโรทีนที่ผ่านการดูดซับ รักษาส่วนบนของคอลัมน์มีระดับตัวทำละลายในระหว่างการแยกด้วย เก็บส่วนที่ผ่านคอลัมน์ลงมา (แคโรทีนจะผ่านลงเร็วมาก) ถ่ายสารละลายส่วนที่ผ่านคอลัมน์นั้นลงในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปริมาตรด้วยเอซีโตน–เฮกเซน (1: 9) และวัดปริมาณแคโรทีน

การวัดปริมาณแคโรทีน วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายทันทีที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทโฟโตมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณโดยใช้สูตร

$$C = (A \times 454) / (196 \times L \times W)$$

โดยที่ C = ความเข้มข้นของแคโรทีน (มิลลิกรัม / ปอนด์)

L = ความยาวของเซลล์ที่ใช้วัด (เซนติเมตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม / 100 มิลลิลิตร)

A = ค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 436 นาโนเมตร

รายงานผลเป็นปริมาณบีตาแคโรทีน หน่วยมิลลิกรัม ต่อปอนด์ หรือ มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม และอาจแปลงหน่วยได้ โดยถ้าคูณด้วย 2.2 ได้หน่วยเป็น ppm. ถ้าคูณด้วย 1667 ได้หน่วยเป็น IU ต่อปอนด์ หรือ คูณด้วย 453 ได้หน่วยเป็นมิลลิกรัม ต่อกรัม นอกจากนี้สามารถหาปริมาณวิตามินเอได้จากการคำนวณโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างบีตาแคโรทีนกับวิตามินเอ

$$\text{IU} = 0.6 \text{ ไมโครกรัมของบีตาแคโรทีน}$$

ภาคผนวก ง

การคำนวณต้นทุนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแครอท

การคำนวณต้นทุนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแครอท

จิรพรรณ และคณะ (2525) ได้กล่าวถึงการคำนวณต้นทุนในโรงงานที่มีขนาดเล็กเมื่อทราบต้นทุนวัตถุดิบ และประมาณค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้โดยคิดเป็นร้อยละของต้นทุนรวม

$$\text{ต้นทุนรวม} = \text{ต้นทุนวัตถุดิบ} + \text{ต้นทุนแรงงาน} + \text{ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ}$$

$$\text{โดยที่ ต้นทุนวัตถุดิบ} = 0.52 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

$$\text{ต้นทุนแรงงาน} = 0.32 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

$$\text{ต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่นๆ} = 0.16 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแครอท 1 กิโลกรัมต้องใช้แครอท 961.53 กรัม ใช้เอนไซม์เพกทิเนส 38.46 มิลลิกรัม มอลโทเดกซ์ทริน 961.53 กรัม ราคาของแครอทช่วงเดือนมกราคม – พฤษภาคม 2548 มีราคา กิโลกรัมละ 21.50 บาท เอนไซม์เพกทิเนส ราคา กิโลกรัมละ 2,200 บาท มอลโทเดกซ์ทริน ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท ดังนั้น

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแครอท 1 กิโลกรัม มีต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ

$$\text{ต้นทุนวัตถุดิบ} = (0.96 \times 21.50) + (0.038 \times 2,200) + (0.96 \times 20)$$

$$= 20.64 + 83.6 + 19.2$$

$$= 123.44$$

$$\text{ต้นทุนรวม} = \text{ต้นทุนวัตถุดิบ} / 0.52$$

$$= 123.44 / 0.52$$

$$= 237.38 \text{ บาท}$$

ผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากแครอทมีราคาต้นทุนรวม กิโลกรัมละ 237.38 บาท

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๑1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเปรียบเทียบขององค์ประกอบทางเคมีและราคาของแครอทในประเทศ (พันธุ์หงส์แดง) และแครอทนำเข้า (พันธุ์แซนทีเน)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Moisure	.189	1	.189	12.267	.073
	Protein	1.563E-02	1	1.563E-02	13.889	.065
	Fat	9.000E-04	1	9.000E-04	18.000	.051
	CHO	3.240E-02	1	3.240E-02	10.623	.083
	Fiber	1.690E-02	1	1.690E-02	6.760	.122
	Ash	9.000E-04	1	9.000E-04	18.000	.051
	Betacarotene	4.264	1	4.264	99.341	.010
	Kcal	2.220	1	2.220	13.550	.067
	Cost	253.446	1	253.446	7.862	.107
Intercept	Moisure	32243.589	1	32243.589	2090346.141	.000
	Protein	8.497	1	8.497	7553.089	.000
	Fat	.518	1	.518	10368.000	.000
	CHO	201.356	1	201.356	66018.393	.000
	Fiber	3.572	1	3.572	1428.840	.001
	Ash	.518	1	.518	10368.000	.000
	Betacarotene	74.391	1	74.391	1733.037	.001
	Kcal	5610.010	1	5610.010	34238.694	.000
	Cost	1978.470	1	1978.470	61.370	.016
Trt	Moisure	0.189	1	0.189	12.267	.073
	Protein	1.563E-02	1	1.563E-02	13.889	.065
	Fat	9.000E-04	1	9.000E-04	18.000	.051
	CHO	3.240E-02	1	3.240E-02	10.623	.083
	Fiber	1.690E-02	1	1.690E-02	6.760	.122
	Betacarotene	4.264	1	4.264	99.341	.010
	Kcal	2.220	1	2.220	13.550	.067

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Error	Moisure	3.085E-02	2	1.542E-02		
	Protein	2.250E-03	2	1.125E-03		
	Fat	1.000E-04	2	5.000E-05		
	CHO	6.100E-03	2	3.050E-03		
	Fiber	5.000E-03	2	2.500E-03		
	Ash	1.000E-04	2	5.000E-05		
	Betacarotene	8.585E-02	2	4.292E-02		
	Kcal	.328	2	.164		
	Cost	64.477	2	32.238		
Total	Moisure	32243.809	4			
	Protein	8.515	4			
	Fat	.519	4			
	CHO	201.395	4			
	Fiber	3.594	4			
	Ash	.519	4			
	Betacarotene	78.741	4			
	Kcal	5612.558	4			
	Cost	2296.394	4			
Corrected Total	Moisure	.220	3			
	Protein	1.788E-02	3			
	Fat	1.000E-03	3			
	CHO	3.850E-02	3			
	Fiber	2.190E-02	3			
	Ash	1.000E-03	3			
	Betacarotene	4.350	3			
	Kcal	2.548	3			
	Cost	317.923	3			

ตารางผนวกที่ จ2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปัจจัยในการลวกแครอทด้วยน้ำร้อนต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Betacarotene	16.276	9	1.808	2166.545	.000
	L*	14.048	9	1.561	122.302	.000
	a*	48.775	9	5.419	1419.417	.000
	b*	21.649	9	2.405	353.743	.000
	C*	68.196	9	7.577	2333.479	.000
	h	8.994	9	.999	144.016	.000
Intercept	Betacarotene	594.780	1	594.780	712548.479	.000
	L*	35814.693	1	35814.693	2806244.284	.000
	a*	30694.161	1	30694.161	8039212.659	.000
	b*	43917.588	1	43917.588	6458468.890	.000
	C*	74727.203	1	74727.203	23012654.378	.000
	h	44999.000	1	44999.000	6485044.036	.000
Temp.	Betacarotene	8.328	2	4.164	4988.306	.000
	L*	7.714	2	3.857	302.210	.000
	a*	30.348	2	15.174	3974.302	.000
	b*	11.714	2	5.857	861.326	.000
	C*	43.644	2	21.822	6720.207	.000
	h	4.156	2	2.078	299.487	.000
Time	Betacarotene	6.871	2	3.435	4115.561	.000
	L*	4.669	2	2.335	182.927	.000
	a*	13.744	2	6.872	1799.932	.000
	b*	9.211	2	4.605	677.245	.000
	C*	22.961	2	11.481	3535.541	.000
	h	3.186	2	1.593	229.543	.000
Rep	Betacarotene	2.722E-04	1	2.722E-04	.326	.584

ตารางผนวกที่ ๑๒ (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Rep	L*	2.450E-03	1	2.450E-03	.192	.673
	a*	1.176E-02	1	1.176E-02	3.079	.117
	b*	4.500E-04	1	4.500E-04	.066	.803
	C*	2.222E-05	1	2.222E-05	.007	.936
	h	9.339E-03	1	9.339E-03	1.346	.279
Temp.* Time	Betacarotene	1.078	4	.269	322.712	.000
	L*	1.662	4	.416	32.563	.000
	a*	4.670	4	1.168	305.801	.000
	b*	.724	4	.181	26.619	.000
	C*	1.591	4	.398	122.453	.000
	h	1.643	4	.411	59.184	.000
Error	Betacarotene	6.678E-03	8	8.347E-04		
	L*	.102	8	1.276E-02		
	a*	3.054E-02	8	3.818E-03		
	b*	5.440E-02	8	6.800E-03		
	C*	2.598E-02	8	3.247E-03		
	h	5.551E-02	8	6.939E-03		
Total	Betacarotene	611.063	18			
	L*	35828.843	18			
	a*	30742.966	18			
	b*	43939.292	18			
	C*	74795.425	18			
	h	45008.049	18			
Corrected Total	Betacarotene	16.283	17			
	L*	14.150	17			
	a*	48.805	17			

ตารางผนวกที่ ๑๒ (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Total	b*	21.703	17			
	C*	68.222	17			
	h	9.049	17			

ตารางผนวกที่ ๑๓ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปัจจัยในการlovakkerodด้วยไอน้ำ
ต่อปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Betacarotene	33.180	4	8.295	7406.348	.000
	L*	.366	4	9.141E-02	304.717	.000
	a*	22.051	4	5.513	9187.850	.000
	b*	15.520	4	3.880	6689.784	.000
	C*	25.467	4	6.367	61.148	.000
	h	7.095	4	1.774	1323.780	.000
Intercept	Betacarotene	496.461	1	496.461	443268.893	.000
	L*	17387.232	1	17387.232	57957440.133	.000
	a*	13043.655	1	13043.655	21739424.267	.000
	b*	22762.441	1	22762.441	39245587.931	.000
	C*	35412.021	1	35412.021	340107.766	.000
	h	28389.715	1	28389.715	21186354.657	.000
Time	Betacarotene	33.180	4	8.295	7406.348	.000
	L*	.366	4	9.141E-02	304.717	.000
	a*	22.051	4	5.513	9187.850	.000
	b*	15.520	4	3.880	6689.784	.000
	C*	25.467	4	6.367	61.148	.000

ตารางผนวกที่ จ3 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Time	h	7.095	4	1.774	1323.780	.000
Error	Betacarotene	5.600E-03	5	1.120E-03		
	L*	1.500E-03	5	3.000E-04		
	a*	3.000E-03	5	6.000E-04		
	b*	2.900E-03	5	5.800E-04		
	C*	.521	5	.104		
	h	6.700E-03	5	1.340E-03		
Total	Betacarotene	529.647	10			
	L*	17387.599	10			
	a*	13065.708	10			
	b*	22777.964	10			
	C*	35438.008	10			
	h	28396.817	10			
Corrected Total	Betacarotene	33.186	9			
	L*	.367	9			
	a*	22.054	9			
	b*	15.523	9			
	C*	25.987	9			
	h	7.102	9			

ตารางผนวกที่ จ4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการคัดเลือกรังจ้อยในแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลแบบเต็มต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Yield	1255.698	6	209.283	10.102	.000
	Betacarotene	46.600	6	7.767	7.011	.001
	L*	63.151	6	10.525	11.706	.000
	a*	171.150	6	28.525	9.273	.000
	b*	153.382	6	25.564	8.435	.000
	C*	316.872	6	52.812	8.938	.000
	h	24.030	6	4.005	5.459	.003
Intercept	Yield	145370.874	1	145370.874	7016.678	.000
	Betacarotene	243.143	1	243.143	219.473	.000
	L*	92139.477	1	92139.477	102479.564	.000
	a*	12431.967	1	12431.967	4041.447	.000
	b*	17408.629	1	17408.629	5744.261	.000
	C*	29849.001	1	29849.001	5051.908	.000
	h	59779.204	1	59779.204	81484.605	.000
pH	Yield	973.846	1	973.846	47.005	.000
	Betacarotene	24.705	1	24.705	22.300	.000
	L*	46.037	1	46.037	51.204	.000
	a*	111.327	1	111.327	36.191	.000
	b*	107.357	1	107.357	35.424	.000
	C*	216.180	1	216.180	36.588	.000
	h	7.118	1	7.118	9.702	.006
Temp.	Yield	2.077	1	2.077	.100	.755
	Betacarotene	1.932	1	1.932	1.744	.204

ตารางผนวกที่ จ4 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp.	L*	.534	1	.534	.594	.451
	a*	4.533	1	4.533	1.474	.241
	b*	3.745	1	3.745	1.236	.282
	C*	7.993	1	7.993	1.353	.261
	h	1.157	1	1.157	1.577	.226
Pectinase	Yield	147.610	1	147.610	7.125	.016
	Betacarotene	9.090	1	9.090	8.205	.011
	L*	3.985	1	3.985	4.433	.050
	a*	24.382	1	24.382	7.926	.012
	b*	13.530	1	13.530	4.464	.050
	C*	35.795	1	35.795	6.058	.025
	h	7.315	1	7.315	9.971	.006
Cellulase	Yield	5.861	1	5.861	.283	.602
	Betacarotene	2.714	1	2.714	2.449	.136
	L*	1.307	1	1.307	1.453	.245
	a*	6.542	1	6.542	2.127	.163
	b*	.928	1	.928	.306	.587
	C*	5.558	1	5.558	.941	.346
	h	6.710	1	6.710	9.146	.058
Pec&Cel	Yield	107.188	1	107.188	5.174	.036
	Betacarotene	5.539	1	5.539	5.000	.039
	L*	10.908	1	10.908	12.132	.003
	a*	17.699	1	17.699	5.754	.028
	b*	22.118	1	22.118	7.298	.015
	C*	39.347	1	39.347	6.659	.019
	h	.519	1	.519	.708	.012
Time	Yield	19.117	1	19.117	.923	.350

ตารางผนวกที่ จ4 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Betacarotene	2.620	1	2.620	2.365	.142
	L*	.380	1	.380	.423	.524
	a*	6.668	1	6.668	2.168	.159
	b*	5.704	1	5.704	1.882	.188
	C*	11.999	1	11.999	2.031	.172
	h	1.211	1	1.211	1.650	.216
Error	Yield	352.204	17	20.718		
	Betacarotene	18.833	17	1.108		
	L*	15.285	17	.899		
	a*	52.294	17	3.076		
	b*	51.520	17	3.031		
	C*	100.444	17	5.908		
	h	12.472	17	.734		
Total	Yield	146978.777	24			
	Betacarotene	308.577	24			
	L*	92217.913	24			
	a*	12655.411	24			
	b*	17613.532	24			
	C*	30266.318	24			
	h	59815.705	24			
Corrected Total	Yield	1607.903	23			
	Betacarotene	65.433	23			
	L*	78.436	23			
	a*	223.444	23			
	b*	204.903	23			
	C*	417.316	23			
	h	36.501	23			

ตารางผนวกที่ ๖5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับความเป็นกรด-เบส และ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพกทิเนสต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณบิตาแคโรทีน และค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Yield	21.497	10	2.150	385.237	.000
	Betacarotene	6.348	10	.635	312.243	.000
	L*	100.047	10	10.005	208.271	.000
	a*	261.947	10	26.195	13816.960	.000
	b*	191.619	10	19.162	2440.717	.000
	C*	433.251	10	43.325	6020.857	.000
	h	52.243	10	5.224	1077.477	.000
Intercept	Yield	221165.711	1	221165.711	39634774.384	.000
	Betacarotene	293.370	1	293.370	144313.368	.000
	L*	96541.120	1	96541.120	2009722.629	.000
	a*	13509.914	1	13509.914	7126108.554	.000
	b*	22378.755	1	22378.755	2850460.585	.000
	C*	35905.080	1	35905.080	4989704.227	.000
	h	73849.692	1	73849.692	15231102.339	.000
pH	Yield	20.067	2	10.034	1798.091	.000
	Betacarotene	5.634	2	2.817	1385.760	.000
	L*	88.128	2	44.064	917.293	.000
	a*	234.597	2	117.299	61871.807	.000
	b*	175.116	2	87.558	11152.565	.000
	C*	393.389	2	196.695	27334.524	.000
	h	42.679	2	21.340	4401.208	.000
Enzyme	Yield	1.025	2	.512	91.805	.000
	Betacarotene	.487	2	.244	119.838	.000
	L*	8.767	2	4.383	91.250	.000

ตารางผนวกที่ ๑๕ (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Enzyme	a*	22.334	2	11.167	5890.362	.000
	b*	13.972	2	6.986	889.860	.000
	C*	34.133	2	17.067	2371.724	.000
	h	5.580	2	2.790	575.459	.000
Rep	Yield	.380	2	.190	34.078	.000
	Betacarotene	.214	2	.107	52.522	.000
	L*	1.635	2	.817	17.016	.000
	a*	.373	2	.187	98.391	.000
	b*	.339	2	.170	21.614	.000
	C*	.692	2	.346	48.088	.000
	h	4.436E-02	2	2.218E-02	4.574	.027
pH * Enzyme	Yield	2.466E-02	4	6.165E-03	1.105	.388
	Betacarotene	1.259E-02	4	3.148E-03	1.549	.236
	L*	1.517	4	.379	7.897	.061
	a*	4.642	4	1.160	612.120	.072
	b*	2.191	4	.548	69.773	.088
	C*	5.036	4	1.259	174.975	.061
	h	3.938	4	.985	203.073	.077
Error	Yield	8.928E-02	16	5.580E-03		
	Betacarotene	3.253E-02	16	2.033E-03		
	L*	.769	16	4.804E-02		
	a*	3.033E-02	16	1.896E-03		
	b*	.126	16	7.851E-03		
	C*	.115	16	7.196E-03		
	h	7.758E-02	16	4.849E-03		
Total	Yield	221187.297	27			
	Betacarotene	299.750	27			

ตารางผนวกที่ ๖๕ (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Total	L*	96641.936	27			
	a*	13771.891	27			
	b*	22570.499	27			
	C*	36338.446	27			
	h	73902.012	27			
	Yield	21.586	26			
Corrected Total	Betacarotene	6.380	26			
	L*	100.816	26			
	a*	261.977	26			
	b*	191.744	26			
	C*	433.366	26			
	h	52.320	26			

ตารางผนวกที่ ๖๖ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีนและค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Yield	3.516	8	.439	108.369	.000
	Betacarotene	.254	8	3.178E-02	45.646	.000
	L*	71.044	8	8.881	254.107	.000
	a*	24.074	8	3.009	76.536	.000
	b*	24.563	8	3.070	125.987	.000
	C*	47.048	8	5.881	107.746	.000
	h	6.804	8	.850	22.637	.000

ตารางผนวกที่ ๖6 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Yield	225503.911	1	225503.911	55603704.111	.000
	Betacarotene	392.621	1	392.621	563870.298	.000
	L*	105801.512	1	105801.512	3027385.360	.000
	a*	6753.242	1	6753.242	171757.291	.000
	b*	12940.711	1	12940.711	531001.839	.000
	C*	19693.801	1	19693.801	360814.711	.000
	h	79257.755	1	79257.755	2109581.407	.000
Temp	Yield	3.423	2	1.711	421.990	.000
	Betacarotene	.231	2	.116	166.069	.000
	L*	58.510	2	29.255	837.095	.000
	a*	21.693	2	10.846	275.857	.000
	b*	20.997	2	10.498	430.787	.000
	C*	41.407	2	20.704	379.314	.000
	h	5.500	2	2.750	73.198	.000
Time	Yield	7.614E-02	2	3.807E-02	9.387	.002
	Betacarotene	2.276E-02	2	1.138E-02	16.340	.000
	L*	10.235	2	5.117	146.430	.000
	a*	2.319	2	1.159	29.484	.000
	b*	2.953	2	1.476	60.586	.000
	C*	5.181	2	2.591	47.463	.000
	h	.478	2	.239	6.367	.008
Temp * Time	Yield	1.704E-02	4	4.259E-03	1.050	.409
	Betacarotene	2.444E-04	4	6.111E-05	.088	.985
	L*	2.300	4	.575	16.451	.052
	a*	6.304E-02	4	1.576E-02	.401	.806
	b*	.613	4	.153	6.288	.052

ตารางผนวกที่ ๖6 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp * Time	C*	.459	4	.115	2.104	.122
	h	.825	4	.206	5.492	.055
Error	Yield	7.300E-02	18	4.056E-03		
	Betacarotene	1.253E-02	18	6.963E-04		
	L*	.629	18	3.495E-02		
	a*	.708	18	3.932E-02		
	b*	.439	18	2.437E-02		
	C*	.982	18	5.458E-02		
	h	.676	18	3.757E-02		
Total	Yield	225507.500	27			
	Betacarotene	392.888	27			
	L*	105873.186	27			
	a*	6778.024	27			
	b*	12965.713	27			
	C*	19741.832	27			
	h	79265.235	27			
Corrected Total	Yield	3.589	26			
	Betacarotene	.267	26			
	L*	71.674	26			
	a*	24.782	26			
	b*	25.002	26			
	C*	48.030	26			
	h	7.480	26			

ตารางผนวกที่ จ7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของอัตราส่วนต่อปริมาณผลผลิต, ปริมาณบีตาแคโรทีนและค่าสี L*, a*, b*, C* และ h ในการสกัดสีจากแครอท ด้วยเอนไซม์

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Yield	5.876	2	2.938	2340.186	.000
	Betacarotene	1.068	2	.534	1716.036	.000
	L*	22.961	2	11.481	13595.539	.000
	a*	24.907	2	12.453	14944.093	.000
	b*	20.276	2	10.138	9706.383	.000
	C*	42.373	2	21.186	12462.595	.000
	h	11.554	2	5.777	12091.558	.000
Intercept	Yield	73750.265	1	73750.265	58739149.035	.000
	Betacarotene	111.162	1	111.162	357306.036	.000
	L*	36398.280	1	36398.280	43103226.645	.000
	a*	2421.952	1	2421.952	2906342.613	.000
	b*	4603.170	1	4603.170	4407290.596	.000
	C*	7028.028	1	7028.028	4134133.987	.000
	h	26424.670	1	26424.670	55307448.581	.000
Trt	Yield	5.876	2	2.938	2340.186	.000
	Betacarotene	1.068	2	.534	1716.036	.000
	L*	22.961	2	11.481	13595.539	.000
	a*	24.907	2	12.453	14944.093	.000
	b*	20.276	2	10.138	9706.383	.000
	C*	42.373	2	21.186	12462.595	.000
	h	11.554	2	5.777	12091.558	.000
Error	Yield	7.533E-03	6	1.256E-03		
	Betacarotene	1.867E-03	6	3.111E-04		
	L*	5.067E-03	6	8.444E-04		

ตารางผนวกที่ ๖7 (ต่อ)

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Error	a*	5.000E-03	6	8.333E-04		
	b*	6.267E-03	6	1.044E-03		
	C*	1.020E-02	6	1.700E-03		
	h	2.867E-03	6	4.778E-04		
Total	Yield	73756.149	9			
	Betacarotene	112.232	9			
	L*	36421.247	9			
	a*	2446.864	9			
	b*	4623.452	9			
	C*	7070.411	9			
	h	26436.227	9			
Corrected Total	Yield	5.884	8			
	Betacarotene	1.070	8			
	L*	22.966	8			
	a*	24.912	8			
	b*	20.282	8			
	C*	42.383	8			
	h	11.557	8			

ตารางผนวกที่ ๖8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าการดูดความชื้น, ค่าการละลาย, ปริมาณบีตาแคโรทีน, ค่า a_w , ของผงสีธรรมชาติจากแคโรตที่เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 12 สัปดาห์

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Hygro	1.594E-02	12	1.328E-03	2.333	.072
	Solubility	2.135E-03	12	1.779E-04	1.350	.299
	Beta	1.644E-02	12	1.370E-03	2.740	.042
	A_w	2.315E-05	12	1.929E-06	.492	.886
Intercept	Hygro	19.610	1	19.610	34449.757	.000
	Solubility	1.415	1	1.415	10739.920	.000
	Beta	100.746	1	100.746	201491.723	.000
	A_w	2.033	1	2.033	518165.686	.000
Week	Hygro	1.594E-02	12	1.328E-03	2.333	.072
	Solubility	2.135E-03	12	1.779E-04	1.350	.299
	Beta	1.644E-02	12	1.370E-03	2.740	.042
	A_w	2.315E-05	12	1.929E-06	.492	.886
Error	Hygro	7.400E-03	13	5.692E-04		
	Solubility	1.712E-03	13	1.317E-04		
	Beta	6.500E-03	13	5.000E-04		
	A_w	5.100E-05	13	3.923E-06		
Total	Hygro	19.633	26			
	Solubility	1.419	26			
	Beta	100.769	26			
	A_w	2.033	26			
Corrected Total	Hygro	2.334E-02	25			
	Solubility	3.847E-03	25			
	Beta	2.294E-02	25			
	A_w	7.415E-05	25			

หมายเหตุ Sig. < 0.05 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95