บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจาย

มะเขือเทศ (tomato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycoersicon esculentum* Mill. (Bailey, 1968) เป็นพืชล้มลุก เนื้ออ่อน อยู่ในตระกูล Solanaceae หรือ nightshade อยู่ในตระกูลเดียวกับมะเขือพริก และยาสูบ มีผู้สันนิษฐานว่าถิ่นกำเนิดของมะเขือเทศอยู่บริเวณแถบอเมริกาใต้ โดยเฉพาะในแถบประเทศเปรูและชิลี ซึ่งอุดมไปด้วยมะเขือเทศพันธุ์ป่าที่มีลักษณะของผลดิบสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อผลสุก (เกียรติเกษตร, 2541) มะเขือเทศเป็นพืชพื้นเมืองของอเมริกา ที่คนพื้นเมืองใช้เป็นอาหารที่มีคุณค่ามาแต่ดั้งเดิม (เมฆ, 2544) หลังจากที่ค้นพบทวีปอเมริกาโดยชาวยุโรป เชื่อกันว่าได้นำมะเขือเทศจากประเทศเปรูกลับไปด้วยราว ๆ พ.ศ. 2079 ซึ่งสาเหตุที่เชื่ออย่างนั้นเพราะในสมัยนั้น มะเขือเทศมีชื่อเรียกว่า Mal peruviana หรืออีกชื่อหนึ่งว่า Pomidel Peru ซึ่งแปลว่า "แอปเปิ้ลของเปรู" จากแหล่งดั้งเดิมในประเทศเปรู มะเขือเทศได้ถูกนำเข้าไปปลูกในประเทศฝรั่งเศส และอิตาลี จากนั้นก็มีการแพร่กระจายไปตามประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ส่วนการกระจายของมะเขือเทศเข้ามาทางซีกโลกตะวันออก น่าจะเกิดจากการนำเข้าของชาวสเปนที่เดินทางมาสำรวจทะเลแถบแปซิฟิก ต่อมามะเขือเทศจึงได้แพร่กระจายไปทั่วโลก (เกียรติเกษตร, 2541)

สำหรับการนำเข้ามาในประเทศไทยนั้น ยังไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่คิดว่าพันธุ์ *L. pimpinellifolium* ซึ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยเรียกกันว่า มะเขือเครือ ซึ่งผลมีขนาดเล็กนำมาใส่ส้มตำน่าจะเข้ามาก่อนพันธุ์อื่นๆ ต่อมาดร. บรรเจิด คติการ อาจารย์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พันธุ์มะเขือเทศจากประเทศสหรัฐอเมริกาคือพันธุ์ Porter หรือ สีดา เข้ามาปลูก แต่ในปัจจุบัน มะเขือเทศได้มีการพัฒนาทางด้านพันธุ์มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากมะเขือเทศที่ปลูกกันทุกวันนี้มีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกัน (เกียรติเกษตร, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้นและกิ่งก้าน หลังจากที่ลำต้นงอกโผล่พ้นดินแล้ว ระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโตลำต้นกลม อ่อนเปราะ แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตมากขึ้นก็แข็งแรงและเป็นเหลี่ยม ส่วนกิ่งก้านสาขาก็มีการแตกออกจากลำต้นเรื่อย ๆ และอาจมีขนาดเท่ากับลำต้นเดิมได้(เกียรติเกษตร, 2541)

ดอก ดอกมะเขือเทศเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเกสรเพศผู้ (stamen) รวมกันเป็นหลอด (tube) ครอบเกสรเพศเมีย (pistil) ดังนั้นการผสมพันธุ์จึงเป็นแบบผสมตัวเอง (self - pollination) ประมาณ 98 % การผสมพันธุ์ของมะเขือเทศต้องการอากาศเย็น โดยเฉพาะอุณหภูมิตอนกลางคืนไม่ควรสูงกว่า 21 องศาเซลเซียส (มณีฉัตร, 2538) ดอกมีขนาดเล็ก ประกอบด้วยกลีบดอกชั้นใน 5 กลีบ และกลีบเลี้ยง 5 กลีบ ลักษณะการเกิดจะเกิดตามข้อของลำต้นเป็นช่อ ๆ โดยที่ช่อดอกหนึ่ง ๆ มีจำนวนดอกประมาณ 4 – 5 ดอก แต่ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (เกียรติเกษตร, 2541) ดอกมีสีเหลืองรูปร่างคล้ายหอกเชื่อมติดกันที่โคน เมื่อดอกบาน กลีบเลี้ยงและกลีบดอกโค้งออก กลีบเลี้ยงตอนแรกสั้นกว่ากลีบดอก มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อผลแก่ มีเกสรเพศผู้ 5 อัน ประกอบด้วยอับเรณูใหญ่และก้านอับเรณูสั้น อยู่รอบเกสรเพศเมีย (ไฉน, 2542)

ผล ผลมะเขือเทศเป็นประเภท berry (มณีฉัตร, 2538) มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว รูปทรงของผลมีตั้งแต่กลมจนถึงกลมรี ขนาดของผลไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพันธุ์ สีของผลขึ้นอยู่กับเม็ดสี 2 ชนิดคือ ไลโคปีน (lycopene) ซึ่งทำให้เกิดสีแดง และแคโรทีน (carotene) ทำให้เกิดสีเหลืองแดง ส้ม และน้ำตาลอ่อน เมื่อผ่าดูผลพบว่าภายในผลแบ่งเป็นช่องว่าง (locule) ซึ่งมีตั้งแต่ 2 – 15 ช่อง (ไฉน, 2542) ส่วนที่ใช้เป็นอาหารได้แก่ pericarp, placental tissue และเมล็ด pericarp ประกอบด้วย epidermis 3 – 4 ชั้น ส่วนบนสุดเป็นชั้นของ cuticle ที่ค่อนข้างหนา ส่วนที่เหลือของ pericarp เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ผนังบาง placenta ประกอบด้วย parenchyma tissue เจริญรอบ ๆ ovule หลุดจากเมล็ดเมื่อผลเริ่มแก่ ปล่อยให้เมล็ดอยู่ใน gelatinous tissue (มณีฉัตร, 2538)

เมล็ด มีเมล็ดขนาดเล็กล้อมรอบด้วยวุ้น เมื่อเอาวุ้นออก ปล่อยให้เมล็ดแห้งเมล็ดจะมีสีเนื้อเข้มถึงสีน้ำตาลอ่อนรูปร่างกลมแบนปกคลุมด้วยขนสั้น ๆ ทั้งเมล็ด (ไฉน, 2542) ความยาวของเมล็ดมีตั้งแต่ 3 – 5 มิลลิเมตร และมีจำนวนเมล็ดในแต่ละผลขึ้นอยู่กับขนาดผล เมล็ดมีลักษณะคล้ายรูปไข่แบน (เกียรติเกษตร, 2541)

ราก เมล็ดที่เริ่มงอกปรากฏส่วนของรากเป็นเส้นเล็ก ๆ สีขาวโผล่ออกมาจากส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด หลังจากนั้นก็หยั่งแทงลึกลงไปในดิน และในขณะเดียวกันส่วนที่เป็นลำต้นใต้ใบเลี้ยงที่โค้งงอดันขึ้นมาบนดินเป็นลำต้นต่อไป รากของมะเขือเทศเป็นระบบรากแก้ว ที่มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและแข็งแรง ในบางกรณีหากรากแก้วถูกทำลาย มะเขือเทศก็สร้างรากแขนง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

และรากขนอ่อนขึ้นทดแทนเป็นจำนวนมาก (เกียรติเกษตร, 2541) รากแขนงสามารถเจริญไปตามแนวนอนได้ไกลถึง 60 เซนติเมตร และสามารถเจริญในแนวดิ่งได้ลึกประมาณ 100 – 120 เซนติเมตร (ไฉน, 2542) แต่อย่างไรก็ตามระบบรากของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงได้ตามวิธีการปลูก เช่นการปลูกโดยการย้ายกล้า รากแก้วถูกทำลายไป แต่หากปลูกโดยการหยอดเมล็ดในแปลงปลูกโดยตรง รากแก้วจะเจริญเติบโตได้ตามปกติ นอกจากนี้มะเขือเทศยังสามารถสร้างรากพิเศษบนลำต้นได้ ไม่ว่ารากเดิมถูกทำลายด้วยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม สามารถทำให้มะเขือเทศสร้างรากใหม่ขึ้นได้ โดยการพูนดินบริเวณโคนต้น รากก็เกิดและหยั่งลึกลงในดินได้อีก (เกียรติเกษตร, 2541)

พันธุ์มะเขือเทศ

ไฉน (2542) แบ่งพันธุ์มะเขือเทศออกเป็น 2 ประเภทคือ แบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้น และการเกิดช่อดอก และแบ่งตามการใช้ประโยชน์ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ

1. การแบ่งพันธุ์มะเขือเทศตามลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นและการเกิดช่อดอกแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.1 พันธุ์พุ่ม หรือพันธุ์ไม่ทอดยอด (determinate type) เป็นพันธุ์ซึ่งลำต้นมีลักษณะเป็นพุ่ม ช่อดอกเกิดได้ทุก 2 ข้อของลำต้น ส่วนยอดกลายเป็นช่อดอกแทน และมะเขือเทศพันธุ์นี้ส่วนมากออกดอกในเวลาใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเก็บเกี่ยวจึงทำได้สะดวก คือสามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน ตัวอย่างเช่น พันธุ์ไฟร์บอลล์ มาโกลบ โรมา แอล-15 และ แอล-22 เป็นต้น

1.2 พันธุ์เลื้อยหรือพันธุ์ทอดยอด (indeterminate type) เป็นพันธุ์ที่มีลำต้นเตี้ย ไม่มีดอกที่ปลายยอด ตามปกติทอดยอดออกไปเรื่อย ๆ นอกจากในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเท่านั้น ยอดชะงักการเจริญเติบโต ช่อดอกเกิดทุก ๆ 3 ข้อ การปลูกมะเขือเทศพันธุ์นี้ต้องใช้ทำค้างโดยใช้ไม้ปักหรือเชือกพลาสติกขึงเป็นค้างเพื่อช่วยให้ผลมีคุณภาพดีขึ้น ตัวอย่างพันธุ์เช่น พันธุ์สีดา ฟลอราเดล เป็นต้น

2. การแบ่งพันธุ์มะเขือเทศตามการใช้ประโยชน์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้คือ

2.1 พันธุ์บริโภคสด มะเขือเทศชนิดนี้มีทั้งแบบมีผลขนาดเล็กและมีผลขนาดใหญ่ นิยมสีชมพูมากกว่าสีแดง สำหรับผลขนาดใหญ่ ลักษณะผลกลมคล้ายแอปเปิ้ล ผลสีเขียว เมื่อสุกมีสีแดงจัดเนื้อหนา แข็ง เปลือกไม่เหนียวและผลไม่กลวง เช่น พันธุ์สีดา พันธุ์ฟลอราเดล พันธุ์ L-22 และพันธุ์คาลิปโซ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 พันธุ์อุตสาหกรรม ลักษณะมะเขือเทศพันธุ์อุตสาหกรรมคือ

1. เป็นมะเขือเทศพันธุ์เนื้อ มีรสเปรี้ยวจัด มีเปอร์เซนต์กรดสูง
2. เป็นพันธุ์ที่มีผลสุกพร้อม ๆ กันเกือบทั้งต้น ทำการเก็บเกี่ยวเพียง 2 – 3 ครั้ง
3. เป็นพันธุ์พุ่ม
4. ผลแน่นเปลือกเหนียว ไม่แตกช้ำขณะขนส่ง
5. ผลสุกมีสีแดงจัดทั้งผล
6. ขนาดและรูปร่างผลสม่ำเสมอ
7. กลีบรองดอกที่ติดผลแยกหลุดจากผลได้ง่ายขณะเก็บเกี่ยว
8. มีความทนทานต่อโรคและแมลงได้ดี

ผลผลิตต่อไร่สูงเช่นพันธุ์ โรมา, VF134 – 1 – 2

สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

มะเขือเทศถึงแม้ว่าจะมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน แต่พันธุ์ปลูกส่วนใหญ่ได้รับการปรับปรุงขึ้นในเขตหนาว ดังนั้นจึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโต การออกดอกและการติดผลในสภาพอากาศร้อนเป็นอย่างมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการติดผลของมะเขือเทศคืออุณหภูมิกลางวัน 21 – 24 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 15 – 20 องศาเซลเซียส (นิพนธ์, 2526) การปลูกมะเขือเทศในเขตร้อนในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง เป็นตัวการสำคัญในการจำกัดผลผลิตของมะเขือเทศ (วัชระ, 2533) ไฉน(2542) กล่าวว่าถ้าความชื้นและอุณหภูมิต่ำมาก ผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศลดลงเช่นกัน แต่ถ้าอุณหภูมิกลางคืน 13 – 18 องศาเซลเซียสความชื้น 60 – 70 % ทำให้มะเขือเทศสร้างสารไลโคปีน (lycopene) ได้มาก ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดเม็ดสีแดง ทำให้ผลมะเขือเทศมีสีแดงจัด ซึ่งตรงกับความต้องการที่นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ นอกจากนี้ยังมีสารเพคติน (pectin) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศมีความหนืด มีผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี วัชระ(2526)ได้กล่าวถึงผลของอุหภูมิที่มีต่อการสังเคราะห์รงควัตถุสีแดงและคุณภาพผล คือโดยทั่วไป สีของผลมะเขือเทศขึ้นอยู่กับรงควัตถุ 3 ชนิดคือ คลอโรฟิลล์ (สีเขียว) เบต้า แคโรทีน (สีเหลือง) และ ไลโคปีน (สีแดง) อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส การสลายตัวของคลอโรฟิลล์มีน้อยมาก ดังนั้นจึงทำให้มะเขือเทศมีสีเขียวอยู่ ส่วนการสังเคราะห์เบต้าแคโรทีน อุณหภูมิมีผลน้อยมาก โดยทั่ว ๆ ไปแล้วผลมะเขือเทศที่แก่ สามารถสังเคราะห์ไลโคปีนขึ้นมาได้ถ้าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10 – 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์สารนี้คือ 24 – 27 องศาเซลเซียส การสังเคราะห์จะถูกยับยั้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ผลที่สุกภายใต้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมทำให้คุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสีต่ำ ทำให้ผลมีสีส้มเนื่องมาจากอัตราส่วนระหว่างไลโคปีนต่อเบต้า แคโรทีนต่ำกว่าปกติ ถ้ามียีนกลายพันธุ์บางตัวร่วมอยู่ด้วย เช่น พันธุ์ Trimson เป็นพันธุ์ที่มียีน og^c อยู่ ทำให้อัตราส่วนของไลโคปีนต่อแบต้าแคโรทีนสูงขึ้นเป็น 49 ต่อ 1 จึงทำให้มะเขือเทศมีสีแดงเข้ม (วัชระ, 2533) และยีน hp เป็นตัวทำให้สีเข้มขึ้น ยีน og^c ช่วยเพิ่มไลโคปีน แต่ทำให้เบต้า แคโรทีนลดลง ทำให้วิตามินเอ ลดลง แต่ยีน hp ช่วยเพิ่มสารแคโรทีนอยด์ แต่ยีน hp ก็มีผลข้างเคียงที่ไม่ต้องการ เช่น ทำให้การงอกและเจริญเติบโตช้า ใบร่วงเร็วกว่าปกติ ทำให้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ (สมภพ, 2530) ดนัย (2534) ยังกล่าวอีกว่าการสังเคราะห์ไลโคปีนในมะเขือเทศสุก หยุดชะงักหากได้รับแสง far red แต่ถูกกระตุ้นให้เกิดโดยแสงสีแดง อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไลโคปีนคือ 25 องศาเซลเซียส ผลของอุณหภูมิต่อการสร้างสารแคโรทีนอยด์ค่อนข้างซับซ้อน เพราะตามปกติวิถีการสังเคราะห์ แคโรทีนอยด์เกิดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในกรณีของมะเขือเทศเอทิลีนและสารประกอบที่ให้ เอทิลีนเช่น เอทีฟอน สามารถเร่งการเกิดแคโรทีนอยด์ได้

ปัจจัยที่มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีของมะเขือเทศ

ดนัย (2534) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีของผักและผลไม้คือ

1. พันธุกรรม ผักและผลไม้ที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน มีปริมาณของส่วนประกอบทางเคมีต่างกัน ด้วยการเลือกใช้ต้นตอ (rootstock) ก็มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีเช่นกัน
2. สภาพแวดล้อมก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น สภาพดิน ความชื้นในดิน ในอากาศ ธาตุอาหาร การตัดแต่งกิ่ง และแสง มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีของผล
3. ระยะที่เก็บเกี่ยว ระยะการเจริญของผลผลิตในช่วงที่เก็บเกี่ยว
4. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เช่น วิธีการจัดการ อุณหภูมิ และความชื้นเป็นต้น

นอกจากนั้นส่วนประกอบทางเคมียังมีผลต่อคุณภาพของผลิตผล (ตาราง 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

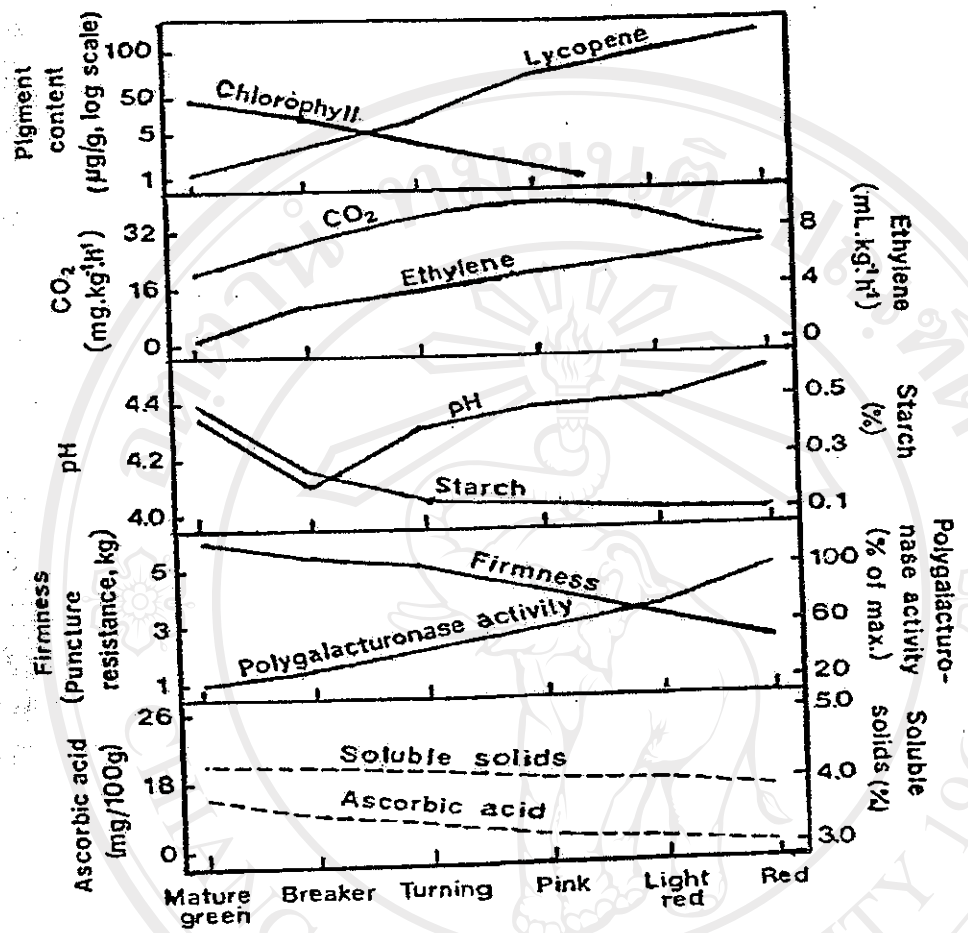
ตาราง 1 องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตผล

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)	มีความสำคัญต่อ			
		โครงสร้าง	รส	คุณค่าทางอาหาร	ลักษณะปรากฏ
น้ำ	75-95	มี	มี	มี	มี
คาร์โบไฮเดรต	2-20	มี	มี	มี	ไม่มี
โปรตีน	1-8	มี	ไม่แน่นอน	มี	ไม่มี
ไขมัน	<1	มี	มี	มี	ไม่มี
กรดอินทรีย์	<1	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
กรดอะมิโน	น้อยมาก	ไม่มี	มี	มี	ไม่มี
รงควัตถุ	น้อย	ไม่มี	ไม่แน่นอน	มี	มี
วิตามิน	น้อย	ไม่มี	ไม่แน่นอน	มี	ไม่มี
เกลือแร่	น้อย	ไม่มี	ไม่แน่นอน	มี	ไม่มี
สารระเหย	Ohvp,kd	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีระหว่างการสุกของผลมะเขือเทศ

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาด น้ำหนัก และความแน่นเนื้อผันแปรไปตามชนิดของผักและผลไม้แต่ละชนิด ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือทางสรีรวิทยาเป็นผลของขบวนการเมตาบอลิซึมภายใน ผักและผลไม้ในระยะการเจริญเติบโต เมตาบอลิซึมภายในเซลล์จะเป็นการสังเคราะห์มากกว่าการสลายเซลล์ มะเขือเทศเป็นผักจำพวก climacteric มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่งเมื่อเริ่มสุก เนื่องจากในขบวนการสุกมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นมากมาย ต้องใช้พลังงานมากขึ้น ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทางกายภาพ และทางสรีรวิทยาระหว่างการสุกของมะเขือเทศ (รูป 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีระหว่างการสุกของผลมะเขือเทศ

ความสำคัญทางคุณค่าอาหาร

ไฉน (2542) กล่าวว่า มะเขือเทศเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับร่างกายของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น วิตามิน เอ และวิตามิน ซี USDA Nutrient Database for Standard Reference(USDA, 2004: Online) กล่าวถึงคุณค่าทางอาหารของมะเขือเทศในน้ำหนัก 100 กรัมดังนี้ (ตาราง 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2 คุณค่าทางอาหารของมะเขือเทศในน้ำหนัก 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ปริมาณ
น้ำ	g	93.76
พลังงาน	kcal	21.00
โปรตีน	g	0.85
ไขมัน (รวม)	g	0.33
คาร์โบไฮเดรต	g	4.64
ใยอาหาร	g	1.10
แคลเซียม	mg	5.00
เหล็ก	mg	0.45
แมกนีเซียม	mg	11.00
ฟอสฟอรัส	mg	24.00
โพแทสเซียม	mg	222.00
โซดียม	mg	9.00
สังกะสี	mg	0.09
ทองแดง	mg	0.074
แมงกานีส	mg	0.105
ซีลีเนียม	mcg	0.40
วิตามิน C	mg	19.10
วิตามิน B-1 (thiamin)	mg	0.059
วิตามิน B-2 (riboflavin)	mg	0.048
วิตามิน B-3 (niacin)	mg	0.628
วิตามินB-5 (pantothenic acid)	mg	0.247
วิตามินB-6 (pyridoxine)	mg	0.08
โฟเลต	mcg	15.00
วิตามินB-12	mcg	0
วิตามิน A	I.U	623.00
วิตามิน A	mcg RE	62.00
วิตามิน E	mcg ATE	0.38

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดไขมัน saturated	g	0.045
กรดไขมัน monounsaturated	g	0.05
กรดไขมัน polyunsaturated	g	0.135
กรดไลโนเลอิก (18:2)	g	0.13
กรดอัลฟ่าไลโนเลนิก (18:3)	g	0.005
คลอเลสเตอรอล	mg	0

สารต้านอนุมูลอิสระหรือแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant)

นวลศรีและอัญชนา (2545) รายงานว่าแอนติออกซิแดนท์เป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ หรือกล่าวได้ว่าสารแอนติออกซิแดนท์ช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่มีผลทำลายเซลล์ โดยทำหน้าที่เสียสละอิเลคตรอนให้แก่อนุมูลอิสระ และขับไล่อนุมูลอิสระ จับตัวกับโลหะที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หน้าที่ของสารแอนติออกซิแดนท์คือ

1. สารแอนติออกซิแดนท์ช่วยไม่ให้อนุมูลอิสระก่อตัวขึ้น โดยแอนติออกซิแดนท์จะนำออกซิเจนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไปไว้ในที่ที่ควรอยู่ และนอกจากนั้นแอนติออกซิแดนท์ยังยับยั้งพวกโลหะ เช่น เหล็กซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้อนุมูลอิสระไม่สามารถทำความเดือดร้อนกับร่างกาย
2. สารแอนติออกซิแดนท์หยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ โดยทำให้อนุมูลอิสระคงตัวและเป็นการหยุดการก่อนตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ
3. สารแอนติออกซิแดนท์ช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย
4. สารแอนติออกซิแดนท์ช่วยกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลายเพราะสารเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อร่างกาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ เป็นสารที่มีสีที่ปรากฏอยู่ในผักและผลไม้ เช่น แครอท มะเขือเทศ ผักโขม ส้มและท้อ (Stahl and Sies, 1999) เป็นสารสำคัญที่พบในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ของพืช (นวลศรีและอัญชนา, 2545) แคโรทีนอยด์จะถูกสะสมให้อยู่ในรูป secondary metabolite ในโครโมพลาสต์ (Ronen *et al.*, 2000) มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง โดยทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยคลอโรฟิลล์ในการดักรับพลังงานแสง ในผักใบเขียว พบว่ามีแคโรทีนอยด์ด้วย ในผักหรือผลไม้ที่ยังไม่สุกก็พบแคโรทีนอยด์ด้วย แต่น้อยกว่าผักหรือผลไม้ที่สุกแล้ว เช่น มะเขือเทศสุกจะมีแคโรทีนอยด์มากกว่าในมะเขือเทศที่ยังดิบ (นวลศรีและอัญชนา, 2545) รงควัตุแคโรทีนอยด์เป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการสังเคราห์แสงของพืชมีหน้าที่สำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่มีมากในธรรมชาติ มีองค์ประกอบที่แตกต่างกันกว่า 600 ชนิด โครงสร้างพื้นฐานของแคโรทีอยด์ประกอบด้วย โครงสร้างของ tetraterpene อาจมีวงแหวนที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลายของโมเลกุล แคโรทีนอยด์จะประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนอะตอมเท่านั้น ตัวอย่างของแคโรทีนอยด์ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมม่าแคโรทีน และไลโคปีน (Stahl and Sies, 1999)

สุนิยา (2543) รายงานว่าแคโรทีนอยด์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่เป็นไฮโดรคาร์บอน คือแคโรทีนซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์กลุ่มที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีนซึ่งเป็นไดอีน (diene) มาเรียงต่อกัน 8 หน่วย จึงมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 40 อะตอม มีสูตรเป็น $C_{40}H_{56}$ เช่น ไลโคปีน แกมม่าแคโรทีน แอลฟ่าและเบต้าแคโรทีน
2. กลุ่มที่มีออกซิเจนในโมเลกุล เป็นกลุ่มของอนุพันธ์ไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล เมธอกซิล คาร์บอกซิล คีโตนหรืออีพอกซี รวมเรียกว่า แซนโธฟิลล์ (xanthophylls) แคโรทีนอยด์กลุ่มนี้พบในพืชและมักอยู่ร่วมกับแคโรทีน ตัวอย่างของแซนโธฟิลล์ เช่น ครริพโตแซนธิน นอกจากนี้แซนโธฟิลล์อาจอยู่ในรูปอนุพันธ์เอสเทอร์กับกรดไขมันได้ สารกลุ่มนี้จะเป็นรงควัตถุหลักในข้าวโพด พริกแดง มะละกอสุกและส้ม

และยังกล่าวอีกว่าปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ในพืชคือ ออกซิเจนและอุณหภูมิ เช่น การสังเคราะห์ไลโคปีนในมะเขือเทศจะเกิดการยับยั้งเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 30 องศาเซลเซียส ดังนั้น อัตราส่วนของแคโรทีนอยด์แต่ละชนิดมีผลต่อสีของผลไม้ เช่นเมื่อมะเขือเทศสุกจะมีการสังเคราะห์ไลโคปีนเพิ่มมากขึ้น ทำให้มะเขือเทศมีสีแดงขึ้นด้วย

สมภพ (2530) กล่าวว่า แคโรทีนอยด์เป็นตัวสำคัญในการกำหนดสีของมะเขือเทศ และเป็นแหล่งวิตามินเอ เช่น เบต้า แคโรทีน 1 โมเลกุลจะให้วิตามินเอ 2 โมเลกุล แต่สารไลโคปีนซึ่งให้สี

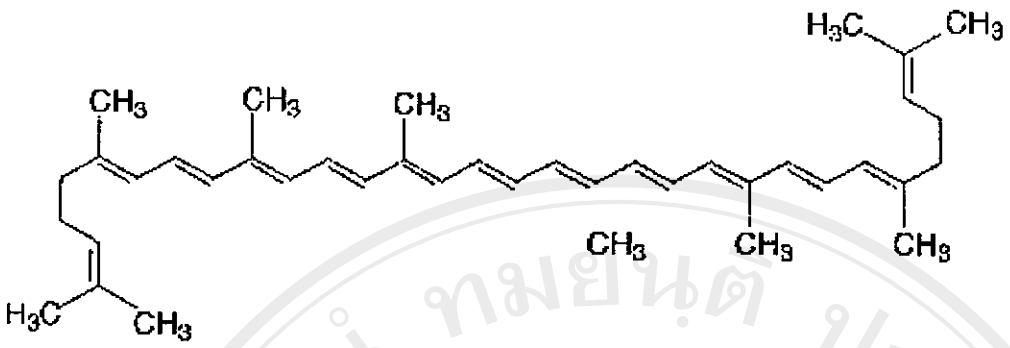
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แดงแต่ไม่ให้วิตามินเอ ลักษณะของยีนข่ม เบต้า เป็นตัวกำหนดการสร้างสารเบต้าแคโรทีน และทำให้ไลโคปีนลดลง ทำให้มะเขือเทศมีสีส้มและมีไวตามินเอสูง 8 – 10 เท่าของพวกมะเขือเทศสีแดง ในขณะที่ยีนแฝง hp และ og^c ช่วยเพิ่มไลโคปีนทำให้วิตามินเอลดลง อย่างไรก็ตาม มะเขือเทศสีแดงสดยังเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคมากกว่ามะเขือเทศสีส้ม จากการศึกษาของ Abushita *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาหาวิตามินอี กรดแอสคอบิก และเบต้าแคโรทีนในมะเขือเทศพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC) ส่วนของแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้ มีองค์ประกอบ 14 ชนิด รวมทั้งไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และลูทีนเป็นหลัก Vega (1996) ทำการทดลองหาปริมาณแคโรทีนอยด์ในเนื้อแครอท โดยใช้เครื่อง HPLC และ เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) พบว่าเบต้าแคโรทีนสกัดได้มากที่สุด 99.5 % โดยใช้เอธานอล 10 % ความเข้มข้นของเอธานอลและ อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยเพิ่มปริมาณเบต้าแคโรทีนในการสกัด และการทดลองของ Lin and Chan (2003) ได้ทดลองใช้ HPLC วัดแคโรทีนอยด์ในน้ำมะเขือเทศ สามารถจำแนกแคโรทีนอยด์ได้ 10 ชนิด มีทั้ง all- trans -lutene, all –trans-betacarotene, all –trans-lycopene และอีก 13 cis isomer และการใช้ เอธานอล-เฮกเซน ในอัตราส่วน 4:3 โดยปริมาตร สกัดแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศได้ดีที่สุด และไลโคปีนเป็นส่วนที่พบมากที่สุดตามด้วยเบต้า แคโรทีนและลูทีน

ไลโคปีน (Lycopene)

ไลโคปีนเป็นแคโรทีนอยด์ที่มีฤทธิ์เป็นแอนติออกซิแดนท์ และทำให้เกิดสีแดงในผลไม้และผัก มะเขือเทศเป็นแหล่งของไลโคปีนที่เป็นอาหารหลักของชาวอเมริกาเหนือ (Davis *et al.*, 2003) Gartner *et al.* (1997) ได้เปรียบเทียบปริมาณของไลโคปีนที่ใช้ได้ จากมะเขือเทศสดและมะเขือเทศแปรรูป ไลโคปีน 23 มิลลิกรัมรับประทานพร้อมน้ำมันข้าวโพด 15 กรัม พบว่า isomer ของไลโคปีนทั้งในมะเขือเทศสดและมะเขือเทศที่ผ่านการแปรรูปมีโครงสร้างไม่แตกต่างกัน แต่ประสิทธิภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์นั้น ไลโคปีนที่ผ่านการแปรรูปแล้วจะดีกว่ามะเขือเทศสด นิสา (2546) กล่าวว่า ไลโคปีนเป็นกลุ่มรงควัตถุที่พบในพืช ให้สีเหลือง ส้ม ส้มแดงและสีแดง มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ ไลโคปีนเป็นรงควัตถุสีแดงที่พบมากในมะเขือเทศ เป็นแคโรทีนอยด์กลุ่มที่เป็นไฮโดรคาร์บอน จัดอยู่จำพวกสารประกอบเตตระเทอร์ปีน ซึ่งประกอบไปด้วย isoprene จำนวน 8 หน่วย เรียงต่อกัน (รูป 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
(copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

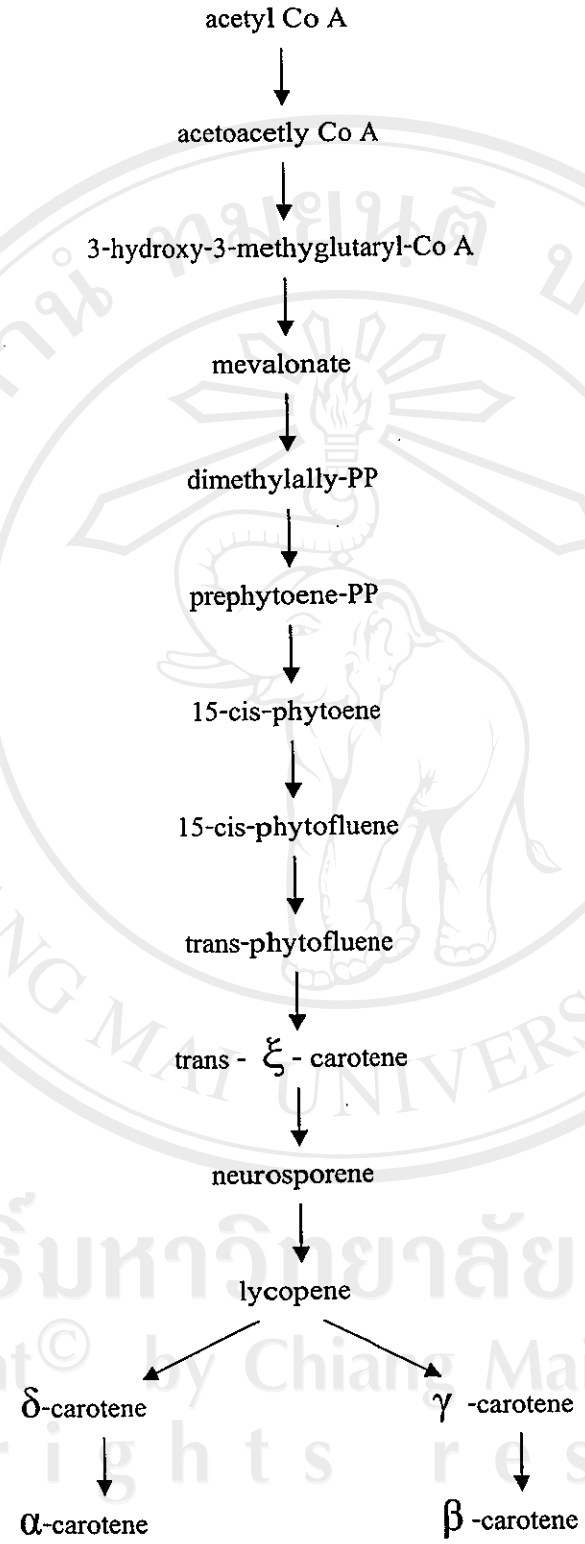


รูป 2 โครงสร้างของไลโคปีน

ไลโคปีนมีมวลโมเลกุล 536.89 มีมวลจริง 536 สูตรโมเลกุล $C_{40}H_{56}$ ผลึกมีลักษณะเป็น long deep red needles transform มีจุดหลอมเหลว 172 – 173 องศาเซลเซียส มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 446, 472 และ 505 นาโนเมตร (นิสา, 2546) จากโครงสร้างพบว่าไลโคปีนปกติมีลักษณะ trans ทุกพันธะคู่ (all-trans) พันธะคู่อาจอยู่ในรูป cis หรือ trans ก็ได้ แต่แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูป all-trans อาจพบ cis บ้างเป็น mono-cis หรือ di-cis แต่น้อยมาก แคโรทีนอยด์ที่มีโครงสร้างอยู่ในรูป all-trans มีสีเข้ม ถ้ามีพันธะคู่ที่อยู่ในรูป cis เพิ่มมากขึ้นสีจางลง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนจาก trans เป็น cis คือ แสง ความร้อนและกรด แคโรทีนอยด์ยังสลายตัวได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อเกิดการออกซิเดชั่น (สุนิษา, 2543) ดังนั้นการดูดซึมของไลโคปีนเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้นเมื่อมะเขือเทศถูกทำให้สุกในไขมันหรือน้ำมันเล็กน้อย ไลโคปีนถูกปล่อยออกมาจากมะเขือเทศในขณะที่ทำให้สุกโดยไลโคปีนเข้ามาผสมและละลายอยู่ในน้ำมันและช่วยในการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (นวลศรีและอัญชนา, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นิสา (2546) ได้แสดงการสังเคราะห์ไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ในพืช (รูป 3) ดังนี้



รูป 3 การสังเคราะห์ไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ในพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีของมะเขือเทศกับปริมาณไลโคปีน

รงควัตถุในมะเขือเทศมีความสัมพันธ์กับสีของมะเขือเทศ มีงานทดลองมากมายรายงานว่าสีของมะเขือเทศมีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคปีนโดย Watada *et al* .(1976) พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ โดยวัดจากเครื่อง spectrophotometer ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510, 600 และ 690 นาโนเมตร โดยช่วงที่ใช้ในการวัดคือช่วง 390 – 880 นาโนเมตร อัตราความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีที่สะท้อนกับรังสีที่ตกบนพื้นผิวที่วัดได้จากเครื่อง Hunter color meter และ L* a* b* X Y Z มีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคปีน ไลโคปีนถูกตรวจพบได้ที่ความยาวคลื่น 502 นาโนเมตร

ต่อมา D' Souza *et al.* (1992) ได้วัดค่า chromaticity (L, a, b) ของมะเขือเทศพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยเครื่อง Minolta CR-200b tristimulus colorimeter พบว่า ความเข้มข้นของไลโคปีนที่สกัดโดยอะซิโตนจากผิวหรือ pericarp วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร ค่า L หรือค่า a มีความสัมพันธ์กับปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศทุกพันธุ์ และความสัมพันธ์นี้สามารถทำให้ใช้เครื่อง chromaticity ที่เคลื่อนย้ายได้ วัดค่าความเข้มข้นของไลโคปีนเพื่อความรวดเร็วและตัวอย่างไม่เสียหายในห้องปฏิบัติการและที่ที่ทำการศึกษา

Motonaga (1997) รายงานความสัมพันธ์ของการพัฒนาของสีผลมะเขือเทศระหว่างการสุกและการผลิตรงควัตถุ โดยวัดการเปลี่ยนของสีผิวในจุดใดจุดหนึ่งบริเวณชั้น pericarp วัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์และไลโคปีน โดยวัดค่าสมมุติคงตัวของปริมาณแคโรทีน ผลการทดลองพบว่าค่าที่คำนวณได้แสดงแนวโน้มที่คล้ายกันกับสารที่สกัดได้ ค่า hue เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การผลิตรงควัตุ

Ronen *et al.*(1999) รายงานว่า สีแดงในผลของมะเขือเทศเกิดจากแคโรทีนอยด์ ความเข้มข้นของไลโคปีนจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในระหว่างการสุกของมะเขือเทศ มียีนเด่น Del ในมะเขือเทศที่กลายพันธุ์เปลี่ยนสีผลมะเขือเทศให้เป็นสีส้ม ซึ่งเป็นผลให้เกิดการสะสมของเดลต้าแคโรทีนที่มะเขือเทศพันธุ์ Del สลายไปจากไลโคปีน และงานทดลองของ Thomson *et al.* (2000) ใช้ HPLC วัดปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศที่มียีน Crimson (og) พบว่า มีระดับไลโคปีน 5,086 – 5,786 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม สูงกว่าพันธุ์อื่นที่ไม่มียีนนี้ถึง 2,622 – 4,318 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม การเปรียบเทียบค่าสีที่อ่านได้จากผลมะเขือเทศส่วนกลางของผล กับเนื้อที่ปั่นได้จากบริเวณเดียวกัน พบว่า ค่า hue ของมะเขือเทศที่ปั่นเป็นตัวชี้ปริมาณไลโคปีนที่ดีกว่าที่ผิวมะเขือเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Johjima and Matsuzoe (1995) รายงานว่า ค่าสีปริมาณแคโรทีนในมะเขือเทศ 33 พันธุ์ มะเขือเทศที่มีผลสีส้มแดง ชมพูเข้ม ส้ม และส้มเหลืองรวมทั้งจีโนไทป์เป็น R-T-, R-tt และ rrtt พบว่า มะเขือเทศที่มีผลสีแดงส้มและชมพูเข้มรวมทั้งพันธุ์ที่มียีน R-T- และมะเขือเทศพันธุ์ลูกผสม สีของผลมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณไลโคปีนและสีของแคโรทีน ค่าสมการสหสัมพันธ์ (regression equation) ของปริมาณไลโคปีนและสีของแคโรทีน คล้ายกันในพันธุ์ที่มีผลสีส้ม (R-tt) และสีเหลืองส้ม (rrtt) ค่าสีของผลมีความสัมพันธ์มากกับปริมาณไลโคปีน ซึ่งมีทั้ง cis และ trans และสมการสหสัมพันธ์ก็คล้ายกับมะเขือเทศชนิดสีส้มแดงและสีชมพูเข้มและสายพันธุ์ผสม

รายงานของ do Rego (1999) ได้ผสมมะเขือเทศสีเหลืองพันธุ์ Santaclara ซึ่งเป็นมะเขือเทศกลายพันธุ์ ผสมข้ามกับพันธุ์ป่าที่มีผลสีแดง หลังจากนั้นให้ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ผสมตัวเอง หรือผสมกลับกับพ่อแม่พันธุ์ พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 มีสีแดงเข้มและสีส้มเสมอเมื่อสุก มะเขือเทศลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) แสดงอัตราส่วนของสีผล 3 : 1 โดยมีสีแดง 3 ต่อสีเหลือง 1 และได้นำไปผสมกลับกับพันธุ์ป่าสีแดง ได้สีแดงทั้งหมด แต่ถ้าผสมกลับกับมะเขือเทศสีเหลืองได้อัตราส่วนระหว่างสีแดงต่อสีเหลืองในอัตราส่วน 1 : 1 มะเขือเทศผลสีเหลืองขนาดผลควบคุมโดยยีนด้อย จากการทดลองผสมกลับระหว่างพ่อแม่ (reciprocal cross) พบว่าสีผลไม่ได้ควบคุมโดยยีนของแม่ และปริมาณไลโคปีนลดลงถึง 99.3 % เบต้าแคโรทีนลดลง 77% ในผลสุกสีเหลืองเมื่อเทียบกับพันธุ์ที่มีผลสีแดง คลอโรฟิลล์ในใบและดอก และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากยีนกลายพันธุ์สีเหลือง

Cox *et al.* (2003) ที่ได้ทำการทดลองไว้คือ สีของผลมะเขือเทศเป็นดัชนีในการวัดปริมาณไลโคปีนได้ โดยมะเขือเทศพันธุ์มีผลสีเหลืองให้ไลโคปีนน้อยกว่าพันธุ์ที่มีผลสีแดง และ 2 ใน 3 พันธุ์ของมะเขือเทศที่มีผลสีแดงมีไลโคปีนมากกว่าพันธุ์ที่มีผลสีส้ม

Hong *et al.* (2003) ได้ศึกษาถึงตัวชี้ที่เหมาะสมในการแสดงถึงคุณภาพการส่งออกของมะเขือเทศ 3 พันธุ์คือ Momotarrow York, Trust และ Calibra โดยเก็บเกี่ยวที่ระยะต่าง ๆ กันคือ เขียวเปลี่ยนสี สีชมพู สีแดงอ่อน และสีแดง สรุปได้ว่า ค่า a/b เป็นดัชนีที่ตัดสินถึงความสุกแก่ของมะเขือเทศได้ และสีก็ยังเป็นดัชนีที่ใช้วัดคุณภาพมะเขือเทศระหว่างการสุกได้

Zhuchenko *et al.* (1974) ได้ใช้เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงและ column chromatograph วัดปริมาณแคโรทีนและไลโคปีนในมะเขือเทศที่มีสีแตกต่างกัน พบว่า มะเขือเทศที่มีผลสีส้มและสีอมชมพูคือพันธุ์ minor วิธีการวัดทั้ง 2 กรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ในมะเขือเทศที่มีผลสีแดงให้ปริมาณไลโคปีนสูง วิธีการวัดทั้ง 2 กรรมวิธีให้ผลแตกต่างถึง 50 – 60 % และ ในมะเขือเทศผลสีส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาปริมาณไลโคปีน

วิธีที่นิยมใช้ในการหาปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศมีหลายวิธีด้วยกัน คือ HPLC, supercritical carbondioxide extraction และ UV – visible spectrophotometer

วิธี UV – visible spectrophotometer เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์สาร อาศัยหลักการ absorb ของคลื่นแสง (quantized energy)ที่ต่างกันของสารละลายที่มีสีในช่วงความยาวคลื่น 380 – 750 นาโนเมตร (สุนิษา, 2543) จากกฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law) กล่าวไว้ว่า "แม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านเนื้อสารที่มีความหนาแน่นเท่ากันจะดูดกลืนแสงได้เท่ากัน หรืออาจจะกล่าวได้ว่า อัตราการลดลงของความเข้มของแสงจะแปรผันตามความหนาของเนื้อสาร" นอกจากนี้เบียร์ (Beer's law) ยังกล่าวไว้ว่า เมื่อคลื่นแสงเดินทางผ่านที่ที่มีการดูดกลืนแสง ปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารนั้น (นิสา, 2546)

ความเข้มของสีของสารละลายขึ้นอยู่กับ degree ของการ absorb แสง แล้วแต่ว่าจะเป็นคลื่นแสงช่วงใด เช่นถ้าเป็นคลื่นแสงของ UV และ visible ทำให้เกิด eletronic transition ภายในโมเลกุล ซึ่งทำให้สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงนั้นออกมาได้ในช่วง UV-visible regions นิยมใช้กับสารอินทรีย์หรือสารพวก transition metal ion สำหรับ ion ที่ไม่มีสี อาจ form complex กับ color developing reagent แล้ววัด absorbance ในช่วงคลื่น visible ได้ (สุนิษา, 2543)

Wang *et al.* (2001) ได้ทดลองหาวิธีการในการสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศ เพื่อที่จะทำการผลิตเป็นการค้า และศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของไลโคปีนด้วย ไลโคปีนดูดกลืนแสงที่ 462 นาโนเมตร ภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียสในสภาวะที่เป็นกรด ไลโคปีนอยู่ในสภาพคงที่ และพบว่าคลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายที่ให้ผลในการสกัดที่ดีที่สุดในการเปรียบเทียบตัวทำละลายทั้งหมด 4 ชนิด คือ ปิโตรเลียมอีเธอร์, กรดอะซิติก+เอธานอล, อะซิติกอีเทอร์ และอะซิโตน+ไดเอทิลอีเทอร์ ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดก็คือที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส pH 5 และอัตราส่วนระหว่างมะเขือเทศบดต่อสารละลายเป็น 1 : 1 อุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่างก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการสกัด ส่วนปริมาณการใช้ตัวทำละลายที่ใช้สกัดไม่มีผลต่อการสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Tawfik (2001) ได้กล่าวถึงการหาปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศด้วยวิธี HPLC ทำการเปรียบเทียบ 3 พันธุ์คือ Cherry, Roma และ On the Vine พบว่า มีความเข้มข้นของไลโคปีนแตกต่างกันคือ พันธุ์ Cherry มีปริมาณไลโคปีนสูงสุดสำหรับมะเขือเทศสด พันธุ์ Roma มีไลโคปีนสูงสุดสำหรับมะเขือเทศแห้ง พันธุ์ On the Vine มีปริมาณไลโคปีนต่ำสุดในทั้ง 2 รูปแบบ ส่วนการวัดปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศ 4 รูปแบบคือ มะเขือเทศบด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มะเขือเทศปั่น น้ำมะเขือเทศ และซอสมะเขือเทศ พบว่า มะเขือเทศบดมีปริมาณไลโคปีนสูงสุด และน้ำมะเขือเทศมีไลโคปีนต่ำส่วนซอสมะเขือเทศมีไลโคปีนต่ำสุดสำหรับมะเขือเทศแห้ง

Riso and Porrini (1997) ใช้ HPLC ในการศึกษาหาปริมาณลูทีน ซีแซนทีน เบต้าคริปโทแซนทีน แอลฟ่าแคโรทีน เบต้าแคโรทีนและไลโคปีน ในผักและผลไม้หลายชนิด และใน plasma ของมนุษย์ โดยแคโรทีนอยด์ถูกแยกออกมาภายใน 15 นาที ใน HPLC ได้ไลโคปีน 0.1 – 0.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Le Maguer (1996) ทดลองใช้ HPLC และเครื่องมือวัดการดูดกลืนสีวัดปริมาณไลโคปีนในส่วนต่าง ๆ ของมะเขือเทศคือ ผิว, ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ, ส่วนที่ละลายน้ำ, ส่วนของเส้นใย และส่วนที่ละลายน้ำ พบว่า 72 – 92 % อยู่ในส่วนที่ไม่ละลายน้ำและผิวผล ส่วนของเนื้อที่มีเส้นใยสูงมีไลโคปีนสูงสุด คือ 42.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม มากกว่าส่วนที่ละลายน้ำคือมีไลโคปีน 4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมจากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าทั้งการใช้ HPLC หรือเครื่องมือวัดการดูดกลืนสีวัดปริมาณไลโคปีนและแคโรทีนอยด์ได้

Waseem and Agarwal (1998) รายงานว่าได้พัฒนาการใช้เครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วและไม่ซับซ้อน ใช้สำหรับวิเคราะห์ไลโคปีน โดยเปรียบเทียบกับวิธี HPLC โดยได้ทดลองวัดพบว่าปริมาณไลโคปีนที่บริโภคประจำวันในผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศวัดได้อยู่ในช่วง 42 – 365 ppm.

งานทดลองของ Lee (2000) ทดลองในมะเขือเทศพันธุ์ Laura แบ่งระยะการสุกแก่ออกเป็น7 กลุ่มโดยใช้ประสาทสัมผัสของคน สีของผิวผลได้วัดด้วยเครื่องมือวัดสี Monolta Chromameter วัดค่า L*, a*, b* , ค่า hue , ค่า chroma พบว่า เมื่อวัดปริมาณไลโคปีนที่ความสุกระยะต่าง ๆ ค่า a*/b* และไลโคปีนเป็นตัววัดที่ทำให้สามารถแยกมะเขือเทศที่อยู่ในกลุ่ม 6 และ 7 ออกจากกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวัดด้วย HPLC พบว่ามีความสัมพันธ์กันกับการใช้เครื่องมือวัดสี นอกจากการทดลองวัดปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศ อาจทำได้โดยการใช้เครื่อง chromameter ที่เคลื่อนย้ายได้ และใช้ในแปลงทดลองได้

Davis *et al.* (2003) รายงานว่าไลโคปีนเป็นแคโรทีนอยด์สีแดงเป็นแอนติออกซิแดนท์ที่มีผลดีต่อสุขภาพ วิธีการวัดปริมาณไลโคปีนเป็นวิธีที่ใช้เวลาและต้องใช้ตัวทำละลาย มีวิธีที่รวดเร็วและใช้การดูดกลืนแสงเพื่อวัดปริมาณไลโคปีนในแตงโม และไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย โดยใช้ spectrophotometer พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับวิธีการใช้เฮกเซน วิธีนี้ให้ผลที่แม่นยำและมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2 = 0.98) ต่อปริมาณของไลโคปีน และเป็นอิสระกับความเข้มข้นของไลโคปีน (24 – 88 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อสดของแตงโม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved