เครื่องหมายโมเลกุลที่เชื่อมโยงกับปริมาณเบต้าแคโรทีน และไลโคปีนเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ

Molecular markers linked to beta-carotene and lycopene content for tomato breeding

นางสาวรัชนี ศิริยาน[๑/] นางสาวศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล[๒/]
นางจิรภา ออสติน[๑/] นางสาวเสาวนี เขตสกุล[๑/]
ว่าที่ร้อยตรีอรรถพล รุกขพันธ์[๑/]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้มีการใช้เบต้าแคโรทีน และไลโคปีนกันอย่างแพร่หลาย ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สุขภาพและอาหารเสริม สารทั้งสองชนิดนี้มีประโยชน์โดยป้องกันการเกิดโรคหลายๆโรคในมนุษย์ เบต้าแคโรทีน และไลโคปีน พบในผลไม้และผักหลายชนิดเป็นเม็ดสีที่พบมากในมะเขือเทศสุก การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน และไลโคปีนสูง เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ โดยเก็บรวบรวมมะเขือเทศจากแหล่งปลูกต่างๆในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นำมาปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดีทางการเกษตรจำนวน ๒๔๓ ตัวอย่าง มะเขือเทศทั้งหมดถูกนำมาประเมินปริมาณเบต้าแคโรทีน และไลโคปีนโดยวิธีวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ โดยเก็บผลมะเขือเทศสุกหั่นและปั่นให้ละเอียด แล้วเติมสารสำหรับสกัดเบต้าแคโรทีน และไลโคปีน การสกัดเบต้าแคโรทีน ใช้สารสกัดที่มีส่วนผสมของ hexane: ethanol: acetone อัตราส่วน ๓:๑.๕:๑.๕ (v/v/v) หลังจากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ๔๔๙ nm การสกัดไลโคปีน สารสกัดประกอบด้วย hexane: ethanol: น้ำกลั่น อัตราส่วน ๕:๓:๑ (v/v/v) วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ๔๗๑ nm ผลการทดลองพบว่า มะเขือเทศ รหัสพันธุ์ ๑๒๖-๑ และ ๒๙๙ มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง โดยมีค่า ๓.๔๙ และ ๓.๓๐ มก./๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีน พบว่า มะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูง คือ รหัสพันธุ์ ๑๒๖-๑ ๓๐๓ และ ๓๓๗ โดยมีค่า ๑๐.๗๐ ๑๐.๘๙ และ ๑๑.๖๒ มก./๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยพบว่า รหัสพันธุ์ ๑๒๖-๑ เป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณเบต้าโรทีน และไลโคปีนสูง ซึ่งสายพันธุ์นี้จะใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

[๑/]ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

[๒/]ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจกับสุขภาพมากขึ้น การรับประทานอาหารที่มีประโยชน์จะช่วยให้สุขภาพดี มะเขือเทศเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพชนิดหนึ่ง เนื่องจากในผลสุกมะเขือเทศประกอบด้วยสาร แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งเป็นเม็ดสีตามธรรมชาติที่พบทั่วไปในพืช โดยให้สีตั้งแต่สีเหลือง สีส้ม และสีแดง แคโรทีนอยด์แบ่งเป็น ๒ กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ กลุ่ม xanthophylls และกลุ่มที่ไม่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ กลุ่ม carotenes โดยเฉพาะกลุ่ม carotene มีประมาณ ๙๐-๙๕ % ของปริมาณ carotenoids ทั้งหมด ไลโคปีน (lycopene) เป็นสารสำคัญในกลุ่ม carotenes พบมากในมะเขือเทศผลสีแดง ทำให้มะเขือเทศเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของไลโคปีนมีความแตกต่างกันภายในสายพันธุ์มะเขือเทศ (Stahl and Sies, ๑๙๙๖) ขณะที่เบต้าแคโรทีน พบมากในมะเขือเทศผลสีส้มและแครอท เบต้าแคโรทีนเป็นแหล่งของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอ ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยในการมองเห็นและระบบภูมิคุ้มกัน การขาดวิตามินเอทำให้เกิดการเสียชีวิตของเด็กในประเทศกำลังพัฒนา (Zhang and Stommel, ๒๐๐๐; Rao and Rao, ๒๐๐๗) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดความเจ็บป่วยจากโรคต่างๆ (Stommel, ๒๐๐๕)

งานปรับปรุงพันธุ์พืชในอดีตที่ผ่านมาเน้นการพัฒนาสายพันธุ์พืชที่มีผลผลิตสูงและต้านทานโรค แต่ปัจจุบันงานปรับปรุงพันธุ์พืชไม่ได้เน้นเรื่องผลผลิตเพียงอย่างเดียว แต่มุ่งเน้นการพัฒนาพันธุ์พืชที่มีสาร phytonutrient เพื่อส่งเสริมสุขภาพและรองรับความต้องการของตลาด ผู้บริโภคมีความสนใจเรื่องการป้องกันโรคต่างๆของสารไลโคปีน ทำให้การบริโภคมะเขือเทศได้รับความนิยมมากขึ้น การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศเพื่อเพิ่มสารสำคัญจึงพบอย่างแพร่หลาย มีการนำเชื้อพันธุกรรมต่างถิ่นเข้ามา พันธุ์มะเขือเทศหลายๆชนิดที่มีสารไลโคปีนสูงถูกนำเข้าและพัฒนา เช่น “Tomatoberry” เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าเบต้าแคโรทีนถึง ๒ เท่า (ข่าวมติชน, ๒๕๕๖) การทดลองนี้จึงมุ่งเน้นในการประเมินเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่ปลูกรวบรวมไว้ภายในศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เพื่อค้นหาสายพันธุ์ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสูง และใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์มะเขือเทศที่มีสารสำคัญสูงต่อไป

วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ cuvette มะเขือเทศสายพันธุ์ต่างๆ สารเคมีในการวิเคราะห์เบต้าแคโรทีนและไลโคปีน เช่น hexane ethanol chloroform

- วิธีการ

๑. เก็บผลมะเขือเทศสุกสายพันธุ์ต่างๆจากการทดลองเรื่อง สำรวจและจำแนกพันธุ์มะเขือเทศเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ จำนวน ๒๔๓ ตัวอย่าง โดยคัดเลือกผลมะเขือเทศสุกที่สดสายพันธุ์ละ ๓-๕ ผล นำผลมะเขือเทศมาเตรียมการสกัดเพื่อหาปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนในห้องปฏิบัติการ โดยนำผลมะเขือเทศหั่นรวมกันทุกผลแล้วนำไปปั่นในเครื่องปั่นให้ละเอียดโดยไม่ต้องเติมน้ำที่อุณหภูมิห้อง เนื้อมะเขือเทศปั่นละเอียดจะใช้ในการสกัดต่อไป

๒. การสกัดเบต้าแคโรทีน ใช้วิธีการของนิตยา (๒๕๕๑) เตรียมสารสกัดประกอบด้วย hexane: ethanol: acetone อัตราส่วน ๓: ๑.๕: ๑.๕ (v/v/v) โดยผสมสารทั้งสามชนิดเข้าด้วยกัน ชั่งเนื้อมะเขือเทศปั่นละเอียดจำนวน ๑ กรัม ใส่ในหลอด centrifuge เติมสารสกัดดังกล่าวจำนวน ๓ มล. ปั่นแรงๆให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex

และนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว ๕,๐๐๐ rpm เป็นเวลา ๑๐ นาที นำออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง ดูดน้ำใสส่วนบน ๑๐๐ ไมโครลิตรใส่ในหลอด microcentrifuge tube เติม hexane ๙๐๐ ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ๔๔๙ nm นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเบต้าแคโรทีน

๓. การสกัดไลโคปีน โดยใช้วิธีการของประสิทธิ์ (๒๕๔๙) เตรียมสารสกัดประกอบด้วย hexane: ethanol: น้ำกลั่น อัตราส่วน ๕: ๓: ๑ (v/v/v) โดยผสมสารทั้งสามชนิดเข้าด้วยกัน ชั่งเนื้อมะเขือเทศปั่นละเอียดจำนวน ๑ กรัม ใส่ในหลอด centrifuge เติมสารสกัดดังกล่าวจำนวน ๓ มล. ปั่นแรงๆให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex และนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว ๕,๐๐๐ rpm เป็นเวลา ๑๐ นาที นำออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง ดูดน้ำใสส่วนบน ๑๐๐ ไมโครลิตรใส่ในหลอด microcentrifuge tube เติม hexane ๙๐๐ ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ๔๗๑ nm นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณความเข้มข้นของไลโคปีน โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของไลโคปีน

- เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ปี ๒๕๕๕ สิ้นสุด ปี ๒๕๕๖ รวม ๒ ปี สถานที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนในมะเขือเทศ ๒๔๓ ตัวอย่างพบว่า มีความแตกต่างของปริมาณเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างมะเขือเทศ โดยพบปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำสุดคือ ๐.๖ มิลลิกรัมต่อ๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด (fresh weight; fw) และปริมาณสูงสุดมากกว่า ๓ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด สามารถจัดกลุ่มมะเขือเทศออกเป็น ๖ กลุ่ม (ตารางที่ ๑) สำหรับลักษณะของมะเขือเทศที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง พบในมะเขือเทศผลสีแดงทั้งหมดดังแสดงใน ตารางที่ ๒ และ ภาพที่ ๑ โดยมะเขือเทศ รหัส ๑๒๖-๑ มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด คือ ๓.๔๙ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด

การปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงดำเนินงานในหลายหน่วยงานโดย USDA ได้มีการแนะนำพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่พันธุ์ใหม่ ๒ พันธุ์จากการปรับปรุงพันธุ์ คือ ๐๒L๑๐๕๘ และ ๐๒L๑๐๕๙ ทั้งสองพันธุ์มีผลสีส้ม มีปริมาณเบต้าแคโรทีน ๔๖.๕ และ ๔๑.๘ ไมโครกรัมต่อ ๑ กรัมเนื้อมะเขือเทศสด ตามลำดับ (Stommel, ๒๐๐๕) ขณะที่ AVRDC ได้พัฒนาพันธุ์มะเขือเทศที่มีเบต้าแคโรทีนสูง ๒ พันธุ์ คือ CLN๒๓๖๖A และ CLN๒๓๖๖B โดยทั้งสองพันธุ์ถูกประเมินแล้วว่ามีการปรับตัวได้ในพื้นที่ค่อนข้างมีน้ำน้อยในแอฟริกาตะวันออก โดยมีผลผลิต ๒๓ และ ๒๘ ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ทั้ง ๒ พันธุ์มีผลสีส้มและมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง ซึ่งมะเขือเทศที่มีเบต้าแคโรทีนสูงนี้จะนำมาใช้ในการต่อสู้กับการขาดวิตามินเอในประเทศแถบแอฟริกา (AVRDC, ๒๐๐๙)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในตัวอย่างมะเขือเทศ สามารถแบ่งกลุ่มมะเขือเทศออกเป็น ๖ กลุ่มเช่นกัน ปริมาณไลโคปีนต่ำสุดเท่ากับ ๘.๐๐ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด และปริมาณสูงสุดมากกว่า ๑๐.๕๑

มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ ๓) และตัวอย่างมะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูงมีผลผลสีแดงทั้งหมด ดังแสดงใน ตารางที่ ๔ และ ภาพที่ ๒

ปริมาณไลโคปีนของมะเขือเทศขึ้นกับสายพันธุ์และระยะสุกแก่ ซึ่งมีผลมาจากสภาพการเจริญเติบโต อุณหภูมิและความชื้น Garcia and Barrett (๒๐๐๖) ศึกษาความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศแปรรูปใน ๙ counties ของรัฐแคลิฟอร์เนีย โดยเก็บมะเขือเทศ ๒ ช่วงคือ ช่วงต้นฤดู (กลางเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนสิงหาคม) และช่วงกลางฤดู (กลางเดือนสิงหาคมจนถึงต้นเดือนกันยายน) ผลการศึกษาพบว่า มะเขือเทศที่เก็บช่วงต้นฤดูมีปริมาณไลโคปีนน้อยที่สุดคือ ๕๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และมะเขือเทศที่เก็บช่วงกลางฤดูมีปริมาณไลโคปีนมากที่สุดคือ ๑๘๑.๔ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด โดยมีค่ามากกว่าถึง ๓.๓ เท่าของปริมาณไลโคปีนที่พบในช่วงต้นฤดู

การศึกษาในครั้งนี้ได้เก็บผลมะเขือเทศมาวิเคราะห์ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พบว่ามะเขือเทศมีความแตกต่างของปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนของแต่ละสายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่มีปริมาณสารค่อนข้างต่ำ ซึ่งความแตกต่างของปริมาณสารขึ้นกับปัจจัย เช่น ธาตุอาหารพืช สภาพแวดล้อม และลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ (George et al., ๒๐๐๔) โดยการศึกษานี้พบเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงและปริมาณไลโคปีนต่ำ เชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำและปริมาณไลโคปีนต่ำ (ผลสีเหลือง) เชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำและปริมาณไลโคปีนสูง เนื่องจากการเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนไปเป็นไลโคปีน และเชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศที่มีปริมาณสูงทั้งเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน โดยเฉพาะมะเขือเทศ รหัส ๑๒๖-๑ ซึ่งเป็นมะเขือเทศผลสีแดงที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงสุดและปริมาณไลโคปีนค่อนข้างสูง แสดงว่าสายพันธุ์นี้มีการสร้างเบต้าแคโรทีนมากและเปลี่ยนไปเป็นไลโคปีนมากเช่นกัน สอดคล้องกับรายงานของ Ilahy et al. (๒๐๑๑) ซึ่งได้ศึกษาสารสำคัญอื่นๆ เช่น เบต้าแคโรทีน lutein ascorbic acid ในมะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูง ๖ สายพันธุ์ที่ปลูกทางตอนใต้ของอิตาลี พบว่าทุกสายพันธุ์มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง โดยเฉพาะสายพันธุ์ HLY๑๘ ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงสุด ๑๙.๔ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และปริมาณไลโคปีนสูงสุด ๒๓๒.๙ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งสายพันธุ์นี้มีผลสีแดง แสดงให้เห็นว่า มะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูง (ผลสีแดง) สามารถที่จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงได้

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน มีความผันแปรในตัวอย่างมะเขือเทศขึ้นกับสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม การสะสมแคโรทีนอยด์ในมะเขือเทศมีผลมาจากสายพันธุ์และระยะสุกแก่ การทดลองนี้พบว่ามะเขือเทศ รหัส ๑๒๖-๑ มีปริมาณสารสูงทั้งเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน ซึ่งสายพันธุ์นี้สามารถใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสูง ดังนั้นมะเขือเทศจะเป็นหนึ่งในแหล่งอาหารที่แพร่หลายและมีบทบาทสำคัญในการเป็นอาหารมนุษย์ สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ ให้ได้สายพันธุ์ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสูง เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์มะเขือเทศที่มีสารสำคัญสูงต่อไป

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ

๑๑.คำชี้แจง การประเมินผลการดำเนินโครงการวิจัยของคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการ (คณะผู้เชี่ยวชาญ) จากการติดตามและประเมินผลงานวิจัยประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๖ ณ สวพ.๔ เมื่อวันที่ ๒๖-๒๙ มีนาคม ๒๕๕๖ ให้ปรับเปลี่ยนงานวิจัยเรื่อง เครื่องหมายโมเลกุลที่เชื่อมโยงกับปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศ เป็น การคัดเลือกพันธุ์มะเขือเทศต้านทานโรคเหี่ยวเขียวและการใช้เครื่องหมายโมเลกุลเพื่อคัดเลือกพันธุ์ต้านทาน ในปีงบประมาณ ๒๕๕๗

เอกสารอ้างอิง

ข่าวมติชน. ๒๕๕๖. เจาะเคล็ดลับการปลูกมะเขือเทศรูปหัวใจ, พืชผักเพื่อสุขภาพ. สืบค้นจาก http://www.matichon.co.th [ธันวาคม ๒๕๕๖].

นิตยา ถมหนวด. ๒๕๕๑. สมรรถนะการรวมตัวของมะเขือเทศรับประทานสดผลเล็กเพื่อเพิ่มปริมาณไลโคพีน เบต้า-แคโรทีนและวิตามินซี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประสิทธิ์ สุวรรณเลิศ. ๒๕๔๙. ปริมาณ, ฤทธิ์ต้านออกซิแดนท์ของไลโคปีนในผลไม้มีสีและระดับไลโคปีนในซีรั่มของคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมีทางการแพทย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Garcia, E. and D.M. Barrett. ๒๐๐๖. Assessing lycopene content in California processing tomatoes. *Food Processing and Preserv. J*. ๓๐: ๕๖-๗๐.

George, B, C. Kaur, D.S. Khurdiya, and H.C. Kapoor. ๒๐๐๔. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. Food Chem. ๘๔: ๔๕-๕๑.

Ilahy, R., C. Hdider, M.S. Lenucci, I. Tlili, and G. Dalessandro. ๒๐๑๑. Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L) cultivars grown in Southern Italy. *Sci Hortic (Amsterdam). J.* ๑๒๗: ๒๕๕-๒๖๑.

Rao A V, and L.G. Rao. ๒๐๐๗. Carotenoids and human health. *Pharmacol. Res. J*. ๕๕(๓):๒๐๗–๑๖.

Stahl, W. and H. Sies. ๑๙๙๖. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans. *Arch. Biochem. Biophys. J.* ๓๓๖: ๑-๙.

Stommel, J.R. ๒๐๐๕. USDA ๐๒L๑๐๕๘ and ๐๒L๑๐๕๙: Cherry tomato breeding lines with high fruit β-carotene content. HortScience ๔๐: ๑๕๖๙-๑๕๗๐.

The World Vegetable Center (AVRDC). ๒๐๐๙. Scoring high: High beta-carotene tomatoes for West Africa. Retrieved November ๑๑, ๒๐๑๓, from http://avrdc.org/

Zhang, Y. and J.R. Stommel. ๒๐๐๐. RAPD and AFLP tagging and mapping of *Beta (B)* and *Beta modifier (MoB)*, two genes which influence β-carotene accumulation in fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Theor. Appl. Genet. J.* ๑๐๐:๓๖๘-๓๗๕.

ตารางที่ ๑ ปริมาณเบต้าแคโรทีนในมะเขือเทศรหัสพันธุ์ต่างๆ

เบต้าแคโรทีน (มก./๑๐๐ กรัม fw)	จำนวนตัวอย่าง
๐.๖๐-๑.๐๐	๑๒๓
๑.๐๑-๑.๕๐	๘๙
๑.๕๑-๒.๐๐	๒๐
๒.๐๑-๒.๕๐	๘
๒.๕๑-๓.๐๐	๑
> ๓.๐๑	๒
รวม	๒๔๓

ตารางที่ ๒ ลักษณะของมะเขือเทศที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง

ตัวอย่าง (รหัส)	เบต้าแคโรทีน (มก./๑๐๐ กรัม fw)	ลักษณะผล	สีผล	Total soluble solids (%)
๐๔๗	๒.๔๓	cherry	red	๖.๐

๓๐๓	๒.๔๔	cherry	red	๖.๐
๐๓๗-๙	๒.๖๐	cherry	red	๕.๖
๒๙๙	๓.๓๐	cherry	red	๖.๐
๑๒๖-๑	๓.๔๙	fresh market	red	๖.๐

ตารางที่ ๓ ปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศรหัสพันธุ์ต่างๆ

ไลโคปีน (มก./๑๐๐ กรัม fw)	จำนวนตัวอย่าง
๘.๐๐-๘.๕๐	๑๙๓
๘.๕๑-๙.๐๐	๒๙
๙.๐๑-๙.๕๐	๑๐
๙.๕๑-๑๐.๐๐	๕
๑๐.๐๑-๑๐.๕๐	๓
>๑๐.๕๑	๓
รวม	๒๔๓

ตารางที่ ๔ ลักษณะของมะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูง

ตัวอย่าง (รหัส)	ไลโคปีน (มก./๑๐๐ กรัม fw)	ลักษณะผล	สีผล	Total soluble solids (%)
๓๒๒	๑๐.๒๒	fresh market	red	๔.๐
๓๕๗	๑๐.๒๒	fresh market	red	๕.๐
๑๒๖-๑	๑๐.๗๐	fresh market	red	๖.๐
๓๐๓	๑๐.๘๙	cherry	red	๖.๐
๓๓๗	๑๑.๖๒	fresh market	red	๗.๐

ภาพภาคผนวก

ภาพภาพภาคผนวกที่ ๑ ตัวอย่างมะเขือเทศที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง : ๑A รหัส ๒๙๙ ๑B รหัส ๑๒๖-๑

ภาพภาพภาคผนวกที่ ๒ ตัวอย่างมะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปีนสูง : ๒A รหัส ๓๐๓ ๒B รหัส ๓๓๗