ผลของสายพันธุ์มะเขือเทศและวิธีการสกัดไลโคปินต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะเขือเทศผง

กานดาวดี โนชัย[1] และ จิรภา พงษ์จันตา[2*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เลขที่ 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาสมบัติของมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์ (พื้นเมืองเบอร์ 1 พื้นเมืองเบอร์ 2 เพชรชมพู สีดา และ อีเป๋อ) และผลของวิธีการสกัดไลโคปินที่มีต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะเขือเทศผง เมื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีพบว่ามะเขือเทศแต่ละพันธุ์ มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไลโคปิน และค่าสี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และ เถ้า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมะเขือเทศพันธุ์อีเป๋อมีปริมาณไลโคปินสูงสุด (67.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักมาตรฐานแห้ง) จึงคัดเลือกไปผลิตมะเขือเทศผงที่มีไลโคปินสูง โดยนำมะเขือเทศไปลวกที่ 95 องศาเซลเซียส หรือ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 หรือ 10 นาที แยกเนื้อมะเขือเทศด้วยเครื่องเครื่องบีบแบบแรงอัด หรือแบบเกลียวหมุน ระดับเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสที่ใช้ในการสกัดไลโคปินเป็น 0.1, 0.2 หรือ 0.3% v/w ระยะเวลาการย่อยมะเขือเทศเป็น 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และทดสอบระดับมอลโตรเด็กซ์ตรินที่เหมาะสำหรับการผลิตมะเขือเทศผงแบบแช่เยือกแข็งที่ 0, 5, 10, 15 หรือ 20% w/w ผลการศึกษาพบว่าวิธีการแยกเนื้อมะเขือเทศ วิธีการสกัดไลโคปินด้วยเอนไซม์ และระดับมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ต่อปริมาณไลโคปินในมะเขือเทศผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ได้มะเขือเทศผงที่มีคุณภาพดี โดยมีปริมาณไลโคปินเท่ากับ 65.86 มิลลิกรัมต่อกรัม ตัวอย่างมาตรฐานแห้ง

คำสำคัญ : เอนไซม์เพคทิเนส / เซลลูเลสมอลโตรเด็กซ์ตริน / การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

* *Corresponding author. E-mail: pongjanta@rmutl.ac.th*

[1] *นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร*

[2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร*

Effects of Tomato Variety and Lycopene Extraction Methods on Physicochemical Properties of Tomato Powder

Kandawadee Nochai[1] and Jirapa Pongjanta[2*]

Rajamangala University of Technology Lanna, 202 Moo 17 Phichai Muang Lampang 52000, Thailand

Abstract

This experimental investigation describes properties of five local tomato fruit verities (No. 1, No. 2, Phetsompoo, Srida and Eepuea) and the effects of lycopene extraction methods on the physicochemical properties of tomato powder. Physiochemical compositions showed significant differences ($p<0.05$) for moisture content, carbohydrate, lycopene content and color value in relation to the each tomato variety. The tomatoes (Eepuea variety) had the highest lycopene content (67.61mg/100g dry basic), thus it was used to produce tomato powder with high lycopene content. The tomatoes were blanched at 95 and 121°C for 5 and 10 min and then separated either by a hydraulic press or a screw press to produce tomato pulp. The tomato pulps were analyzed for extraction yield, color value, TSS, and lycopene content. The effects of concentration (0.1, 0.2 and 0.3%) and hydrolysis time (1, 2 and 3 h) of pectinase and cellulase enzymes on tomato puree properties were studied. In addition, the optimum levels of added maltodextin (0, 5, 10, 15 and 20 % w/w) on the quality of freeze dried tomato powder were investigated. Results of tomato powder production showed that tissue separation, enzymatically treated and freeze dried treatments exhibited significant ($p<0.05$) effect on lycopene content of tomato powder. The results indicated that the addition of 5% (w/w) maltodextrin produced good quality tomato powder. The lycopene content of the tomato powder was 65.86 mg/100 g dry sample.

Keywords : Cellulase / Freeze dried / Maltodextrin / Pectinase

* *Corresponding author. E-mail: pongjanta@rmutl.ac.th*

1 *Master's student, Faculty of Agricultural Science and Technology.*

2 *Assistant Professor, Department of Food Science, Agricultural Technology Research Institute.*

1. บทนำ

ผลมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) มีสารแคโรทีนอยด์อยู่มากซึ่งเป็นรงควัตถุสีส้มแดง 2 ชนิด คือ บีตา-แคโรทีน (Beta-carotene) และไลโคปิน (Lycopene) ที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ ไลโคปีนในผลมะเขือเทศพบมากกว่าร้อยละ 85 ของรงควัตถุทั้งหมด [1] ไลโคปินเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีวงแหวนอยู่ในโมเลกุล จัดอยู่ในกลุ่มย่อยของแคโรทีนอยด์ที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยไอโซพรีนซึ่งเป็นไดอีน (diene) [CH_2=C-(CH_3)-CH=CH_2] มาเรียงต่อกัน 8 หน่วย มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 40 อะตอม มีสูตรเป็น C_{40} H_{56} ไลโคปีนมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพและป้องกันการก่อตัวของเซลล์มะเร็งในต่อมลูกหมาก ปอด และกระเพาะอาหาร [2] มีรายงานพบว่า มะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ 818 cherry มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของไลโคปิน แอสคอบิกและฟีนอลสูง [3] และพบสารไลโคปิน บีต้าแคโรทีนลูทีนฟีนอลทั้งหมด กรดแอสคอบิก (AsA) กรด dehydoascorbic (DHA) และวิตามินซีทั้งหมด (AsA+DHA) ในมะเขือเทศ 6 สายพันธุ์ [1] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการให้อาหารเสริมไลโคปินเป็นแคปซูล 15 มิลลิกรัม/วัน ในเพศชาย เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีผลให้ปริมาณไลโคปินในน้ำเหลืองเพิ่มสูงขึ้น และทำให้ลดภาวะที่มี อนุมูลอิสระมาก (oxidative stress) ป้องกันการทำลายดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมันและโมเลกุลเล็กอื่นๆ ได้ [4]

ไลโคปีนในมะเขือเทศทั้งผลส่วนใหญ่พบในระดับร้อยละ 48 [5] แต่การสกัด ไลโคปินทำได้ยากเนื่องจากมะเขือเทศมีผนังเซลล์ที่แข็ง เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของเซลลูโลสและเพคติน โดยเพคตินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์จับกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีน ของผนังเซลล์พืช โดยภายในบรรจุโครโมพลาสต์ที่มีรงควัตถุที่ประกอบด้วยไลโคปีนและแคโรทีน [6] ได้มีการศึกษาการสกัดไลโคปินจากผลมะเขือเทศ พบว่าชนิดของเอนไซม์และเวลาในการย่อย มีผลต่อปริมาณไลโคปินที่สกัดได้ [7] และมีรายงานผลการสกัดไลโคปิน จากผงกากมะเขือเทศโดยการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสนาน 50 นาทีร่วมกับการสกัดด้วยเอทิลอะซีเตดพบว่าได้ ปริมาณไลโคปินสูงถึง 80.21 มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่าง [8, 9]

Rustia [10] รายงานการศึกษาการผลิตมะเขือเทศผงจากเนื้อมะเขือเทศสุก และทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า คุณภาพของมะเขือเทศผงขึ้นอยู่กับปริมาณสารเพิ่มปริมาณ โดยพบว่าการเติมมอลโตเด็กตรินที่มากกว่าร้อยละ 40 ของเนื้อมะเขือเทศ มีผลให้สมบัติการดูดน้ำกลับคืนลดลง ส่วนการใช้น้ำตาลซูโครส พบว่าช่วยปรับปรุงคุณภาพในด้านการกระจายตัว และการละลายได้ แต่ดูดความชื้นเร็วเมื่อเติมน้ำตาลซูโครสมากกว่าร้อยละ 20

มะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองมีผลขนาดเล็ก แต่มีสีแดงทั้งผล ให้ผลผลิตต่อไร่สูง (3,463 กิโลกรัม) มะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองยังไม่ได้มีการใช้ในระดับอุตสาหกรรมมากนัก ในช่วงฤดูกาล จึงมีราคาต่ำ ผลผลิตล้นตลาด [11] มะเขือเทศนี้จึงน่าจะนำไปสกัดไลโคปิน เพื่อเพิ่มโอกาสการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงการค้า งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของสายพันธุ์มะเขือเทศพื้นเมือง และกรรมวิธีการผลิตมะเขือเทศผงที่มีไลโคปินเป็นองค์ประกอบ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์มะเขือเทศพื้นเมือง ในเชิงอุตสาหกรรม อันจะส่งเพิ่มต่อการเพิ่มมูลค่ามะเขือเทศพื้นเมืองต่อไป

2. วิธีการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย เช่น มอลโตเด็กซตริน (DE 11-15) จากบริษัท Thai Foods Product International Co., Ltd., ประเทศไทยสารเคมีใช้เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Merck, ประเทศเยอรมันนีเอนไซม์เพคติเนส (Pectinase Ultra-SPL), และเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase enzyme, Celluclast, 700 EGU/g) เกรดอาหารจากบริษัท Novozymes ประเทศเดนมาร์ก

2.1 ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะเขือเทศพื้นเมือง

มะเขือเทศพื้นเมือง 5 สายพันธุ์ คือ พื้นเมืองเบอร์ 1 พื้นเมืองเบอร์ 2 เพชรชมพู สีดาส้มตำ และอีเป๋อ จากแปลงทดลอง สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว คือ เดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ 2555 หลังการเก็บเกี่ยว นำไปล้างทำความสะอาด หั่นครึ่งผล ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง (ยี่ห้อ KYUSEN รุ่น HW – CH1, Thailand) นาน 10 นาที

นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการใน AOAC [12] ตรวจสอบค่าสีด้วยระบบ CIE (L^*, a^* และ b^*) โดยใช้เครื่อง Minolta Chromameter รุ่น CT300, ประเทศญี่ปุ่น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด Hand refractometer (ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดรุ่น C831 T (Consort, ประเทศเบลเยี่ยม) และ ปริมาณไลโคปินโดยวิธีสเปคโตรโฟรโตรมิเตอร์ [13] โดยการสกัดไลโคปินด้วย สารละลายที่มีส่วนผสมของสารละลายอะซิโตนที่มี BHT 0.05% (w/v) : เอทานอล : เฮกเซน (5:5:10) ทำการแยกส่วนด้านบนที่เป็นสารสีแดงไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟรโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ PG Instrument Limited รุ่น T80, China โดยใช้เฮกเซนเป็นแบลงค์ (blank) คำนวณปริมาณไลโคปิน (มิลลิกรัม/100 กรัม) = A_{503}x31.2/น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) โดย 31.2 คือค่าสัมประสิทธิ์เอกซ์ทิงชันของโมเลกุลไลโคปินในเฮกเซน (17.2×10^4 $M^{-1}*cm^{-1}$) ที่มวลโมเลกุล (536.9 กรัม) และการเปลี่ยนหน่วยเป็นมาตรฐานแห้ง

นำข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของมะเขือเทศพื้นเมือง มาวิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์โดยวิธี Duncan New Multiple Range Test เพื่อคัดสายพันธุ์ที่มีไลโคปินสูงไปศึกษาต่อไป

2.2 ศึกษากรรมวิธีการเตรียมเนื้อมะเขือเทศที่เหมาะสมสำหรับการสกัดไลโคปิน

นำมะเขือเทศที่มีปริมาณไลโคปินสูงสุดที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 2.1 ไปล้างให้สะอาด นำไปลวกที่อุณหภูมิที่ต่างกัน 2 อุณหภูมิคือ 95 และ 121 องศาเซลเซียส ลวกนาน 5 และ 10 นาที แล้วบีบคั้นด้วยเครื่องมือ 2 ชนิดคือ เครื่องบีบแบบแรงอัด (hydraulic press) และแบบเกลียวอัด (screw press) ได้ส่วนของเนื้อมะเขือเทศไปตรวจสอบปริมาณผลผลิตที่ได้ทั้งหมด ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณไลโคปินตามรายละเอียดในวิธีการ ข้อ 2.1 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 ปัจจัยๆ ละ 2 ระดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (2 x 2 x 2) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกวิธีการที่ได้ผลผลิตที่มีปริมาณไลโคปินสูงสุดไปศึกษาในตอนต่อไป

2.3 ศึกษาระดับของเอนไซม์และเวลาที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปินจากเนื้อมะเขือเทศ

นำเนื้อมะเขือเทศที่แยกได้ไปย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสและเซลลูเลสที่ระดับแตกต่างกันคือความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.2 หรือ 0.3 นาน 1 2 หรือ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากครบเวลาที่กำหนดหยุดการทำงานของเอนไซม์ด้วยการต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทำให้เย็นทันที ตรวจสอบปริมาณผลผลิตที่ได้ทั้งหมด ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณไลโคปินตามวิธีการ ในข้อ 2.1 วิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยๆ ละ 3 ระดับ (3 x 3) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกวิธีการแยก สกัดส่วนประกอบที่ให้ปริมาณไลโคปินสูงสุดไปศึกษาต่อไป

2.4 ศึกษาปริมาณการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการผลิตมะเขือเทศผง

ใช้เนื้อมะเขือเทศที่สกัดมาจากข้อ 2.3 ไปศึกษาการใช้มอลโตรเด็กซ์ตริน (maltodextrin) ผสมลงไป 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักของมะเขือเทศที่สกัดได้ เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม แล้วนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) รุ่น FD-1, (Japan) โดยใช้อุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งที่ -35 องศาเซลเซียส และที่ความดันสูญญากาศต่ำกว่า 132 Pa และ ความดันระดับสูญญากาศสูง เท่ากับ 132 mPa นาน 8 ชั่วโมง หลังอบแห้งบดเป็นผง นำมะเขือเทศผงที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมตามกรรมวิธีใน Jinaponget et.al. [14] ความสามารถในการกระจายตัวของผง [13] ค่าการพองตัว และค่าความสามารถในการละลาย [15]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของมะเขือเทศพื้นเมือง

สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลมะเขือเทศพื้นเมือง 5 สายพันธุ์แสดงในตารางที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด และ เถ้า มีปริมาณใกล้เคียงกันโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) พบในช่วงร้อยละ 1.22–1.84 0.02–0.16 1.53–1.92 และ 0.44–0.55 ตามลำดับ ส่วนปริมาณความชื้นและปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) พบในช่วงร้อยละ 92.80–94.16 และ 2.01–3.34 ตามลำดับซึ่งค่าทางเคมีของผลมะเขือเทศที่ศึกษาพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับในรายงาน [16] ที่พบปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยทั้งหมด เถ้า คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 93.20 1.10 0.30 1.20 0.70 และ 3.50 ตามลำดับ

ส่วนด้านค่าสีของผลมะเขือเทศสุก พบว่าอยู่ในกลุ่มสีแดงส้ม พบมีค่าความสว่างสี (L^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) พบในช่วง 31.47–34.16 (ตารางที่ 2) โดยผลมะเขือเทศพันธุ์อีเป้อมีค่าสูงสุดส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างสายพันธุ์ พบในช่วง 16.67–20.74 และ 24.35–26.32 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานที่ผ่านมา [17, 18] ที่พบในช่วง 20.29–28.20 และ 21.20–27.90 ตามลำดับซึ่งค่าความเป็นสีแดงของผลมะเขือเทศสุกนั้นมีรายงานว่าขึ้นอยู่กับปริมาณไลโคปินและเบต้าแคโรทีนที่มีความแปรผันไปตามสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมในการปลูก [18] ในด้านปริมาณไลโคปินในผลมะเขือเทศพื้นเมืองทั้ง 5 สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) มีในช่วง 42.39–67.61 มิลลิกรัม/100 กรัม มาตรฐานแห้ง โดยผลมะเขือเทศพันธุ์อีเป้อ มีปริมาณไลโคปินมากที่สุดรองลงมาคือ พันธุ์พื้นเมืองเบอร์ 2 ส่วนมะเขือเทศพันธุ์สีดามีปริมาณต่ำสุด อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณไลโคปิน ในการศึกษานี้มีค่าสูงกว่ารายงานที่ผ่านมา [19] ที่รายงานว่าผลมะเขือเทศสด มีปริมาณไลโคปินในช่วง 21.03 – 47.44 มิลลิกรัม/100 กรัม มาตรฐานแห้ง

ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมี กายภาพของเนื้อมะเขือเทศสุก 5 สายพันธุ์ (ตาราง 3) พบว่าค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีความสัมพันธ์ในทางบวก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับปริมาณไลโคปิน โดยมะเขือเทศที่มีค่าความเป็นสีแดงสุกมีแนวโน้มของค่าปริมาณไลโคปินสูงขึ้นตามลำดับ ดังตัวอย่างมะเขือเทศพันธุ์อีเป้อ มีปริมาณไลโคปินสูงส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงสูงตาม ดังนั้นในการศึกษานี้จึงคัดเลือกมะเขือเทศพันธุ์อีเป้อที่มีปริมาณไลโคปินสูงสุดไปใช้ในการศึกษากรรมวิธีการเตรียมเนื้อมะเขือเทศต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อมะเขือเทศพื้นเมือง 5 สายพันธุ์

สายพันธุ์	ส่วนประกอบทางเคมี (%) (น้ำหนักฐานเปียก)					
มะเขือเทศ	ความชื้น	โปรตีน ns	ไขมัน ns	เส้นใย ns	เถ้า ns	คาร์โบไฮเดรต
พื้นเมืองเบอร์ 1	93.54±0.4 ^{ab}	1.46±0.2	0.05±0.0	1.76±0.1	0.55±0.0	2.63±0.2 ^{ab}
พื้นเมืองเบอร์ 2	92.80±0.3 ^{c}	1.42±0.2	0.02±0.0	1.92±0.1	0.47±0.0	3.37±0.1 ^{a}
เพชรชมพู	94.16±0.3 ^{a}	1.84±0.2	0.02±0.01	1.53±0.1	0.44±0.0	2.01±0.1 ^{c}
สีดาส้มตำ	93.73±0.2 ^{a}	1.52±0.1	0.16±0.0	1.91±0.2	0.39±0.0	2.43±0.0 ^{b}
อีเป้อ	93.34±0.1 ^{b}	1.22±0.3	0.05±0.0	1.65±0.1	0.43±0.0	3.34±0.1 ^{a}

^{ns}ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a, b,\cdots}$อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณไลโคปินใน มะเขือเทศพื้นเมือง 5 สายพันธุ์

สายพันธุ์ มะเขือเทศ	ค่าสี			pH	TSS (°Brix)	Lycopene (mg/100g dry basic)
	*L**	*a**	*b**			
พื้นเมืองเบอร์ 1	32.33±1.1 [ab]	19.74±3.8 [bc]	26.16±1.3 [ns]	4.02 [ns]	4.65 [ns]	55.02±5.29 [b]
พื้นเมืองเบอร์ 2	31.47±1.3 [b]	20.74±1.4 [b]	24.53±1.2	4.22	4.65	56.12±8.32 [b]
เพชรชมพู	34.16±1.5 [a]	16.67±4.1 [d]	24.35±0.9	4.03	4.55	46.56±6.31 [e]
สีดาส้มตำ	33.41±1.2 [ab]	19.81±4.6 [bc]	24.72±1.7	4.07	4.65	42.39±3.80 [d]
อีเป๊อ	34.00±1.4 [a]	23.84±3.6 [b]	26.32±2.7	3.94	4.90	67.61±5.90 [a]

[ns]ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

[a, b,...]อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและทางเคมีในมะเขือเทศบดพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 5 สายพันธุ์

	*L**	*a**	*b**	pH	TSS	Lycopene
*L**	-	-0.631**	0.332*	-0.426*	0.131*	-0.176*
*a**		-	-0.223*	0.132*	0.103*	0.559**
*b**			-	-0.303*	0.068*	-0.005*
pH				-	-0.447*	-0.197*
TSS					-	0.178*
Lycopene						-

* ค่าสหสัมพันธ์ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (2-tailed) N= 20

** ค่าสหสัมพันธ์ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 2-tailed N= 20

3.2 ผลของกรรมวิธีการเตรียมเนื้อมะเขือเทศที่เหมาะสมสำหรับการสกัดไลโคปิน

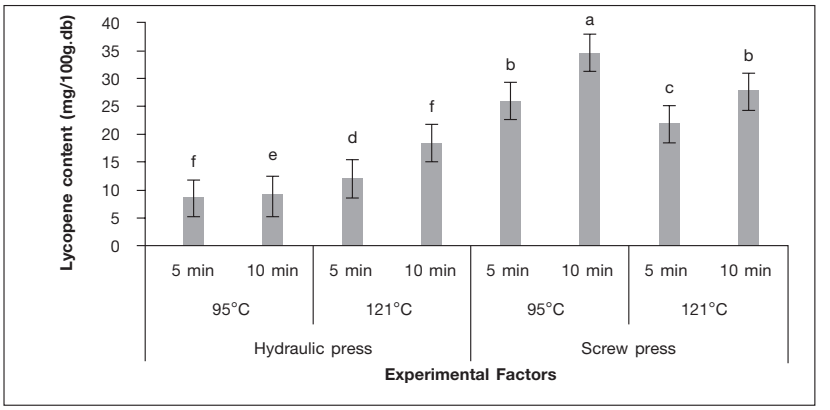
ผลของกรรมวิธีการเตรียมเนื้อมะเขือเทศที่เหมาะสำหรับการสกัดไลโคปินต่อปริมาณร้อยละของผลผลิต ค่าสี และปริมาณไลโคปิน แสดงในตารางที่ 4 และรูปที่ 1 พบว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ต่อปริมาณร้อยละของผลผลิต ค่าสี และปริมาณไลโคปิน แต่ชนิดของเครื่องมือแยกสกัด และปัจจัยร่วมระหว่าง อุณหภูมิ-เวลาในการให้ความร้อน และชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการแยกเนื้อมะเขือเทศมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) พบว่าการลวกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วแยกเนื้อมะเขือเทศด้วยเครื่องแยกแบบเกลียวหมุนมีปริมาณไลโคปีนมากที่สุด (44.65 มิลลิกรัม/100 กรัม มาตรฐานแห้ง) มีปริมาณผลผลิตที่ได้ร้อยละ 84.50 และมีค่าความสว่างของสี ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง ที่ระดับ 22.66 15.70 และ 21.84 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไลโคปินที่สูงนี้ เป็นผลมาจากเครื่องแยกแบบเกลียวอัด ทำให้เซลล์เนื้อเยื่อมะเขือเทศแตกหลุดออกมามากกว่าเครื่องบีบแบบแรงอัดที่บีบเนื้อมะเขือเทศผ่านผ้ารองมีเนื้อมะเขือเทศออกมาน้อยจึงมีปริมาณไลโคปินต่ำ ซึ่งมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมืองที่ใช้ในการวิจัยนี้มีผิวเปลือกนอกที่บางและพบ รงควัตถุสีแดงในส่วนของเนื้อมะเขือเทศมากดังนั้นจึงคัดเลือกวิธีการเตรียมเนื้อมะเขือเทศ โดยการลวกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วแยกเนื้อมะเขือเทศด้วยเครื่องแยกแบบเกลียวหมุนไปเป็นวัตถุดิบในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปินด้วยเอนไซม์ต่อไป

ตารางที่ 4 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน และชนิดเครื่องมือแยกสกัดเนื้อมะเขือเทศที่มีต่อปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ ค่าสีและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในเนื้อมะเขือเทศ

Treatments			Puree	Color value			TSS
Heating temperature	Heating time	separation equipment	yield (%)	*L**	*a**	*b**	(°Brix)
Temperature at 121 °C	(Total mean)	at 95°C	76.12^{ns}	20.00^{ns}	8.05^{ns}	15.17^{ns}	3.89^{ns}
			77.62	20.50	8.50	18.75	4.20
Heating time	(Total mean)	at 5 min	76.62^{ns}	20.26^{ns}	8.12^{ns}	16.45^{ns}	4.04^{ns}
	at 10 min	77.12		20.24	8.43	17.47	4.06
Equipment	(Total mean)	Hydraulic P.	84.80^{a}	19.70^{b}	2.93^{b}	13.66^{b}	3.56^{ns}
Screw P.			72.00^{b}	24.80^{a}	13.64^{a}	23.81^{a}	4.48
95°C	5 min	Hydraulic P.	93.00^{a}	17.64^{c}	3.84^{d}	12.64	3.52^{e}
		Screw P.	56.54^{f}	23.15^{a}	11.38^{c}	18.44^{b}	4.26^{b}
95°C	10 min	Hydraulic P.	84.50^{b}	17.05^{c}	1.31^{e}	7.26^{d}	3.52^{e}
		Screw P.	71.50^{e}	22.66^{ab}	15.70^{a}	21.84^{b}	4.27^{a}
121°C	5 min	Hydraulic P.	77.10^{c}	18.54^{c}	3.67^{d}	13.25^{c}	3.39^{d}
		Screw P.	78.50^{c}	22.77^{ab}	13.61^{b}	21.98^{b}	5.00^{d}
121°C	10 min	Hydraulic P.	77.55^{c}	17.80^{c}	2.92^{d}	24.22^{a}	3.44^{e}
		Screw P.	75.50^{d}	20.62^{b}	13.81^{b}	20.62^{b}	5.00^{b}

^{ns}ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a, b,\cdots}$อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

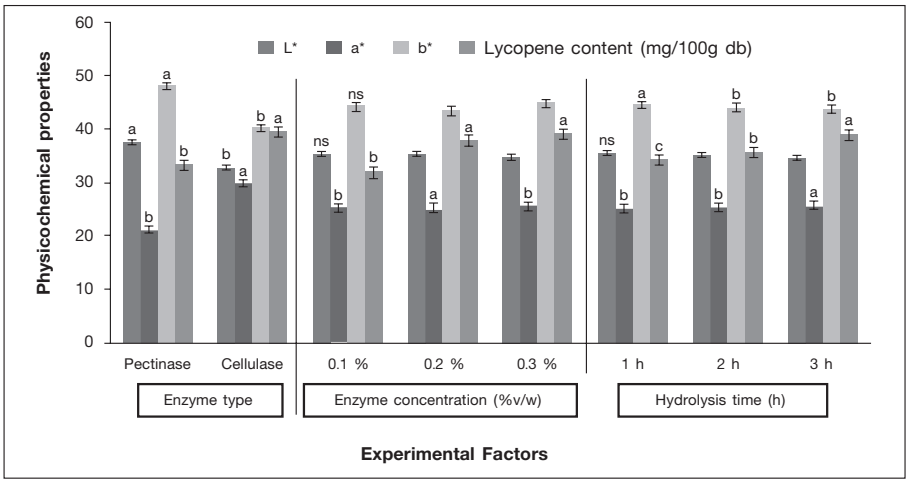


a, b,... อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน และชนิดเครื่องมือแยกสกัดเนื้อมะเขือเทศที่มีต่อปริมาณไลโคปินในเนื้อมะเขือเทศ

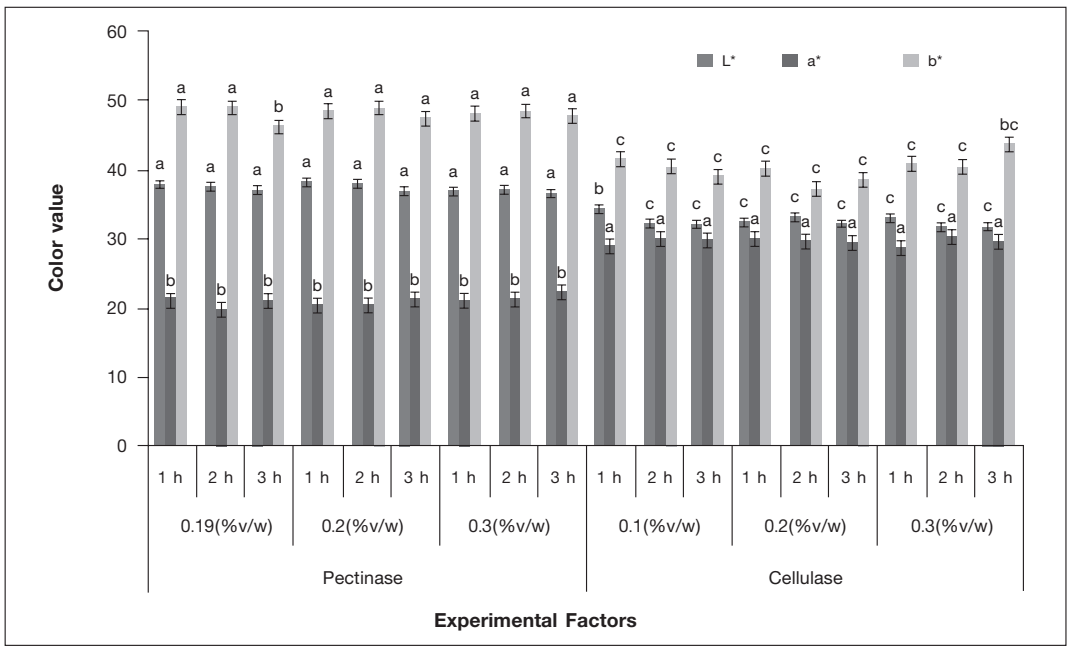
3.3 ผลของระดับเอนไซม์และเวลาที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปินจากเนื้อมะเขือเทศ

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยสกัดไลโคปินจากเนื้อมะเขือเทศ ที่แยกได้จากวิธีการในการทดลองที่ 3.2 ด้วยเอนไซม์เพคติเนส และเซลลูเลส ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการย่อยที่ต่างกัน แสดงใน รูปที่ 2 และ 3 พบว่าปัจจัยด้านชนิดของเอนไซม์มีผลต่อค่าสว่างของสี (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และปริมาณไลโคปินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าในช่วง 31.91 – 37.96, 19.83 – 30.42 และ 37.49 – 49.01 และ 23.90 – 55.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ พบว่าเนื้อมะเขือเทศที่ย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสมีค่าสี a^* และ b^* และปริมาณไลโคปินสูงกว่าเนื้อมะเขือเทศย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์เพคทิเนสมีสมบัติในการย่อยสลายสารเพคตินที่หุ้มเซลล์เนื้อมะเขือเทศออกส่วนเอนไซม์เซลลูเลสมีสมบัติในการย่อยสลายเซลล์เนื้อมะเขือเทศทำให้ไลโคปินที่แทรกอยู่ในเซลล์เคลื่อนที่ออกมาได้มากกว่า [20, 21] ส่วนปัจจัยด้านความเข้มข้นของเอนไซม์ และระยะเวลาในการย่อยพบว่าไม่มีผลต่อค่าความสว่างของสี (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) แต่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ปริมาณไลโคปินในเนื้อมะเขือเทศ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับเอนไซม์และเวลาการย่อยที่เพิ่มขึ้นส่วนค่าสี L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเอนไซม์เพิ่มมากขึ้นและระยะเวลาย่อยนานขึ้นส่วนปัจจัยร่วมระหว่างชนิดเอนไซม์ความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาการย่อยต่อค่าสีและปริมาณไลโคปินพบว่าการสกัดไลโคปินจากเนื้อมะเขือเทศโดยการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับร้อยละ 0.3 นาน 2 ชั่วโมงมีปริมาณไลโคปินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสิ่งทดลองที่ย่อยนาน 3 ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างที่ย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับร้อยละ 0.2 นาน 3 ชั่วโมง มีปริมาณไลโคปิน (54.88 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างมาตรฐานแห้ง) จึงคัดเลือกสิ่งทดลองที่ย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับร้อยละ 0.3 นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปย่อยต่อด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับร้อยละ 0.2 นาน 3 ชั่วโมง ไปเตรียมผลมะเขือเทศเพื่อผลิตไลโคปินผงจากมะเขือเทศด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง



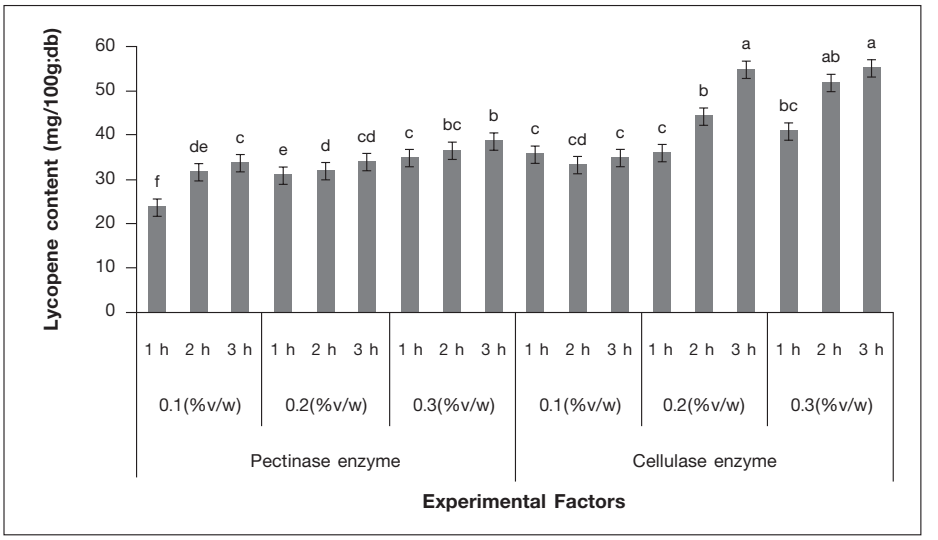
a, b,... อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 2 ผลรวมของปัจจัยด้านชนิดเอนไซม์ ความเข้มข้น และระยะเวลาในการย่อย ที่มีต่อค่าสีและปริมาณไลโคปินในเนื้อมะเขือเทศ



a, b,... อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 3 ผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดเอนไซม์ ความเข้มข้น และระยะเวลาในการย่อย ที่มีต่อค่าสีเนื้อมะเขือเทศ



a, b,... อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 4 ผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดเอนไซม์ ความเข้มข้น และระยะเวลาในการย่อย ที่มีต่อปริมาณไลโคปินในเนื้อมะเขือเทศ

3.4 ผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีต่อค่าสีและปริมาณไลโคปินในมะเขือเทศผง

ผลการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับ 0 5 10 15 และ 20 ของสารละลายเนื้อมะเขือเทศ ที่ผ่านการสกัดไลโคปินด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนสที่ระดับร้อยละ 0.3 (v/w) นาน 2 ชั่วโมง และทำการย่อยต่อด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับร้อยละ 0.2 (v/w) นาน 3 ชั่วโมง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6 พบว่ามะเขือเทศผงที่ได้มีปริมาณผลผลิตมะเขือเทศผงที่ได้ปริมาณความชื้น ปริมาณไลโคปีน ค่าสี L^* a^* และ b^* ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร) และค่าการกระจายตัวและกำลังการพองตัว (กรัม/กรัม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าคุณภาพดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินส่วนค่าร้อยละของการละลายได้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เลือกตัวอย่างมะเขือเทศผงที่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับร้อยละ 5 ซึ่งมีสมบัติทางเคมีและกายภาพที่ดี ไม่จับตัวเป็นก้อนเมื่อเก็บในถุงอลูมิเนียมฟลอย์ ณ อุณหภูมิห้อง นาน 1 เดือน ยังมีปริมาณไลโคปิน 65.86 มิลลิกรัม/100 กรัมมาตรฐานแห้ง ความชื้นร้อยละ 13.54 ให้ปริมาณผลผลิตมะเขือเทศผงที่ได้ร้อยละ 9.94 ของสารสกัดไลโคปินเริ่มต้น มีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 52.06 25.43 25.43 มีค่าความหนาแน่น ค่าการกระจายตัว และกำลังการพองตัว 0.27 (กรัม/มิลลิลิตร)) 80 และ 2.94 (กรัม/กรัม) ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ผลของระดับมอลโตรเด็กซ์ตรินที่มีต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ ปริมาณความชื้น และปริมาณไลโคปินในมะเขือเทศผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Maltodextrin addition (% w/w)	Production yield (%)	Moisture content (%)	Lycopene content (mg/100gdb)
0	4.73±0.98^{e}	16.73±0.06^{d}	79.88±7.29^{d}
5	9.94±0.74^{d}	13.54±0.46^{c}	65.86±0.87^{b}
10	15.65±0.54^{c}	7.52±0.33^{b}	30.08±0.79^{c}
15	22.12±0.88^{b}	4.98±0.06^{a}	19.80±1.22^{d}
20	25.13±0.73^{a}	4.35±0.21^{a}	11.31±1.46^{d}

$^{a, b,\cdots}$อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของระดับมอลโตรเด็กซ์ตรินที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Maltodextrin addition (% w/w)	Color			Bulk density (g/mL)	Dispensa-bility (%)	Swelling power (g/g)	Solubility (%)
	*L**	*a**	*b**				
0	48.40^{a}	28.50^{a}	39.03^{a}	0.25^{e}±0.00	100^{a}±0.00	3.90^{a}±0.08	4.86±0.00^{ns}
5	52.06^{b}	25.43^{b}	35.61^{b}	0.27^{d}±0.01	80^{b}±0.00	2.94^{b}±0.05	4.86±0.04
10	63.29^{c}	18.12^{c}	32.46^{c}	0.40^{a}±0.01	46^{c}±0.00	1.88^{c}±0.10	4.86±0.03
15	68.20^{d}	14.06^{d}	30.58^{d}	0.36^{b}±0.01	30^{d}±1.41	1.40^{d}±0.22	4.85±0.04
20	71.32^{e}	11.76^{e}	28.81^{e}	0.34^{c}±0.01	25^{e}±0.00	1.35^{d}±0.16	4.85±0.00

^{ns}ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

$^{a, b,\cdots}$อักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

4. สรุปผลการทดลอง

ผลมะเขือเทศพื้นเมืองที่เหมาะสมในการสกัดไลโคปิน คือ พันธุ์อีเป่อ เนื่องจากมีปริมาณไลโคปินสูงสุด และมีผิวเปลือกบางเมื่อนำไปแยกเนื้อมะเขือเทศโดยการลวกที่ผลมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 10 นาทีแล้วแยกเนื้อมะเขือเทศด้วยเครื่องแยกแบบเกลียวหมุน นำเนื้อมะเขือเทศที่ได้ไปย่อยด้วยเอนไซม์เพคติเนส (ร้อยละ 0.2 นาน 2 ชั่วโมง) และย่อยต่อเนื่องด้วยเอนไซม์ เซลลูเลส (ร้อยละ 0.2 นาน 3 ชั่วโมง) หยุดการทำงานของเอนไซม์ด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับร้อยละ 5 ของสารละลายมะเขือเทศที่ย่อยสกัดไลโคปินได้ ไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลผลิตมะเขือเทศผงที่ได้ มีปริมาณไลโคปิน 65.86 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่างมาตรฐานแห้ง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัย ในกลุ่ม Hands on Researcher Track 2 (สัญญาเลขที่ HR# 2L-011) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานและเผยแพร่ผลงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

1. Riadh, I., Chafik, H., Marcello, S. L., Imen, T., and Giuseppe D., 2011, “Antioxidant activity and bioactive compound changes during Fruit ripening ofhigh lycopene tomato cultivars”, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol. 24, pp: 588–595.

2. Stahl, W., and Sies, H.,1996, “Perspective in Biochemistry and Biophysics., Lycopene: a Biologically Important Carotenoid for Humans”, *Journal of Biochemistry Biophysics*, Vol. 336, pp. 1-9.

3. Binoy, G., Charanjit, K., Khurdiya, D.S., Kapoor, H.C., 2004, “Antioxidants in tomato (Lycopersiumesculentum) as a function of genotype”, *Journal of Food Chemistry*, Vol. 84, pp. 45–51.

4. Kim,J.Y., Paik,J.K., Kim, O.Y., Park, H.P., Lee,J.H., Jang,Y., Lee,J.H., 2011, “Effects of lycopene supplementation on oxidative stress and markers ofendothelial function in healthy men”, *Atherosclerosis Journal*, Vol. 215, pp. 189–195.

5. Inmaculada, N.G., Veronica, G.V., Javier, G.A., and Periago, M., 2011, “Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber”, *Journal of Food Research International*, Vol. 44, pp. 1528-1535.

6. Manashi, D. P., and Charu L. M., 2011, “Physicochemical properties of five different tomato cultivars of Meghalaya and their suitability in food processing”, *African Journal of Food Science* Vol. 5 (12), pp. 657–667.

7. Ramandeep, K.T. and Geoffrey, P. S., 2005, “Antioxidant activity in differentfractions of tomatoes”, *Food Research International Journal*, Vol. 38, pp. 487–494.

8. Sheetal, M.C. and Laxmi, A., 2007, “Enzyme aided Extraction of Lycopene from Tomato Tissues”, *Food Chemistry Journal*, Vol. 102, pp. 77–81.

9. Kanyakahm, K. and Uriyapongson, J., 2010, “Lycopene extraction from tomato waste by various enzyme and organic acid”, *Journal of Agricultural Science KasetsartUniversity*, Vol. 41(3/1) (special), pp. 289-292. (In Thai)

10. Rustia, J.M. 2003. Spray-drying of tomato (Lycopersiconlycopersicum (L.) Karsten). Master thesis of University Library, University of the Philippines at Los Baños (Philippines) UPLB.

11. Sotikul, A., Suwatthi, W., Boonta,T., and Manisara T., 2010, “Development and improved local tomato and pumpkin line in raining season on 2010”, *Report of completed research*, ATRI, Rajamangala University of Technology Lanna.pp 60-61. (In Thai)

12. AOAC., 2005, "Official Method of Analysis of AOAC International 18thed". The Association of Official Analytical Chemists, *Washington D.C.*, pp. 850 -1030.

13. Davis, A.R., Fish, W.W. and Perkins, P., 2003, "A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato product", *Journal of Postharvest Biology and Technology*. 28: 425–430.

14. Jinapong, N., Suphantharika, M. and Jamnong, P.,2008, "Production of instant soymilk powders by ultra-filtation, spray drying and fluidized bed agglomeration", *Journal of Food Engineering*, Vol. 84. pp. 194-205.

15. Schoch, T.J., 1964, "Swelling Power and Solubility of Granular Starches", In: Methods in Carbohydrate Chemistry, Whistler, R.L., R.J. Smith and J.N. Be Miller (Eds.). Vol. 4, Academic Press, New York, USA., pp: 106-108.

16. Fabiano R. B.C., Derly J. H.S., Paulo C.S., 2010, "Quality of Tomato grown under a protected environment and field conditions", *IDSIA (Chile) Mayo-Agosto*. Vol. 28 (2), pp. 75 - 82.

17. Arias, R., T,C.Lee., L. Logendra and H. Janrs, 2000, "Correlation of lycopene measure by HPLC with the *L**, *a**, *b** color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 48, pp. 1607-1702.

18. Louis C.L., Salma I.Ai H., Jube B. and Madduri V. R., 2010, "Assessment of lycopene content of fresh tomatoes (Lycopersiconesculentum Mill.) and tomato products in the United Emirates, *Journal of Food, Agricultural & Environment*, Vol. 8 (3&4), pp. 142-147.

19. Das, R.D., Hossain, T., Sultana, M.M., Sarwar, G.S.H.M. and Hafiz, M.H.R., 2011, "Effect of different sowing time on the quality of tomato varities", *Bangladesh Research Publications Journal*, Vol. 6(1), pp. 46-51

20. Galicia R.M., VerdeR., Ponce E.,. González R.O, SaucedoC. and Guerrero I., 2008, "stability of lycopene in cv. saladette tomatoes (Lycoper siconesculentum Mill.) stored under different conditions". *Revista Mexicana de IngenieríaQuímica*. Vol. 7, No. 3, pp. 253-262.

21. Tran, M.H., Nguyen, D., Zabaras L., and Vu,T.T., 2008, "Process development of Gac powder by using different enzymes and drying techniques", *Journal of Food Engineering*, Vol. 85, pp. 359–365.

22. Sheetal, M.C. and Laxmi, A., 2007, "Enzyme aided Extraction of Lycopene from Tomato Tissues", *Food Chemistry Journal*, Vol. 102, pp. 77–81