

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2553. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 2.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. สถิติข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี การปลูกพืช. ค้นคว้าได้จาก <http://www.agriinfo.doae.go.th/5year/vegetation/vegetation.php>. เข้าถึงเมื่อ 13 มิถุนายน 2552.
- จันทน์ อริยะพงศ์สรรค์ จินตนาภรณ์ วัฒนธร และนฤมล ลีลาขุวัฒน์. 2552. รายงานวิจัยทุนอุดหนุน การวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2552 เรื่องการ พัฒนาพืชมที่มีสารเส้นใยอาหารสูงและไลโคปีนผงจากกากมะเขือเทศและการศึกษาถึงการ ให้ประโยชน์ด้านสุขภาพ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จินตนา ศรีสุข. 2537. การศึกษาผลของสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีผลต่อคุณภาพสารชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชวนัญญ์ สิทธิจิตกรรัตน์. 2546. การคัดเลือกแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์เพคตินเอสและทดสอบ ประสิทธิภาพของเอนไซม์ในการแยกเปลือกปอสา. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (จุลชีววิทยา). บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 145 หน้า
- นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญชญา เจนวิถีสุข. 2545. แอนติออกซิแดนท์สารต้านมะเร็งในผัก สมุนไพรไทย. เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรินติ้ง เฮาส์.
- นิรนาม. 2552. พฤษศาสตร์สำหรับเยาวชน. ค้นคว้าได้จาก <http://www.dnp.go.th/botany/BFC/fruit.html>. เข้าถึงเมื่อ 13 มิถุนายน 2552.
- ปรางค์ อ่านเปรื่อง. 2547. เอนไซม์ทางอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปาริชาติ สักกะทำนุ. 2540. คุณค่าอาหารเส้นใยบำบัดสารพัดโรค. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รวมธรรม.
- เปี่ยมสุข พงษ์สวัสดิ์. 2551. เอนไซม์ดัดแปรคาร์โบไฮเดรตในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ผาณิต รุจิรพิสิฐ. 2551. องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวร์จากหัวจิ้น. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 28(2) : 168-178.
- พัฒนา เหล่าไพบูลย์. 2547. โครมาโตกราฟีแบบของเหลวความดันสูง. ขอนแก่น: โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

แม่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2534. Principles and Technique of Instrumental Analysis.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ลาวัลย์ ศรีพงษ์. 2543. อัลตราไวโอเลตสเปกโตรสโกปี. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย. 2541. โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนสูง. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สันทนา อมรไชย. 2537. โยอาหาร. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 42(135): 27-33.

สุเมธ ต้นตระกูล และพรเทพ เมฆารักษ์ภิญโญ. 2546. ผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของโยเกิร์ตขึ้นรูป. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) 2(3):233-245.

โอภา วัชรกุลต์ ปรีชา บุญจูง จันทนา บุญชะรัตน์ และมาลีรักษ์ อัดดีสินทอง. 2549. สารต้านอนุมูลอิสระ. กรุงเทพฯ: พี.เอส.พรินท์.

Abushita AA, Daood HG, Biacs PA. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. J Agric Food Chem 48: 2075-2081.

Agarwal S, Rao AV. 2000. Tomato lycopene and its role in health and chronic diseases. Cmaj 163(6):739-744.

Al-Wandawi H, Abdul-Rahman M, Al-Shaikhly K. 1985. Tomato Processing Wastes as Essential Raw Materials Source. J Agric Food Chem 33:804-807.

Alvarado A, Pacheco-Delahaye E, Hevia P. 2001. Value of a tomato byproduct as a source of dietary fiber in rats. Plant Foods for Human Nutrition 56:335-348.

AOAC. 1999. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, 16th ed. AOAC international.

Baghurst PA, Baghurst KI, Record SJ. 1996. Dietary fiber, non-starch polysaccharides and resistant starch-A view. J Food Australia 48(3):S3-S35.

Baysal T, Ersus S, Starmans DAJ. 2000. Supercritical CO₂ Extraction of β -Carotene and Lycopene from Tomato Paste Waste. J Agric Food Chem 48:5507-5511.

Beguin P, Aubert JP. 1994. The biological degradation of cellulose. FEMS Microbiol Rev 13:25-58.

Bhandari BR, Senoussi A, Dumoulin ED. 1993. A Lebert. Spray drying of concentrated fruit juices. Drying Technol 11(5):1081-1092.

Cadoni E, De Griorgi MR, Medda E, Poma G. 2000. Supercritical CO₂ extraction of lycopene and β -carotene from ripe tomatoes. Dyes Pigment 44:27-32.

- Calvo MM, Dado D, Santa-Maria G. 2007. Influence of extraction with ethanol or ethyl acetate on the yield of lycopene, β -carotene, phytoene and phytofluene from tomato peel powder. *Eur Food Res Technol* 224:567-571.
- Capanoglu E, Beekwilder J, Boyacioglu D, Hall R, Vos RD. 2008. Changes in Antioxidant and Metabolite Profiles during Production of Tomato Paste. *J Agric Food Chem* 56:964-973.
- Chang CH, Lin HY, Chang CY, Liu YC. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *J Food Eng* 77:478-485.
- Chen BH, Tang YC. 1998. Processing and stability of carotenoid powder from carrot pulp waste. *J Agric Food Chem* 46:2312-2318.
- Chiu YT, Chiu CP, Chien JT, Ho GH, Yang J, Chen BH. 2007. Encapsulation of lycopene from tomato pulp waste with gelatin and poly (γ -glutamic acid) as carrier. *J Agric Food Chem* 55:5123-5130.
- Claye SS, Idouraine A, Webera CW. 1996. Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. *Food Chem.* 57(2):305-310.
- Delia B, Rodriguez A. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. USA:ILSI Press.
- Helmenstine AM. Lycopene. Available from: <http://www.chemistry.about.com/library/weekly/aa050401a.htm>. Accessed Jan 28, 2004.
- Eastwood M. 1997. Principles of Human Nutrition, Chapman & Hall. London. 565 p.
- Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. 2010. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem* 124:411-421.
- FDA U.S. Food and Drug Administration. 2009. Code of Federal Regulations Title 21, Volume 3. Available from: <http://www.fda.gov/food/default.htm>. Accessed April 1, 2009.
- Ferrary G, Meerdink G, walstra P. 1989. Drying kinetics for a single droplet of skim-milk. *J Food Eng* 10:215-230.
- Ferreres F, Taveira M, Pereira DM, Valentao PC, Andrade P. 2010. Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Seeds: New Flavonols and Cytotoxic Effect. *J Agric Food Chem* 58: 2854-2861.
- Fish WW, Perkins-Veazie P, Collins JK. 2002. A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. *J Food Comp Anal* 15:309-317.

- Gama JJT, Tadiotti AC, Sylos CM. 2006. Comparison of carotenoid content in tomato, tomato pulp and ketchup by liquid chromatography. *Revista Alimentos e Nutrição* 17:353-358.
- Giovannucci E. 1999. Tomatoes, Tomato-based products, Lycopene, and cancer: Review of the Epidemiologic Literature. *J Natl Cancer Inst.* 91:317-331.
- Giuseppe S, Alfonso De G, Giuseppina T, Caterina La P, Annarita P, Barbara N, Rocco De P. 2007. Antioxidant activity and lycopene and β -carotene contents in different cultivars of tomato (*Lycopersicon Esculentum*). *Int J Food Properties* 10:321-329.
- Hart DJ, Scott KJ. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem* 54:101-111.
- Ishida BT, Chapman MH. 2009. Carotenoid Extraction from Plants Using a Novel Environmentally Friendly Solvent. *J Agric Food Chem* 57:1051-1059.
- Johjima T, Ogura H. 1983. Analysis of Tomato γ -Carotenoids by Thin-Layer Chromatography and a *Cis*-form Carotene Newly Identified in Tanerine Tomato. *J Japan Soc Hort Sci* 52(2):200-209.
- Johnson RB. 1991. Spray drying in Food Industry. *FPEI New* 25(1):1-11.
- Knoblich M, Anderson B, Latshaw D. 2005. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. *J. Sci Food Agric* 85:1166-1170.
- Lavecchia R, Zuurro A. 2008. Improved lycopene extraction from tomato peels using cell-wall degrading enzymes. *Eur Food Res Technol* 228:153-158.
- Lin CH, Chen BH. 2003. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography. *J Chromatoqr A* 1012:103-109.
- Luangwichajaroen Y, Siralermukul K, Nimmannit U. 2007. Extractin and Characterization of arabinoxylan hemicellulose from rice bran. 33rd Congress on Science and Technology of Thailand (STT.33) 18 - 20 October 2007 .Walailak University Nakhon Si Thammarat: Thailand.p.4
- Maarit O, Kari H, Marja-Liisa R, Yvonne H, Raimo H. 2001. Supercritical carbondioxide extraction of lycopene in tomato skins. *Eur Food Res Technol* 212:561-565.
- Marion B. 1980. The science of food. (n.p.): Singapore.

- McClain RM, Bausch J. 2003. Summary of safety studies conducted with synthetic lycopene. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 37:274-285
- Olives Barba AI, Cámara Hurtado M, Sánchez Mata MC, Fernández Ruiz V, López Sáenz de Tejada M. 2006. Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β -carotene in vegetables. *Food Chem* 95:328-336.
- Perez-Munoz F, Flores RA. 1997. Characterization of a spray drying system for soymilk. *Drying Technol* 15(3-4):1023-1043.
- Ramandeep KT, Geoffrey PS. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Res Int* 38:487-494.
- Rao AV, Agarwal S. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. *Nutr Res* 19:305-323.
- Rao AV, Waseem Z, Agarwal S. 1998. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Res Int* 31(10):737-741.
- Ribeiro HS, Ax K, Schubert H. 2003. Stability of lycopene emulsions in food systems. *J Food Sci* 68(9):2730-2734.
- Rizvi SSH. 1986. *Supercritical Fluid Processing of Food and Biomaterials*. UK: chemical&Hall.
- Sandmann G. 1994. Carotenoid biosynthesis in microorganisms and plants. *J Biochem* 223:7-24.
- Schoug A, Olsson J, Carlfors J, Schnurer J, Hakansson S. 2006. Freeze-drying of *Lactobacillus coryniformis* Si3-effects of sucrose concentration, cell density, and freeze rate on cell survival and thermophysical properties. *Cryobiology* 53:119-127.
- Sharma SK, Maguer ML. 1996. Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. *Food Res Int* 29:309-375.
- Sheetal MC, Laxmi A. 2007. Enzyme aided extraction of lycopene from tomato tissues. *Food Chem* 102:77-81.
- Shi J, Le Maguer M. 2001. Degradation of lycopene in tomato processing. *Proc. 7th Int. Symp. On Processing Tomato*. Ed. T. K. Hartz. Acta Hort 524.
- Shi J, Yi C, Xue SJ, Jiang Y, Ma Y, Li D. 2009. Effects of modifiers on the profile of lycopene extracted from tomato skins by supercritical CO₂. *J Food Eng* 93:431-436.
- Southgate DAT, Waldron K, Johnson IT, Fenwick GR. 1990. *Dietary Fiber. Chemical and Biological Aspects*. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.

- Spiller AG. 2001. CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. NewYork: CRC Press LLC.
- Stahl W, Sies H. 1996. Perspective in biochemistry and biophysics. lycopene: a biologically important carotenoid for humans. Arch Biochem Biophys 336:1-9.
- Takeoka GR, Dao L, Flessa S, Gillespie DM, Sewell WT, Huebner B, Bertow D, Ebeler SE. 2001 Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. J Agric Food Chem 49:3713-3717.
- Taungbodhitham AK, Jones GP, Wahlquist ML, Briggs DR. 1998. Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoid in fruits and vegetables. Food Chem 63(4):577 – 584.
- Thebaudin JY, Lefebvre AC, Harringtonand M, Bourgeois CM. 1997. Dietary fibres : Nutritional and technological interest. Trends in Food Science and Technology 8(2):41-48.
- Turner C, King JW, Mathiasson L. 2001. Supercritical fluid extraction and chromatography for fat-soluble vitaminanalysis. J Chromatogra 936:215-237.
- Wang CY, Chen BH. 2006. Tomato pulp as source for the production of lycopene powder containing high proportion of *cis*-isomer. Eur Food Res Technol 222:347-353.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC 1999, 930.04)

1.1 อุปกรณ์

- 1.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
- 1.1.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- 1.1.3 ถ้วยหาความชื้น (moisture Can)
- 1.1.4 โดอบแห้ง (dessicator)

1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1.2.1 ชั่งน้ำหนักถ้วยหาความชื้น ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
- 1.2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2-4 กรัม ลงในถ้วยหาความชื้น และบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง
- 1.2.3 นำตัวอย่างเข้าอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 °ซ โดยเปิดฝาถ้วยหาความชื้น และทำการอบนาน 2 ชั่วโมง (หรือจนมีน้ำหนักคงที่)
- 1.2.4 นำตัวอย่างออกมาจากตู้อบลมร้อน โดยปิดฝาถ้วยหาความชื้นทันที จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 1.2.5 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้งแล้วบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

1.3 คำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

2. การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC 1999, 920.152)

2.1 อุปกรณ์

- 2.1.1 อุปกรณ์ย่อยโปรตีน ประกอบด้วยหลอดย่อย (digester tube) ชุดเครื่องย่อยตัวอย่าง (Digester) และชุดดักไอกรด (Exhaust manifold and aspirator)
- 2.1.2 ชุดเครื่องกลั่น (Kjeltec 1002 distilling unit)
- 2.1.3 ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.1.4 ชุดไตเตรท (Digital burett)

2.2 สารเคมี

- 2.2.1 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)
- 2.2.2 ตัวเคตาไลต์ (Kjeltabs)
- 2.2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40% (w/v)
- 2.2.4 สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoaming reagent)

2.2.5 สารละลายกรดบอริก (Boric acid) 4% ผสมอินดิเคเตอร์ (Indicator)

2.2.6 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

2.3.1 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม (วิเคราะห์ blank โดยไม่ใส่ตัวอย่าง) แล้วห่อให้มีดซิด ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน

2.3.2 ใส่ Kjeltabs 1 เม็ด เติมสารป้องกันการเกิดฟอง (antifoaming reagent) ประมาณ 1 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ประมาณ 15 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ Glass bead 2-3 ลูก

2.3.3 ทำการย่อยตัวอย่างบนชุดย่อยตัวอย่างเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงจนได้สารละลายใส จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร

2.2.4 เตรียมขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายกรดบอริกร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้ววางเข้ากับชุดเครื่องกลั่น โดยให้ปลายอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มในสารละลายสารละลายกรดบอริก จากนั้นนำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดกลั่น แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% กลั่นด้วยเครื่องกลั่นไอน้ำ (สารละลายเปลี่ยนสีจากสีม่วงเป็นสีเขียว ถ้ามีก๊าซแอมโมเนีย) กลั่นจนสารละลายในขวดรูปชมพู่มีปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร

2.2.5 นำมาไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 M จนได้สารละลายสีเทา (ถึงจุดยุติ)

2.4 คำนวณหาร้อยละโปรตีน

$$\text{ร้อยละโปรตีน} = \frac{(S-B) \times N \times 1.401 \times F}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

S = ปริมาณกรดที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

B = ปริมาณกรดที่ใช้ไทเทรตสารละลายที่ไม่มีตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ไทเทรต

F = ค่าคงที่ (อาหารทั่วไป = 6.25)

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC 1999, 954.02)

3.1 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec system HT 1045-001)

3.2.2 Thimbles Cellulose 26x60 mm. (Whatman)

3.2.3 ถ้วยสกัด (extraction cup)

3.2.4 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.2.5 โถดูดความชื้น (Dessicator)

3.2 สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (ตัวทำละลายไขมัน)

2. กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman)

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.3.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละเอียดประมาณ 3 กรัม (W_1) บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด จากนั้นนำมาใส่ลงใน thimbles

3.3.2 นำถ้วยสกัด (extraction cups) ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนัก (W_2) แล้วมาเติมปีโตรเลียมอีเทอร์ ประมาณ 50 - 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำถ้วยสกัดใส่เข้าไปในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน

3.3.3 ทำการต้มสกัดไขมัน (boiling) เป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นทำการชะล้างไขมัน (rinsing) เป็นเวลา 30-45 นาที ต่อจากนั้นระเหยตัวทำละลายออกจากถ้วยสกัด

3.3.4 นำถ้วยสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งถ้วยสกัดให้เย็นในโถดูดความชื้น (Dessicator) ชั่งน้ำหนัก (W_3)

3.5 คำนวณปริมาณไขมัน

$$\% \text{ Crude fat} = \frac{(W_3 - W_2)}{W_1} \times 100$$

W_1 = น้ำหนักตัวอย่าง

W_2 = น้ำหนักถ้วยสกัด

W_3 = น้ำหนักถ้วยสกัด + ไขมันจากตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC 1999, 940.26)

4.1 อุปกรณ์

- 4.1.1 ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain or Silica crucible)
- 4.1.2 โถดูดความชื้น (Dessicator)
- 4.1.3 เตาเผา (Muffle furnace)

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

- 4.2.1 ชั่งตัวอย่าง 3-5 กรัม ลงในถ้วยสำหรับหาเถ้า (crucible) บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
- 4.2.2 นำตัวอย่างไปเผาในเตาเผา (Muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 °ซ จนตัวอย่างเป็นสีเทา
- 4.2.3 นำตัวอย่างไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

4.3 คำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ร้อยละเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณใยไม่ละลายน้ำ ใยละลายน้ำ และใยอาหารรวม

5.1 อุปกรณ์

- 1. บีกเกอร์ 400 และ 600 มิลลิลิตร
- 2. Fritted crucible ASTM 40-60 ไมโครเมตร
- 3. ขวดกรองสาร (filtering flask) ขนาด 1 ลิตร
- 4. อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (shaking water bath)
- 5. ไมโครปิเปต
- 6. กระบอกตวงขนาด 500 มิลลิลิตร
- 7. Muffle furnace, 525±5 °ซ

5.2 สารเคมี

- 1. เอทานอล ร้อยละ 95
- 2. เอทานอล ร้อยละ 78
- 3. อะซิโตน
- 4. ชุดเอนไซม์ สำหรับวิเคราะห์ใยอาหารรวม (Total dietary fiber : TDF) ประกอบด้วย
 - 4.1 เอลฟา-อะไมเลส
 - 4.2 โปรติเอส

4.3 อะไมโลกลูโคซิเดส

5. น้ำกลั่น

6. สารช่วยกรอง (celite, acid washed)

7. สารละลายบัฟเฟอร์ (MES/TRIS 0.05M)

8. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก

5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ 2 ใบ สำหรับวิเคราะห์โปรตีน (m1) และเถ้า (m2)



เติมบัฟเฟอร์ (MES/TRIS, 0.05 M) pH 8.2 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร



เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 50 ไมโครลิตร



ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ บ่มที่ 95-100 °ซ 35 นาที



ทิ้งให้เย็นจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 °ซ แล้วเติมสารละลายโปรติเอส 100 ไมโครลิตร



ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ บ่มที่ 60 °ซ 30 นาที



ทิ้งให้เย็น ปรับ pH เป็น 4.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.561 N
แล้วเติมเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส 200 ไมโครลิตร



ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟรอยด์ บ่มที่ 60 °ซ 30 นาที



กรองผ่าน crucible แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำ (70 °ซ) 2 ครั้ง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

ล้างตะกอนด้วย แอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

ล้างตะกอนด้วยอะซิโตน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร



ส่วนที่ผ่านการกรอง (soluble fiber)



ตะกอนที่เหลือ (Insoluble fiber)



↓
เติมแอลกอฮอล์ 95% ที่มีอุณหภูมิ 60 °ซ ปริมาตร 320 มิลลิลิตร

↓
ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง นาน 60 นาที

↓
ล้างตะกอนด้วย แอลกอฮอล์ 78% ปริมาณ 15 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

↓
ล้างตะกอนด้วย แอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 15 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

↓
ล้างตะกอนด้วย อะซิโตน ปริมาณ 15 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

↓
อบใน hot air oven ข้ามคืน

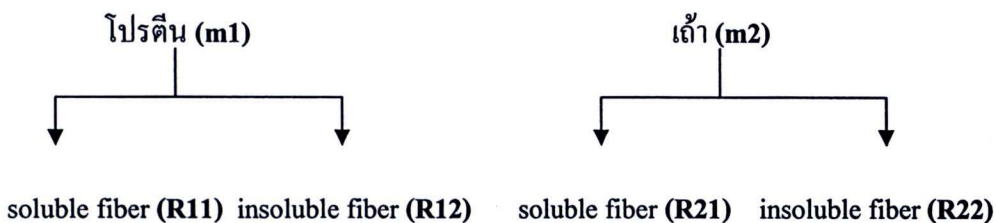
↓
ทิ้งให้เย็นใน Dessicator แล้วชั่งน้ำหนักตะกอน (R1)

↓
อบใน hot air oven ข้ามคืน

↓
ทิ้งให้เย็นใน Dessicator

แล้วชั่งน้ำหนักตะกอน (R2)

สรุปวิธีการหาโดยย่อ



5.4 การคำนวณปริมาณใยอาหาร

$$\text{Soluble fiber (\%)} = \frac{[(R11 + R21) / 2] - p - A - B}{(m1 + m2) / 2} \times 100$$

โดย

R11 = น้ำหนักตะกอนจากส่วน m1

m1 = น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ 1

A = น้ำหนักไขมันจาก R21

R21 = น้ำหนักตะกอนจากส่วน m2

m2 = น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ 2

p = น้ำหนักโปรตีนจาก R11

$$\text{Insoluble fiber (\%)} = \frac{[(R12 + R22) / 2] - p - A - B}{(m1 + m2) / 2} \times 100$$

$$[(m1 + m2) / 2]$$

โดย

R12 = น้ำหนักตะกอนจากส่วน m1

R22 = น้ำหนักตะกอนจากส่วน m2

m1 = น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ 1

m2 = น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ 2

A = น้ำหนักเถ้าจาก R22

p = น้ำหนักโปรตีนจาก R12

B = blank = $[(BR1 + BR2) / 2] - BP - BA$ โดย

BR = ตะกอนของ blank

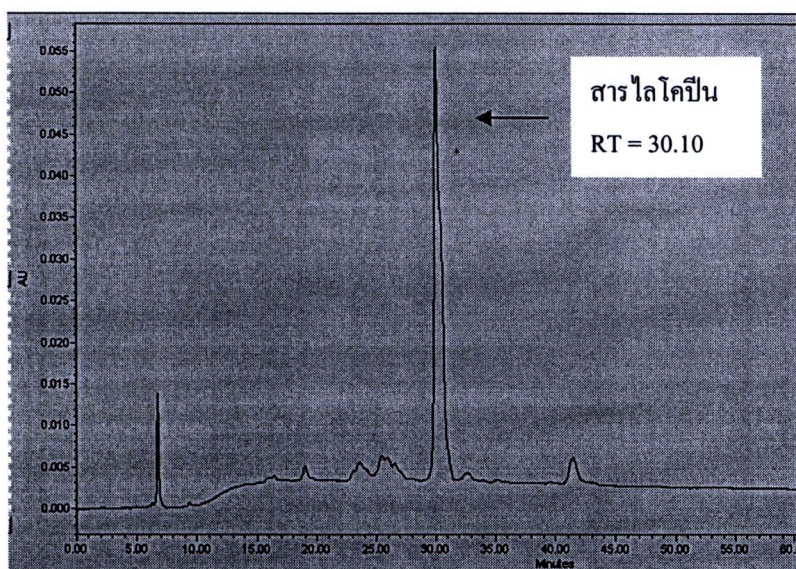
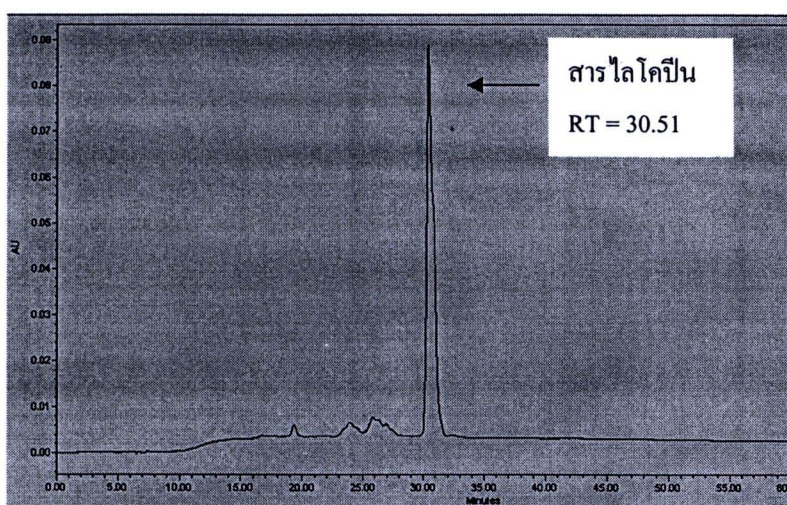
BP = ปริมาณโปรตีนจากส่วน BR1

BA = ปริมาณเถ้าจากส่วน BR2

Total dietary fiber = soluble + insoluble fiber



ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์สารไลโคปีน



ภาพที่ 17 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยการเปรียบเทียบค่า Retention Time (RT) ของสารสกัด ตัวอย่างกับสารมาตรฐานไลโคปีนที่ได้จากโครมาโทแกรมของเครื่อง HPLC

- โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานไลโคปีน ความเข้มข้น 25 ppm
- โครมาโทแกรมของสารสกัดไลโคปีนจากกากมะเขือเทศอบแห้งจากโรงงาน

1. การคำนวณปริมาณไลโคปีนจากวิธีสเปกโตรสโคปี (Fish and others 2002)

วิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเฮกเซนที่สกัดได้จากตัวอย่างกากมะเขือเทศ วัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร และคำนวณปริมาณไลโคปีน (ดังสมการ) โดยไลโคปีนในสารทำละลายเฮกเซนมีค่าคงที่การดูดกลืนแสง (molar extinction coefficient; ϵ) เท่ากับ $17.2 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, มวลโมเลกุลไลโคปีน เท่ากับ 536.9 กรัม

จากกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert Law)

$$A = \epsilon bc$$

A = ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)

ϵ = molar extinction coefficient ($\text{M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) หรือ molar absorptivity index

คือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงโมลาร์ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของสารแต่ละชนิดเป็นค่าคงที่เฉพาะขึ้นกับชนิดของสารที่แต่ละสภาวะของการทดลอง

b = ความหนาของตัวกลางในหน่วยเซนติเมตร

c = ความเข้มข้นของสารในหน่วยโมล/ลิตร

ดังนั้นสามารถหาปริมาณไลโคปีนได้จากสมการ

$$\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ } 503 \text{ nm} = \epsilon (\text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}) \cdot b(\text{cm}) \cdot [\text{ความเข้มข้นไลโคปีน (M)}]$$

$$\text{ความเข้มข้นไลโคปีน (M)} = A_{503} / (17.2 \times 10^4 / \text{M/cm}) (1 \text{ cm})$$

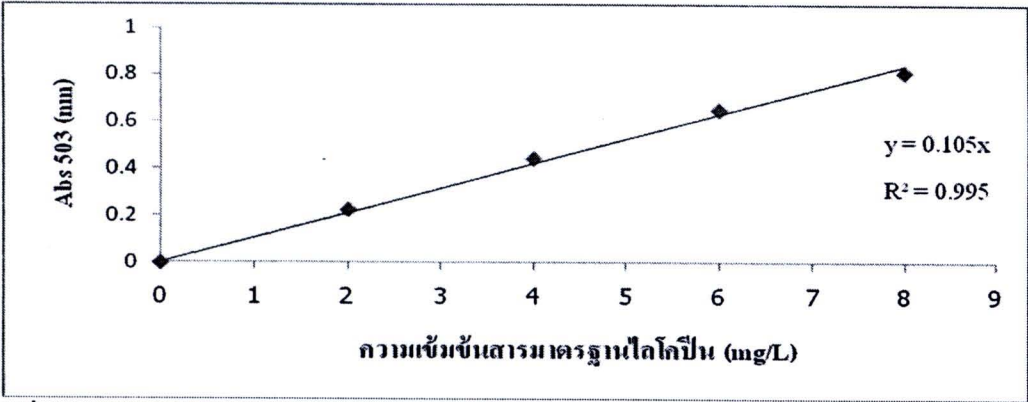
$$= A_{503} / 17.2 \times 10^4 \text{ M}$$

$$\text{ปริมาณไลโคปีน} = \frac{A_{503} \times 536.9 \text{ กรัม} \times 1 \text{ ลิตร} \times 1000 \text{ มก.}}{\epsilon \text{ โมล} \times 1000 \text{ มล.} \times 1 \text{ กรัม}} \times \frac{\text{ปริมาตรสารสกัดในเฮกเซน}}{\text{น้ำหนักกากมะเขือเทศ(กรัม)}}$$

$$\text{ปริมาณไลโคปีน (มก./กก.ตัวอย่าง)} = \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ } 503 \text{ nm} \times 31.2$$

2.1 การทดลองเปรียบเทียบการคำนวณปริมาณไลโคปีน โดยการเทียบกับกราฟความเข้มข้นของสารมาตรฐานไลโคปีนและการใช้ค่าคงที่การดูดกลืนแสง (molar extinction coefficient; ε)

วิธีการทดลอง สร้างกราฟมาตรฐานไลโคปีนที่ความเข้มข้น 2, 4 , 6 และ 8 มิลลิกรัม/ลิตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร แล้วสกัดไลโคปีนจากตัวอย่างกากมะเขือเทศตามวิธีการสกัดในภาพที่ 8 หาปริมาณไลโคปีนโดยนำค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟสารมาตรฐานไลโคปีน (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 กราฟสารมาตรฐานไลโคปีน วัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบการคำนวณปริมาณไลโคปีน โดยการเทียบกับกราฟความเข้มข้นของสารมาตรฐานไลโคปีนและการใช้ค่าคงที่การดูดกลืนแสง (molar extinction coefficient; ε) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร

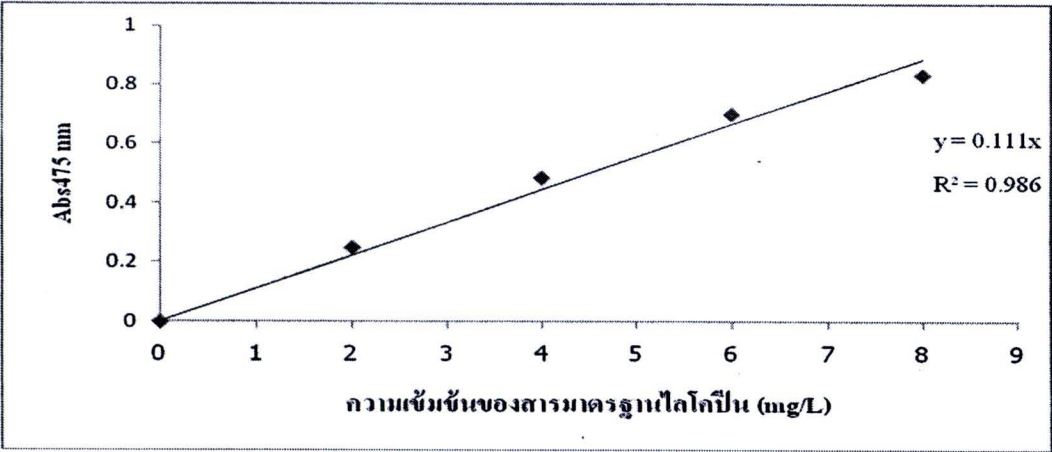
ชนิดกากมะเขือเทศ	ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)	
	คำนวณโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานไลโคปีน	คำนวณด้วยค่าคงที่การดูดกลืนแสง*
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน	35.81 ± 3.21 ^{ns}	30.32 ± 2.45 ^{ns}
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ	41.81 ± 3.80 ^{ns}	35.52 ± 2.91 ^{ns}

เปรียบเทียบแนวนอน ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* คำนวณจากค่าคงที่การดูดกลืนแสง ดังแสดงในภาคผนวก ข(1) (Fish and others 2002)

2.2 การทดลองเปรียบเทียบการวัดปริมาณไลโคปีนที่ความยาวคลื่น 503 และ 475 นาโนเมตร

วิธีการทดลอง สร้างกราฟมาตรฐานไลโคปีน ความเข้มข้น 2, 4 , 6 และ 8 มิลลิกรัม/ลิตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร แล้วสกัดไลโคปีนจากตัวอย่างกามะเขือเทศตามวิธีการสกัดในภาพที่ 8 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 503 และ 475 นาโนเมตร หาปริมาณไลโคปีนโดยนำค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับกราฟสารมาตรฐานไลโคปีนของแต่ละความยาวคลื่น (ภาพที่ 18 และ 19 ตามลำดับ)



ภาพที่ 19 กราฟสารมาตรฐานไลโคปีนวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบการวัดปริมาณไลโคปีนที่ความยาวคลื่น 503 และ 475 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยการใช้วิธีการสร้างกราฟมาตรฐานไลโคปีน

ชนิดกามะเขือเทศ	ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)	
	503 นาโนเมตร	475 นาโนเมตร
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน	35.81 ± 3.21 ^{ns}	38.91 ± 2.38 ^{ns}
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ	41.81 ± 3.80 ^{ns}	44.77 ± 1.13 ^{ns}

เปรียบเทียบแนวนอน ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าปริมาณไลโคปีนจากวิธีการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นั้นผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์แล้วคำนวณโดยสูตรตามวิธีของ (Fish and others 2002) ซึ่งเป็นการคำนวณโดยการใช้ค่าคงที่การดูดกลืนแสง (molar extinction coefficient; ϵ) ของสารไลโคปีนในเฮกเซน (มีค่าเท่ากับ $17.2 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) ซึ่งได้สรุปว่าสูตรนี้สามารถใช้ในการคำนวณปริมาณไลโคปีนได้โดยไม่ต้องทำการกราฟจากไลโคปีนมาตรฐานอีก แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างจากการคำนวณใช้สูตรและการใช้กราฟมาตรฐานของผู้วิจัยเอง ดังตารางที่ 26 (ภาคผนวก ข) ซึ่งผลพบว่าการคำนวณจากการใช้สูตรของค่าคงที่และค่าที่ได้จากกราฟมาตรฐานที่ทำจากงานวิจัยนี้แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าที่คำนวณจากค่าคงที่ของ Fish and others (2002) ให้ค่าต่ำกว่าค่าที่คำนวณจากกราฟมาตรฐาน ร้อยละ 11.47-11.75 (แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 26 ในภาคผนวก ข)

ค่าดูดกลืนแสงที่ต่างกันในการทดลองนี้ได้ใช้ค่าการดูดกลืนแสงในการวัดโดยวิธีสเปกโตรสโคปี ที่ 503 นาโนเมตร และ HPLC ที่ 475 นาโนเมตร ซึ่งยังอยู่ในช่วงการดูดกลืนแสงของไลโคปีน (Lavecchia and Zuorro 2008) อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองให้เป็นที่น่าเชื่อถือได้นั้น จึงได้วัดและเปรียบเทียบผลการวัดปริมาณไลโคปีนจากการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทั้ง 2 ค่าการดูดกลืนแสง (475 และ 503 นาโนเมตร) พบว่า จากการวัดโดยใช้การดูดกลืนแสงของทั้ง 2 ค่านี้ ให้ผลของปริมาณไลโคปีนที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าที่วัดการดูดกลืนแสงที่ 475 นาโนเมตร สูงกว่า (แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ) เพียงร้อยละ 6.42-7.9 (ดังตารางที่ 27 ในภาคผนวก ข) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการคำนวณหาปริมาณไลโคปีนนั้นสามารถใช้วิธีการคำนวณโดยใช้สูตรของ Fish and others (2002) ซึ่งใช้ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง (ϵ) หรือการใช้กราฟจากสารมาตรฐานที่ทำขึ้นเองอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ และการวัดการดูดกลืนของแสงที่ 475 หรือ 503 นาโนเมตรก็ได้ โดยที่ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นในกากมะเขือเทศสดจากโรงงาน
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	13785.650	2	6892.825	5656.655	0.000*
Error	10.967	9	1.219		
Total	25418.972	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันในกากมะเขือเทศสดจากโรงงาน
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	0.051	2	0.025	0.417	0.051
Error	0.548	9	0.061		
Total	95.237	12			

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนในกากมะเขือเทศสดจากโรงงาน
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	6.345	2	3.172	3.047	0.098
Error	9.371	9	1.041		
Total	2903.968	12			

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าในกากมะเขือเทศสดจากโรงงาน
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	0.114	2	0.057	2.030	0.187
Error	0.253	9	0.028		
Total	272.268	12			

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณใยอาหารไม่ละลายน้ำในกากมะเขือเทศสด
จากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจาก
กากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	34659.532	1	34659.532	44435.029	0.000*
Error	7.020	9	0.780		
Total	34679.219	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณใยอาหารละลายน้ำในกากมะเขือเทศสด
จากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจาก
กากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	34659.532	1	9.483	2	4.742
Error	8.906	9	0.990		
Total	1191.575	12			

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณใยอาหารรวมในกากมะเขือเทศสด
จากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจาก
กากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	0.948	2	0.474	0.388	0.689
Error	10.996	9	1.222		
Total	48598.027	12			

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L*) ในกากมะเขือเทศสด
จากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจาก
กากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	412.949	2	206.474	399.253	0.000*
Error	7.757	15	0.517		
Total	37904.839	18			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีแดง (a*) ในกากมะเขือเทศสดจากกากโรงงาน
ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมใน
ห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	78.261	2	39.131	48.785	0.000*
Error	12.032	15	0.802		
Total	1987.573	18			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีเหลือง (b*) ในกากมะเขือเทศสดจากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	284.774	2	142.387	175.419	0.000*
Error	12.175	15	0.812		
Total	5918.483	18			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า hue (h*) ในกากมะเขือเทศสดจากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	309.406	2	154.703	30.695	0.000*
Error	75.598	15	5.039		
Total	64040.5	18			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนในกากมะเขือเทศสดจากกากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	437.590	2	218.795	22.998	0.000*
Error	85.625	9	9.514		
Total	7269.419	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้จากผงมะเขือเทศ
อบแห้งจากกากโรงงานโดยการใช้เอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเอนไซม์ต่างๆ

Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Enzyme	15.379	1	15.379	27.489	0.000*
Time	43.918	4	10.980	19.625	0.000*
Enzyme * Time	31.229	4	7.807	13.955	0.000*
Error	5.595	10	0.559		
Total	14869.408	20			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนที่สกัดได้จากผงมะเขือเทศ
อบแห้งจากกากโรงงานโดยการใช้เอนไซม์และตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Solvent	622.926	2	311.463	429.641	0.000*
Error	2.175	3	0.725		
Total	9655.490	6			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนที่สกัดโดยใช้ Enz A ร่วมกับ
สารทำละลายอินทรีย์เอทิลอะซีเตตในกากมะเขือเทศชนิดต่างๆ และวิเคราะห์ปริมาณ
ไลโคปีนด้วยวิธี HPLC

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	8379.285	2	4189.642	159.624	0.000*
Error	236.222	9	26.247		
Total	85949.425	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนที่สกัดโดยใช้ Enz A ร่วมกับสาร
ทำละลายอินทรีย์เอทิลอะซิเตตในกากมะเขือเทศชนิดต่างๆ และวิเคราะห์ปริมาณ
ไลโคปีนด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	4128.492	2	2064.246	131.329	0.000*
Error	141.463	9	15.718		
Total	41081.974	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วย ABTS assay
ของสารสกัดจากกากมะเขือเทศชนิดต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	335.317	2	167.659	26.873	0.000*
Error	56.149	9	6.239		
Total	1680.682	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี
Reducing power ของสารสกัดจากกากมะเขือเทศชนิดต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	736.120	2	368.060	5.983	0.022*
Error	553.618	9	61.513		
Total	65110.946	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากกากมะเขือเทศชนิดต่างๆสกัดโดยใช้ Enz A ร่วมกับเอทิลอะซิเตต

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	0.163	2	0.081	35.301	0.000*
Error	0.021	9	0.002		
Total	5.559	12			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่ากิจกรรมของน้ำ (A_w) ของไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lycopene powder	0.007	1	0007	396.302	0.000*
Error	0.000	6	2×10 ⁻⁵		
Total	1.067	8			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไลโคปีนของไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยวิธีต่างกัน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lycopene powder	448.931	1	448.931	58.157	0.017*
Error	15.439	2	7.719		
Total	6943.332	4			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วย ABTS assay ของไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lycopene powder	7.497×10^{-5}	1	7.497×10^{-5}	0.463	0.522
Error	0.001	6	0.000		
Total	0.213	8			

ตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Reducing power ของไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lycopene powder	9.114	1	9.114	163.863	0.000*
Error	0.334	6	0.056		
Total	101.627	8			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวิธีต่างกัน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lycopene powder	0.005	1	0.005	38.063	0.001*
Error	0.001	6	0.000		
Total	0.099	8			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำ (A_w)
ในไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	0.000	1	0.000	0.013	0.911
Storage time	0.000	3	0.000	5.223	0.006*
Temp * Storage time	0.000	3	0.000	0.723	0.548
Error	0.001	24	0.000		
Total	5.063	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*)
ในไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	2.755	1	2.755	2.679	0.115
Storage time	42.429	3	14.143	13.752	0.000*
Temp * Storage time	3.872	3	1.291	1.255	0.312
Error	24.683	24	1.028		
Total	147602.786	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*) ในไลโคปีนสกัด
ชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่ออุณหภูมิและระยะ เวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	3.885	1	3.885	347.302	0.000*
Storage time	3.013	3	1.004	89.767	0.000*
Temp * Storage time	1.302	3	0.434	38.801	0.000*
Error	0.268	24	0.011		
Total	569.845	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ในไลโคปีนสกัด
ชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่ออุณหภูมิและระยะ เวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	2.415	1	2.415	12.081	0.002*
Storage time	1.188	3	0.396	1.982	0.144
Temp * Storage time	1.778	3	0.593	2.965	0.052
Error	4.797	24	0.200		
Total	25317.615	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคปีนในไลโคปีน
สกัดชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ
รักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	88.478	1	88.478	22.247	0.002*
Storage time	537.915	3	179.305	45.084	0.000*
Temp * Storage time	39.326	3	13.109	3.296	0.079
Error	31.817	8	3.977		
Total	27573.450	16			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ
ด้วย ABTS assay ในไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่อ
อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	2.983×10^{-3}	1	2.983×10^{-3}	1.178	0.288
Storage time	6.109×10^{-2}	3	2.036×10^{-2}	8.045	0.000*
Temp * Storage time	1.202×10^{-3}	3	4.005×10^{-4}	0.158	0.923
Error	6.074×10^{-2}	24	2.531×10^{-3}		
Total	18.469	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการด้านอนุมูลอิสระ
โดยวิธี Reducing power ในไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้ง
ต่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	1.688	1	1.688	31.782	0.000*
Storage time	7.777	3	2.592	48.813	0.000*
Temp * Storage time	0.564	3	0.188	3.5449	0.030*
Error	1.274	24	0.053		
Total	437.045	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก
ทั้งหมดในไลโคปีนสกัดชนิดผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระเหิดแห้งต่ออุณหภูมิและ
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Temp	5.19×10^{-5}	1	5.19×10^{-5}	1.344	0.258
Storage time	0.010	3	0.004	90.989	0.000*
Temp * Storage time	7.68×10^{-5}	3	2.55×10^{-5}	0.662	0.583
Error	9.27×10^{-4}	24	3.86×10^{-5}		
Total	0.415	32			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิต (yield) ของผงใยอาหารละลายน้ำ
ที่สกัดด้วยเอนไซม์ Enz A จากกากมะเขือเทศจากโรงงาน ผงมะเขือเทศอบแห้ง
จากกากโรงงาน และผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	6.935	2	3.467	37.681	0.007*
Error	0.276	3	0.092		
Total	145.355	6			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณร้อยละใยละลายน้ำในผงใยละลายน้ำ
ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผงที่สกัดด้วยเอนไซม์ Enz A ที่เตรียมได้จากกากมะเขือเทศ
ชนิดต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tomato type	0.597	2	0.298	0.115	0.895
Error	7.786	3	2.595		
Total	10472.511	6			

ตารางที่ 62 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการคำนวณปริมาณไลโคปีน โดยการเทียบกับ
กราฟความเข้มข้นของสารมาตรฐานไลโคปีนและการใช้ค่าคงที่การดูดกลืนแสง (ε)
ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร ในผงมะเขือเทศ
อบแห้งจากกากโรงงาน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Method	30.061	1	30.061	3.687	0.195
Error	16.308	2	8.154		
Total	4419.544	4			



ตารางที่ 63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการคำนวณปริมาณไลโคปีน โดยการเทียบกับกราฟความเข้มข้นของสารมาตรฐานไลโคปีนและการใช้ค่าคงที่การดูดกลืนแสง (ϵ) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร ในผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Method	39.596	1	35.596	521.539	0.204
Error	22.928	2	11.464		
Total	6041.542	4			

ตารางที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดปริมาณไลโคปีนที่ความยาวคลื่น 503 และ 475 นาโนเมตร ในผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากโรงงาน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Wave length	9.691	1	9.691	1.215	0.204
Error	15.948	2	7.974		
Total	5609.593	4			

ตารางที่ 65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดปริมาณไลโคปีนที่ความยาวคลื่น 503 และ 475 นาโนเมตร ในผงมะเขือเทศอบแห้งจากกากเตรียมในห้องปฏิบัติการ

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Wave length	8.776	1	8.776	1.114	0.402
Error	15.754	2	7.877		
Total	7520.462	4			

