

ผลของมอลโทเดกซ์ทรีนต่อความคงสภาพของสารสกัดมะตูมที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย

Effect of Maltodextrin on Stability of Spray-Dried Aegle Marmelos Fruit Extract

สมชาย หลวงสนาม^{1*}
Somchai Luangsanam^{1*}

บทคัดย่อ

ผลมะตูม (*Aegle marmelos* (L.) เป็นสมุนไพรที่อุดมไปด้วยสารมีฤทธิ์ทางชีวภาพ สารสกัดหรือน้ำมะตูมจึงเป็นเครื่องดื่มน่าจะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ การแปรรูปให้เป็นผงแห้งจะทำให้สะดวกต่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเก็บรักษาและขนส่ง แต่ในการทำให้แห้งพบปัญหาจากการที่อนุภาคหลอมติดกับเครื่องมือส่งผลให้สูญเสียผลผลิต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนที่เหมาะสมในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยและความคงสภาพของสารสกัดมะตูมที่เก็บในอุณหภูมิห้องและป้องกันแสงเป็นเวลา 7 เดือน จากการศึกษาพบว่า ผงมะตูมที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรีนร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 มีผลผลิตร้อยละ 2.98, 15.48, 26.31 และ 22.55 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 5.27, 9.88, 11.49 และ 13.30 ไมโครเมตร ตามลำดับ จะเห็นว่าผลผลิตและขนาดอนุภาคของผงมะตูมเพิ่มขึ้นตามปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน สีของผงมะตูมอ่อนลงและมีการกระจายตัวของอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนมีผลต่อการเพิ่มความชื้นและช่วยลดการทำลายฟลาโวนอยด์ โดยผงมะตูมที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรีนร้อยละ 60 มีความชื้นและปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ผลการศึกษาความคงสภาพ พบว่า การผสมมอลโทเดกซ์ทรีนร้อยละ 60 จะช่วยควบคุมความชื้นของผงมะตูมให้คงที่และช่วยให้ฟลาโวนอยด์คงสภาพ สรุปว่าสภาวะดังกล่าวช่วยเพิ่มความคงสภาพของผงมะตูมและเหมาะสมต่อกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย แต่อาจต้องปรับสภาวะการพ่นให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต

คำสำคัญ: มะตูม มอลโทเดกซ์ทรีน ความคงสภาพ

Abstract

Aegle marmelos (L.) Correa ex Roxb. (Rutaceae) fruit consists of various biological active substances. Thus, the fruit extract or fruit juice has potential to be formulated as nutraceutical products. The drying of the fruit extract would provide the advantages of processing to various health products as well as preservation and transportation. However, on spray drying, the powder particles stick to one another and to the walls of the dryer, leading to the operational problems and low product yield. Thus, this study is aimed to investigate the optimum concentration of maltodextrin in the spray dry process of *A. marmelos* fruit extract and to test the stability of the powder during seven-month storage in the dark with ambient temperature. The results exhibited that when maltodextrin was added to the extracts at 0, 20, 40, and 60%, yields of the powder were 2.98, 15.48, 26.31 and 22.55%, with the particle size at 5.27, 9.88, 11.49, and 13.30, respectively. Maltodextrin could fade the colour of the powder and scatter the particles. Maltodextrin affected the moisture and preserved flavonoid during spray drying. The powder with 60% maltodextrin had higher moisture content and higher flavonoid content, comparing to other samples. Stability study revealed that 60% of maltodextrin was suitable to maintain moisture content and could support flavonoid stability. It is concluded that 60% of maltodextrin was an appropriate supporting material in the spray dry process of *A. marmelos*

¹ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120

¹ Faculty of Pharmacy, Srinakharinwirot University, Ongkarak, Nakhonnayok, 26120

*Corresponding author: e-mail: somchail@g.swu.ac.th

Received: June 30, 2020, Accepted: August 3 2020, Published: September 6, 2020



fruit extract and could be used to prolong the stability of the powder. However, an optimum condition should be investigated to increase the yield of spray-dried product.

Keywords: *Aegle marmelos*, maltodextrin, stability

บทนำ

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบบูรณาการองค์ความรู้ทางเภสัชกรรม โดยมุ่งเน้นให้นักศึกษามีความรู้ สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกัน สามารถคิดวิเคราะห์ การตกผลึกทางความคิดและการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดการสร้างสรรค่นวัตกรรมใหม่ ๆ จึงเกิดแนวคิดในการจัดเตรียมการเรียนการสอนแบบบูรณาการในวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีเภสัชกรรมและเภสัชเวท ในฐานะนักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาแนวทางในการออกแบบปฏิบัติการร่วมระหว่าง 2 สาขาวิชา และได้ทำงานวิจัยนี้เพื่อหาแนวทางการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรที่สนใจ รวมทั้งศึกษาสภาวะในการแปรรูปวัตถุดิบและทดสอบการคงสภาพเพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ทราบแนวทางการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ระยะเวลา ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนาทักษะของผู้วิจัยในการใช้เครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนและการวิจัย

ในตำรายาไทยใช้ผลมะตูมอ่อน (*Aegle marmelos* (L.) Correa ex Roxb. วงศ์ Rutaceae) (Department of medical sciences, Ministry of public health, 2018) ซึ่งมีรสหอมร้อนซ่าเป็นยาบำรุงธาตุ ขับผายลม เจริญอาหาร ผลมะตูมอุดมไปด้วยน้ำมันระเหย สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคูมาริน สารสกัดจากผลมะตูมที่สกัดโดยใช้เมทานอลมีฤทธิ์กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน (Lambote *et al.*, 2010) ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการสกัดเนื้อผลมะตูมด้วยน้ำ โดยใช้วิธีทดสอบในหลอดทดลอง เช่น DPPH assay, reducing power assay, nitric oxide scavenging assay, ABTS radical scavenging assay, H₂O₂ scavenging assay พบว่า มีฤทธิ์ดี (Rajan *et al.*, 2011) ในการแปรรูปสารสกัดจากสมุนไพรที่อยู่ในรูปของเหลวให้อยู่ในรูปผงแห้งเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้ประโยชน์ นิยมใช้เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) เนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้น ได้ผลผลิต (yield) ปริมาณมากและสามารถใช้ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ แต่วิธีการดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดสำหรับสมุนไพรบางชนิด เช่น สารสกัดจากผลไม้ที่มีน้ำตาลและน้ำมันหอมระเหยเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย สารที่ได้มักจะหลอมติดกับเครื่องมือและจับกันเป็นก้อนทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตและไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ ผลมะตูมเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ และการทำน้ำมะตูมให้แห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยจะสูญเสียสารสกัดจากการหลอมติดเครื่องมือเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้สารบางชนิดเป็นตัวพาเพื่อให้สารสกัดยึดเกาะซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียผลผลิต นอกจากนี้การทำสารสกัดให้เป็นผลแห้งยังช่วยลดปัญหาในการจัดเก็บ ช่วยให้ขนส่งสะดวกขึ้น และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้สะดวก

สารที่นิยมใช้เป็นตัวพาในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เดกซ์แทรน (dextran) เซลลูโลส (cellulose) มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) กัมอารบิก (arabic gums) อะการ์ (agar) เป็นต้น (Lee *et al.*, 2018) มอลโทเดกซ์ทรินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ได้จากการย่อยโมเลกุลแป้งให้เป็นสายสั้น มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี เป็นตัวพาชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารประเภทผงแห้ง เช่น เครื่องดื่มผงชนิดต่าง ๆ มอลโทเดกซ์ทรินยังช่วยเป็นสารป้องกันการเกาะเป็นก้อน (anticaking agent) และช่วยเพิ่มเนื้อ (bulking property) ในอาหารประเภทผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย และมีราคาไม่สูง (Bae and Lee, 2008)

จากการศึกษาผลของอุณหภูมินำเข้า (inlet temperature) ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดจากผล Jamun โดยใช้สารสกัดผสมกับมอลโทเดกซ์ทรินที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 อัตราการพ่น (feed flow rate) 10 มิลลิลิตรต่ออนาที พบว่า อุณหภูมินำเข้าช่วง 140 – 160 องศาเซลเซียสจะทำให้ได้ผงของสารสกัดที่มีขนาดอนุภาคเหมาะสม มีการเกาะกลุ่มกันน้อย และมีความชื้นต่ำ (Swaminathan *et al.*, 2015) การศึกษาประสิทธิภาพของมอลโทเดกซ์ทรินและผลของระดับอุณหภูมิในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดมะขาม พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ทริน จะทำให้ผงของสารสกัดมีสีอ่อนลง ความเป็นกรดลดลง ผงของสารมีลักษณะการกระจายตัวดีขึ้น (Ekpong *et al.*, 2016) การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ของโปรตีนและมอลโทเดกซ์ทรินในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัด bayberry พบว่า อนุภาครวมที่มีมอลโทเดกซ์ทรินเป็นส่วนประกอบจะช่วยให้ผงของสารสกัดมีความหนืดลดลง และมีค่า Tg (glass transition) เพิ่มขึ้น (Zhongxiang and Bhesh, 2012) การศึกษาผลของมอลโทเดกซ์ทรินต่อความคงสภาพของสารสกัด blackberry พบว่า มอลโทเดกซ์ทรินช่วยลดการเสียดสีของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัด blackberry และช่วยให้คงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้นานขึ้น (Cristhiane *et al.*, 2013)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่มีความเหมาะสมสำหรับให้สารสกัดเกาะได้ดี และไม่ลอมติดกับเครื่องมือซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียสารสกัดในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดมะตูม โดยใช้อุณหภูมินำเข้าช่วง 140 – 160 องศาเซลเซียสซึ่งมีรายงานว่าส่งผลให้ได้ผงของสารสกัดที่มีขนาดอนุภาคเหมาะสม มีการเกาะกลุ่มกันน้อย และมีความชื้นต่ำ (Swaminathan *et al.*, 2015) และจากการที่มอลโทเดกซ์ทรินมีผลต่อความคงสภาพของสารสกัด ดังนั้นจึงได้ทดสอบความคงสภาพของสารสกัดโดยการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ วัดค่าความชื้น (loss on drying) และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารสกัดมะตูมที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 เดือน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่มีความเหมาะสมในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดมะตูม โดยประเมินจากปริมาณผลผลิต (yield) ที่ได้ และความคงสภาพของสารสกัดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 เดือน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเตรียมการเรียนการสอนแบบบูรณาการในวิชาปฏิบัติการเภสัชกรรมเทคโนโลยีและปฏิบัติการเภสัชเวช

ระเบียบวิธีวิจัย

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

มอลโทเดกซ์ทริน (ZhuchengDongxiao Biotechnology co.,Ltd, China), สารมาตรฐานของสารเคอเซทิน (Sigma, India), อะลูมิเนียมคลอไรด์ (Ajax Finechem Pty Ltd, Australia), โพแทสเซียมอะซีเตต (Kemaus, Australia) และ เอทานอล (Merch, Germany)

การเตรียมน้ำมะตูม

ใช้ผลมะตูมแห้งจากสวนวนเกษตร อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา การเตรียมน้ำมะตูมเริ่มจากล้างผลมะตูมแห้ง แล้วอบที่ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นบดเป็นผง ชั่งผงมะตูม 50 กรัม เติมน้ำในน้ำเดือดปริมาตร 1 ลิตร และต้มต่ออีก 10 นาที รอให้เย็นแล้วกรองเอาเฉพาะส่วนใส

การทำแห้งแบบพ่นฝอย

ดัดแปลงวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยตามวิธีของ Swaminathan *et al.* (2015) โดยการละลายมอลโทเดกซ์ทรินในสารสกัดมะตูมให้มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ นำไปพ่นฝอยด้วยเครื่อง Buchi Mini Spray Dryer, B-290 (Germany) โดยกำหนดสภาวะดังนี้ inlet temperature 150 องศาเซลเซียส, pump rate 10 เปอร์เซ็นต์ (feed flow 2 มิลลิลิตรต่อนาที), drying air rate 473 ลิตรต่อชั่วโมง (Rotameter height 40 มิลลิลิตร), atomization air pressure 0.41 บาร์, aspirator 100 เปอร์เซ็นต์ (airflow 38 ตารางเมตรต่อชั่วโมง), nozzle เส้นผ่าศูนย์กลาง 700 ไมโครเมตร จากนั้นเก็บตัวอย่างในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่บดแสง และเก็บในตู้กันความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพ

วัดปริมาณความชื้น (loss on drying) โดยใช้ moisture analyzer (Scaltec) ให้ความร้อน 130 องศาเซลเซียสและแสดงผลเป็นน้ำหนักที่หายไปหน่วยร้อยละ วัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH meter (Orion) วัดขนาดอนุภาคโดยใช้ Mastersizer2000 (Malvern) และศึกษาลักษณะอนุภาคด้วย scanning electron microscope (SEM) (Jeol) ใช้โปรแกรมการประมวลผลภาพ Sem Afore กำลังขยาย 1,000 – 2,000 เท่า

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ตามวิธีของ Wani and Saima (2017) โดยการละลายผงสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยใน 30% เอทานอล ให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตัวอย่างที่มีมอลโทเดกซ์ทรินเตรียมโดยคำนวณให้มีผงสารสกัดที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นดูดสารละลายจำนวน 0.5 มิลลิลิตร มาผสมกับเอทานอล (5 มิลลิลิตร) 10% อะลูมิเนียมคลอไรด์ (0.1 มิลลิลิตร) 1 โมลาร์ โพแทสเซียมอะซีเตต (0.1 มิลลิลิตร) และน้ำกลั่น (2.8 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากันและพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Visible Spectrophotometer (Perkin Elmer) ที่ความยาวคลื่น 383 นาโนเมตร คำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์จากกราฟมาตรฐานของเคอเวเซทินในหน่วยไมโครกรัมสมมูลของเคอเวเซทินต่อมิลลิกรัมสารสกัด

การศึกษาความคงสภาพ

เก็บสารสกัดในตู้กันความชื้นที่อุณหภูมิห้องและป้องกันแสง วัดปริมาณความชื้น วัดค่าความเป็นกรดต่าง และวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวม ที่เวลา 0 - 7 เดือน

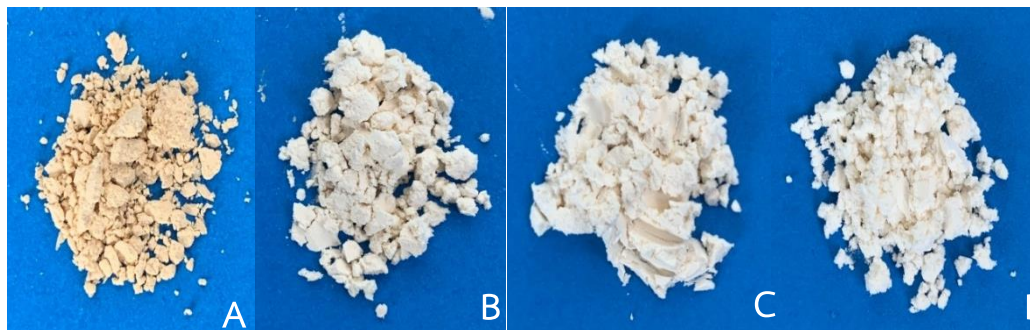
ผลการวิจัย

ปริมาณผงสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 ตามลำดับมีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 2.98, 15.48, 26.31 และ 22.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จะเห็นว่าปริมาณร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นตามปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน อย่างไรก็ตามหากมีปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินมากเกินไปจะทำให้สารละลายมีความหนืดสูง เมื่อนำไปพ่นฝอยจะทำให้ผงของสารติดที่เครื่องมือและเกิดการสูญเสีย ดังนั้นอาจต้องปรับสภาวะการพ่นให้เหมาะสมกับความหนืดของสารละลายเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

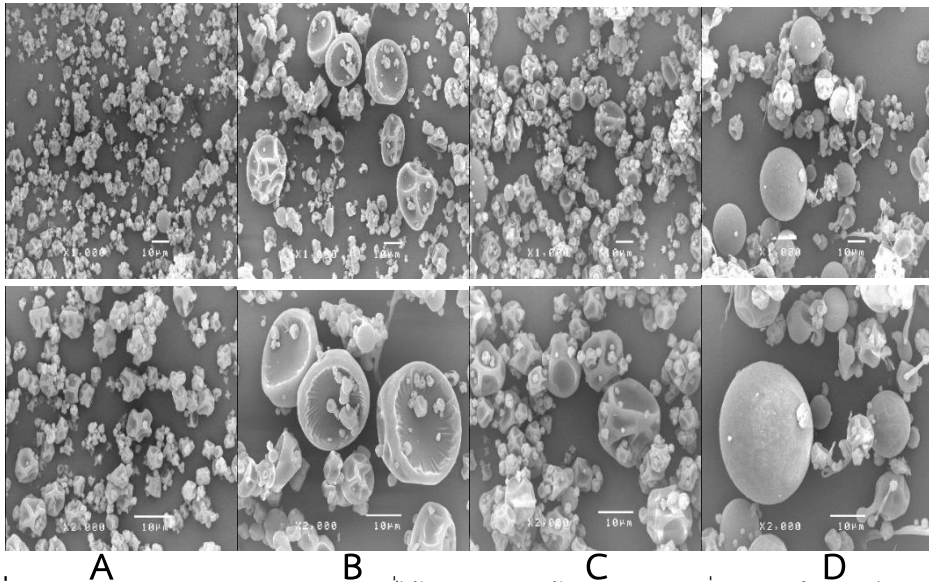
ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของผงสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 ตามลำดับ และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 7 เดือน

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ร้อยละผลผลิต			ค่าเฉลี่ย	การเปลี่ยนแปลง(ร้อยละ)
	1	2	3		
0	2.96	2.95	3.04	2.98	0.05
20	15.62	15.10	15.71	15.48	0.33
40	26.24	27.09	25.61	26.31	0.74
60	23.35	22.37	21.93	22.55	0.73

สีของผงสารสกัดอ่อนลงเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (ภาพที่ 1) ผงสารสกัดที่ไม่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินจะเกาะกลุ่มเป็นก้อน ในขณะที่ผงของสารสกัดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินมีการกระจายตัวของอนุภาคดีกว่าเมื่อไม่มีมอลโทเดกซ์ทริน และสังเกตได้ว่าลักษณะของมอลโทเดกซ์ทรินในสารสกัดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 60 มีลักษณะเป็นทรงกลม (smooth sphere) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0 (A), 20 (B), 40 (C) และ 60 (D) ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ลักษณะอนุภาคของสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0 (A), 20 (B), 40 (C) และ 60 (D) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์โดย scanning electron microscope (SEM) ใช้โปรแกรมการประมวลผลภาพ Sem Afore (รูปแถวบนกำลังขยาย 1,000 เท่า และรูปแถวล่าง กำลังขยาย 2,000 เท่า แถบในภาพแสดงขนาดอนุภาค 10 ไมโครเมตร)

ขนาดอนุภาคของผงสารสกัด เท่ากับ 5.27, 9.88, 11.49 และ 13.30 ไมโครเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จะเห็นว่าอนุภาคของผงมะตูมมีขนาดใหญ่ขึ้นตามปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่เพิ่มขึ้น

การวัดความชื้นของสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยวิธี loss on drying หรือการหาน้ำหนักที่หายไป ซึ่งทำโดยการชั่งน้ำหนักสารสกัดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่ พบว่าความชื้นของสารสกัดแปรผันตามปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (ตารางที่ 3) และผลการเก็บรักษาสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่า สารสกัดทุกตัวอย่างมีแนวโน้มมีความชื้นเพิ่มขึ้นและพบว่าการมีมอลโทเดกซ์ทรินปริมาณมากจะช่วยควบคุมไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความชื้นได้ดี โดยพิจารณาจากค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่มีมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 60 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคของผงสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 ตามลำดับ

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตร)			ค่าเฉลี่ย (ไมโครเมตร)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
	1	2	3		
0	5.28	5.25	5.28	5.27	0.02
20	9.86	9.88	9.89	9.88	0.02
40	11.48	11.47	11.51	11.49	0.02
60	13.49	13.20	13.20	13.30	0.17

ตารางที่ 3 ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนักที่หายไป) ของสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 ตามลำดับ และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 7 เดือน

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ระยะเวลา (เดือน)								การเปลี่ยนแปลงของเดือนที่ 7 เมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 (ร้อยละ)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
0	4.43	4.88	4.98	5.21	5.21	5.23	5.24	5.31	19.86
20	4.53	4.71	5.12	5.23	5.21	5.3	5.25	5.33	17.66
40	4.85	5.03	5.1	5.33	5.29	5.29	5.43	5.41	11.55
60	5.25	5.41	5.4	5.47	5.46	5.52	5.58	5.57	6.09

สารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีค่าเข้าใกล้ต่างมากขึ้นเมื่อปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินเพิ่มขึ้น และผลการเก็บรักษาสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่าค่าความเป็นกรดต่างเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยที่สารสกัดที่มีมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 0 และร้อยละ 20 มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างร้อยละ 0.97 และ 0.76 ส่วนสารสกัดที่มีมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 40 และ 60 มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างร้อยละ 2.60 และ 2.20 (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตามหากพิจารณาโดยรวมพบว่า ค่าความเป็นกรดต่างของแต่ละตัวอย่างจัดว่าใกล้เคียงกันมาก และมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างไว้เป็นเวลา 7 เดือน

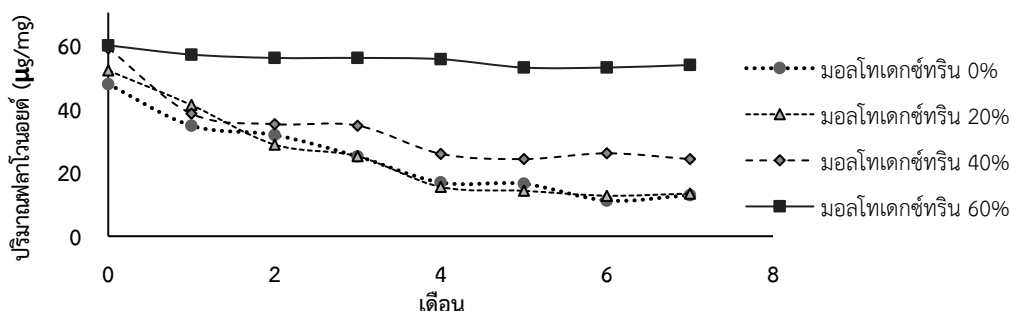
ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรดต่างของสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 ตามลำดับ และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 – 7 เดือน

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ระยะเวลา (เดือน)								การเปลี่ยนแปลงของเดือนที่ 7 เมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 (ร้อยละ)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
0	5.15	5.19	5.1	5.11	5.09	5.08	5.12	5.1	-0.97
20	5.21	5.24	5.23	5.26	5.17	5.15	5.19	5.25	0.76
40	5.37	5.43	5.51	5.46	5.42	5.45	5.42	5.51	2.60
60	5.45	5.53	5.54	5.52	5.5	5.54	5.52	5.57	2.20

เนื่องจากในสารสกัดมะตูมมีฟลาโวนอยด์หลายชนิดและไม่มีข้อมูลชัดเจนว่า มีฟลาโวนอยด์ชนิดใดเป็นองค์ประกอบหลัก การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีวิเคราะห์ฟลาโวนอยด์รวม และคำนวณปริมาณฟลาโวนอยด์จากกราฟมาตรฐานของเคอเซทินซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์อิสระ กล่าวคือ ไม่มีน้ำตาลในโครงสร้างของโมเลกุล ผลการศึกษาพบว่า การผสมมอลโทเดกซ์ทรินลงในสารสกัดจะช่วยลดการทำลายฟลาโวนอยด์ในระหว่างกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยได้ โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อมอลโทเดกซ์ทรินมีปริมาณสูงขึ้น (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่ามอลโทเดกซ์ทรินยังช่วยให้ฟลาโวนอยด์คงสภาพ โดยจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 เดือน ฟลาโวนอยด์ในสารสกัดที่มีมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 60 มีปริมาณลดลงร้อยละ 2.33 และฟลาโวนอยด์ในสารสกัดที่มีมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 40 มีปริมาณลดลงร้อยละ 11.72 ในขณะที่สารสกัดที่ไม่มีมอลโทเดกซ์ทรินหรือมอลโทเดกซ์ทรินมีร้อยละ 20 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงถึงร้อยละ 14.59

ตารางที่ 5 ปริมาณฟลาโวนอยด์ (ไมโครกรัมสมมูลของเคอเซทินต่อมิลลิกรัมสารสกัด) ในสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละต่าง ๆ กัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 – 7 เดือน

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ระยะเวลา (เดือน)								การเปลี่ยนแปลงของเดือนที่ 7 เมื่อเทียบกับเดือนที่ 1 (ร้อยละ)
	0	1	2	3	4	5	6	7	
0	47.60	34.62	31.69	24.99	16.83	16.41	11.18	12.85	-12.68
20	51.89	41.07	28.69	25.03	15.43	14.21	12.69	13.34	-14.59
40	58.86	38.36	35.07	34.62	25.80	24.15	25.95	24.15	-11.72
60	59.74	56.86	55.81	55.81	55.42	52.80	52.80	53.59	-2.33



ภาพที่ 3 ปริมาณฟลาโวนอยด์ (ไมโครกรัมสมมูลของเคอเซทินต่อมิลลิกรัมสารสกัด) ในสารสกัดมะตูมที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละต่าง ๆ กันและเก็บรักษาเป็นเวลา 0 – 7 เดือน

สรุปผลการวิจัย

การผสมมอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณที่เหมาะสมสามารถทำให้ผงสารสกัดมะตูมที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีลักษณะทางกายภาพที่ดีขึ้น ลดปริมาณการสูญเสียสารสกัดและช่วยเพิ่มความคงสภาพให้สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้ อย่างไรก็ตามผงของสารสกัดที่ได้อาจมีความชื้นที่สูงขึ้น ดังนั้นในการเก็บรักษาจึงควรเก็บในภาชนะที่ป้องกันความชื้นได้ดีเพื่อช่วยให้สารสำคัญสามารถคงสภาพได้ยาวนานขึ้น

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การผสมมอลโทเดกซ์ทรินลงในสารสกัดมะตูมสามารถช่วยลดการสูญเสียผลผลิตจากการที่สารหลอมติดกับเครื่องมือและจับกันเป็นก้อน โดยจะพบว่า การทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผสมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 40 ให้ผลผลิตสูงสุด แต่ผลผลิตจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 60 สาเหตุอาจเกิดจากสารละลายมีความหนืดสูงเนื่องจากมีปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินมากเกินไป เมื่อนำมาพ่นฝอยจะทำให้ผงของสารสกัดติดที่เครื่องมือและเกิดการสูญเสียทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นการผสมมอลโทเดกซ์ทรินในสารสกัดมะตูมให้ได้ความหนืดที่พอดี หรือหากสารละลายมีความหนืดสูงจะทำการปรับสภาวะการพ่นฝอยใหม่ให้เหมาะสมอาจทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น ส่วนลักษณะผงแห้งของสารสกัดมะตูม พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินจะทำให้ผงสารสกัดมีอนุภาคขนาดใหญ่ และมีการกระจายตัวของอนุภาคดีขึ้น จะเห็นได้ว่าลักษณะของอนุภาคในสารสกัดที่ผสมมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 60 มีลักษณะเป็นทรงกลม (smooth sphere) มีขนาดใหญ่ ทำให้ผงสารสกัดมีลักษณะการกระจายตัวที่ดี เนื่องจากอนุภาคมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก มีพื้นที่ผิวโดยรวมต่อน้ำหนักน้อยลง ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคต่ำและการเกาะตัวระหว่างอนุภาคน้อยลง ซึ่งตรงกันข้ามกับผงสารสกัดมะตูมที่มีอนุภาคขนาดเล็ก

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินไม่มีผลเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างของผงมะตูมมากนัก แต่มีผลเพิ่มความชื้นของผงมะตูม มอลโทเดกซ์ทรินมีคุณสมบัติดูดความชื้น (hygroscopic) ผลของมอลโทเดกซ์ทรินต่อความชื้นในผงแห้งที่ได้จากการกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีทั้งช่วยเพิ่มและลดความชื้น เช่น มีรายงานว่ามอลโทเดกซ์ทรินทำให้ผงชาที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความชื้นมากขึ้น แต่ช่วยลดความชื้นในผงเครื่องดื่ม cactus pear ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Lee *et al.*, 2018) ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าผงมะตูมแห้งที่มีมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 60 มีความชื้นเริ่มต้นสูง แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่าปริมาณความชื้นเปลี่ยนแปลงน้อยมาก กล่าวได้ว่า การผสมมอลโทเดกซ์ทรินปริมาณร้อยละ 60 ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดมะตูมจะช่วยควบคุมไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของผงมะตูม

ฟลาโวนอยด์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและลดการอักเสบ (Pier-Giorgio, 2000) ในน้ำมะตูมมีฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น rutin, flavan-3-ol, flavone, flavone glycoside (Bhar *et al.*, 2019) ฟลาโวนอยด์สามารถถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อนสูง เช่น มีรายงานว่าปริมาณ rutin จะลดลงครึ่งหนึ่งเมื่อได้รับความร้อน 110-130°C เป็นเวลาประมาณ 10 นาที (Chaaban *et al.*, 2017) อย่างไรก็ตามฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์ที่ถูกทำลายอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นกับว่าฟลาโวนอยด์นั้น ๆ สลายตัวให้สารที่มีโครงสร้างชนิดใด ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า มีฟลาโวนอยด์ในผงมะตูมปริมาณมากเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ทริน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่า มอลโทเดกซ์ทรินจะช่วยกักเก็บสารสกัดในการทำแห้งแบบพ่นฝอยและช่วยรักษาองค์ประกอบในสารสกัดไม่ให้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน (Michael *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมินำเข้าสู่ (160-180 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินใน black carrot ลดลงอย่างมาก แต่เมื่อทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยผสมมอลโทเดกซ์ทรินปรากฏว่ายังคงพบแอนโทไซยานินในปริมาณสูง (Ersus and Yurdagel, 2007) นอกจากนี้มอลโทเดกซ์ทรินยังส่งผลต่อความคงสภาพของฟลาโวนอยด์ซึ่งประกอบประกอบในสารสกัด จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บสารสกัดไว้เป็นเวลา 7 เดือน สารสกัดที่ไม่มีมอลโทเดกซ์ทริน หรือมีปริมาณไม่มากพอ (ร้อยละ 20) ปริมาณฟลาโวนอยด์จะลดลงถึงร้อยละ 14.59 แต่เมื่อเพิ่มมอลโทเดกซ์ทรินเป็นร้อยละ 40 ปริมาณฟลาโวนอยด์จะลดลงร้อยละ 11.72 และเมื่อเพิ่มมอลโทเดกซ์ทรินเป็นร้อยละ 60 ปริมาณฟลาโวนอยด์จะลดลงเพียงร้อยละ 2.33 (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของมอลโทเดกซ์ทรินต่อความคงสภาพของสารสกัด blackberry ที่พบว่ามอลโทเดกซ์ทรินช่วยลดการเสียดegradation ของ

แอนโทไซยานินที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัด blackberry และช่วยให้คงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้นานขึ้น (Cristhiane *et al.*, 2013)

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาความคงสภาพของสารกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากในสารสกัดมะตูมหรือน้ำมะตูมมีสารสำคัญหลายชนิด เช่น สารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมของมะตูม ตลอดจนการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น การไหล การละลาย เพื่อให้สามารถนำผงมะตูมที่ได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการระหว่างสาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรมและเภสัชเวท โดยสามารถบริหารจัดการด้านทรัพยากรและออกแบบปฏิบัติการให้อยู่ในกรอบเวลาของแต่ละรายวิชา นอกจากนี้ผู้วิจัยสามารถให้คำแนะนำแก่นิสิตในด้านเทคนิคและวิธีการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องเนื่องจากมีความชำนาญและเข้าใจกระบวนการในการทำงาน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียนและองค์กร นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นต้นแบบหรือแนวทางในการประยุกต์ใช้กับงานวิจัยด้านอื่น ๆ รวมทั้งการฝึกงานของนิสิตและการบริการวิชาการแก่หน่วยงานภายนอก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก เงินรายได้มหาวิทยาลัย (รายได้คณะเภสัชศาสตร์) ประจำปี 2562 สัญญาเลขที่ 199/2562 และได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ วรพรรณ สิทธิถาวร ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ จนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Bae, E.K. and S.J. Lee. 2008. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*.25(8): 549–560.
- Bhar K, Mondal S, and P. Suresh. 2019. An eye-catching review of *Aegle marmelos* L. (Golden Apple). *Pharmacognosy Journal*. 11(2): 20724.
- Chaaban, H., Ioannou, I., Chebil, L., Slimane, M., Gérardin, C., Paris, C., Charbonnel, C., Chekir, L. and M. Ghoul. 2017. Effect of heat processing on thermal stability and antioxidant activity of six flavonoids. [online]. Available: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13203>. (Retrieved May, 2020).
- Cristhiane, C.F., Silvia, P.M.G., Izabela, D. and M.A.Jose. 2013. Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum arabic. *Drying Technology*. 31(4): 470-478. [online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2012.742103>. (Retrieved May, 2020).
- Department of medical sciences, Ministry of public health. 2018. Matum, pp. 369-377. *In Thai herbal pharmacopoeia 2018*. Keawjawjom printing & publishing Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok. 808 p.
- Ekpong, A., Phomkong, W. and E. Onsaard. 2016. The effects of maltodextrin as a drying aid and drying temperature on production of tamarind powder. *International Food Research Journal*. 23(1): 300–308.
- Ersus, S. and U. Yurdagel. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*. 805-812. [online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.foodeng.2006.07.009>. (Retrieved May, 2020).
- Lambole, V.J., Murti, K., Kumar, U., Sandipkumar, B. and V. Gajera. 2010. Phytopharmacological properties of *Aeglemarmelos* as a potential medicinal tree: an overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 2010. [online]. Available: <https://www.globalresearchonline.net>. (Retrieved May, 2020).
- Lee, J.K.M, Taip, F.S. and Z. Abdullah. 2018. Effectiveness of additives in spray drying performance: a review. *Food Research*. 2 (6): 486–499.
- Michael, A.W., Jeanne, M.L. and K.L. Bett-Garber. 2017. Spray drying of pomegranate juice using maltodextrin/cyclodextrin blends as the wall material. *Food Science & Nutrition*. 5: 820–826.
- Pier-Giorgio, P.2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*. 63 (7): 1035-1042. [online]. Available: <https://doi.org/10.1021/np9904509>. (Retrieved May, 2020).

- Rajan, S., Gokila, M., Jency, P., Brindha, P. and R.K. Sujatha. 2011. Antioxidant and phytochemical properties of Aegle marmelosfruitpulp. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*. 3(2): 65-70.
- Swaminathan, S., Sowriappan, J.D.B., Sneha, F. and S. Mallela. 2015. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*. 274: 37-43.
- Wani, W.R. and K. Saima. 2017. Estimation of some phytoconstituents and evaluation of antioxidant activity in Aegle marmelos leaves extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6(1): 37-40.
- Zhongxiang, F. and B. Bhesh. 2012. Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice. *Food Research International*. 48: 478-483.