บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ อว ๐๖๓๐.๐๗/นชภ๔ **วันที่** ๑๙ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอส่งหลักฐานเพื่อเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

เรียน คณบดี

ตามที่ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา อัจฉริยะโพธา อาจารย์ประจำหลักสูตรนวัตกรรมชีวผลิตภัณฑ์ ได้ส่งเอกสารการตีพิมพ์งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ตามเกณฑ์ กพอ.กำหนด เพื่อประกอบการเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ ตามปีงบประมาณ ๒๕๖๖ โดยมีบทความวิจัยเรื่อง “การสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม” ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ปีที่ ๔๑ ฉบับที่ ๖ พฤศจิกายน-ธันวาคม : หน้า ๒๘๕-๒๙๓.

ทั้งนี้ เพื่อให้เป็นไปตามประกาศมหาวิทยาลัย เรื่อง แนวทางปฏิบัติในการเบิกเงินค่าตอบแทนนอกเหนือจากเงินค่าจ้างสำหรับพนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ ที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ พ.ศ.๒๕๖๒ ข้อ ๖.๓ และข้อ ๗ ข้าพเจ้าจึงขอส่งหลักฐานดังกล่าว เพื่อให้คณะกรรมการบริหารคณะพิจารณากลั่นกรองผลงานทางวิชาการเบื้องต้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา อัจฉริยะโพธา)
อาจารย์ประจำสูตรนวัตกรรมชีวผลิตภัณฑ์

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

แบบแสดงหลักฐานการมีส่วนร่วมในผลงานทางวิชาการ

☑ บทความวิจัย ☐ ตำรา ☐ หนังสือ ☐ งานวิจัย ☐ ผลงานทางวิชาการในลักษณะอื่น

ผู้ร่วมงาน จำนวน 2 คน แต่ละคนมีส่วนร่วมดังนี้ :

ชื่อผู้ร่วมงาน	ปริมาณงานร้อยละ และหน้าที่ความรับผิดชอบ
ผศ.ดร.วัฒนา อัจฉริยะโพธา	ปริมาณงานร้อยละ 80 - วางแผนงานทดลอง เก็บตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่างและผลทดลอง - วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง - เขียนรายงานและบทความวิชาการ
ผศ.เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา	ปริมาณงานร้อยละ 20 - วางแผนงานทดลอง - วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

<u>หมายเหตุ</u> : บทความวิจัย

วัฒนา อัจฉริยะโพธา และเบญจางค์ อัจฉริยะโพธา. 2565. **การสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม**. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. ปีที่ 41 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม : 285-293.

ลงชื่อ .....
(ผศ.ดร.วัฒนา อัจฉริยะโพธา)

ลงชื่อ .....
(ผศ.เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา)

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

รายละเอียดของวารสาร

ชื่อวารสาร : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Journal Name : Journal of Science and Technology Mahasarakham University

ชื่อบรรณาธิการ : ศ.ดร.ปรีชา ประเทพา

ชื่อย่อของวารสาร : วิทย์มมส

Abbreviation Name: scimsu

ISSN : 1686-9664

E-ISSN : 2586-9795

ที่อยู่สำหรับการติดต่อ : กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

เจ้าของ : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม / Mahasarakham University

จำนวนฉบับต่อปี : 6

Email : prathepha999@gmail.com, science.msu@hotmail.com

Website : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/index

TCI กลุ่มที่ : 1

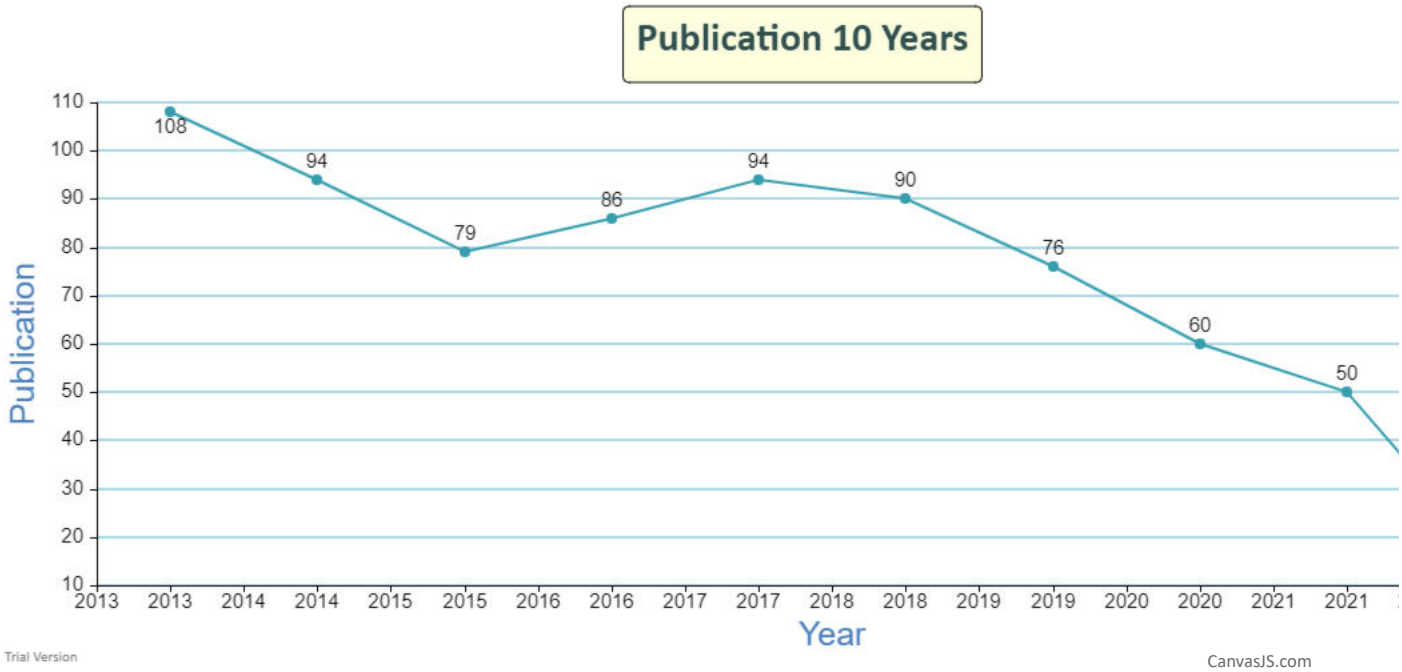
สาขาหลักของวารสาร : Life Sciences

สาขาย่อยของวารสาร : Biochemistry, Genetics and Molecular Biology / Computer Science / Engineering

หมายเหตุ :
- เริ่มใช้ ISSN และชื่อวารสารใหม่ ตั้งแต่ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2549 (Vol.25 No.1 2006) เป็นต้นไป
- ISSN และชื่อวารสาร (เดิม) คือ 0125-7498, วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags



หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

เกี่ยวกับวารสาร

Focus and Scope

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นโยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำหนดเผยแพร่ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม- กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน- ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้นิพนธ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้อง สังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิม หรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและ นำไปอ้างอิงได้

Peer Review Process

บทความวิชาการและบทความวิจัยที่จะนำมาตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการตรวจสอบคุณภาพของบทความโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบบทความ (peer reviewer) ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกจากหลากหลายสถาบัน อย่างน้อย 3 คน ทั้งนี้ วารสารวิชาการนั้นอาจเผยแพร่เป็นรูปเล่มสิ่งพิมพ์ หรือเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่มีกำหนดการเผยแพร่อย่างแน่นอนชัดเจน

Open Access Policy

Open Access Journal of Science and Technology Mahasarakham University is open access with the content licensing CC-BY-ND which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the Contribution is properly cited, no modifications or adaptations are made. For an understanding of what is meant by the terms of the Creative Commons License, please refer to creative common license https://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/ (https://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/?fbclid=IwAR0-Yk0akH8dBeLPPQeHNw7ZcjCYxwl4x5fYbnkwCrQDhJQZ3Ilm-JgcIkQ)

Sponsors

กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (www.journal.msu.ac.th)

Sources of Support

กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (www.journal.msu.ac.th)

Journal History

1.วัตถุประสงค์

เพื่อให้การจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีรูปแบบและกระบวนการจัดทำวารสารให้เป็นมาตราฐานสากล

2. ประวัติ

กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สังกัดอยู่ในสำนักงานอธิการบดี มีบทบาทหน้าที่ในการบริหารจัดการงานวิจัยของมหาวิทยาลัยทั้งในเรื่องการกำหนดทิศทางและนโยบายการวิจัย การพิจารณาข้อเสนอโครงการวิจัย การจัดสรรงบประมาณ การติดตามและประเมินผลการวิจัย และการเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัย ในระยะก่อตั้งมหาวิทยาลัยมหาสารคามนั้น ประเทศไทยตกอยู่ภายใต้ภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจ ส่งผลกระทบให้ภารกิจของงานวิจัยถูกจำกัดอยู่ในวงแคบ เนื่องจากเงื่อนไขของงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรและจำนวนนักวิจัยที่มีอยู่น้อยอย่างไรก็ตามในระยะต่อมามหาวิทยาลัยได้พยายามต่อสู้กับวิกฤตต่าง ๆ โดยได้ขยายโอกาสทางการศึกษามากขึ้น ทำให้มีงบประมาณเงินรายได้ของมหาวิทยาลัยเพิ่มมากขึ้น และด้วยวิสัยทัศน์ของผู้บริหารมหาวิทยาลัยในขณะนั้นได้ริเริ่มให้มีการจัดสรรงบประมาณรายจ่ายจากเงินรายได้จำนวนร้อยละหนึ่ง (1%) เพื่อใช้เป็นงบประมาณสำหรับส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ ผนวกกับมหาวิทยาลัยได้รับจัดสรรงบประมาณแผ่นดินเพิ่มมากขึ้นโดยลำดับ อีกทั้งนักวิจัยและอาจารย์ของมหาวิทยาลัยมีศักยภาพในการแสวงหาแหล่งทุนต่าง ๆ มากขึ้น ทำให้ภารกิจของกองส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย ได้ขยายตัวมาก

วิสัยทัศน์ กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ รับผิดชอบงานด้านการวิจัยและพัฒนา ให้สอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนให้มีโครงการวิจัยที่ร่วมมือกันหลากหลายสาขาวิชา มีเป้าหมายสอดคล้องกับแผนพัฒนาประเทศ ส่งเสริมเผยแพร่การวิจัยและนำผลการวิจัยไปสู่การประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อให้คนและชุมชนมีความสามารถในการพึ่งตนเอง เข้มแข็ง และสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีให้กับประชาชน

รายนามบรรณาธิการ

ปี 2548-2549 : **ศ.ดร.ไมตรี สุทธจิตต์**

ปี 2550-2551 : **ศ.ดร.สิรวัฒน์ วงษ์ศิริ**

ปี 2552-2555 : **ศ.ดร.ประดิษฐ์ เทิดทูล**

ปี 2556-ปัจจุบัน : **ศ.ดร.ปรีชา ประเทพา**

Language

English (https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/user/setLocale/en_US?source=%2Findex.php%2Fscimsujournal%2Fabout)

ภาษาไทย (https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/user/setLocale/th_TH?source=%2Findex.php%2Fscimsujournal%2Fabout)

Information

For Readers (https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/information/readers)

สำหรับผู้แต่ง (https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/information/authors)

สำหรับบรรณารักษ์ (https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/information/librarians)

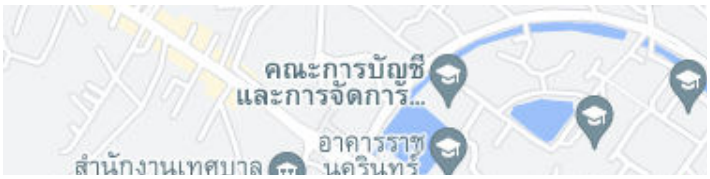
Open Journal Systems (http://pkp.sfu.ca/ojs/)

สำนักงาน : กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตั้งอยู่ชั้น 2 อาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางนวัตกรรมไหม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44000

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

มูลส่วนบุคคล (https://www.nstda.or.th/home/nstda-privacy-policy/)

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags



Platform &
workflow by
OJS / PKP

(https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/about/aboutThisPublishingSystem)

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

มูลส่วนบุคคล (https://www.nstda.or.th/home/nstda-privacy-policy/)

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

วารสาร

วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปีที่ 41 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน - ธันวาคม 2565

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
MAHASARAKHAM UNIVERSITY
INDEXED IN

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

EBSCOhost

TCI

ISSN (Print Edition) : 1686-9664
ISSN (Online Edition) : 2586-9795

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วัตถุประสงค์
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สำนักงานกองบรรณาธิการ
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์/โทรสาร 0-4375-4416

ที่ปรึกษา
อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ใบไม้
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง
ศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

บรรณาธิการ
ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ
ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.วัลยา สุทธิขำ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กองบรรณาธิการ
ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ละออศรี เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒ เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.วงศา เล้าหศิริวงศ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา บุญยะลีพรรณ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมย์ดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิวงษ์
สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนนแก้ว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.อรวิชญ์ กุมพล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์เทอดศักดิ์ คำเหม็ง
มหาวิทยาลัยนครพนม
รองศาสตราจารย์ยืน ภู่วรวรรณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วลัยพร ทองเจริญบัวงาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ณฐพล ภูมิพันธุ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ เภสัชกร ดร.รักษ์จินดา วัฒนาลัย
มหาวิทยาลัยสยาม
Dr.Adrian Roderick Plant
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขานุการ
ฉวีวรรณ อรรคะเศรษฐัง

ผู้ช่วยเลขานุการ
พักตร์วิไล รุ่งวิสัย
จิรารัตน์ ภูสีฤทธิ์

กำหนดเผยแพร่
ปีละ 6 ฉบับ
ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธ์
ฉบับที่ 2 มีนาคม-เมษายน
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม
ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทย การจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

ตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม scjmsu.msu.ac.th เผยแพร่เมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2565

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

สารบัญ

Biological Science

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและอีลาสเตสของผัก 10 ชนิด ในจังหวัดนครราชสีมา **277**

Antioxidant, tyrosinase and elastase inhibition activities of 10 vegetables cultivated in Nakhon Ratchasima Province

ลัดดาวัลย์ พะวร, คงศักดิ์ บุญยะประณัย, อรอุมา จันทร์เสถียร, มินตรา อานนท์, สุพจน์ ทับทิมใหญ่, อนุสรา อันพิมพ์

Laddawan Phaworn, Kongsak Boonyapranai, Onuma Chansatein, Mintra Arnon, Suphod Tabtimyai, Anusara Anpim

การสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม **285**

Optimization of pectin extraction from possum purple passion fruit peel (*Passiflora edulis*) with fruit acids

วัฒนา อัจฉริยะโพธา, เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา

Wattana Aschariyaphotha, Benjang Aschariyaphotha

Engineering

การปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อติดตั้งสตัทฝังในโครงสร้างเสาคอนกรีต **294**

Work process improvement of anchor bolt installation in concrete columns

เทพศักดิ์ ศศิสุวรรณ, อสุธารณ์ แก้วกิติชัย, สิทธิชัย รัชยศโยธิน

Thapsak Sasisuwan, Asutharn Keokitichai, Sitthichai Ruchayosyothin

อุปกรณ์วัดส่วนสูงแบบพกพาโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับความเอียง **304**

Portable height measuring device using ultrasonic sensor with tilt dumping sensor

องอาจ ทับบุรี, กันยารัตน์ เอกเอี่ยม

Ong-art Tubburee, Kanyarat Ek-iam

Geoinformatics Science

การสร้างสมการเพื่อทำนายผลผลิตอ้อยด้วยค่าดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 กรณีศึกษา อำเภอไชยวาน จังหวัดอุดรธานี **317**

The development of equation of sugarcane yield prediction using vegetation index from Sentinel-2 satellite imagery: A case study in Chaiwan District, Udon Thani Province

คมปกรณ์ ไทยเจริญ, จิระเดช มาจันแดง

Kompakorn Thaicharoen, Jiradech Majandang

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

การสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม
Optimization of pectin extraction from possum purple passion fruit peel (*Passiflora edulis*) with fruit acids

วัฒนา อัจฉริยะโพธา[1]*, เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา[2]
Wattana Aschariyaphotha[1]*, Benjang Aschariyaphotha[2]

Received: 17 March 2022 ; **Revised**: 18 May 2022 ; **Accepted**: 6 June 2022

บทคัดย่อ

เพคตินเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ประเภทเฮเทอโรพอลิแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ของพืชทำหน้าที่ในการยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกันโดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อละลายน้ำจะพองตัวเป็นเจลทำหน้าที่เป็นสารก่อสภาพเจลและเป็นสารให้ความข้นหนืดโดยเฉพาะในแยมและเยลลี่ตลอดจนเป็นแหล่งของใยอาหาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงและหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินด้วยกรดผลไม้โดยใช้น้ำมะกรูดเทียบกับน้ำมะนาวแป้นพิจิตร และน้ำส้มซ่า ผลการทดลองพบว่าร้อยละผลได้ของเพคตินที่ คือ 12.74%, 11.92% และ 10.82% ตามลำดับ ชนิดของเพคตินที่ได้จากการสกัดจากกรดผลไม้ทั้ง 3 ชนิด เป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin, LMP) การหาสภาวะที่เหมาะของการสกัดด้วยน้ำมะกรูด 100% ด้วยพื้นผิวตอบสนองที่ออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken Design (BBD) พบว่าที่สภาวะเวลาในการสกัด 120 นาที อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อผงเพคติน (L:S) คือ 15:1 มิลลิลิตรต่อกรัม ให้ปริมาณร้อยละผลได้ (%Yield) ของเพคตินสูงที่สุดถึง 12.81% การออกแบบการทดลองสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้อื่นๆ ได้

คำสำคัญ: การสกัดเพคติน เปลือกเสาวรสสีม่วง น้ำมะกรูด เพคตินชนิดเมทอกซีต่ำ

Abstract

Pectin is a heteropolysaccharide polymer compound present in the primary cell walls of plants, where it binds cells together. It will swell into a gel, acting as a gelling agent, when it is dissolved in water. It is used as a thickening agent, especially in jams and jellies, as well as a source of dietary fiber. The purpose of this study is to study the extraction of pectin from possum purple passion fruit peel and to optimize conditions for fruit acid pectin extraction using kaffir lime juice compared to lemon 'Pan Phichit' juice and bitter orange juice. The pectin yields were 12.74%, 11.92% and 10.82%, respectively. The pectin extracted from fruit acids was low methoxyl pectin. Determination of the ideal conditions for kaffir lime juice extraction employed response surface methodology using Box-Behnken Design (BBD). It was found that the extraction time of 120 min, 90 °C, and L:S ratio 15:1 ml/g resulted in the highest %yield of 12.81%. The results of the experimental design confirmed that the pectin extraction model could be used as a guide for the extraction of pectin from other fruit peel.

Keywords: Pectin extraction, possum purple passion fruit peel, kaffir lime, low methoxyl pectin

---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรนวัตกรรมชีวผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180
[1] Assistant Professor, Department of Bio-products Innovation, Faculty of Science and Technology, Valaya Rajabhat University, Pathumthani, Thailand 13180
[2] Assistant Professor, Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Valaya Rajabhat University, Pathumthani, Thailand 13180
* Correspondent author: wattana@vru.ac.th

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

บทนำ

เปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง (*Passiflora edulis*) เป็นส่วนรกหุ้มเมล็ดที่แยกจากกระบวนการผลิตน้ำเสาวรสสด ซึ่งโดยปกติแล้วจะถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์หรือถูกทิ้งโดยไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ จากการรายงานก่อนหน้านี้พบว่าเสาวรสหนึ่งผลมีส่วนเปลือกคิดเป็น 50-60% ของน้ำหนักทั้งผล ซึ่งเปลือกเสาวรสมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญอยู่ในปริมาณสูง ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีเพคตินเป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรตของเปลือกโดยในเพคตินพที่พบเปลือกของเสาวรสนั้นเป็นเพคตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำได้ (Yapo & Koffi, 2006) เพคตินเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่พบในพืชจัดเป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์เช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลสพบได้ในเซลล์ของพืชที่มีอายุน้อย ในบริเวณผนังเซลล์โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลสจะทำหน้าที่ในการยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน เพคตินสามารถนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่ม เพื่อทำให้เกิดเนื้อสัมผัสตามต้องการ โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อละลายน้ำ จะพองตัวเป็นเจล ทำหน้าที่ได้ทั้งการเป็นสารก่อสภาพเจล (Gelling agent) (Adetunji *et al.*, 2007) ใช้เป็นสารเพิ่มความเข้มข้นของของเหลว (Thickner) และสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในซอสและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ มายองเนส น้ำสลัด เครื่องดื่ม และนำมาใช้ผลิตอาหาร นอกจากเพคตินจะใช้ในอุตสาหกรรมเป็นสารผสมอาหารโดยตรงแล้ว ยังสามารถนำมาใช้เป็นเส้นใยอาหารในรูปของอาหารเสริมสุขภาพ เช่น ช่วยลดคอเลสเตอรอล และลดระดับน้ำตาลในเลือด ใช้เป็นเส้นใยอาหารป้องกันโรคระบบทางเดินอาหาร และยังใช้ในด้านเภสัชกรรมโดยจะช่วยเพิ่มการทำงานของยาเป็นต้น (ชวนิฎฐ์ สิทธิดิลกรัตน์ และคณะ, 2548) เนื่องจากเพคตินเป็นส่วนประกอบในเส้นใยเซลลูโลส นักวิจัยจึงให้ความสนใจในการศึกษาถึงวิธีการสกัดเพคตินออกจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น การใช้กระบวนการไฮโดรไลซิสในการสกัดเพคติน (Sukboonyasatit, Pornnikom and Natyay, 2018, Maran, 2015, Wai *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคติน เช่น ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการสกัด อัตราส่วนวัตถุดิบต่อปริมาณของสารสกัด เวลาที่ใช้สกัด และอุณหภูมิในการสกัดเป็นต้น และนักวิจัยยังมีการศึกษาการใช้กรดต่างๆ เป็นตัวสกัด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (Wai *et al.*, 2010) กรดแอซิติก (Wittayapapakorn & Taweekasemsombat, 2013) และซิตริก (Shaha *et al.*, 2013) เป็นต้น โดยปัจจุบันประเทศไทยยังคงนำเข้าเพคตินในราคาสูง โดยราคาเพคตินจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบตั้งต้นที่นำมาสกัดและคุณภาพของเพคตินซึ่งในทางด้านการค้าแล้วนิยมสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและกากแอปเปิ้ล ทั้งนี้ถ้าหากนำเศษวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถนำมาสกัดเพคตินได้จะทำให้เกิดเศรษฐกิจสีเขียวขึ้น (Green economy) ด้วยเหตุผลที่น่าสนใจนี้นักวิจัยจึงได้มีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมและผลของปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของเพคตินที่สกัดได้จากวัตถุดิบเหลือทิ้งต่างๆ โดยใช้กรดผลไม้ เช่น น้ำมะกรูด และน้ำส้มซ่า ซึ่งเป็นกรดจากธรรมชาติ และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นกรดที่สามารถรับประทานได้ ซึ่งมีการใช้การตอบสนองพื้นผิว (Response Surface Methodology, RSM) (พงษ์เสริฐ ศรีพรหม และคณะ, 2561; Maran, 2015) เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วง ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งโดยการใช้น้ำมะกรูด น้ำส้มซ่า และน้ำมะนาวแป้นพิจิตร ซึ่งเป็นกรดที่ไม่อันตรายเช่นกัน และหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยการออกแบบการทดลองแบบ Box-benhken design (BBD) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดและหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคติน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมอาหารและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตเหลือทิ้งทางการเกษตรต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่าง

เปลือกเสาวรสสีม่วงจากร้านขายน้ำเสาวรส อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ปอกส่วนที่เป็นสีม่วงของเปลือกออกให้เหลือแต่ส่วนสีขาว หั่นเป็นชิ้นขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักสด แล้วอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง เก็บไว้ในที่ปลอดความชื้นโดยไม่ต้องบด

2. การเตรียมของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (Emaga *et al.*, 2008)

การกำจัดของแข็งที่ละลายในแอลกอฮอล์ออกก่อนการสกัดโดยใช้อัตราส่วนปลือกเสาวรสที่อบแห้งต่อเอทานอล 95% คือ 1:40 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นล้างตะกอนด้วยเอทานอล 95% อีก 2 ครั้ง นำตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. การสกัดเพคตินด้วยกรดผลไม้ (Emaga *et al.*, 2008)

นำตะกอนเสาวรสที่อบแห้ง มาเติมน้ำผลไม้ ได้แก่ น้ำมะกรูด 100% (pH 2.4±0.2), น้ำส้มซ่า 100% (pH 3.61±0.4) และน้ำมะนาวแป้นพิจิตร 100% (pH 2.5±0.2) ในอัตราส่วนของน้ำผลไม้ต่อตะกอนเสาวรสคือ 1:12 (น้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นนำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 98

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที กรองตะกอนด้วยกระดาษกรอง จากนั้นเติมเอทานอล 95% ปริมาณ 4 เท่าของปริมาตรสารละลาย เพื่อตกตะกอนเพคติน แล้วกรองตะกอนเพคตินด้วยผ้าขาวบาง นำไปทำให้แห้งด้วยโถดูดความชื้น แล้วบดให้เป็นผง เก็บไว้ในที่ปลอดความชื้น และนำเพคตินที่ได้มาหาค่าปริมาณร้อยละผลได้ (%Yield) ได้ดังสมการที่ 1

$$\%Yield = \frac{\text{น้ำหนักของเพคตินที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{มวลทั้งหมดของตะกอนเสาวรสที่อบแห้ง (กรัม)}} \times 100 \quad (1)$$

4. การหาระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน

การหาระดับเอสเทอริฟิเคชั่น (degree of esterification, %DE) ตามวิธีการของธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล และคณะ (2556) โดยชั่งน้ำหนักเพคตินผงที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำมะกรูด น้ำส้มซ่า และน้ำมะนาวแป้นพิจิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดละ 0.5 กรัม เติมเอทานอล 95% ขวดละ 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็นปริมาตรที่ 1 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 15 นาที แล้วเติมสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยด ฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ จนสีชมพูเริ่มปรากฏ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็นปริมาตรที่ 2 ค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันกับปริมาณเมทอกซิล (อรพิน ภูมิภมร, 2523)

$$\text{ระดับเอสเทอริฟิเคชัน} = \frac{\text{ปริมาณ NaOH ที่ 2}}{\text{ปริมาณ NaOH ที่ 1 +ปริมาณ NaOH ที่ 2}} \times 100 \quad (2)$$

5. การออกแบบการทดลอง

การสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยน้ำมะกรูด ใช้การออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken design (BBD) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณ ร้อยละผลได้ที่มากที่สุดโดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด 3 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อตะกอนเสาวรสที่อบแห้ง (L:S), อุณหภูมิในการสกัด (T), และระยะเวลาการสกัด (t) และระดับปัจจัย 3 ระดับ โดยขอบเขตของปัจจัยที่ศึกษาดังแสดงใน Table 1 จากการออกแบบการทดลองได้จำนวนการทดลองทั้งหมด 45 การทดลอง (Table 2)

Table 1 Factor and Experiment Box-Behnken Design

Factor	Unit	Level	
		Low	High
L:S Ratio	g/ml	5:1	25:1
Temp	°C	100	140
Time	Min	100	140

Table 2 Experiment Box-Behnken design

RunOrder	Factor			
	Time (min) (X_1)	Temp (°C) (X_2)	L:S Ratio (ml/g) (X_3)	Yield (%)
1	100	90	25	7.50
2	120	90	15	12.79
3	100	90	25	7.21
4	100	100	15	8.13
5	120	80	5	7.99
6	100	80	15	6.77
7	120	80	25	10.12
8	140	90	5	5.22

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

Table 2 Experiment Box-Behnken design (cont.)

RunOrder	Factor			
	Time (min) (X_1)	Temp (°C) (X_2)	L:S Ratio (ml/g) (X_3)	Yield (%)
9	140	90	25	5.67
10	120	80	25	9.89
11	100	80	15	6.84
12	140	80	15	6.85
13	120	90	15	12.69
14	100	80	15	6.56
15	100	100	15	8.09
16	120	90	15	12.8
17	120	100	5	8.23
18	120	90	15	12.81
19	140	100	15	6.03
20	120	100	5	8.46
21	120	90	15	12.77
22	120	90	15	12.77
23	140	100	15	6.19
24	120	80	25	10.02
25	120	100	25	9.34
26	120	90	15	12.69
27	100	100	15	7.86
28	120	90	15	12.80
29	100	90	25	7.55
30	120	100	25	9.59
31	120	80	5	8.05
32	140	90	25	5.99
33	100	90	5	5.13
34	120	100	5	7.89
35	140	100	15	5.88
36	120	100	25	9.89
37	100	90	5	5.18
38	120	90	15	12.81
39	140	80	15	7.84
40	140	80	15	7.27
41	140	90	25	6.05
42	140	90	5	5.18
43	100	90	5	5.20
44	120	80	5	8.03
45	140	90	5	5.03

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

ผลการศึกษา

1. ปริมาณร้อยละของผลผลิต

ปริมาณร้อยละผลได้ของเพคตินที่ได้จากการนำเปลือกเสาวรสสีม่วงอบแห้งมาสกัดเพคตินด้วยกรดผลไม้ 100% พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำมะกรูด 100% มีปริมาณร้อยละผลได้ของเพคตินมากที่สุด คือ 12.74% รองลงมาคือ เพคตินที่สกัดด้วยน้ำมะนาวแป้นพิจิตร 100% และน้ำส้มซ่า กรดซิตริก 100% ที่ได้ร้อยละ เพคติน คือ 11.92% และ 10.82% ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Pectin yield (%)

	Weigh of peel (g)	Weigh of pectin (g)	Yield (%)
Kaffir lime juice (100 %)	10	1.26	12.74±0.62
Lemon 'Pan- Phichit' juice (100 %)	10	1.26	11.92±0.52
Bitter orange juice (100 %)	10	0.38	10.82±0.60

2. การหาปริมาณเมทอกซิล

นำปริมาตรของสาระละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการไทเทรต ไปคำนวณหาค่า %DE และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่า %DE กับปริมาณ เมทอกซิลจะได้ปริมาณเมทอกซิล ดังแสดงในTable 4 คือ เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสสีม่วง พบว่าเพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำมะกรูด 100% มีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุด คิดเป็น 37.5% เพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำมะนาวแป้นพิจิตร 100% คิดเป็น 27.27% และเพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้น้ำส้มซ่า 100% มีปริมาณเมทอกซิลน้อยที่สุดคิดเป็น 23.08% เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง %DE นำไปเทียบกับตารางความสัมพันธ์กับปริมาณเมทอกซิล พบว่าเพคตินที่สกัดได้จากกรดผลไม้ทั้ง 3 ชนิด เป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin, LMP) ซึ่งเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำมีลักษณะที่สามารถจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (Soluble solid) แต่ต้องมีไอออนของโลหะบางชนิดช่วยในการเกิดเจล เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) อยู่ประมาณ 3% และมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ตั้งแต่ 10 - 80% ที่ pH ในช่วงตั้งแต่ 2.9 - 5.5 ลักษณะเจลที่ได้จะเป็นเจลชนิดที่สามารถอ่อนตัวลงเปลี่ยนกลับเป็นของเหลวเมื่อได้รับความร้อน (Thermoreverible gel) เนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (อรพิน ภูมิภมร, 2523) งานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ได้ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มซ่าเพื่อผลิตแยมส้มซ่า (สุรีวัลย์ สิมชาติ และคณะ, 2562) พบว่าปริมาณเมทอกซิลในเพคตินจากเปลือกส้มซ่าที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (LMP) เช่นเดียวกับเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วง แต่ปริมาณเมทอกซิลในเพคตินของส้มซ่า ที่สกัดด้วยกรดซิตริกเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (Hight methoxyl pectin, HMP)

Table 4 Methoxyl of pectin from possum purple passion fruit peel

	Percent of Methoxyl	Degree of esterification (%DE)	Methoxyl
Kaffir lime juice (100 %)	7.35±0.14	37.50	LMP
Lemon juice (100 %)	4.45±0.21	27.27	LMP
Bitter orange juice (100 %)	3.76±0.12	23.08	LMP

* LMP = Low methoxyl pectin

3. ผลการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยน้ำมะกรูด

การหาสภาวะที่เหมาะของการสกัดเพคตินทำการออกแบบการทดลองแบบ BBD ซึ่งสามารถนำมาหาความสัมพันธ์ที่ทำให้ได้ปริมาณร้อยละผลได้ของเพคตินมากที่สุด พบว่า ร้อยละผลได้ของเพคตินอยู่ในช่วงร้อยละ 5.03-12.81 ดังแสดงใน Table 2 จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยของปริมาณร้อยละผลได้ พบว่าค่า R-Sq มีค่าเท่ากับ 99.58% ที่ ($p<0.05$) สามารถสร้างสมการทำนายเพื่อหาค่าปริมาณผลผลิตร้อยละได้ดังนี้

$$\%Yield = -299.21 + 2.9389X_1 + 2.833X_2 + 1.1719X_3 - 0.010992X_1X_1 - 0.013475X_2X_2 - 0.024642X_3X_3 - 0.003237X_1X_2 - 0.001862X_1X_3 - 0.001433X_2X_3$$

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

โดยที่ X_1 คือ เวลาที่ใช้ในการสกัด (นาที), X_2 คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (องศาเซลเซียส), X_3 คือ อัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อผงเพคติน (L:S) การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองพหุนามอันดับสองจากกราฟ Residual plot เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองดัง Figure 1 (a) พบว่าข้อมูลความน่าจะเป็นปกติ (Normal Probability Plot) มีการกระจายของข้อมูล (Residual) อยู่บนเส้นตรงแสดงว่าไม่มีชุดการทดลองที่แสดงค่าความผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงถึงความถูกต้องของข้อมูล เมื่อพิจารณากราฟฮิสโทแกรม (Histogram) ดัง Figure 1 (b) พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นโค้งระฆังคว่ำ โดยมีแนวโน้มวิ่งเข้าสู่ศูนย์แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวเป็นแบบปกติและมีความถูกต้อง เมื่อพิจารณากราฟค่าความผิดพลาดมาตรฐานกับค่าที่ได้จากการคำนวณดัง Figure 1 (c) พบว่าชุดข้อมูล (Residual) มีการกระจายตัวที่ดีแสดงให้เห็นว่าไม่มีสัญญาณใดบ่งบอกถึงความผิดปกติของข้อมูล (Bias) และเมื่อพิจารณากราฟค่าความผิดพลาดมาตรฐานกับค่าที่ได้จากการทดลองดัง Figure 1 (d) พบว่าข้อมูลมีการแกว่งขึ้นลงในคาบของศูนย์โดยภาพแบบลักษณะการแกว่งที่มีอิสระต่อกัน แสดงถึงข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องซึ่งการพิจารณาความถูกต้องของข้อมูลทั้งหมดข้างต้นเพียงพอที่จะสรุปได้ว่าสมการที่ทำนายจากผลการทดลองนี้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

4. ผลของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยน้ำมะกรูด

ผลของระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณร้อยละผลได้จากการสกัดเพคติน พบว่าเวลาในการสกัดในช่วง 109-130 นาที ให้ปริมาณร้อยละผลได้สูงที่สุด เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการสกัดยาวนานจะสามารถทำลายโครงสร้างของผนังเซลล์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้เพคตินที่อยู่ชั้นมิลเดิลลาเมลลาของผนังเซลล์สลายตัวออกมาได้มาก (Wilaiwan & Choojun, 2011) แต่เมื่อใช้เวลาในการสกัดมากกว่า 130 นาที ปริมาณเพคตินจะลดลง เนื่องจากระยะเวลานานจะส่งผลให้เพคตินที่มีโพลิเมอร์สายยาวถูกย่อยสลาย (Ström *et al.*, 2007) เมื่อนำมาตกตะกอนด้วยเอทานอลจึงไม่เกิดเจลทำให้ปริมาณผลผลิตของเพคตินต่ำ และผลอุณหภูมิในช่วง 87-94 องศาเซลเซียส ให้ ปริมาณร้อยละผลได้สูงสุดและเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส พบว่าความสามารถในการสกัดมีแนวโน้มลดต่ำลง แสดงว่าปริมาณผลผลิตมากที่อุณหภูมิสูงทำให้ปริมาณผลผลิตต่ำกว่า 10% ดัง Figure 2

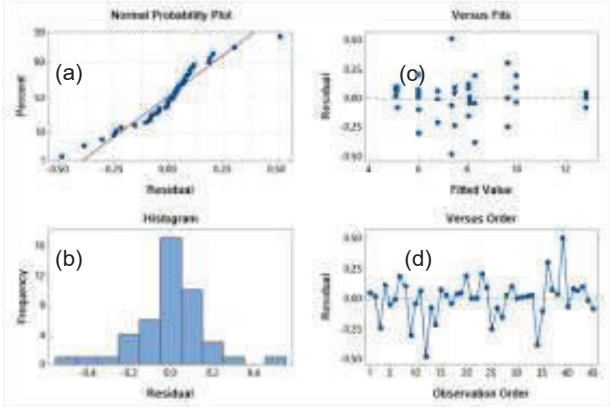


Figure 1 Residual plot for pectin yield ; % ; (a) Normal Probability Plot (b) Histogram (c) Residual plot versus Fits (d) Residual plot versus order

ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อตะกอนเสาวรสอบแห้งที่มีต่อปริมาณร้อยละผลได้ จากการสกัดเพคติน แสดงให้เห็นว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 83-96 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณร้อยละผลได้เพคตินสูงสุด เนื่องจากอุณหภูมิระดับนี้สามารถทำลายโครงสร้างของผนังเซลล์ได้อย่างทั่วถึง ซึ่งสอดคล้องกับหลายการทดลอง Kurita *et al.* (2008) ที่กล่าวว่าปริมาณร้อยละผลได้ของเพคตินจะลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส แต่การสกัดจะมีร้อยละผลได้เพิ่มขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อตะกอนเสาวรสอบแห้ง 12:1-22:1 มล./ก. แสดงว่าปริมาณร้อยละผลได้จะมากที่อัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อตะกอนเสาวรสอบแห้งสูงเนื่องจากยิ่งอัตราส่วนต่อของเหลวมากความเข้มข้นก็จะลดลงทำให้การเกาะตัวกันของเพคตินทำได้ง่ายขึ้นเมื่อตกตะกอนจึงเกิดเป็นเจลเพิ่มขึ้นซึ่งมีแนวโน้มการเพิ่มอัตราส่วนของของเหลวในการสกัดว่าถ้ามีอัตราส่วนของน้ำมะกรูดสูงจะทำให้มีผลต่อการละลายของเพคตินได้ดีแต่ถ้าสูงมากจะทำให้อัตราการเกิดร้อยละผลได้ลดลง ดังแสดงใน Figure 3

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

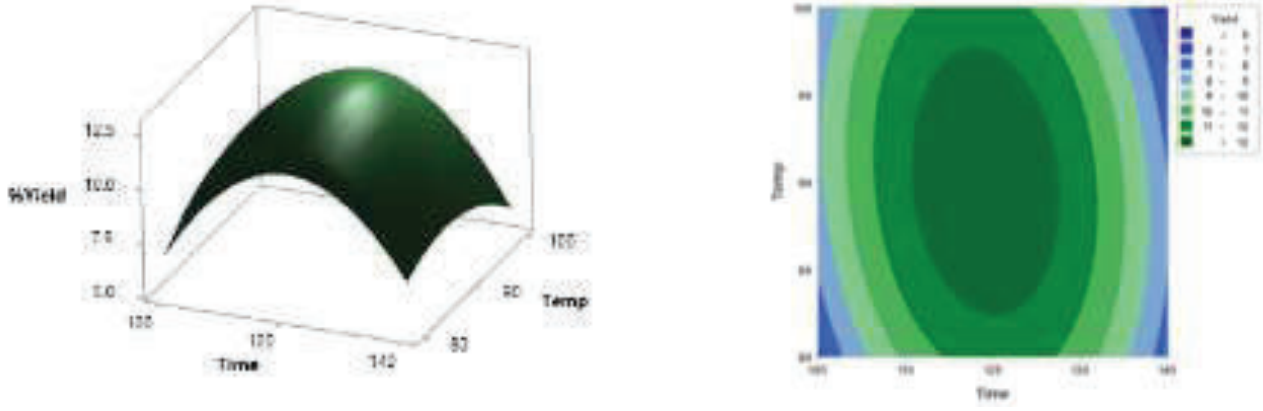


Figure 2 Response surface plot of extraction time and temperature

ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดและอัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อผงเพคตินที่มีต่อปริมาณร้อยละผลได้ จากการสกัดเพคติน แสดงให้เห็นว่าการสกัดที่เวลา 113-127 นาทีจะให้ปริมาณร้อยละผลได้เพคตินสูงสุด เนื่องจากการใช้เวลานานทำให้สารสกัดสามารถเข้าทำลายโครงสร้างของผนังและอัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อผงเพคตินและมีแนวโน้มว่าถ้าใช้อัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่ำและที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ร้อยละผลได้น้อยกว่า 10% ดังแสดงใน Figure 4

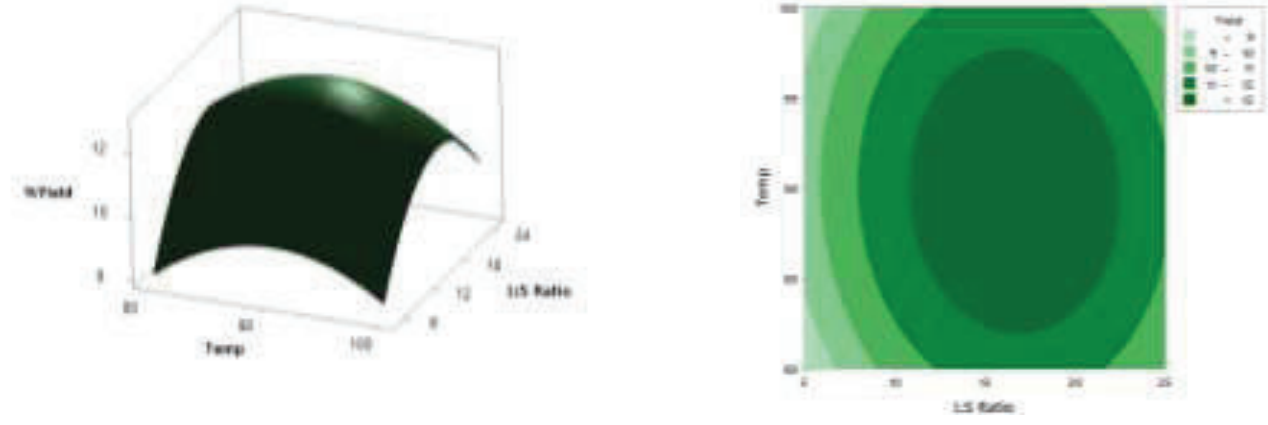


Figure 3 Response surface plot of extraction temperature and L: S Ratio

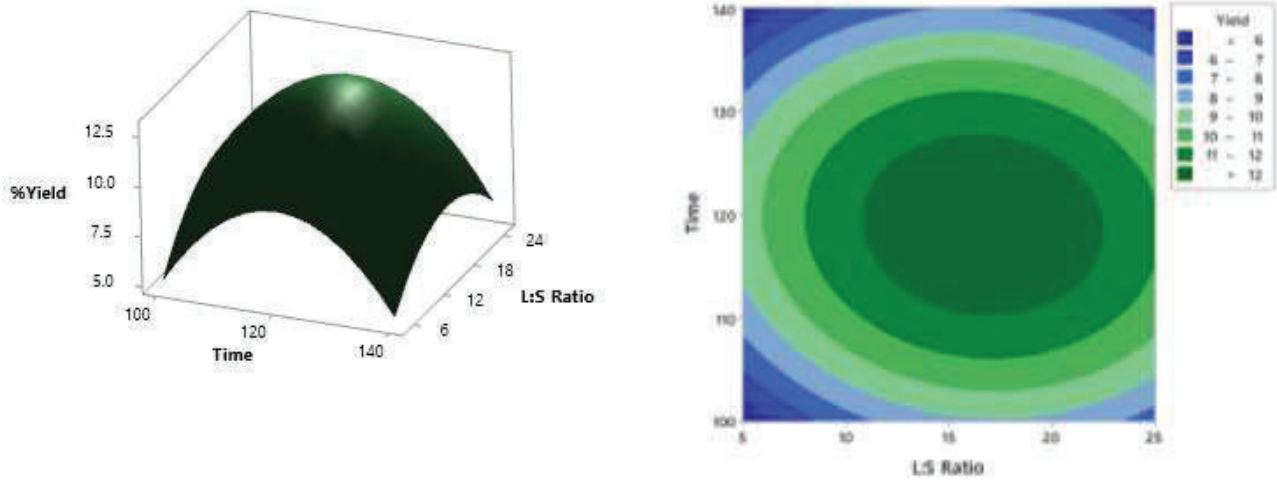


Figure 4 Response surface plot of extraction time and L: S Ratio

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘
URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

5. ผลสภาวะที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยน้ำมะกรูด 100% ที่ให้ปริมาณร้อยละผลได้ของเพคตินสูงที่สุด พบว่า ที่เวลาในการสกัด 120 นาที อุณหภูมิในการสกัด 90 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของของเหลวต่อของแข็ง 15:1 มล./ก. สามารถสกัดเพคตินได้สูงสุด 12.77±0.07% ซึ่งผลการยืนยัน สภาวะที่เหมาะสมให้ค่าใกล้เคียงกับที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ งานวิจัยก่อนหน้านี้มีการใช้กรดที่แตกต่างกัน ได้แก่ กรดซิตริก กรดอะซิติก กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก และกรดซัลฟูริก เพื่อสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดซึ่งเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยกรดซิตริกมีร้อยละของผลผลิตสูงที่สุด และสภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 100 นาที ค่าพีเอช 1 และ อัตราส่วนในการสกัดตัวอย่างต่อกรด 1:60 (จตุพล หาญดี และคณะ, 2559) เช่นเดียวกับ นวลกมล อำนวยสิน และคณะ (2561) ที่ใช้กรดซิตริกสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองแต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กรดอินทรีย์ได้แก่ กรดซิตริก และกรดไฮโดรคลอลิก ในการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองจะได้ปริมาณเพคตินที่สูงแต่ได้เมทอกซิลที่ต่ำอาจเป็นผลมาจากการสกัดด้วยกรดแก่ทำให้ความสามารถในการละลายของเพคตินเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดที่ไม่สามารถตกตะกอนได้โดยการเติมเอทานอล จึงทำให้ปริมาณผลผลิตเพคตินที่ได้น้อยกว่าการสกัดด้วยกรดอ่อน (นวลกมล อำนวยสิน และคณะ, 2561)

วิจารณ์และสรุปผล

จากการใช้กรดผลไม้เพื่อสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยกรดผลไม้ซึ่งสามารถหาได้ในตลาดทั่วไปซึ่งไม่เป็นอันตรายและสามารถรับประทานได้ โดยการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือทางอุตสาหกรรมเครื่องดื่มผลไม้ ผลการใช้กรดผลไม้ได้ผลว่าน้ำมะกรูดเข้มข้น 100% มีความสามารถในการสกัดเพคตินได้ดีกว่าน้ำมะนาวแป้นพิจิตรเข้มข้น 100% และน้ำส้มซ่าเข้มข้น 100% นอกจากนี้ที่สภาวะนี้ได้ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันของเพคตินได้ 37.50% ซึ่งเพคตินที่ได้เป็นชนิดเมทอกซิลต่ำ (LMP) ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด เพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงโดยใช้น้ำมะกรูดเข้มข้น 100% โดยการออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken Design สามารถให้ปริมาณร้อยละผลได้สูงถึง 12.81% เมื่อใช้เวลาในการสกัด 120 นาที อุณหภูมิในการสกัด 90 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของน้ำมะกรูดต่อผงเพคติน หรือ อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (L:S) 15:1 มล./ก. ผลการออกแบบการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าแบบจำลองการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสสีม่วงด้วยน้ำมะกรูด 100% สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้อื่นๆ ได้จริง

เอกสารอ้างอิง

จตุพล หาญดี, วิชัย เสริมผลและ วราวุธ ธนะมูล. (2559). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ*.อาคารพจน์ สารสิน มหาวิทยาลัย ขอนแก่น .

ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์, พิลาณี ไวถนอมสัตย์ล จิราพร เชื้อกูล และปริศนา สิริอาชา. (2548). *การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง* [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล, ปฏิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์. (2556). *การสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้* [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นวลกมล อำนวยสิน, ณัฐญาภรณ์ เสือชุมแสง และเทพปัญญา เจริญรัตน์. (2561). การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยหอมทองด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดซิตริก. *Thai Journal of Science and Technology, 7(5).*

พงษ์เสริฐ ศรีพรหม กัญญารัตน์ เกิดศิริ พรสวรรค์ อัศวแสงรัตน์ และ ปธานิน แสงอรุณ. (2561).การหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเพคตินจากเปลือกทุเรียนด้วยน้ำส้มสายชู. *วิศวสารลาดกระบัง, 35*(3), 9-15.

สุรีวัลย์ สิมชาติ สุภาวิตา บุดดาเวียง นิภาพร พลเยี่ยม และวัฒนา อัจฉริยะโพธา. (2562). การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มซ่าเพื่อผลิตแยมส้มซ่า. *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 7.* มหาวิทยาลัยรังสิต.

อรพิน ภูมิภมร. (2523). *คาร์โบไฮเดรตในสารอาหารพอลีแซ็คคาไรด์* [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตร- ศาสตร์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adetunji, L.R., Adekunle A., Orsat V., and Raghavan V., (2007). Advances in the pectin production process using novel extraction techniques: A review. *Food Hydrocolloids, 62*, 239-250.

Emaga, H. T. ; Robert, C., Ronkart, S.N., Wathelet, B. and Paquot, M., (2008). Dietaryfibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana andplantain varieties. *Bioresource Technology, 99*, 4346-4354.

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags

Kurita, O., Fujiwara T., & Yamazaki E., (2008). Characterization of the pectin extracted from citrus peel in the presence of citric acid, *Carbohydrate Polymer, 74*, 725-730.

Maran, P.J. (2015). Statistical optimization of aqueous extraction of pectin from waste durian rinds. *International Journal of Biological Macromolecules, 73*, 92-98.

Shaha, R.K., Nayagi, A.P.Y., Punichelvana & Afandi A. (2013). Optimized extraction condition and characterization of pectin from kaffir lime (*Citrus hystrix*). *Research Journal of Agriculture and forestry Sciences, 1*(2), 1-11.

Ström, A., Ribelles P., Lundin L., Norton I., Morris E.R. & Williams A.K., (2007). Influence of pectin fine structure on the mechanical properties of calcium-pectin and acid-pectin gels. *Biomacromolecules, 8*, 2668-2674.

Sukboonyasatit, D., Pornnikom, N. & Natyay, N., (2018). Chemical and physical properties of pectin from okra. *Khon Kaen Agriculture Journal, 48*, 419-1422.

Wai, W.W., Alkarkhi, F.M.A. & Easa, A.M. (2010). Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind pectin: An experimental design. F*ood and Bioproducts Processing, 88*, 209-214.

Wilaiwan, O. & Choojun, S., (2554). Application of pectin crude extracts from Krung Kha Mao leaves (*Cissampelos pareira* L.) to immobilized cells of *Lactobacillus casei* subsp. rhamnosus TISTR 108 and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. Bulgaricus TISTR 1339 for lactic acid production. *Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference*: Science. Kasetsart University.

Wittayapapakorn, S. & Taweekasemsombat, S. (2013). The optimum conditions of extracting pectin from agricultural materials. *Research Journal Special Issue the 5th Rajamangala University of Technology National Conference: Science*. Rajamangala University of Technology.

Yapo, B.M. & Koffi, K. L. (2006). Yellow passion fruit rind—A potential source of low-methoxyl pectin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54*, 2738-2744. http://dx.doi.org/10.1021/jf052605q

หมายเลขอ้างอิง ๑๙๐๑๑๖X๑๙B๗๐๐๘๘

URL http://esaraban.vru.ac.th/archive/identityTags