



Ramkhamhaeng Research Journal of Sciences and Technology

Off 10 ฉบับปี 1 มกราคม - ธันวาคม 2559 Vol. 10 No. 1 January - June 2018

- **สัณฐานวิทยาหินชนวนเล็กในบริเวณป่าชายเลนอุทยานชาติปากแม่น้ำลำปาว**
จังหวัดอุบลราชธานี
อภัยสิทธิ์ ไชยชนะ 1
- **ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชน้ำในพื้นที่น้ำจืดภาคกลาง**
สิริภรณ์ เหล็กสุรีย์, วัชรฤทธิ์ เหล็กสุรีย์ และณิศา กุศลธรรม 14
- **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินบริเวณแก่งน้ำตกม่อน**
นพรัตน์ สิงห์สุคนธ์ 28
- **การพัฒนาเครื่องใช้ไฟฟ้าจากของเหลือใช้**
อริศรา ไชยพันธุ์ 48

Ramkhamhaeng University

สถาบันวิจัยและพัฒนา
อาคารอุไรไทย ชั้น 12 มหาวิทยาลัยรามคำแหง
หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
โทรศัพท์ 0-2310-8119 โทรสาร 0-2310-8698

ISSN 1905-1722

วารสารวิจัยรามคำแหง
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

<http://www.rmutk.ac.th>

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ผู้จัดพิมพ์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ที่ปรึกษาบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วุฒิศักดิ์ ลากเจริญทรัพย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชวล ทองประยูร
รองศาสตราจารย์ ดร.มณี อัครวานนท์

อธิการบดีมหาวิทยาลัยรามคำแหง
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ
อดีตผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรชัย วงศ์วานา

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

กองบรรณาธิการ

สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว
ศาสตราจารย์ ดร.ประสาท สืบคำ
ศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ สาคริก
ศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สุขสำราญ
ศาสตราจารย์ ดร.งามผ่อง คงคาทิพย์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ สุนินประเสริฐ
รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ มีเวที
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ คันทพนิต
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลี ณ นคร
รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิธิธรรมยง
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณมา ตั้งเจริญชัย
รองศาสตราจารย์ ดร.สมนึก บุญเกิด
รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ ยี่มีน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมล จันท์แจ่ม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ ไรจนกิจ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติศานต์ กร้ามาตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณนัท คงสง
ศาสตราจารย์ ดร.บุญทัน ดอกไธสง
ศาสตราจารย์ ดร.สุภางค์ จันทวานิช
รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ พันธูลาภ
รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ สีขณวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ
รองศาสตราจารย์ ดร.ดุขฎิ โยเหลา
รองศาสตราจารย์ ดร.พรสุข หุ่นรินทร์
รองศาสตราจารย์ บุปผา บุญทิพย์
รองศาสตราจารย์ อนุกุล พลศิริ
รองศาสตราจารย์ เอมอร ดิสปัญญา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกชรัตน์ เตชะไตรศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราจวน เบญจศิริ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนวิมล ภู่อารีย์
อาจารย์ ดร.กรวิภา สรรพกิจจานง
อาจารย์ ดร.สยามพร โยธาสุมุท

สาขามนุษยศาสตร์
และสังคมศาสตร์

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สถาบันคลังสมองแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ฝ่ายจัดทำ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรชัย วงศ์वासนา อาจารย์ ยิ่งยง เมฆลอย นางสาวสายพิน ริตมัต นางลักขิกา ขจัดภัย นางสาวฐนิตฐา ยิบพิกุล นางญนันทพร กลั่นเจริญ นายอำนาจ สิงห์ตาลอง นางสาวแพรวไพไล เจริญสิทธิ์กองคำ นางบุปผา เอี่ยมจรูญ	ประธานฝ่ายจัดทำ กรรมการ กรรมการ กรรมการ กรรมการ กรรมการ กรรมการและเหรัญญิก กรรมการและเลขานุการ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
-----------	---	---

วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รับพิจารณาและตีพิมพ์บทความวิจัยสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดเผยแพร่ ออก 2 ฉบับต่อปี ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนมิถุนายน, เดือนกรกฎาคม – เดือนธันวาคม

การเผยแพร่ มอบให้ห้องสมุดหน่วยงานรัฐบาล สถาบันการศึกษาในประเทศ

ข้อมูลการติดต่อ ฝ่ายจัดทำ
กองบรรณาธิการวารสารวิจัยรามคำแหง
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง
อาคารสุโขทัย ชั้น 12 หั้วமாக บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทร. 02-310-8696
Email: ruresearch@ru.ac.th

พิมพ์ที่ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

- บทความทุกบทความได้รับการตรวจสอบถูกต้องทางวิชาการโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review)
- มีผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกประจำกองบรรณาธิการมากกว่าร้อยละ 50
- มีบทความจากนักวิชาการภายนอกลงตีพิมพ์ไม่น้อยกว่า 25% ทุกฉบับ
- ข้อความและบทความในวารสารวิจัยรามคำแหงเป็นแนวคิดของผู้เขียน การตีพิมพ์บทความซ้ำเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ กองบรรณาธิการและมหาวิทยาลัยรามคำแหง
- กองบรรณาธิการไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอก แต่ควรอ้างอิงแสดงที่มา

วารสารวิจัยรามคำแหง

ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยรามคำแหง ฉบับนี้ เป็นวารสารวิจัยของมหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้ก้าวเข้าสู่ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559 ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI (รอบที่ 3) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ 2

สถานการณ์บ้านเมืองในปัจจุบันเข้าสู่ช่วงเวลาของการเปลี่ยนผ่าน อันเป็นหัวเลี้ยวหัวต่อที่สำคัญของสังคมไทย ทุกภาคส่วนของสังคมกำลังเข้ามามีบทบาทในการนำเสนอปรัชญา แนวคิด วิธีการในการขับเคลื่อนกระบวนการทางสังคม การเมือง และเศรษฐกิจของประเทศให้เดินต่อไปตามครรลอง อยู่บนวิถีแห่งความหลากหลาย และความแตกต่างกันทางความคิด ความขัดแย้งทางการเมืองและสถานการณ์ที่เลวร้ายต่าง ๆ จะวนเวียนกลับมาเกิดขึ้นใหม่ตามกงล้อประวัติศาสตร์อีกหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของสำนึกรับผิดชอบต่อแผ่นดินถิ่นเกิดของคนไทยหรือผู้ที่อาศัยแผ่นดินไทยทุกคน รวมถึงทางภาคส่วนของนักวิชาการที่มีบทบาทสำคัญในการเสนอแนะแนวทางที่ถูกต้อง ผ่านทางการนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ อันเป็นแหล่งความรู้พื้นฐานในการตัดสินใจอยู่บนฐานทางความคิดทางวิชาการที่น่าเชื่อถือ **แนวและทิศทางของการวิจัยของชาติกำลังมุ่งสู่การนำองค์ความรู้ที่มีสะสมมาจากอดีตมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ นำผลการวิจัยจาก "หิ้งสู่ห้าง" ขับเคลื่อนประเทศไทยโดยการใช้งานวิจัยให้สามารถต่อยอดในเชิงพาณิชย์ อันเป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยก้าวเข้าสู่ยุคใหม่ที่ดีกว่าเดิมทั้งแนวคิดทางสังคมและความก้าวหน้าของเทคโนโลยี**

กองบรรณาธิการและฝ่ายจัดทำขอขอบพระคุณ ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) กับความพยายามในการรักษามาตรฐานวารสารในประเทศไทยให้คงอยู่ในระดับนานาชาติ อันเป็นความก้าวหน้าทางวิชาการที่สำคัญของประเทศไทย และขอขอบคุณนักวิชาการ นักวิจัย ที่ให้เกียรติ ให้ความสนใจและนำบทความอันทรงคุณค่าของท่านมาตีพิมพ์ในวารสารวิจัยรามคำแหง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความไว้วางใจเช่นนี้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณ

บรรณาธิการ

สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Meiofauna in the Natural Mangrove Forest of the Tha Chin Estuary, Samut Sakhon Province

ณัฐกิตติ์ โตอ่อน¹



บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบ การกระจาย และความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติทางฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร เก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กจำนวน 16 สถานี ช่วงน้ำลงต่ำสุด ใน 4 แนวศึกษาจากพื้นที่ป่าชายเลนตอนบนติดกับแผ่นดินออกสู่ทะเลในบริเวณหาดเลน ซึ่งแต่ละแนวประกอบด้วย บริเวณป่าชายเลนตอนบน ป่าชายเลนตอนกลาง ป่าชายเลนตอนล่าง และบริเวณหาดเลน ผลการศึกษาพบสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก ทั้งหมด 10 กลุ่ม ไส้เดือนทะเลตัวกลม (nematodes) ฟอแรมมินิเฟอร่า (foraminiferans) ไส้เดือนทะเล (polychaetes) และฮาร์แพคติกอยด์โคพีพอด (harpacticoid copepods) พบเป็นกลุ่มเด่น ความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กมีค่าในช่วง 210-1,348 ตัวต่อ 10 ตร.ซม. บริเวณหาดเลนมีความหนาแน่นมากที่สุด เนื่องจากพบไส้เดือนทะเลตัวกลมชุกชุม รองลงมาคือ ป่าชายเลนตอนบน ป่าชายเลนตอนกลาง และป่าชายเลนตอนล่าง ตามลำดับ การกระจายและความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มเด่นแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับขนาดอนุภาคดินตะกอน ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน มวลชีวภาพของพืชป่าชายเลน ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในดิน

คำสำคัญ : การกระจาย ป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the composition, distribution and abundance of meiofaunal communities in the natural mangrove forest of the western Tha Chin estuary, Samut Sakhon Province. Meiofaunal samples were collected from sixteen sampling stations during low tide along four transects from the landward edge of the mangrove forest to the seaward mudflat. Each transect comprised of the landward mangrove forest, middle zone of mangrove forest, the mangrove fringes and tidal mudflat. In total, 10 meiofaunal taxa were found with the dominant taxa belonging to nematodes, foraminiferans, polychaetes and harpacticoid copepods. The densities of meiofauna ranged from 210 to 1,348 inds/10 cm².

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

The highest meiofauna densities were found in the mudflat due to the abundance of nematodes followed by upper reach of mangrove forest, middle zone of mangrove forest and lowest densities in lower zone of mangrove forest, respectively. The distribution and abundance of dominant group of meiofauna were significantly correlated ($p < 0.05$) with grain size composition and organic matter content in the sediment, vegetative biomass, salinity and dissolved oxygen of soil water.

Keywords : distribution, Tha Chin mangrove estuary, meiofauna

บทนำ

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่มีความหลากหลายของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตและความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ทั้งด้านป่าไม้ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและทรัพยากรประมง ป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร เป็นป่าชายเลนทางฝั่งอ่าวไทยแห่งหนึ่งที่เคยมีความอุดมสมบูรณ์ โดยในปี พ.ศ. 2518 มีพื้นที่ 115,750 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 22 ของเนื้อที่จังหวัด แต่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงสภาพจากการถูกบุกรุกทำลาย โดยเฉพาะการทำนาเกลือ นาเกลือ การขยายตัวของแหล่งชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม จนทำให้พื้นที่ป่าชายเลนลดลง และมีสภาพเสื่อมโทรม ซึ่งในปี พ.ศ. 2529 มีพื้นที่เป็นเพียงแนวแคบๆ ตลอดแนวชายฝั่งประมาณ 887.5 ไร่หรือร้อยละ 0.6 ของเนื้อที่จังหวัด โดยในภายหลังมีการปลูกป่าเพิ่มเติมเพื่อเสริมแนวป่าชายเลนธรรมชาติ ประกอบกับป่าชายเลนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ

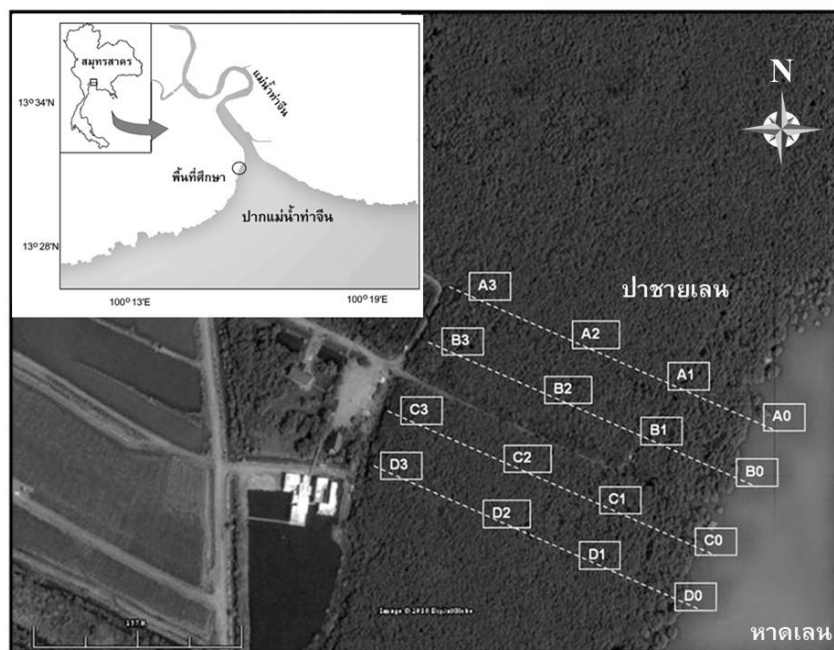
สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก (meiofauna) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มหนึ่งที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน โดยพบอาศัยอยู่ตามผิวดินหรือช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีขนาดระหว่าง 63-500 ไมโครเมตร (Giere, 1993) มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศป่าชายเลนในแง่การช่วยย่อยสารอินทรีย์และการหมุนเวียนธาตุอาหาร และบทบาทการถ่ายทอดพลังงานตามห่วงโซ่อาหารโดยเป็นตัวเชื่อมโยงสำคัญกับสัตว์น้ำเศรษฐกิจหลายชนิด เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กด้วยตัวเอง สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ และสัตว์น้ำอื่นๆ รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (ณิฐารัตน์, 2546; Chinnadurai and Fernando, 2007)

และใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์และการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศป่าชายเลน (ณิฐารัตน์ และคณะ, 2554; จิราวรรณ และคณะ, 2551) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบองค์ประกอบชนิด การกระจายและความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประเมินความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่าชายเลน และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการพื้นที่ป่าชายเลนด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศป่าชายเลน

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ดำเนินการในบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติทางฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำ (ภาพที่ 1) ซึ่งพื้นที่ป่าชายเลนมีสภาพโดยรวมเป็นป่าธรรมชาติที่มีแสมทะเล (*Avicennia marina*) และแสมขาว (*A. alba*) เป็นพันธุ์ไม้เด่น กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างออกเป็น 4 แนวศึกษา (Line transect) จากพื้นที่บริเวณป่าชายเลนตอนบนของฝั่งติดต่อกับแผ่นดินออกสู่ทะเลในบริเวณหาดเลนประกอบด้วยแนวศึกษา A, B, C และ D และแต่ละแนวแบ่งออกเป็น 4 สถานีเก็บตัวอย่าง ในบริเวณป่าชายเลนตอนบน (A3, B3, C3, D3) ป่าชายเลนตอนกลาง (A2, B2, C2, D2) ป่าชายเลนตอนล่าง (A1, B1, C1, D1) และหาดเลน (A0, B0, C0, D0) ซึ่งอยู่ถัดจากป่าชายเลนตอนล่างออกมาทางด้านนอกติดกับทะเล รวมสถานีเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 16 สถานี



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณปายายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างแบบสุ่มในช่วงน้ำลงต่ำสุด ช่วงเดือนพฤษภาคม 2552 โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร กดลงในดินจากชั้นผิวดินลึกลงไป 5 เซนติเมตร จำนวน 4 ซ้ำต่อสถานี จากนั้นนำตัวอย่างดินที่ได้มารักษาสภาพด้วยน้ำยาฟอร์มาลินเป็นกลาง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ผสมสีย้อม Rose Bengal และเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเพื่อนำมาหาขนาดอนุภาคดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์ในดิน เก็บตัวอย่างเศษซากใบไม้กิ่งไม้ ตามพื้นดินในแต่ละสถานีด้วยตารางนับสัตว์ (Quadrat) ขนาด 0.25 ตารางเซนติเมตร จำนวน 4 ซ้ำต่อสถานี เพื่อนำมาหามวลชีวภาพของพืช ทำการวัดคุณภาพน้ำในดินโดยวัดความเค็มด้วย Refractometer วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (ID1000) วัดอุณหภูมิของน้ำ (Temperature) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen) ด้วย Oxygen meter (YSI Model 57)

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินที่เก็บจากภาคสนามมากรองผ่านถุงกรองขนาดตา 63 ไมโครเมตร ทำการจำแนกกลุ่มของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กโดยใช้เอกสารของ Higgins and Thiel (1988) และ Giere (1993) และนับ

จำนวนเพื่อหาความหนาแน่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo-microscope) ทำการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยวิธี Mechanical wet sieving method โดยนำตัวอย่างดินตะกอนจำนวน 50 กรัม ที่ผ่านการอบแห้งแล้วที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดตา 2.0, 1.0, 0.5, 0.25, 0.125 และ 0.063 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งดินตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาดโดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะของดินจากตารางของ Wentworth (Buchanan, 1971) วิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดิน (total organic matter) ด้วยวิธี Ignition loss โดยนำตัวดินจำนวน 5 กรัม ที่ผ่านการอบแห้งแล้วที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง คำนวณหาน้ำหนักดินที่หายไป แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารอินทรีย์ ทำการวิเคราะห์มวลชีวภาพของพืชปายายเลน โดยการแยกชิ้นส่วนของพืชออกเป็นส่วนต่างๆ (รากอากาศ รากใต้ดิน กิ่ง ใบ เศษซากพืช) แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเปรียบเทียบความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแต่ละแนวศึกษาและแต่ละบริเวณศึกษา โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กโดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Pearson's correlation coefficients) คำนวณค่าดัชนีชีวภาพของสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก ได้แก่ ดัชนีความหลากหลายทางชนิด (Diversity index) ตามวิธีการคำนวณตามสูตรของ Shannon–Weiner diversity index (H') และดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิด (Evenness index) ตามวิธีของ Pielou's evenness index (J') (Clarke and Warwick, 1994; Ludwig and Reynolds, 1986)

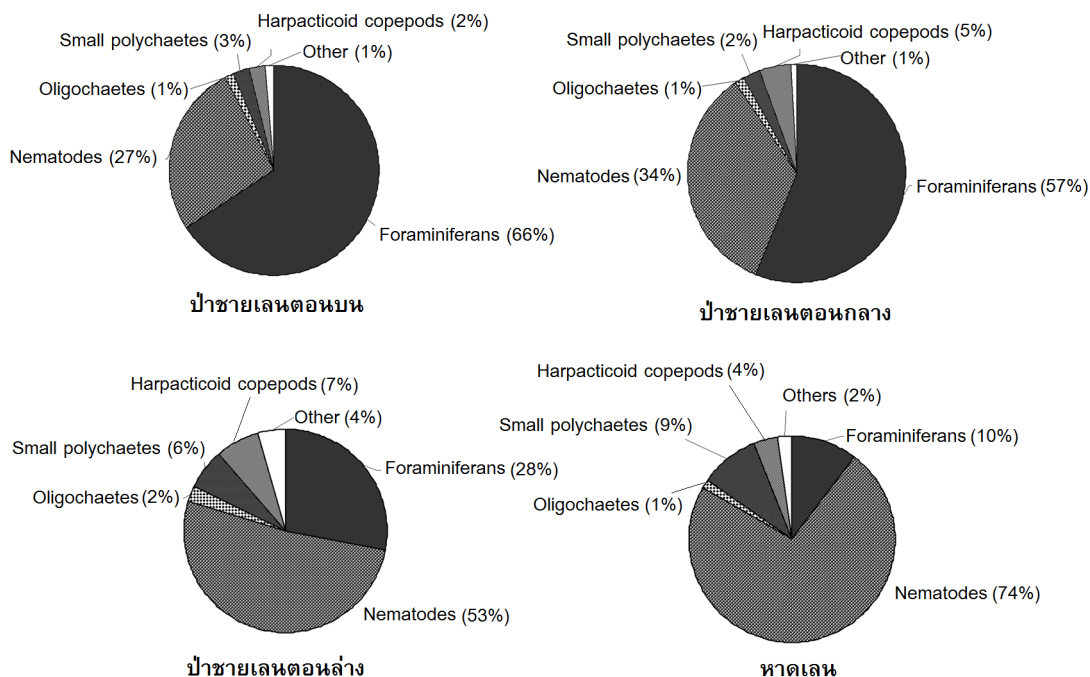
ผลการวิจัย

สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก

สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบทั้งสิ้น 10 กลุ่ม ประกอบด้วย ฟอแรมมินิเฟอร่า (foraminiferans) ไส้เดือนทะเลตัวกลม (nematodes) โอลิโกคีต (oligochaetes) ไส้เดือนทะเลขนาดเล็ก (small polychaetes) ไรทะเล (halacarids) ออสตราคอด (ostracods) ฮาร์แพคติกอยด์โคพีพอด (harpacticoid copepods) หอยฝาเดี่ยว (gastropods) หอยสองฝา (bivalves) และไข่ของพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

(unknown eggs) สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มไส้เดือนทะเลตัวกลมและฟอแรมมินิเฟอร่าพบชุกชุมเป็นสัดส่วนร้อยละ 47.31 และ 39.92 ของความหนาแน่นทั้งหมด ตามลำดับ รองลงมาคือไส้เดือนทะเล (ร้อยละ 5.22) และฮาร์แพคติกอยด์โคพีพอด (ร้อยละ 4.11) ตามลำดับ

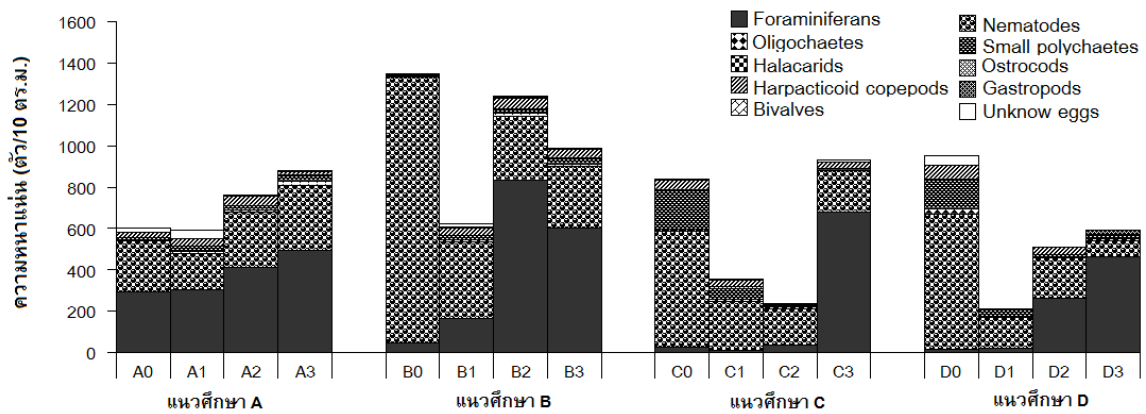
การกระจายของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มเด่น พบไส้เดือนทะเลตัวกลมและฟอแรมมินิเฟอร่าพบทุกสถานีเก็บตัวอย่าง แต่พบว่าความชุกชุมของทั้งสองกลุ่มระหว่างบริเวณศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มไส้เดือนทะเลตัวกลมมีความชุกชุมมากในบริเวณหาดเลน (ร้อยละ 73.21) ซึ่งดินมีลักษณะเป็นโคลนเหลว และมีความชุกชุมลดลงตามระยะทางที่เข้าสู่แผ่นดินในบริเวณป่าชายเลนตอนล่าง ป่าชายเลนตอนกลาง และป่าชายเลนตอนบน คิดเป็นร้อยละ 51.80, 34.45 และ 26.59 ของความหนาแน่นทั้งหมดในแต่ละสถานี ตามลำดับ ส่วนกลุ่มฟอแรมมินิเฟอร่าพบชุกชุมมากในบริเวณป่าชายเลนตอนบน (ร้อยละ 65.77) ซึ่งดินมีลักษณะเป็นโคลนเหนียวค่อนข้างแข็ง และมีความชุกชุมลดลงตามระยะทางออกสู่ทะเลในบริเวณป่าชายเลนตอนกลาง ป่าชายเลนตอนล่าง และหาดเลน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 56.11, 28.03 และ 10.25 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สัดส่วนของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มหลักบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กพบในช่วง 210-1,348 ตัวต่อ 10 ตร.ซม. (ภาพที่ 3) ความหนาแน่นในแต่ละแนวศึกษาและแต่ละบริเวณศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าแนวศึกษา B มีความหนาแน่นสูงสุดในช่วง 625-1,348 ตัวต่อ 10 ตร.ซม. เนื่องจากในสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณหาดเลน (B0) พบสัตว์หน้าดินขนาดเล็กชุกชุมมาก (1,348 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) ส่วนความหนาแน่นในแต่ละบริเวณศึกษาพบมากที่สุดในบริเวณหาดเลน (598-1,348 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) เนื่องจากทุกสถานีเก็บตัวอย่างในบริเวณหาดเลน พบไส้เดือนทะเลตัวกลมชุกชุมมาก (245-1289 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) รองลงมาคือบริเวณป่าชายเลนตอนบน ป่าชายเลนตอนกลาง และป่าชายเลนตอนล่าง โดยพบในช่วง 590-989, 235-1,242 และ 210-625 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.

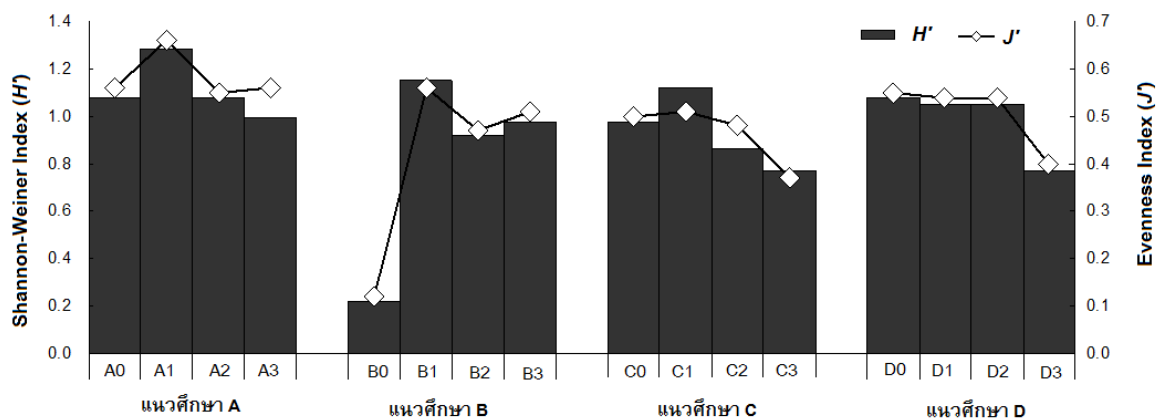
ตามลำดับ ทั้งนี้สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มเด่นที่มีผลต่อความหนาแน่นในบริเวณป่าชายเลนตอนบนและป่าชายเลนตอนกลางคือ กลุ่มฟอรัมมินิเฟอร่า ซึ่งพบมากถึง 468-683 และ 36-838 ตัวต่อ 10 ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนป่าชายเลนตอนล่างพบไส้เดือนทะเลตัวกลมชุกชุม (146-370 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) เช่นเดียวกับบริเวณหาดเลน รวมทั้งพบกลุ่มฟอรัมมินิเฟอร่าชุกชุม รองลงมา (8-305 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) สำหรับความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินกลุ่มเด่นพวกไส้เดือนทะเลตัวกลมและฟอรัมมินิเฟอร่า พบว่าในแต่ละบริเวณศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินทั้งสองกลุ่มในแต่ละแนวศึกษาไม่พบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 3 ความหนาแน่น (ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) ของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Weiner index; H') และดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิด (Evenness index; J') มีค่าอยู่ในช่วง 0.22-1.29 และ 0.55-0.62 ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ดัชนีความหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิดในแต่ละแนวศึกษาและแต่ละบริเวณศึกษาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิด

มีค่าต่ำในบริเวณหาดเลน (0.22-1.10 และ 0.12-0.55 ตามลำดับ) เนื่องจากในบริเวณนี้พบไส้เดือนทะเลตัวกลมมีความหนาแน่นสูงกว่าสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มอื่นๆ มาก โดยเฉพาะที่สถานีในบริเวณหาดเลนในแนวศึกษา B (B0) มีค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิดต่ำที่สุด (0.22 และ 0.12 ตามลำดับ) เนื่องจากพบไส้เดือนทะเลตัวกลมมากถึงร้อยละ 95.77 ของความหนาแน่นทั้งหมด



ภาพที่ 4 ดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Weiner index; H') และดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิด (Evenness index; J') ของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

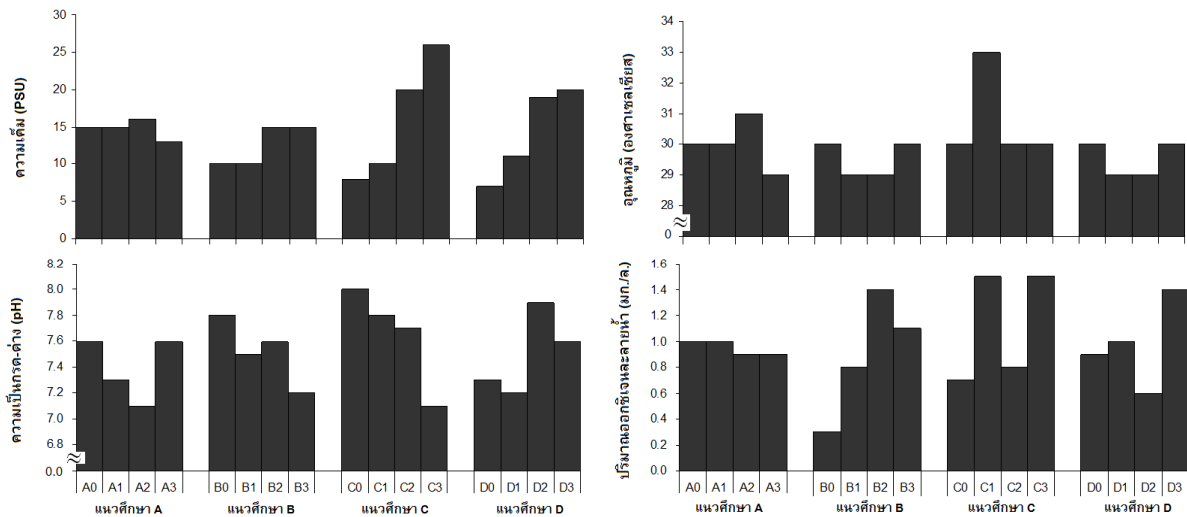
ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำในดิน (ภาพที่ 5) พบว่า อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างมีค่าแปรผันในช่วง 29-33 องศาเซลเซียส และ 7.1-8.0 ตามลำดับ ปริมาณ

ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำทุกบริเวณศึกษา (0.3-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทั้งนี้ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแต่ละแนวศึกษาและแต่ละบริเวณศึกษาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนความเค็มของน้ำใน

ดินพบว่าแต่ละบริเวณศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าสูงในบริเวณป่าชายเลนตอนบน (13-26 psu) และมีค่าลดลงตามระยะทางที่ออกสู่ทะเลในบริเวณป่าชายเลนตอนกลาง

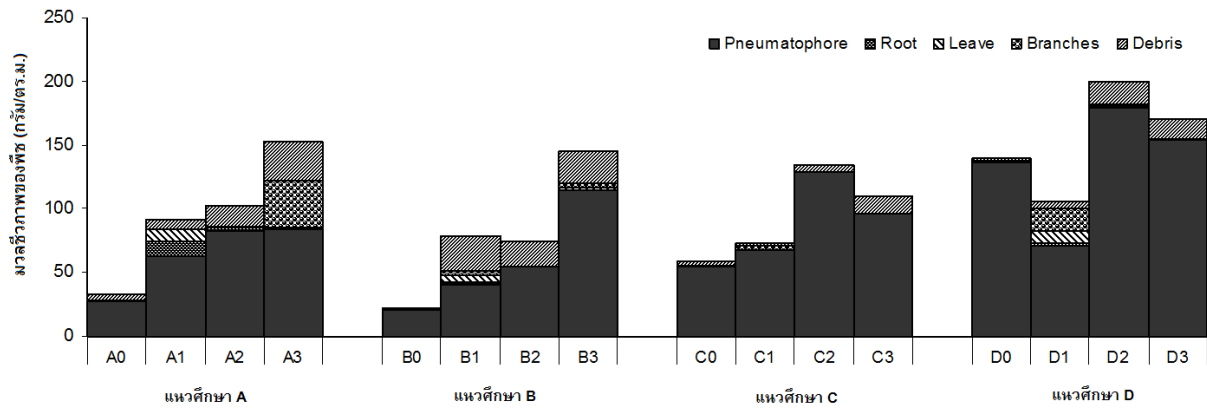
(15-20 psu) ป่าชายเลนตอนล่าง (10-15 psu) และมีค่าต่ำสุดในสถานที่ที่อยู่บริเวณหาดเลน (7-15 psu) ตามลำดับ



ภาพที่ 5 คุณภาพน้ำในดินบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

มวลชีวภาพของพืชป่าชายเลน มีค่าแปรผันในช่วง 22.36-200.27 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อตร.ม. (ภาพที่ 6) บริเวณป่าชายเลนตอนบนมีค่ามวลชีวภาพของพืชรวมมากที่สุด (110.19-170.77 กรัมต่อตร.ม.) รองลงมาคือป่าชายเลนตอนกลาง (74.33-200.27 กรัมต่อตร.ม.) ป่าชายเลนตอนล่าง (72.60-105.43 กรัมต่อตร.ม.) และหาดเลน (22.36-140.12 กรัมต่อตร.ม.) ตามลำดับ มวลชีวภาพของรากอากาศ (pneumatophores) ในแต่ละแนวศึกษาและแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบมีค่าสูงในบริเวณป่าชายเลนตอนบนและป่าชายเลนตอนกลาง (111.92 ± 30.83 และ 111.30 ± 54.46 กรัมต่อตร.ม. ตามลำดับ) มวลชีวภาพ

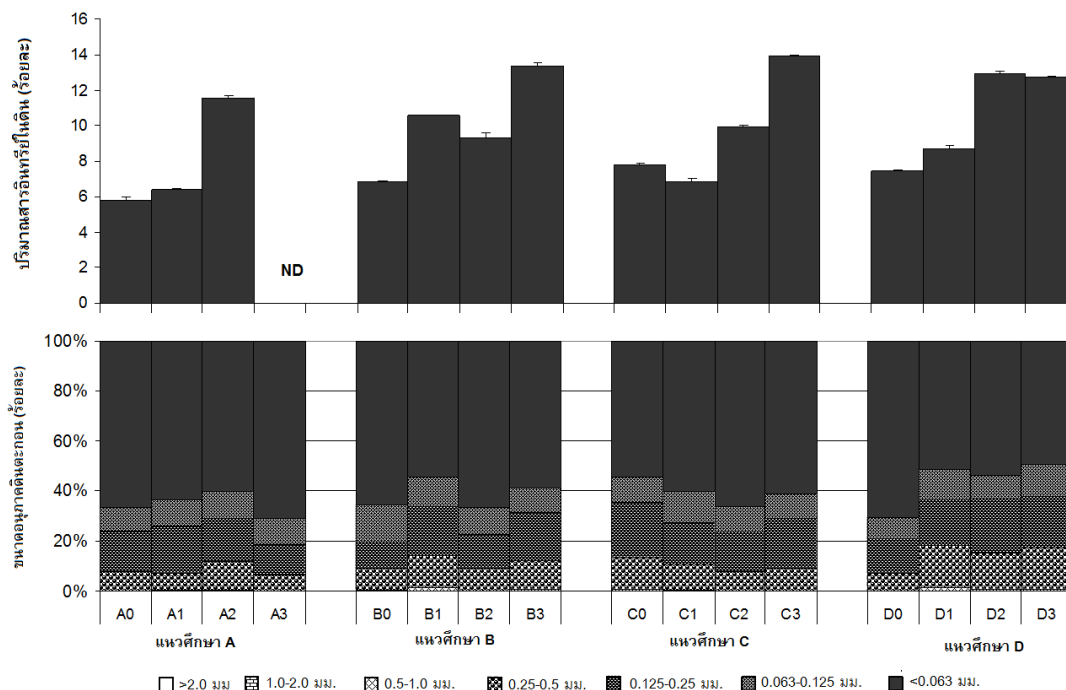
ของเศษซากพืช (debris) และใบพืช (leaves) ในแต่ละแนวศึกษาไม่แตกต่างกันแต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแต่ละบริเวณศึกษา มวลชีวภาพของซากพืชพบมากที่สุดในป่าชายเลนตอนบน (21.33 ± 7.55 กรัมต่อตร.ม.) รองลงมาคือป่าชายเลนตอนกลางและป่าชายเลนตอนล่าง (14.93 ± 6.29 และ 10.46 ± 11.22 กรัมต่อตร.ม. ตามลำดับ) และมีค่าต่ำสุดบริเวณหาดเลน (3.35 ± 1.44 กรัมต่อตร.ม.) มวลชีวภาพของใบพืชมีค่ามากที่สุดในบริเวณป่าชายเลนตอนล่าง (6.61 ± 4.83 กรัมต่อตร.ม.) ส่วนมวลชีวภาพของกิ่งไม้ (branches) และรากใต้ดิน (roots) ในแต่ละแนวศึกษาและแต่ละบริเวณศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 6 มวลชีวภาพของพืชป่าชายเลนในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ขนาดอนุภาคดินตะกอนทุกบริเวณศึกษาเป็นดินโคลน (mud) โดยในบริเวณหาดเลนที่อยู่ติดกับทะเลมีลักษณะเป็นดินโคลนเหลว ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวมากขึ้นตามระยะทางเข้าสู่แผ่นดินในบริเวณป่าชายเลนตอนล่าง ป่าชายเลนตอนกลาง และป่าชายเลนตอนบนตามลำดับ โดยในป่าชายเลนตอนบนมีลักษณะเป็นดินเหนียวและค่อนข้างแข็ง เนื่องจากเป็นบริเวณตอนบนของฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากการขึ้นและลงของน้ำทะเล

น้อยกว่าบริเวณอื่น ปริมาณซิลท์-เคลย์ (silt-clay) และปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนทุกสถานีมีค่าสูงมากในช่วงร้อยละ 49.71-70.94 และ 5.77-13.88 ตามลำดับ (ภาพที่ 7) ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนมีค่าสูงสุดในบริเวณป่าชายเลนตอนบน (ร้อยละ 12.73-13.88) และมีค่าลดลงตามระยะทางออกสู่ทะเล โดยมีค่าต่ำสุดในบริเวณหาดเลน (ร้อยละ 5.77-7.78)



ภาพที่ 7 ปริมาณสารอินทรีย์และขนาดอนุภาคดินตะกอนในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก และปัจจัยสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร (Pearson's correlation coefficients) พบว่าความหนาแน่นของไส้เดือนทะเลตัวกลมมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับค่าความเค็มของน้ำในดิน ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำในดิน และมวลชีวภาพรวมของพืชป่าชายเลน ความหนาแน่นของไส้เดือนทะเลตัวกลมมีแนวโน้มความสัมพันธ์ทางเดียวกับปริมาณซิลท์-เคลย์ ส่วนฟอแรมินิเฟอรามีความสัมพันธ์

ทางตรงกับค่าความเค็มของน้ำในดิน และออกซิเจนละลายของน้ำในดิน มวลชีวภาพของพืชโดยเฉพาะปริมาณเศษซากพืช (debris) อนุภาคทรายขนาดกลาง (medium sand) และปริมาณสารอินทรีย์ในดิน การศึกษานี้พบความหนาแน่นของไส้เดือนทะเลแสดงความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับความเค็มของน้ำในดิน ซึ่งสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มไส้เดือนพบมากในบริเวณหาดเลนซึ่งมีความเค็มของน้ำในดินต่ำกว่าบริเวณอื่น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

	ฟอแรมินิเฟอร่า	ไส้เดือนทะเลตัวกลม	ไส้เดือนทะเล	ฮาร์แพคติกอยด์ โคฟีพอด
คุณภาพน้ำในดิน				
ความเค็ม	0.58*	-0.53*	-0.58*	-0.33
อุณหภูมิ	-0.26	-0.01	0.21	0.11
ความเป็นกรด-ด่าง	-0.37	0.28	0.26	-0.22
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	0.53*	-0.62*	-0.14	0.10
มวลชีวภาพของพืช				
มวลชีวภาพของพืชรวม	0.22	-0.48*	-0.10	-0.04
รากอากาศ	0.10	-0.40	0.00	0.01
รากใต้ดิน	-0.07	-0.18	-0.03	0.16
ใบพืช	-0.18	-0.24	-0.15	-0.02
กิ่งไม้	0.08	-0.12	-0.09	-0.31
เศษซากพืช	0.66*	-0.31	0.04	0.04
คุณสมบัติของดินตะกอน				
ทรายหยาบ	0.38	-0.23	-0.28	-0.01
ทรายขนาดกลาง	0.46*	-0.37	-0.13	-0.03
ทรายละเอียด	0.36	-0.13	-0.29	-0.12
โคลนเลน	-0.43	0.27	0.22	0.07
ปริมาณสารอินทรีย์	0.48*	-0.37	-0.28	0.01

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

สรุปและวิจารณ์ผล

การศึกษาสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในป่าชายเลนธรรมชาติบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบไส้เดือนทะเลตัวกลม และฟอแรมมินิเฟอราเป็นกลุ่มเด่นที่มีการกระจายทุกบริเวณและมีความชุกชุมสอดคล้องกับการศึกษาในป่าชายเลนบริเวณอื่นๆ เช่น สุภาวดี (2544) ญีฐารัตน์ และคณะ (2550) จิราวรรณ และคณะ (2551) Phapavasit et al. (1997) Chinnadurai and Fernando (2007) และ Xuan et al. (2007) ทั้งนี้ เพราะไส้เดือนทะเลตัวกลมมีการปรับตัวทางด้านรูปร่าง และลักษณะการกินอาหารที่หลากหลาย มีทั้งพวกที่กินสารอินทรีย์ กินพืชขนาดเล็กและเป็นผู้ล่าที่กินสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กอื่นเป็นอาหาร จึงทำให้พบกระจายหลากหลายบริเวณและมีความชุกชุมในดินตะกอนทุกลักษณะ รวมทั้งยังสามารถทนอยู่ได้ในดินตะกอนที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ (ญีฐารัตน์, 2546; Phapavasit et al., 1997; Chinnadurai and Fernando, 2007) ส่วนกลุ่มฟอแรมมินิเฟอราเป็นพวกที่กินอินทรีย์สารเป็นหลัก สัตว์กลุ่มนี้มักพบอาศัยตามผิวหน้าดินที่มีน้ำและอากาศถ่ายเทดี โดยการเกาะอาศัยตามเศษซากพืชซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ (ญีฐารัตน์ และคณะ, 2550) ซึ่งสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กกลุ่มฟอแรมมินิเฟอร่าจะพบมากในบริเวณป่าชายเลนตอนบนที่มีมวลชีวภาพของพืชสูงโดยเฉพาะปริมาณเศษซากพืช

ความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีนในครั้งนี้ (210-1,348 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) มีค่าอยู่ในช่วงที่สามารถพบได้ในบริเวณป่าชายเลนทางฝั่งอ่าวไทย เช่น ป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช (6-996 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) (จิราวรรณ และคณะ, 2551) และป่าชายเลนปากแม่น้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (350-2,300 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) (ญีฐารัตน์ และคณะ, 2550) แต่มีความหนาแน่นต่ำกว่าเมื่อเทียบกับป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม (5,055-7,452 ตัวต่อ 10 ตร.ซม.) ซึ่งเป็นป่าชายเลนที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และมีความอุดมสมบูรณ์สูง (Phapavasit et al., 1997) ทั้งนี้ เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลนมีผลทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ซึ่ง

เป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จนส่งผลให้ความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กเพิ่มขึ้นด้วย (ญีฐารัตน์ และคณะ, 2551)

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการกระจายและความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลน ประกอบด้วย ลักษณะของดินตะกอนทั้งขนาดอนุภาคดิน และปริมาณสารอินทรีย์ในดิน และมวลชีวภาพของพืชป่าชายเลนโดยเฉพาะปริมาณเศษซากพืช โดยที่ขนาดอนุภาคดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์ในดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิต การแทรกตัวลงอาศัยในดินตะกอน และความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณอาหาร ขนาดของอนุภาคดินตะกอนเป็นตัวกำหนดปริมาณอาหารในดินซึ่งเป็นอาหารของไส้เดือนทะเลตัวกลม และมีผลต่อการกำหนดความหลากหลายของจำนวนชนิดและความหนาแน่นของไส้เดือนทะเลตัวกลม ทั้งนี้ ในดินโคลนที่มีลักษณะอ่อนนุ่มจะมีปริมาณอาหารมาก จึงทำให้พบชนิดของไส้เดือนทะเลตัวกลมเป็นจำนวนมาก (Giere, 1993) ตรงกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าไส้เดือนทะเลตัวกลมมีชุกชุมมากในบริเวณหาดเลนที่อยู่ติดทะเล ซึ่งดินเป็นโคลนเหลวอ่อนนุ่ม ความชุกชุมของไส้เดือนทะเลตัวกลมเหล่านี้จะลดลงตามระยะทางที่เข้าสู่แผ่นดิน ในบริเวณป่าชายเลนตอนล่าง ป่าชายเลนตอนกลาง และป่าชายเลนตอนบน ซึ่งลักษณะดินมีลักษณะค่อนข้างเหนียวและแข็งมากขึ้นตามลำดับ

มวลชีวภาพของพืชป่าชายเลนโดยเฉพาะปริมาณเศษซากพืชมีความสำคัญในแง่ปริมาณอาหาร ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็ก (ญีฐารัตน์ และคณะ, 2550) ความชุกชุมของกลุ่มฟอแรมมินิเฟอรา มีความสัมพันธ์กับปริมาณเศษซากพืช ทั้งนี้ในบริเวณป่าชายเลนตอนบนมีปริมาณซากพืชมาก ทำให้พบกลุ่มฟอแรมมินิเฟอราที่มีความชุกชุมมากตามไปด้วย จิราวรรณ และคณะ (2551) รายงานในป่าชายเลนอ่าวปากพนัง พบความชุกชุมของฟอแรมมินิเฟอราแสดงสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนเช่นกัน Phapavasit et al. (1997) รายงานว่าลักษณะของดินตะกอนทั้งขนาดอนุภาคและปริมาณสารอินทรีย์

ลักษณะเฉพาะของสภาพแวดล้อม (microhabitats) และสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ที่เป็นผู้ล่า เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายและความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

นอกจากนี้ ความเค็ม อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างของน้ำในดิน รวมทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในดินซึ่งมีอิทธิพลจากการขึ้นและลงของน้ำทะเล ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดการกระจายและความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กเช่นกัน จิรวรรณ และคณะ (2551) พบว่าปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนขนาดอนุภาคดินตะกอน ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในดิน รวมทั้งปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความหลากหลายและความหนาแน่นของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช สุภาวดี (2544) พบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนบ้านป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต มีหลายประการ เช่น การหลบหนีศัตรู การถูกดึงดูดจากปริมาณสารอินทรีย์ และอาหารจำพวกแบคทีเรียและพืชขนาดเล็ก (microflora) และเพื่อการผสมพันธุ์

จากข้อมูลองค์ประกอบชนิดและความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในการศึกษานี้ สามารถกล่าวได้ว่าป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร เป็นป่าชายเลนแห่งหนึ่งที่มีความสำคัญด้านการเป็นแหล่งผลิตทรัพยากรประมงบริเวณชายฝั่งทางฝั่งอ่าวไทย เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กที่เป็นแหล่งอาหารสำคัญสำหรับสัตว์น้ำอื่นๆ โดยมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่กำหนดการกระจายและความชุกชุมของสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กเหล่านี้ ได้แก่ ขนาดอนุภาคดินตะกอน ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน มวลชีวภาพของพืชป่าชายเลน โดยเฉพาะปริมาณเศษซากพืช รวมทั้งคุณภาพน้ำในดิน เช่น ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย “ผลของการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลนต่อประชาคมสัตว์ทะเลหน้าดิน บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร” ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณหัวหน้าศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 (สมุทรสาคร) กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสาคร ที่อนุเคราะห์พื้นที่สำหรับเก็บตัวอย่าง รวมทั้งการอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ช่วงทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิรวรรณ ใจเพิ่ม อธิष्ณิกา ศิวายพราหมณ์ และณัฐจารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2551. สัตว์ทะเลหน้าดินขนาดเล็กในบริเวณป่าชายเลนฝั่งตะวันออกของอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551 หน้า 168-179. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

ณัฐจารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2546. คู่มือวิธีการประเมินแบบรวดเร็วเพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นที่ชายฝั่งทะเล: ระบบนิเวศป่าชายเลน. หน่วยปฏิบัติการนิเวศวิทยาทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ณัฐวรรตน์ ปภาวสิทธิ์ ศิริวรรณ ศิริบุญ สมบัติ ภูวชิรานนท์ สมศักดิ์ พิริโยธธา จิรศักดิ์ ชูความดี และกฤษณี อุดยธนาภรณ์. 2554. แนวทางการติดตามและประเมินผลการปลูกและฟื้นฟูป่าชายเลน. ใน ประมวลผลงานวิจัย การสัมมนาป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 14 “ชุมชนเข้มแข็ง ป้องกันภัยพิบัติ ขจัดโลกร้อน” หน้า 259-273. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

ณัฐวรรตน์ ปภาวสิทธิ์ อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ อิชฌมิกา ศิวายพราหมณ์ ศิริวรรณ ศิริบุญ ปราโมทย์ ไชยสุภกร . 2551. การประเมินเสถียรภาพของระบบนิเวศปากแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล (Estuary) อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. กลุ่มวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรุงเทพฯ.

ณัฐวรรตน์ ปภาวสิทธิ์ อิชฌมิกา ศิวายพราหมณ์ กรอรวงษ์ก่าแหง พรเทพ พรณรักษ์ และปัญชา สบายตัว. 2550. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลนปลูกบนพื้นที่นาทุ้งร้างอำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. ใน ประมวลผลงานวิจัยการประชุมวิชาการระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ “ป่าชายเลนรากฐานเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชนชายฝั่ง” หน้า 276-287. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

สุภาวดี จุลละสร. 2544. ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กบริเวณป่าชายเลน บ้านป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา ระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 11 “ป่าชายเลน: มุมมอง ปัญหา การแก้ไข และความต้องการของสังคมไทย” หน้า III5, 1-10. กลุ่มงานทรัพยากรธรรมชาติ กองโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

Buchanan, J.B. 1971. Sediment analysis. In N. A. Holme and A. D. McIntyre (eds.). Methods for the study of marine benthos (pp. 32-52). Oxford. Blackwell Science.

Chinnadurai, G. and Fernando, O.J. 2007. Meiofauna of mangroves of the southeast coast of India with special reference to the free-living marine nematode assemblage. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 72: 329-336.

Clarke, K.R. and Warwick, R.M. 1994. Change in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth, Plymouth Marine Laboratory, United Kingdom. PRIMER-E Ltd.

Giere, O. 1993. Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediment. Berlin. Springer-Verlag.

Higgins, R. and Thiel, H. 1988. Introduction to the Study of Meiofauna. Washington, D.C. Smithsonian Institution Press.

- Ludwig, A.J. and Reynolds, J.F. 1986. Statistical Ecology: a primer on methods and computing. New York. John Wiley and Sons Inc.
- Paphavasit, N., Dheerapongpaiboon, S., Jivalak, J. and Piumsomboon, A. 1997. Preliminary Report on Meiofauna Community in Samut Songkhram Mangrove Swamp, Thailand. In M. Nishihira (ed.), Benthic Communities and Biodiversity in Thai Mangrove Swamp pp. 159-170. Biological Institute, Tohoku University.
- Xuan, Q.N., Vanreusel, A., Thanh, N.V. and Smol, N. 2007. Biodiversity of Meiofauna in the Intertidal Khe Nhan Mudflat, Can Gio Mangrove Forest, Vietnam with Special Emphasis on Free Living Nematodes. Ocean Science Journal. 42(3): 135-152.

ความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก ที่จังหวัดนครนายก Biodiversity of Fishes in Deep Water Rice Field at Nakornnayok Province

นิสราภรณ์ เพ็ชรสุทธิ์¹ จิรวรรณ เพ็ชรสุทธิ์² และสิทธิ กุหลาบทอง³



บทคัดย่อ

ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก บริเวณตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ในระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2555 พบพรรณปลารวมทั้งหมด 12 วงศ์ 22 สกุล 29 ชนิด โดยมีวงศ์ Cyprinidae เป็นวงศ์เด่น พบ 12 ชนิด รองลงเป็นวงศ์ Osphronemidae พบ 5 ชนิด วงศ์ Channidae พบ 3 ชนิด ส่วนวงศ์อื่นๆ พบเพียงอย่างละ 1 ชนิด พรรณปลาส่วนใหญ่มีการสำรวจพบในพื้นที่ทั้ง 3 แปลงนา การศึกษาครั้งนี้ยังเป็นการรายงานการค้นพบปลาฉวมพงษ์ (Trigonostigma somphongsi) เป็นครั้งแรกนอกเขตการแพร่กระจาย โดยปัจจุบัน ปลาฉวมพงษ์มีสถานภาพเป็นสัตว์หายากใกล้สูญพันธุ์อย่างวิกฤติ (Critically Endangered) และถูกจัดอันดับให้เป็น สัตว์หายากหนึ่งในร้อยชนิดของโลก และในการศึกษานี้เป็นการรายงานการค้นพบชนิดพรรณปลาที่มีรายงานครั้งแรก (new record) ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกง 2 ชนิด คือ ปลาฉมหนู (Boraras urophthalmoides) และปลาฉมหงกรไกร แคระ (Rasbora spilocerca) ในการศึกษานี้พบชนิดปลาเด่นทั้งสิ้น 6 ชนิด ได้แก่ ปลาฉมหงกรไกร (Rasbora spilocerca) ปลากะตัก (Trichogaster trichopterus) ปลากะตัก (Trichogaster trichopterus) ปลาฉมหนู (Boraras urophthalmoides) ปลากะตัก (Trichogaster trichopterus) และปลาฉมหงกรไกร (Rasbora spilocerca) ซึ่งผลรวมของปริมาณ ชนิดปลาเด่นในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 ชนิด มีจำนวนถึงร้อยละ 89.32 ของปริมาณปลาทั้งหมด

คำสำคัญ : ความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณปลา นาข้าวน้ำลึก จังหวัดนครนายก

ABSTRACT

Fish biodiversity of deep-water rice field was studied at Tharua subdistrict, Pakphee district, Nakornnayok Province from September to December 2012. A total of 29 species from 22 genera, 12 families were founded. The family Cyprinidae was the most dominant with 12 species followed by Osphronemidae with 5 species, Channidae with 3 species while not containing only 1 species. All fish species were found in each study sites. *Trigonostigma somphongsi* was first recorded outside distribution area. This species was classified as critically endangered and listed as one of a hundred rare animals in the world. Two cyprinid

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

² อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

³ Save wildlife volunteer Thailand อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา

fishes, *Boraras urophthalmaides* and *Rasbosoma spilocerca* were newly recorded in Bangpakong Basin. In This study, 6 dominant fish species were founded namely, *Oryzias minutillus*, *Trichopsis pumila*, *Trichopsis vittata*, *Rasbora borapetensis*, *Trichogaster trichopterus* and *Boraras urophthalmaides*. The total quantity of dominant fish species in the study area amounted 89.32 percent of the total specimens.

Keywords : biodiversity of fishes, deep water rice field, Nakornnayok Province

บทนำ

อาชีพเกษตรกรรมโดยเฉพาะการทำนาเป็นอาชีพที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก โดยในการทำนาชาวนั้น สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภทตามความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ชาวนาชลประทาน ชาวนาน้ำฝน ชาวน้ำลึกและชาวน้ำขึ้นน้ำรวมถึงชาวน้ำไร่

สำหรับการทำนาชาวน้ำลึกและชาวน้ำขึ้นน้ำ เป็นการปลูกข้าวในพื้นที่ซึ่งภายหลังจะมีน้ำท่วมขังลึกระดับตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตรในระหว่างฤดูฝน ต้นข้าวจะเจริญเติบโตอยู่ในสภาพน้ำตื้นในระยะ 1 ถึง 3 เดือนแรก และหลังจากนั้นระดับน้ำจะค่อยๆ สูงขึ้นตามลำดับ (วิไลลักษณ์, 2544) ซึ่งระบบนิเวศนาข้าวจัดเป็นระบบนิเวศที่มีความซับซ้อนและมีบทบาทเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำชั่วคราว ซึ่งมีความสำคัญต่อประชาคมของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ปลา นก และกบ เข้ามาใช้พื้นที่นาข้าวเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย (Lawler, 2001; Bambaradeniya and Amarasinghe, 2004)

การศึกษาระบบนิเวศของแหล่งน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึกในครั้งนี้ใช้พื้นที่นาข้าวน้ำลึกในจังหวัดนครนายกเป็นพื้นที่กรณีศึกษา เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นแหล่งที่มีการทำนาข้าวน้ำลึกจำนวนมาก และยังมีข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพอยู่ค่อนข้างน้อย ซึ่งการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก และปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำทั้งด้านกายภาพและด้านเคมีบางประการ

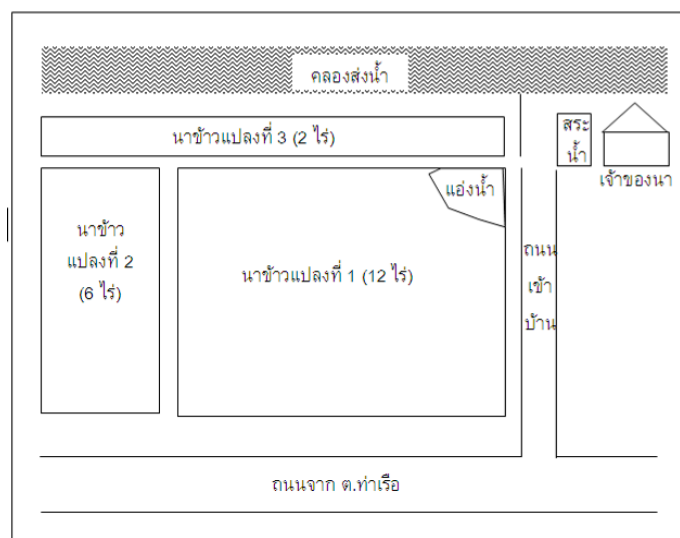
ซึ่งมีสมมติฐานที่จะรวบรวมข้อมูลพื้นฐานอันเป็นประโยชน์ อันจะนำไปสู่การศึกษาต่อยอดด้านการพัฒนาทางการเกษตร เช่น พรรณปลาที่เหมาะสมที่จะนำมาเลี้ยงในพื้นที่นาข้าว การประยุกต์เลี้ยงปลาแบบผสมผสานในพื้นที่นาข้าว การสร้างอาหารธรรมชาติที่เหมาะสมต่อพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก และการนำทรัพยากรต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ตามความเหมาะสมกับปัจจัยและสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

1. สถานที่เก็บตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษาเป็นระบบนิเวศนาข้าวน้ำลึก ในพื้นที่ตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มแอ่งกระทะ มีระดับน้ำค่อนข้างสูงในช่วงฤดูน้ำหลาก สำหรับพื้นที่ดังกล่าวมีการปลูกข้าวแบบนาข้าวน้ำลึก พันธุ์ข้าวที่ใช้คือพันธุ์ข้าวบ้านนา โดยทำการปลูกข้าวปีละ 1 รอบ แบบนาหว่าน นอกจากนี้พื้นที่นาข้าวดังกล่าวมีลักษณะโดดเด่น คือเป็นพื้นที่ดินเปรี้ยว (acid sulfate soils) การศึกษาในครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างพรรณปลา และคุณภาพน้ำเดือนละ 1 ครั้งในพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 แปลง ตลอดช่วงฤดูการทำนาจนถึงฤดูเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2555 โดยแปลงนาที่ 1 มีพื้นที่ในการปลูกข้าว 12 ไร่ แปลงนาที่ 2 มีพื้นที่ในการปลูกข้าว 6 ไร่ และแปลงนาที่ 3 มีพื้นที่ในการปลูกข้าว 2 ไร่ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างในพื้นที่นาข้าว ตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก

2. ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีบางประการของแหล่งน้ำในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก

เก็บตัวอย่างน้ำตามวิธีของ APHA et al. (2009) โดยเก็บตัวอย่างน้ำจุดเก็บตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำ ในกรณีที่แหล่งน้ำมีระดับความลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร แต่หากแหล่งน้ำมีระดับความลึกต่ำกว่า 30 เซนติเมตร จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่บริเวณกึ่งกลางแหล่งน้ำ ทำการเปิด-ปิดฝาขวดเก็บตัวอย่างได้ทันที เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสร็จแล้วเขียนฉลากติดข้างขวด

ทำการวิเคราะห์หัตถชีคุณภาพน้ำบางประการที่มีการเปลี่ยนแปลงง่ายในภาคสนามทันที ได้แก่ อุณหภูมิ ความโปร่งแสง และความเป็นกรด-ด่าง สำหรับหัตถชีคุณภาพน้ำอื่นๆ จะนำขวดน้ำตัวอย่างแช่เย็นในถังควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่ให้โดนแสง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ตามวิธีของ APHA et al. (2009) ที่ห้องปฏิบัติการ ณ ศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

3. การเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก

เก็บตัวอย่างปลาในบริเวณพื้นที่นาข้าวน้ำลึก โดยการใช้แหขนาดช่องตา 5x5 มิลลิเมตร ใช้เก็บตัวอย่างในรัศมีไม่เกิน 500 เมตร และอวนลากขนาดช่องตา 1x1 มิลลิเมตร (กว้าง 10 เมตร ลึก 1.2 เมตร) ลากเก็บตัวอย่าง

ปลาเป็นระยะทาง 10 เมตร จำนวน 3 ครั้งในแต่ละสถานี และใช้สวิงขนาดช่องตาถี่เก็บตัวอย่างปลาขนาดเล็ก โดยตัวอย่างทั้งหมดจะถูกตรึงไว้ในน้ำยาฟอร์มอลีนร้อยละ 10 โดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้งตลอดช่วงฤดูการทำนา ระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2555

4. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

4.1 การจำแนกชนิด

นำตัวอย่างปลาที่ตรึงด้วยฟอร์มอลีนร้อยละ 10 เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ มาผ่านน้ำจืดเป็นเวลา 1 วัน แล้วจึงเปลี่ยนเป็นเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 75 ทำการวิเคราะห์ชนิดตัวอย่างปลาโดยใช้เอกสารทางวิชาการด้านอนุกรมวิธานปลาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Smith (1945); Kottelat et al. (1993); Rainboth (1996); Doi (1997); Kottelat (2001) รวมทั้งเอกสารที่เป็นคำบรรยายครั้งแรก (original description) ได้แก่ Rainboth and Kottelat (1987); Liao et al. (2010) พร้อมทั้งจัดทำบัญชีรายชื่อพรรณปลาทั้งหมด

4.2 การเก็บข้อมูลของตัวอย่างปลา

นำตัวอย่างปลามาวัดขนาดความยาวมาตรฐาน (Standard Length, SL) หน่วยเป็นเซนติเมตร และชั่งน้ำหนัก (Weight, W) หน่วยเป็นกรัม ทำการบันทึกข้อมูล

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก ตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก

สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก บริเวณตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ซึ่งมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มแอ่งกระทะ มีระดับน้ำค่อนข้างสูงในช่วงฤดูน้ำหลาก โดยน้ำจะท่วมขังระดับความลึกตั้งแต่ 1.0 ถึง 3.0 เมตร ในระหว่างฤดูฝน หลังจากนั้นระดับน้ำจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งปลายเดือนธันวาคม ซึ่งตรงกับฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวระดับน้ำในพื้นที่นาข้าวจะลดลงต่ำที่สุดเหลือประมาณ 0.3 ถึง 1.0 เมตร และน้ำในพื้นที่นา

ข้าวจะแห้งในเดือนมกราคม ดินพื้นท้องน้ำในพื้นที่นาข้าวดังกล่าวมีลักษณะโดดเด่นคือเป็นพื้นที่ดินเปรี้ยว (acid sulfate soils) ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินประมาณ 3.0 ถึง 5.0 และมีค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 6.35 ถึง 7.98 ในพื้นที่ดังกล่าวมีการปลูกข้าวแบบนาข้าวน้ำลึก พันธุ์ข้าวที่ใช้คือพันธุ์ข้าวบ้านนา โดยทำการปลูกข้าวปีละ 1 รอบ แบบนาหว่าน รวมทั้งมีการเลี้ยงปลาในนาข้าวแบบธรรมชาติ (extensive) (ภาพที่ 2) โดยมีผลผลิตหลัก ได้แก่ ปลาสร้อย (Trichogaster pectoralis) ปลาทอม (Anabas testudineus) ปลาช่อน (Channa striata) และปลากะตัก (Trichogaster trichopterus) เป็นต้น



ภาพที่ 2 พื้นที่นาข้าวน้ำลึก บริเวณตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก

2. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก จังหวัดนครนายก

ผลการสำรวจคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าเป็นแหล่งน้ำผิวดินมีลักษณะของคุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจืด (ตารางที่ 5) แต่คุณภาพน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงฤดูกาลทำนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับน้ำ และคุณภาพน้ำต่างๆ ทางเคมี (ตารางที่ 1-4) โดยสามารถอธิบายในภาพรวมได้ดังนี้

ช่วงต้นฤดูทำนา (เดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม 2555) เป็นช่วงที่ในพื้นที่แปลงนามีระดับน้ำสูงสุด โดยจะมีระดับความลึกเฉลี่ย 1.5 ถึง 3.0 เมตร อุณหภูมิผิวน้ำ

อยู่ระหว่าง 31.0 ถึง 33.5 องศาเซลเซียส แหล่งน้ำมีลักษณะค่อนข้างใส แสงสามารถส่องผ่านลงไปได้ลึก ความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 80 เซนติเมตร แหล่งน้ำมีค่าสภาพต่างต่ำคือ 22 ถึง 45 มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร แต่มีค่าความกระด้างสูงคือ 103 ถึง 121 มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.35 ถึง 6.47 สำหรับปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 0.461 ถึง 0.465 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.020 ถึง 0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน ในพื้นที่มีค่าอยู่ใน

ระดับต่ำคือ 0.042 ถึง 0.050 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.160 ถึง 0.161 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับช่วงปลายฤดูทำนา (เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม 2555) ระดับน้ำในนาข้าวจะลดลงมาก ในช่วงนี้จะไม่เหลือน้ำในพื้นที่แปลงนาเลย แต่จะมีน้ำขังอยู่ในพื้นที่คูส่งน้ำรอบๆ แปลงนาแต่ละแปลงเท่านั้น โดยพื้นที่นี้จะมีระดับความลึกเฉลี่ย 0.3 ถึง 1.0 เมตร อุณหภูมิผิวน้ำอยู่ในช่วง 31.0 ถึง 32.5 องศาเซลเซียส

แหล่งน้ำมีลักษณะค่อนข้างขุ่น แสงสามารถส่องผ่านลงไปได้น้อย ความโปร่งแสงมีค่าเฉลี่ย 25 เซนติเมตร แหล่งน้ำมีค่าสภาพต่างต่ำคือ 16 ถึง 47 มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร แต่มีค่าความกระด้างสูงคือ 140 ถึง 200 มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.64 ถึง 7.98 ส่วนปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน ในพื้นที่มีค่าอยู่ในระดับต่ำ

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเฉลี่ยในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก จังหวัดนครนายก เดือนกันยายน พ.ศ. 2555

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	แปลงนาข้าว		
	1	2	3
อุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส)	32.0	31.5	32.0
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	75	80	80
ความลึก (เมตร)	2.30	1.50	1.70
ความเป็นกรด-ด่าง	6.35	6.38	6.35
ค่าสภาพต่าง (มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร)	34	45	36
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.050	0.046	0.045
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.161	0.161	0.161
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.485	0.499	0.483
ความกระด้าง (มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร)	35	36	36
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.022	0.022	0.022

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเฉลี่ยในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก จังหวัดนครนายก เดือนตุลาคม พ.ศ. 2555

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	แปลงนาข้าว		
	1	2	3
อุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส)	31.0	33.0	33.5
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	70	65	65
ความลึก (เมตร)	3.00	2.00	2.50
ความเป็นกรด-ด่าง	6.37	6.46	6.47
ค่าสภาพต่าง (มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร)	23	28	22
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.042	0.044	0.043
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.160	0.160	0.160
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.465	0.469	0.461
ความกระด้าง (มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร)	103	121	121
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.020	0.020	0.020

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเฉลี่ยในพื้นที่นาข้าวน้ำลึกจังหวัดนครนายก เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	แปลงนาข้าว		
	1	2	3
อุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส)	32.5	31.5	32.5
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	25	ถึงพื้น	ถึงพื้น
ความลึก (เซนติเมตร)	120	30	35
ความเป็นกรด-ด่าง	6.64	7.32	6.72
ค่าสภาพต่าง (มิลลิกรัม CaCO ₃ ต่อลิตร)	31	47	42
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.309	0.450	0.236
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.120	0.078	0.080
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.463	0.485	0.471
ความกระด้าง (มิลลิกรัม CaCO ₃ ต่อลิตร)	140	145	158
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.020	0.021	0.020

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีเฉลี่ยในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก จังหวัดนครนายก เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	แปลงนาข้าว		
	1	2	3
อุณหภูมิผิวน้ำ (องศาเซลเซียส)	31.5	-	31.0
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	25	-	ถึงพื้น
ความลึก (เซนติเมตร)	115	-	30
ความเป็นกรด-ด่าง	7.98	-	7.82
ค่าสภาพต่าง (มิลลิกรัม CaCO ₃ ต่อลิตร)	16	-	18
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.282	-	0.261
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.111	-	0.076
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.680	-	0.629
ความกระด้าง (มิลลิกรัม CaCO ₃ ต่อลิตร)	199	-	202
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.021	-	0.020

หมายเหตุ: แปลงนาข้าวที่ 2 ไม่มีข้อมูล เนื่องจากน้ำแห้งจึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้

ตารางที่ 5 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ค่าพารามิเตอร์	มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2*	เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ**
สี กลิ่น รส	เป็นไปตามธรรมชาติ	-
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เป็นไปตามธรรมชาติ	23-32
ความเป็นกรด-ด่าง	5-9	5-9
คาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	-	สูงสุด 30
ความขุ่น (NTU)	-	30-60
ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.0	ต่ำสุด 3
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.5	-
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (เอ็ม.พี.เอ็น./100 มิลลิตร)	5,000	-
ไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.0	-
แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.5	-
กัมมันตภาพรังสี (เบคเคอเรล/ลิตร)	0.1-1.0	-
สารกำจัดศัตรูพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.05	-

ที่มา: จาก *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (สืบค้นจากเว็บไซต์ของกรมควบคุมมลพิษ เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 10 กันยายน 2555)

**สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ฉบับที่ 75/2530 เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด (สืบค้นจากเว็บไซต์ของกรมควบคุมมลพิษ เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 10 กันยายน 2556)

3. ความหลากหลายของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าว น้ำลึก จังหวัดนครนายก

ผลการสำรวจพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก ตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ในระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2555 พบพรรณปลารวมทั้งหมด 12 วงศ์ 22 สกุล 29 ชนิด (ตารางที่ 5) โดยมีวงศ์ Cyprinidae เป็นวงศ์เด่นที่จำนวนชนิดมากที่สุดคือ 12 ชนิด ได้แก่ ปลาชิวหางกรไกรแคระ (*Rasbora spilocerca*) ชิวหนุ (*Boraras urophthalmoides*) ชิวสมพงษ์ (*Trigonostigma somphongsi*) เป็นต้น รองลงมาเป็นวงศ์ Osphronemidae มีจำนวนชนิดทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ สลิด (*Trichogaster pectoralis*) กระตี่นาง (*Trichogaster microlepis*) และกระตี่หม้อ (*Trichogaster trichopterus*) เป็นต้น รองลงมาอีกเป็นวงศ์ Channidae มีจำนวนชนิดทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ กระสง (*Channa lucius*) ชะโด (*Channa micropeltes*) และช่อน (*Channa striata*) ส่วนวงศ์อื่นๆ ได้แก่ Notopteridae, Cobitidae, Clariidae, Oryziidae, Aplocheilidae,

Synbranchidae, Nandidae, Eleotridae และ Anabantidae พบเพียงวงศ์ละ 1 ชนิด

พรรณปลาส่วนใหญ่ (16 ชนิด) เป็นปลาที่มีการกระจายกว้างสำรวจพบในทุกๆ จุดเก็บตัวอย่าง และพรรณปลาในพื้นที่ศึกษาที่มีการกระจายแคบที่สุดพบเพียง 1 จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ สลาด (*Notopterus notopterus*) ไล่ตันตาแดง (*Cyclocheilichthys apogon*) ไล่ตันตาขาว (*Cyclocheilichthys armatus*) สร้อยลูกกล้วย (*Labiobarbus siamensis*) ดูกอู (*Clarias macrocephalus*) หัวตะกั่ว (*Aplocheilichthys panchax*) ไหล (*Monopterus albus*) หมอ (*Anabas testudineus*) และชะโด

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการรายงานการค้นพบ ชนิดพรรณปลาที่มีรายงานครั้งแรก (new record) ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกง 2 ชนิด (ภาพที่ 3) คือ ปลาชิวหนุ (*Boraras urophthalmoides*) และปลาชิวหางกรไกรแคระ (*Rasbora spilocerca*) โดยปลาชิวหนุเป็นปลาที่พบได้น้อยในประเทศไทย มีรายงานการค้นพบปลาชนิดนี้ในแหล่งน้ำที่มีลักษณะเป็นพรุในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง พรุในภาคตะวันออก และแหล่งน้ำที่เป็นกรด

ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างเท่านั้น การสำรวจครั้งนี้พบว่าพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ดินเปรี้ยวซึ่งส่งผลให้แหล่งน้ำมีลักษณะเป็นกรดอ่อนซึ่งเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาชนิดนี้ (ชาวลิต, 2545)

อีกทั้งการศึกษาครั้งนี้ยังเป็นการรายงานการค้นพบปลาชีวสมพงษ์ (*Trigonostigma somphongsi*) เป็นครั้งแรกในแหล่งน้ำธรรมชาติ (first record) (ภาพที่ 4) โดยปลาชีวสมพงษ์เป็นพรรณปลาเฉพาะถิ่นที่พบในประเทศไทยเท่านั้น (endemic species) ได้รับการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์โดยนักวิจัยชาวเยอรมันจากตัวอย่างพรรณปลาสวยงามจากประเทศไทยที่ส่งยังไปประเทศเยอรมัน

ในปี 1958 และจนถึงปัจจุบันยังไม่เคยมีปรากฏรายงานการค้นพบปลาชีวสมพงษ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทยเลย อีกทั้งปัจจุบันปลาชีวสมพงษ์ถูกจัดอันดับให้เป็นสัตว์หายากหนึ่งในร้อยชนิดของโลก และมีสถานภาพเป็นสัตว์หายากใกล้สูญพันธุ์อย่างวิกฤติ (critically endangered) ตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Thailand red data) ของ Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP), Thailand (Vidthayanon, 2005)



ภาพที่ 3 (1) ปลาชีวหนู (*Boraras urophthalmoides*)
(2) ปลาชีวหางกรไกรแคระ (*Rasbora spilocerca*) ที่พบในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก



ภาพที่ 4 ปลาชีวสมพงษ์ (*Trigonostigma somphongsi*) ที่พบในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก

ตารางที่ 5 ชนิดและการแพร่กระจายของพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก ระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	ST1	ST2	ST3
Notopteridae	<i>Notopterus notopterus</i>	สลาด		+	
Cyprinidae	<i>Rasbora spilocerca</i>	ชีวกหางกรไกรแคระ	+	+	+
	<i>Rasbora borapetensis</i>	ชีวกหางแดง	+	+	+
	<i>Rasbora rubrodorsalis</i>	ชีวกหลังแดง	+	+	+
	<i>Boraras urophthalmoides</i>	ชีวกหนู	+	+	+
	<i>Trigonostigma somphongsi</i>	ชีวกสมพงษ์	+	+	+
	<i>Esomus metallicus</i>	ชีวกหนวดยาว	+	+	+
	<i>Amblypharyngodon chulabornae</i>	ชีวกเจ้าฟ้า	+	+	+
	<i>Puntius rhombeus</i>	ตะเพียนทราย	+	+	+
	<i>Cyclocheilichthys apogon</i>	ไล่ตันตาแดง	+		
	<i>Cyclocheilichthys armatus</i>	ไล่ตันตาขาว			+
	<i>Osteochilus hasselti</i>	สร้อยนกเขา	+	+	
	<i>Labiobarbus siamensis</i>	สร้อยลูกกล้วย	+		
Cobitidae	<i>Lepidocephalichthys furcatus</i>	อี๊ด	+	+	+
Clariidae	<i>Clarias macrocephalus</i>	ดุกอูย		+	
Oryziidae	<i>Oryzias minutillus</i>	ชีวกข้าวสาร	+	+	+
Aplocheilidae	<i>Aplocheilus panchax</i>	หัวตะกั่ว			+
Synbranchidae	<i>Monopterus albus</i>	ไหล		+	
Nandidae	<i>Pristolepis fasciata</i>	หมอช้างเหี้ยยบ	+	+	+
Eleotridae	<i>Oxyleotris marmorata</i>	ปูทราย	+	+	
Osphronemidae	<i>Trichopsis pumila</i>	กริมสี	+	+	+
	<i>Trichopsis vittata</i>	กริมควาย	+	+	+
	<i>Trichogaster microlepis</i>	กระดี่นาง	+	+	+
	<i>Trichogaster trichopterus</i>	กระดี่หม้อ	+	+	+
	<i>Trichogaster pectoralis</i>	สลิด	+	+	
Anabantidae	<i>Anabas testudineus</i>	หมอ		+	
Channidae	<i>Channa lucius</i>	กระสง	+	+	+
	<i>Channa micropeltes</i>	ชะโด		+	
	<i>Channa striata</i>	ช่อน	+	+	
รวม 12 วงศ์ 22 สกุล 29 ชนิด					



Notopterus notopterus, 230 mmSL



Rasbosa spilocerca, 24 mmSL



Boraras urophthalmaides, 15 mmSL



Aplocheilichthys panchax, 38 mmSL



Cyclocheilichthys apogon, 72 mmSL



Monopterus albus, 330 mmSL



Trichogaster microlepis, 68 mmSL



Anabas testudineus, 98 mmSL

ภาพที่ 5 ตัวอย่างพรรณปลาที่พบในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก
ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม 2555

4. ปริมาณขององค์ประกอบชนิดพรรณปลาที่พบในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก จังหวัดนครนายก

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก ระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2555 พบว่ามีปริมาณตัวอย่างปลาทั้งหมด 2,950 ตัวอย่าง (ตารางที่ 6) โดยชนิดปลาเด่นที่มีตัวอย่างมากกว่า 100 ตัวอย่างทั้งสิ้น 6 ชนิด ได้แก่ ปลาชีวก้าวสาร (*Oryzias minutillus*) พบทั้งสิ้น 859 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 29.12 ของปริมาณปลาทั้งหมด ปลากริมสี (*Trichopsis pumila*) พบทั้งสิ้น 519 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 17.59 ของปริมาณปลาทั้งหมด ปลากริมควาย (*Trichopsis*

vittata) พบทั้งสิ้น 508 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 17.22 ของปริมาณปลาทั้งหมด ปลาชีวก้างแดง (*Rasbora borapetensis*) พบทั้งสิ้น 280 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 9.49 ของปริมาณปลาทั้งหมด ปลากระดี่หม้อ (*Trichogaster trichopterus*) พบทั้งสิ้น 261 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.85 ของปริมาณปลาทั้งหมด และปลาชีวก้าง (*Boraras urophthalmoides*) พบทั้งสิ้น 208 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 7.05 ของปริมาณปลาทั้งหมด ส่วนพรรณปลาชนิดอื่นๆ พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ถึง 69 ตัวอย่าง ซึ่งผลรวมของปริมาณชนิดปลาเด่นในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 ชนิด มีจำนวนมากถึงร้อยละ 89.32 ของปริมาณปลาทั้งหมด

ตารางที่ 6 ปริมาณขององค์ประกอบชนิดพรรณปลาที่พบในพื้นที่นาข้าวข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก ระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	ปริมาณ ตัวอย่าง	ร้อยละของตัวอย่าง ทั้งหมด
Notopteridae	<i>Notopterus notopterus</i>	สลาด	9	0.31
Cyprinidae	<i>Rasbosa spilocerca</i>	ชีวกกรรไกรแคระ	3	0.10
	<i>Rasbora borapetensis</i>	ชีวกหางแดง	280	9.49
	<i>Rasbora rubrodorsalis</i>	ชีวกหลังแดง	41	1.39
	<i>Boraras urophthalmaides</i>	ชีวกหนู	208	7.05
	<i>Trigonostigma somphongsi</i>	ชีวกสมพงษ์	69	2.34
	<i>Esomus metallicus</i>	ชีวกหนวดยาว	42	1.42
	<i>Amblypharyngodon chulabornae</i>	ชีวกเจ้าฟ้า	16	0.54
	<i>Puntius rhombeus</i>	ตะเพียนทราย	23	0.78
	<i>Cyclocheilichthys apogon</i>	ไล่ตันตาแดง	8	0.27
	<i>Cyclocheilichthys armatus</i>	ไล่ตันตาขาว	1	0.03
	<i>Osteochilus hasselti</i>	สร้อยนกเขา	2	0.07
	<i>Labiobarbus siamensis</i>	สร้อยลูกกล้วย	2	0.07
Cobitidae	<i>Lepidocephalichthys furcatus</i>	อี๊ด	22	0.75
Clariidae	<i>Clarias macrocephalus</i>	ดุกอูย	1	0.03
Oryziidae	<i>Oryzias minutillus</i>	ชีวกข้าวสาร	859	29.12
Aplocheilidae	<i>Aplocheilus panchax</i>	หัวตะกั่ว	2	0.07
Synbranchidae	<i>Monopterus albus</i>	ไหล	5	0.17
Nandidae	<i>Pristolepis fasciata</i>	หมอช้างเหี้ยยบ	3	0.10
Eleotridae	<i>Oxyleotris marmorata</i>	ปูทราย	2	0.07
Osphronemidae	<i>Trichopsis pumila</i>	กริมสี	519	17.59
	<i>Trichopsis vittata</i>	กริมควาย	508	17.22
	<i>Trichogaster microlepis</i>	กระดี่นาง	22	0.75
	<i>Trichogaster trichopterus</i>	กระดี่หม้อ	261	8.85
	<i>Trichogaster pectoralis</i>	สลิด	10	0.34
Anabantidae	<i>Anabas testudineus</i>	หมอ	14	0.47
Channidae	<i>Channa lucius</i>	กระสง	13	0.44
	<i>Channa micropeltes</i>	ชะโด	3	0.10
	<i>Channa striata</i>	ช่อน	2	0.07
รวมทั้งสิ้น			2950	100.00

สรุปและวิจารณ์ผล

การสำรวจพรรณปลาในพื้นที่นาข้าวข้าวน้ำลึก อำเภอบางพลี จังหวัดนครนายก ในระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคม 2555 พบพรรณปลารวมทั้งหมด 12 วงศ์ 22 สกุล 29 ชนิด โดยมีวงศ์ Cyprinidae เป็นวงศ์เด่นในด้านจำนวนชนิด รองลงมา เป็นวงศ์ Osphronemidae และวงศ์ Channidae ตามลำดับ ส่วนวงศ์อื่นๆ ได้แก่ Notopteridae, Cobitidae, Clariidae,

Oryziidae, Aplocheilidae, Synbranchidae, Nandidae, Eleotridae และ Anabantidae พบวงศ์ละ 1 ชนิด

การศึกษาครั้งนี้เป็นการรายงานการค้นพบ ชนิดพรรณปลาที่มีรายงานครั้งแรก (new record) ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำบางปะกง 2 ชนิด คือ ปลาชีวกหนู (*Boraras urophthalmaides*) และปลาชีวกกรรไกรแคระ (*Rasbosa spilocerca*) และการศึกษาครั้งนี้ยังเป็นการรายงานการค้นพบปลาชีวกสมพงษ์ (*Trigonostigma*

somphongsii) เป็นครั้งแรกนอกเขตการแพร่กระจาย โดยในปัจจุบันปลาชิวชมพงษ์ถูกจัดอันดับให้เป็นสัตว์หายากหนึ่งในร้อยชนิดของโลก และมีสถานภาพเป็นสัตว์ใกล้สูญพันธุ์อย่างวิกฤติ (Critically Endangered) ตามฐานข้อมูลชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทย (Thailand red data) ของ Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP), Thailand (Vidthayanon, 2005)

พรรณปลาทั้งหมดที่พบในการศึกษานี้มีปริมาณตัวอย่างปลาทั้งหมด 2,950 ตัวอย่าง โดยมีชนิดปลาเด่นที่มีตัวอย่างมากกว่า 100 ตัวอย่างทั้งสิ้น 6 ชนิด ได้แก่ ปลาชิวข้าวสาร (*Oryzias latipes*) คิดเป็นร้อยละ 29.12 ปลากริมสี (*Trichopsis pumila*) คิดเป็นร้อยละ 17.59 ปลากริมควาย (*Trichopsis vittata*) คิดเป็นร้อยละ 17.22 ปลาชิวหางแดง (*Rasbora borapetensis*) คิดเป็นร้อยละ 9.49 ปลากระดี่หม้อ (*Trichogaster trichopterus*) คิดเป็นร้อยละ 8.85 และปลาชิวหนู (*Boraras urophthalmoides*) คิดเป็นร้อยละ 7.05 ซึ่งผลรวมของปริมาณชนิดปลาเด่นในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 ชนิด มีจำนวนมากถึงร้อยละ 89.32 ของปริมาณปลาทั้งหมด

สำหรับช่วงต้นฤดูทำนา (เดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม) ซึ่งเป็นช่วงที่ในแปลงนามีระดับน้ำสูงสุด โดยมีความลึกเฉลี่ย 1.5 ถึง 3.0 เมตร และแหล่งน้ำมีลักษณะค่อนข้างใส พบว่าปลาชิวหางแดงเป็นชนิดปลาเด่นในด้านปริมาณ รองลงมาเป็นปลาชิวหนู และปลาชิวข้าวสาร แต่ในช่วงปลายฤดูทำนา (เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม) ซึ่งเป็นช่วงที่ระดับน้ำในนาข้าวจะลดลงมาก โดยที่ในช่วงเวลานี้จะไม่เหลือน้ำในพื้นที่แปลงนาเลย แต่จะมีน้ำขังอยู่ในพื้นที่คูส่งน้ำรอบๆ แปลงนาแต่ละแปลงเท่านั้น และแหล่งน้ำมีลักษณะค่อนข้างขุ่น พบว่าปลาชิวข้าวสารเป็นพรรณปลาชนิดเด่นในด้านปริมาณ รองลงมาเป็นปลากริมควาย และปลากระดี่หม้อ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ณัฐนันท์ (2550) ที่ศึกษาพรรณปลาในพื้นที่คลองชลประทานในจังหวัดปทุมธานี พบว่าในช่วงปลายของฤดูการทำนา สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ และคุณภาพน้ำจะไม่

เหมาะสมกับพรรณปลาทั่วไปซึ่งไม่มีอวัยวะช่วยหายใจ แต่พรรณปลาบางชนิดที่มีอวัยวะช่วยหายใจ เช่น กลุ่มปลาในวงศ์ Osphronemidae สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซจากอากาศได้โดยตรงทำให้สามารถทนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ก่อกวนรุนแรงกว่าพรรณปลาทั่วไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เกษตรกรในพื้นที่ตำบลท่าเรือ อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ที่ให้ความอนุเคราะห์การเก็บตัวอย่างในพื้นที่นาข้าวน้ำลึก รวมทั้งให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในด้านต่างๆ ตลอดช่วงระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง และการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชวลิต วิทยานนท์. 2545. พรรณปลาป่าในพื้นที่พรุของประเทศไทย. สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 136. หน้า
- ณัฐนันท์ เทียงธรรม. 2550. ความหลากหลายชนิดและนิเวศวิทยาของประชาคมปลาในพื้นที่นาข้าวในจังหวัดปทุมธานีภาคกลางของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิไลลักษณ์ สมมุติ. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำ. กรุงเทพฯ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- APHA, AWWA. and WEF. 2009. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Wash.D.C. American Public Health Publisher, Inc.
- Bambaradeniya, C. N. B. and Amarasinghe, F. P. 2004. Biodiversity associated with the rice field agro-ecosystem in Asia Countries: A brief review. Working paper 63. International Water Management Institute.

- Doi, A. 1997. A review of taxonomic studies of cypriniform fishes in Southeast Asia. Japanese Journal of Ichthyology. 44: 1-33.
- Kottelat, M. 2001. Fishes of Laos. Wildlife Heritage Trust, Colombo.
- Kottelat, M., Whitten, A.J., Kartikasar, S.N. and Wirjoatmodjo, S. 1993. Freshwater fishes of Western Indonesia and Sulawesi. Periplus Editions, Hong Kong.
- Liao, T.Y., Kullander, S.O. and Fang, F. 2010. Phylogenetic analysis of the genus *Rasbora* (Teleostei: Cyprinidae). Zoologica Scripta. 39: 155-176.
- Lawler, S.P. 2001. Rice fields as temporary wetlands: a review. Israel Journal of Zoology. 47 (4): 513-528.
- Rainboth, W.J. 1996. FAO species identification field guide for fishery purposes. Fishes of the Cambodian Mekong. Rome.
- Rainboth, W.J. and Kottelat, M. 1987. *Rasbora spilocerca*, a new cyprinid from the Mekong River. Copeia. 2: 417-423.
- Smith, H.M. 1945. The freshwater fishes of Siam, or Thailand. Bulletin of the United States National Museum. 188: 1-622.
- Vidthayanon, C. 2005. Thailand Red Data: Fishes. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Bangkok, Thailand.

การผลิตและพัฒนาคุณภาพแก้วมังกรแผ่น

Production and Quality Improvement of Red Dragon Leather

อรพิน ชัยประสพ¹

บทคัดย่อ



งานวิจัยเรื่องการผลิตและพัฒนาคุณภาพแก้วมังกรแผ่นมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตแก้วมังกรแผ่นจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดง โดยศึกษาการใช้เพกทินที่ร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 และ 20.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร พบว่า การใช้เพกทินที่ร้อยละ 2.5 – 3.0 แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 10.0 – 20.0 ใช้เวลาในการอบแห้งแก้วมังกรแผ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 16 ชั่วโมง (ที่ร้อยละ 0) เป็น 9 – 10 และ 11 - 12 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านเนื้อสัมผัสแก้วมังกรแผ่นมีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเพกทินและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนระยะการยืดตัวมีค่าสูงสุดเมื่อใช้เพกทินร้อยละ 2 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 12.5 และจากศึกษาการใช้เพกทิน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2.5, 5.0 และ 7.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร พบว่า การใช้เพกทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทุกอัตราส่วนใช้เวลาในการอบแห้งแก้วมังกรแผ่นเพียง 6.20 ชั่วโมง ค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพกทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทดสอบโดยวิธี 7 - Point Hedonic Scale พบว่า มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพกทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 5.27 และ 5.44 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ชอบค่อนข้างมากถึงมาก แก้วมังกรแผ่นที่บรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์และการตกผลึกของน้ำตาลตลอด 60 วันของการเก็บรักษา

คำสำคัญ : แก้วมังกรพันธุ์สีแดง ผลไม้แผ่น เพกทิน แป้งมันสำปะหลัง อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT

The objectives of the production and quality Improvement of red dragon leather were to study the appropriate types and amounts of ingredients to produce fruit leather from red dragon fruits (*Hylocereus polyrhizus*). The use of 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2, 2.5 and 3.0 % pectin by juice weight and 0, 2.5, 5, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 and 20.0 % tapioca starch by juice weight were studied. The results showed that using 2.5 -3.0 % pectin and 10.0 – 20.0 % tapioca flour could reduce significantly drying time at 60°C from 16 hours to 9 - 10

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

and 11 -12 respectively ($p < 0.05$). For the texture of the dragon fruit leather, the tensile force increased as the increased amounts of pectin and tapioca starch. The dragon fruit leather using 2.0 % pectin and 12.5 % tapioca flour had the longest extension distance. The use of three levels of pectin: 0.25, 0.50 and 0.75 % together with three levels of tapioca flour: 2.5, 5.0 and 7.5 % juice weight to produce dragon leather were studied. Sensory analysis using 7 - Point Hedonic Scale showed the significant difference ($p < 0.05$) and found that the dragon fruit leathers using 0.75 % pectin together with 2.5 % tapioca flour had the highest scores in texture and overall preference of 5.27 and 5.44 respectively in the scale of probably much to much preference. Microorganisms and sugar crystallization had not been found in the dragon fruit leather packed in the laminated aluminum foil bag and stored at the room temperature for 60 days.

Keywords : red dragon fruits, fruit leather, pectin, tapioca starch, shelf life

บทนำ

แก้วมังกร (*Hylocereus sp.*) เป็นพืชในตระกูลกระบองเพชร ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ให้ผลผลิตมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ผลแก้วมังกรมีคุณค่าทางโภชนาการ (Tonon et al., 2008) แก้วมังกรส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปผลไม้สำหรับรับประทานสด ไม่ค่อยมีการนำมาแปรรูป ทำให้ในฤดูกาลมีผลผลิตล้นตลาด ราคาตกต่ำ และเน่าเสีย

ผลไม้แผ่น (fruit leather, fruit sheet) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยม การผลิตไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ซับซ้อน ผลไม้ที่มีส่วนประกอบที่เหมาะสม สามารถนำมาผลิตเป็นผลไม้แผ่นที่มีคุณภาพดีได้แก่ สับปะรด สตรอเบอร์รี่ แอปเปิ้ลเขียว ฝรั่ง เนคทารีน พืช และพลัม เป็นต้น (Hennaman and Malone, 1993) แต่ผลไม้บางชนิดที่มีน้ำมาก เช่น องุ่น การนำมาผลิตเป็นผลไม้แผ่นต้องเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่น มอลโตเด็คซ์ทริน เพ็กทิน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Kaushal et al., 2013) การผลิตผลไม้แผ่นนอกจากจะผลิตโดยใช้ผลไม้สดแล้ว ยังสามารถผลิตจากผลไม้กระป๋องผลไม้แช่แข็ง หรือนำผักผลไม้ชนิดต่างๆ มาผสมกัน (ศิริลักษณ์, 2545; Kaushal et al., 2013) Dauthy (1995) อธิบายการผลิตผลไม้แผ่นโดยนำผิวหรือเนื้อผลไม้มาเติมน้ำตาลเพื่อปรับให้ได้ 25 องศาบริกซ์ เติมนิโคติน 2 กรัมต่อกิโลกรัม หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 15

องศาเซลเซียส เติมนิโคติน 2 กรัมต่อกิโลกรัม เพื่อให้ได้เซลล์พอร์ไดออกไซด์ 1,000 พีพีเอ็ม เกลบน้ำตาล นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 - 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 15 - 20 (A_w 0.5 - 0.7) มีความหนา 3 มิลลิเมตร นอกจากนี้ในการผลิตผลไม้แผ่นยังมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่น เพ็กทิน มอลโตเด็คซ์ทริน กลูโคสไซรัปรวมทั้งสารกันยีสต์และรา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและเก็บได้นาน มีการใช้เพ็กทินร้อยละ 0.5-1.5 เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสในการผลิตมะม่วงแผ่น บัวแผ่น (อนุวัตร และคณะ, 2549; อนุวัตร และคณะ, 2550) ลำไยแผ่น (รัตน และคณะ, 2550) สตรอเบอร์รี่แผ่น (Ratphitagsanti, et al., 2004) ลูกแพร์แผ่น (Huang and Hsieh, 2005) นอกจากนี้ยังมีการนำสารในกลุ่มแป้งมาปรับปรุงเนื้อสัมผัส รวมทั้งลดต้นทุนการผลิต เช่น การใช้มอลโตเด็คซ์ทรินที่ร้อยละ 1 ในมะม่วงแผ่น (จิรายุส และทวีสุข, 2544) ร้อยละ 5 ในทุเรียนแผ่น (พรศักดิ์, 2545) ร้อยละ 10 ในลำไยแผ่น (รัตน และคณะ, 2550)

น้ำตาลซูโครสเป็นอีกส่วนผสมหนึ่งที่ใช้ในการผลิตผลไม้แผ่น นอกจากจะให้รสหวานแล้ว ยังให้ความหนืด ความคงตัว ความเป็นเนื้อ และเกี่ยวข้องกับการตกผลึกของน้ำตาลและลักษณะเนื้อสัมผัส (Sharma et al., 2013) นอกจากน้ำตาลซูโครสแล้วยังมีการใช้กลูโคสไซรัปเป็นสารยัดเกาะทำให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น ลดการสูญเสียน้ำ ป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล มีการใช้กลูโคสไซรัปร่วมกับน้ำตาลซูโครสในการผลิตผลไม้แผ่น เช่น กล้วยแผ่น พลับ

แผ่น และลูกแพร์แผ่น ทำให้มีค่าแรงดึงขาดและความเหนียวมากกว่าการใช้กลูโคสไซรัปหรือน้ำตาลทรายเป็นส่วนผสมเพียงชนิดเดียว (เพ็ชรดา, 2547; จารุวรรณ, 2549; Huang and Hsieh, 2005)

การอบแห้งผลไม้แผ่น

การอบแห้งผลไม้แผ่นนิยมอบแห้งในตู้อบลมร้อน อัตราการอบแห้งสูงเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนสูงและความหนาของส่วนผสมผลไม้แผ่นน้อย Maskan et al.(2002) ศึกษาสภาวะในการอบแห้งองุ่นแผ่นที่ความหนา 0.71 – 2.86 มิลลิเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 - 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 50 – 140 นาที เมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนสูงและความหนาน้อย ใช้เวลาในการอบแห้งน้อย เช่นเดียวกับ Irwandi and Che Man (1995) อบแห้งผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นที่มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8 ชั่วโมง

อายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลสูง ความชื้นปานกลางประมาณร้อยละ 15 หรือต่ำกว่า A_w อยู่ในช่วง 0.46 – 0.65 โดยปกติแล้วความชื้นระดับนี้เป็นระดับที่ค่อนข้างปลอดภัย ไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ แต่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น เมื่อเก็บรักษาในบรรยากาศที่มีความชื้นสูงจะดูดความชื้น ทำให้เกิดลักษณะเหนียวเหนอะ แต่ในบรรยากาศที่มีความชื้นต่ำก็จะสูญเสียความชื้น ทำให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาล ลักษณะเนื้อสัมผัสเสียไป (Demarch et al., 2013) การเก็บรักษาผลไม้แผ่นให้คงคุณภาพ นอกจากอุณหภูมิแล้ว ความชื้นสัมพัทธ์ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออายุการเก็บรักษา

(Satyaprakash and Roy, 1980) ความชื้นสมดุลในการเก็บรักษาผลไม้แผ่นแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เช่น ฝรั่งแผ่น ความชื้นสมดุลในการเก็บรักษา คือ ร้อยละ 52 – 64 (Vijayanand et al., 2000) Seabuckthorn leather คือ ร้อยละ 46 – 65 (Kaushal et al., 2013) มะม่วงแผ่น คือ ร้อยละ 64.8, 59 – 69 (Mir and Nath, 1995; Vijayanand et al., 2000) นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้แผ่นยังมีการเปลี่ยนแปลง คือ การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Nonenzymatic browning) การเปลี่ยนแปลงกลิ่น

รส และการออกซิเดชันของไขมัน (Maskan et al., 2002) บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากการเปลี่ยนแปลงความชื้นและการเกิดสีน้ำตาล มีรายงานการวิจัย พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดลามิเนตอลูมิเนียมพอยล์ (LAF) ช่วยรักษาคุณภาพของทุเรียนแผ่น กล้วยแผ่น และขนุนแผ่น ได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดโอเรียนเตดพอลิพรอพิลีน (OPP) (พรศักดิ์, 2545) พอลิพรอพิลีน (เพ็ชรดา, 2547) พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) (Che-Man and Sin, 1977) และโพลีเอทิลีน (LDPE) (Irwandi et al, 1998)

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดง ที่มีจุดเด่นที่มีสีสวยงามจากธรรมชาติ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในรูปแก้วมังกรแผ่น เพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากแก้วมังกร แต่การผลิตแก้วมังกรแผ่น ยังไม่มีการศึกษาวิจัยทั้ง ในด้านส่วนผสม กระบวนการผลิต การอบแห้ง และการเก็บรักษา ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นจากแก้วมังกรพันธุ์สีแดงให้เป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดใหม่รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตแก้วมังกรแผ่น

นำแก้วมังกรแซ่เยือกแข็งเตรียมจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดง (*Hylocereus polyrhizus*) จากไร่ลุงไต้ อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี (เตรียมตามวิธีการของอรพิน, 2555) นำมาผลิตเป็นแก้วมังกรแผ่น ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต คือ น้ำแก้วมังกร 50 กรัม น้ำ 100 กรัม เกลือ 3 กรัม น้ำตาลทราย 25 กรัม กรดซิตริก 4 กรัม สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส (ข้อ 2) ผสมให้เข้ากัน นำไประเหยด้วยความร้อนจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 30 องศาบริกซ์ เเทลงในถาดอะลูมิเนียมขนาดกว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร รองด้วยพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน นำไปอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ WTB Binder รุ่น FD 720) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งสามารถลอก

ออกเป็นแผ่นได้ (ภาพที่ 1) และบันทึกเวลาในการอบแห้ง แก้วมังกรแผ่น

2. ศึกษาชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม

ผลิตแก้วมังกรแผ่นตามวิธีการในข้อที่ 1 ศึกษาการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสในข้อ 2.1 - 2.2 ดังนี้

2.1 สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสชนิดเดียว คือ เพ็กทินที่ร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร และแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 และ 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

2.2 สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสผสมระหว่างเพ็กทิน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.5 และ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

3. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแก้วมังกรแผ่น

3.1 ค่า A_w โดยเครื่องวัดค่า Water Activity ยี่ห้อ novasina

3.2 เนื้อสัมผัส

ตัดแก้วมังกรแผ่นให้มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร นำไปวัดค่าแรงดึงขาด (tensile force)

และระยะการยืดตัว (Extension distance) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT plus และใช้หัววัดชนิด Spaghetti tensile GRIPS (A/SPR)

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำแก้วมังกรแผ่นมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง จำนวน 12 คน ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส การยอมรับโดยรวม ใช้วิธี 7- Point Hedonic Scale (7 = ชอบมากที่สุดและ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)



ผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดง



ให้ความร้อนส่วนผสม



เทส่วนผสมลงถาด



แผ่นเป็นแผ่นบาง



อบแห้ง



ดึงออกจากถาด

ภาพที่ 1 การผลิตแก้วมังกรแผ่น

5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของแก้วมังกรแผ่น

บรรจุแก้วมังกรแผ่นขนาด 5 X 5 เซนติเมตรในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถูพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน ความหนา 0.035 มิลลิเมตร และถูลามิเนตอะลูมิเนียมพอยล์ ความหนา 0.075 มิลลิเมตรขนาด 10 X 10 เซนติเมตร เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ศึกษาอายุการเก็บรักษา ดูการเจริญของจุลินทรีย์โดยตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) จำนวนยีสต์และรา ทุก ๆ 15 วัน เป็นเวลา 60 วันตามวิธีการ AOAC (1991)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ A_w ค่าแรงดึงขาด ระยะการยืดตัว เวลาอบ และผลผลิตที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's multiple range test

ผลการวิจัย

1. ผลการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสชนิดเดียว

การผลิตแก้วมังกรแผ่นโดยไม่ได้ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานถึง 16 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้เพ็กทินและแป้งมันสำปะหลังเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง โดยการใช้เพ็กทินร้อยละ 2.5 – 3 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 ถึง 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร ใช้เวลาการอบแห้งเพียง 9 – 10 และ 11–12 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผล

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 1 สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ (2545) ศึกษาการผลิตสับปะรดแผ่นโดยใช้เนื้อสับปะรดล้วน ไม่มีการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสและส่วนผสมอื่นๆ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งนานถึง 30 ชั่วโมง การเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในส่วนผสมที่ใช้ผลิตแก้วมังกรแผ่น โมเลกุลของแป้งรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย อุดมแน่นอยู่ภายใน ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปที่ผิว ทำให้ผิวแห้ง ลอกออกเป็นแผ่นได้ ใช้เวลาในการอบแห้งลดลง (Maskan et al., 2002)

ผลผลิต (%) ของแก้วมังกรแผ่นคำนวณจากน้ำหนักแก้วมังกรแผ่นหลังอบ/น้ำหนักส่วนผสมแก้วมังกรก่อนอบ X 100 การใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้งสองชนิดในการผลิตแก้วมังกรแผ่นให้ผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 64 – 71.52 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่า สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสไม่มีผลในการเพิ่มผลผลิต

ค่า A_w ของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทิน มีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.41 - 0.45 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนแก้วมังกรแผ่นที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง มีค่า A_w 0.45 - 0.48 แตกต่างจากแก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้แป้งมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่า A_w ของแก้วมังกรแผ่นมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นชนิดอื่นๆ เช่น ทุเรียนแผ่นมีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.57 - 0.62 (Irwandi et al., 1998) แต่ใกล้เคียงกับองุ่นแผ่นที่มี A_w อยู่ในช่วง 0.47- 0.62 (Maskan et al., 2002)

ตารางที่ 1 เวลาอบ ผลผลิต(%) และ A_w ของแก้วมังกรแผ่นที่แปรปริมาณแป้งมันสำปะหลังและเพ็กทิน

ร้อยละของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ¹									
แป้งมันสำปะหลัง	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
เพ็กทิน	0%	0.5%	1%	1.5%	2%	2.50%	3%		
เวลาอบ(ชม.)									
แป้งมันสำปะหลัง	16:00 ^b	15:06 ^b	14:46 ^b	14:06 ^b	11:52 ^a	11:52 ^a	11:32 ^a	11:06 ^a	11:06 ^a
เพ็กทิน	16 ^d	14 ^c	13 ^{bc}	13 ^{bc}	12 ^b	10 ^a	9 ^a		
ผลผลิต(%)									
แป้งมันสำปะหลัง ^{ns}	66.98	71.52	70.87	70.14	70.05	70.28	69.07	68.55	67.81
เพ็กทิน ^{ns}	66.98	66.33	65.12	64.00	67.04	66.42	65.93		
A_w									
แป้งมันสำปะหลัง	0.41 ^a	0.46 ^b	0.45 ^b	0.46 ^b	0.46 ^b	0.47 ^b	0.46 ^b	0.48 ^b	0.48 ^b
เพ็กทิน ^{ns}	0.41	0.44	0.41	0.43	0.42	0.45	0.42		

1=ร้อยละของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

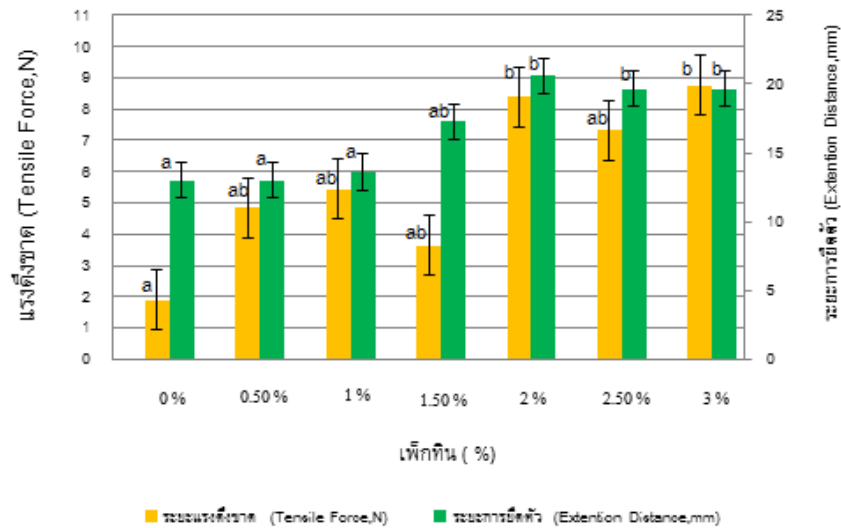
^{a-d} ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)^{ns} ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าแรงดึงขาด

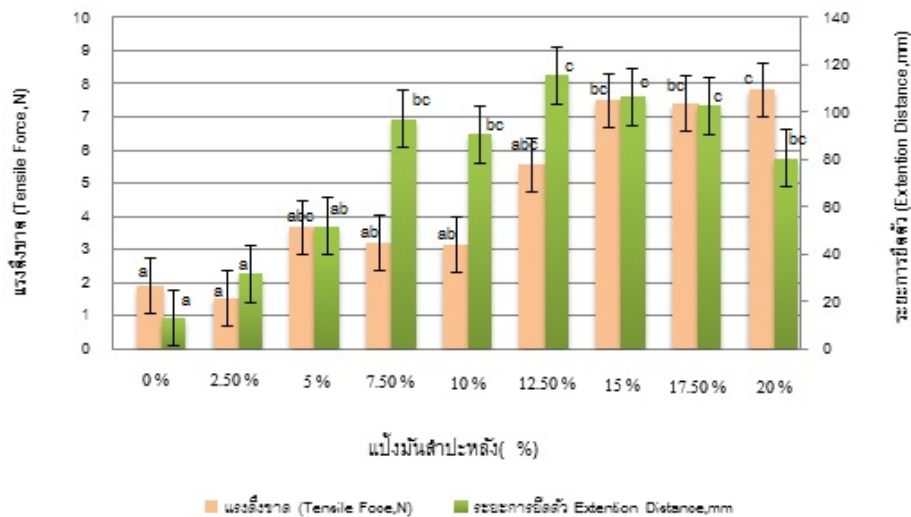
แก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสมีค่าแรงดึงขาด (tensile force) และระยะการยืดตัวก่อนขาด(extension distance) น้อยที่สุด เท่ากับ 1.89 นิวตัน และ 12.99 มิลลิเมตร เมื่อใช้เพ็กทินเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 2.0 – 3.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร แก้วมังกรแผ่นมีค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวก่อนขาดเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 7.32 - 8.77 นิวตัน และ 19.64 - 20.61 มิลลิเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับแก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้เพ็กทิน (ภาพที่ 2ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตน และคณะ (2550) ศึกษาการใช้เพ็กทินในการผลิตลำไยแผ่น พบว่า เมื่อปริมาณเพ็กทินเพิ่มขึ้นจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเจลแข็งมากขึ้น ปริมาณเพ็กทินที่เพิ่มขึ้นจะเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลเพ็กทินและยังเกิดพันธะข้าม (cross-link) กับสารประกอบอื่นๆในอาหาร ทำให้เพิ่มแรงต้านการดึงขาด (นิธิยา, 2549)

การใช้แป้งมันสำปะหลังมีผลทำให้แก้วมังกรแผ่นมีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังและ

มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.82 นิวตัน ที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 2ข) การเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในส่วนผสมที่ใช้ผลิตแก้วมังกรแผ่นทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างแป้ง-น้ำ-แป้ง เป็นพันธะที่มีความแข็งแรง เมื่อความเข้มข้นของแป้งเพิ่มมากขึ้นจะเกิดพันธะระหว่างสายโซ่ของแป้ง-แป้ง เพิ่มมากขึ้น (Maskan et al., 2002) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังนอกจากจะมีผลต่อความแข็งของแก้วมังกรแผ่นแล้ว ยังมีผลต่อความเหนียว โดยพิจารณาจากระยะการยืดตัวของแก้วมังกรแผ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 115.61 มิลลิเมตร ที่ร้อยละ 12.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร จากนั้นมีค่าลดลงและเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร ระยะการยืดตัวลดลงเหลือ 80.35 มิลลิเมตร แก้วมังกรแผ่นที่ได้มีลักษณะที่เหนียวและแข็งเหมือนพลาสติก



ก)



ข)

ภาพที่ 2 ค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส

ก) เพ็กทิน ข) แป้งมันสำปะหลัง

2. ผลการใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับเพ็กทินในการผลิตแก้วมังกรแผ่น

การใช้เพ็กทินหรือแป้งมันสำปะหลังเพียง 1 ชนิดในการผลิตแก้วมังกรแผ่นให้แก้วมังกรแผ่นที่มีเนื้อสัมผัสยังไม่เป็นที่พอใจ โดยการใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในระดับต่ำกว่าร้อยละ 7.5 ให้ลักษณะแก้วมังกรแผ่นที่เหนียวเหนอะ ในขณะที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นให้ลักษณะแก้วมังกรแผ่นที่มีความเหนียวและแข็งมากขึ้นจนมีลักษณะคล้ายพลาสติกที่ระดับร้อยละ 20 ส่วนเพ็กทินต้องใช้ในช่วงร้อยละ 2.0 –

3.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกรให้แก้วมังกรแผ่นที่มีความเหนียวและความยืดหยุ่น เป็นการใช้เพ็กทินในปริมาณที่สูง ซึ่งมีราคาแพง จึงได้นำสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสมาใช้ในรูปผสม ตามวิธีการวิจัยในข้อ 2.2 เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลดต้นทุนการผลิต มีผลต่อ เวลาอบคุณภาพ และเนื้อสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นดังนี้

2.1. เวลาในการอบแห้ง ค่า A_w และผลผลิต

แก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสใดๆ ใช้เวลาในการอบแห้งนานที่สุด คือ 16 ชั่วโมง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับเพ็กทินทุกระดับ ใช้เวลาใน

การอบแห้งแก้มังกรแผ่นลดน้อยลง คือ 6 ชั่วโมง 20 นาทีที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตารางที่ 2

ค่า A_w ของแก้มังกรแผ่นที่ใช้เพ็กตินร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง มีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.40 - 0.43 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลผลิตของแก้มังกรแผ่นที่ใช้เพ็กตินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังอยู่ในช่วงร้อยละ 65.33 - 69.42 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 เวลาอบ ผลผลิต (%) ค่า A_w ของแก้มังกรแผ่นที่แปรปริมาณเพ็กตินร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง

สูตร(เพ็กติน + แป้งมันสำปะหลัง) ¹ (%)	เวลาอบ (ชม.)	ผลผลิต ^{ns} (%)	A_w
1(0%+0%)	16.00 ^b	66.98	0.41 ^{ab}
2(0.25%+2.5%)	6.20 ^a	65.33	0.43 ^c
3(0.25%+5%)	6.20 ^a	65.60	0.41 ^{ab}
4(0.25%+7.5%)	6.20 ^a	66.09	0.41 ^b
5(0.5%+2.50%)	6.20 ^a	66.49	0.41 ^{ab}
6(0.5%+5%)	6.20 ^a	65.64	0.41 ^b
7(0.5%+7.50%)	6.20 ^a	69.42	0.41 ^{ab}
8(0.75%+2.5%)	6.20 ^a	67.17	0.41 ^b
9(0.75%+5%)	6.20 ^a	66.67	0.40 ^a
10(0.75%+7.5%)	6.20 ^a	66.16	0.42 ^b

1=ร้อยละของน้ำหนักน้ำแก้มังกร

^{a-d} ในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

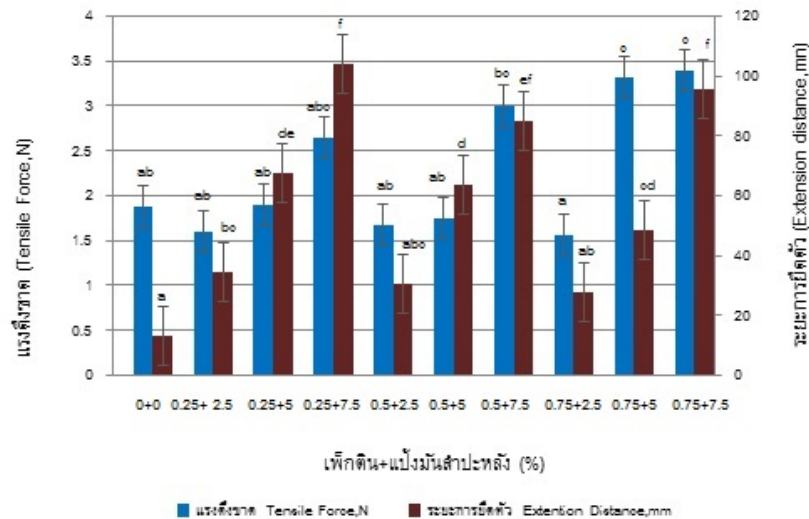
^{ns} ในแนวตั้งแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.2. เนื้อสัมผัส

ค่าแรงดึงขาด พบว่า แก้มังกรแผ่นที่ไม่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสใดๆ มีค่าแรงดึงขาดเท่ากับ 1.89 นิวตัน เมื่อใช้เพ็กตินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังโดยพิจารณาที่เพ็กตินคงที่ที่ร้อยละ 0.25 และ 0.5 ของน้ำหนักน้ำแก้มังกร มีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1.59 – 2.99 นิวตัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ที่เพ็กตินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ

5 และ 7.5 ค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 3.32 – 3.39 นิวตัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ค่าระยะการยืดตัวของแก้มังกรแผ่นที่ใช้เพ็กตินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในทุกะดับของเพ็กตินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 3 ค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวของแก้มังกรแผ่นที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสผสม

2.3. ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้มังกรแผ่น

คัดเลือกหน่วยทดลองแก้มังกรแผ่นที่ใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับเพ็กทินเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่ให้แก้มังกรแผ่นที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม เหนียว ยืดหยุ่น ไม่มีลักษณะ เยิ้ม และ กรอบ เปราะ และแข็ง คล้ายพลาสติก 4 สูตร ดังตารางที่ 3 นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทแบบ 7 - point hedonic scale ได้ผลดังนี้ แก้มังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทั้ง 4 สูตร ผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสอยู่ในช่วง 5.33 – 5.67 และ 4.85 – 5.44

ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมแก้มังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้มังกร มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.27 และ 5.44 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ชอบค่อนข้างมากถึงมาก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับแก้มังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.5 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักน้ำแก้มังกร ได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมต่ำสุดเท่ากับ 4.14 และ 4.41 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้มังกรแผ่นที่แปรปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ร่วมกับเพ็กทิน

แก้มังกรแผ่น	คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัส ²			
	สี ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1) P 0.5%+ S2.5%	5.58	5.27	4.58 ^{ab}	4.98 ^{ab}
2) P 0.5%+S5%	5.67	5.07	4.76 ^{ab}	5.00 ^{ab}
3) P 0.5%+ S7.5%	5.37	4.85	4.14 ^a	4.41 ^a
4) P 0.75%+S2.5%	5.33	5.44	5.27 ^b	5.44 ^b

1=ร้อยละของน้ำหนักน้ำแก้มังกร 2 =7-point hedonic scale

S =แป้งมันสำปะหลัง P = เพ็กทิน

^{ns}ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

^{a-b}ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. อายุการเก็บรักษา

แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกรใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีนและถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 วัน นำไปตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ทุก 15 วัน ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ในแก้วมังกรแผ่นทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์ ตลอดระยะเวลา 60 วันของการเก็บรักษา(ข้อมูลไม่ได้แสดง) แต่ลักษณะของแก้วมังกรแผ่นที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีนเริ่มเกิดเป็นจุดเล็กๆ สังเกตเห็นได้ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา เห็นชัดเจนในวันที่ 45 ของการเก็บรักษา และเกิดขึ้นทั่วทั้งแผ่นในวันที่ 60 ของการเก็บรักษา ในขณะที่แก้วมังกรแผ่นที่บรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ในวันที่ 60 ของการเก็บรักษา ไม่พบการตกผลึกของน้ำตาล แต่เนื้อสัมผัสมีลักษณะแข็งขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากถุงพลาสติกพอลิพรอพิลีนป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ไม่ดีเท่าถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ แก้วมังกรแผ่นที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำเมื่อสูญเสียความชื้นไป ทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลในแก้วมังกรแผ่นสูงเกินจุดอิ่มตัวจึงเกิดการตกผลึกขึ้นสอดคล้องกับ Mir and Nath (1995) ได้รายงานไว้ว่าผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นโดยทั่วไปจะมีน้ำตาลอยู่ระหว่างร้อยละ 69.53 - 82.41 อยู่ในรูปที่ไม่ดูดซับน้ำ และการตกผลึกจะเกิดขึ้น ภายในระยะเวลาที่ต่างกันขึ้นกับสภาวะในการเก็บรักษา

สรุปและวิจารณ์ผล

1. การใช้เพ็กทินร้อยละ 2.5 – 3 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 – 20 และเพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทุกอัตราส่วนใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 9 – 10, 11 – 12 และ 6 ชั่วโมง 20 นาที ตามลำดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทิน และ แป้งมันสำปะหลังเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสเพียงชนิดเดียว มีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเพ็กทินและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนระยะการยืดตัวมีค่าสูงสุดที่เพ็กทินร้อยละ 3 และ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 12.5

3. การใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังแก้วมังกรแผ่นมีระยะการยืดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มร้อยละ 7.5 ในทุกระดับของเพ็กทิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 5.27 และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ และ 5.44 อยู่ในเกณฑ์ชอบค่อนข้างมากถึงมาก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5. การเก็บรักษาแก้วมังกรแผ่นโดยบรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 เดือน ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์และการตกผลึกของน้ำตาล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหงที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- จรรวรณ์ ภัทรสรเพชญ. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจากพิวเร่พลับ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรายุส วรรัตน์โกคา และทวินุช แฝงฤทธิ์. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่น. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- พรศักดิ์ ประสิทธิแพทย์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- เพชรดา แซ่โง้ว. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตนอรรถปัญญ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภ, อนุวัตร แจ่มชัด, กอบพัชรกุล เป็นบุญ และมุสดี บุรณะอำนาจ. 2550. โครงการพัฒนาผลไม้กวน (ผลไม้แผ่น) เพื่อยกระดับมาตรฐาน และการศึกษาตลาด. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิริลักษณ์ ปิยพรไพบูรณ์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สับปะรดแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุวัตร แจ่มชัด, ปณิตดา ตุงสวัสดิ์, อรุณศิริ ธารารกุล, สุนารี เหลืองวิลัย และกมลวรรณ แจ่มชัด. 2549. การพัฒนาบ๊วยแผ่นจาก บ๊วยดอง. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ. หน้า 514-524. กรุงเทพมหานคร.
- อนุวัตร แจ่มชัด, นรลักษณ์ รัตนจิตินันต์ และวันฉนิตา จิรังรัตน์. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น. ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรพิน ชัยประสพ. 2555. การผลิตสีผงจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟมเมท. รายงานการวิจัยทุนโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- AOAC. 1991. Official Methods of Analysis. (15th ed). Washington: The Association of Official Analytical Chemists.
- Che-man, Y. B., and Sin, K. K. 1997. Processing and consumer acceptance of fruit leather from the unfertilised floral part of jack fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75: 102-108
- Dauthy, M. E. 1995. Fruit and vegetable processing. *FAO Agricultural services Bulletin No.119*. Available Source: <http://www.fao.org>.
- Demarch, S. M., Quintero Ruiz, N. A., De Michelis, A., and Giner, S. A. 2013. Sorption characteristics of rosehip, apple and tomato pulp formulations as determined by gravimetric and hygrometric methods. *LWT Food Science and Technology*, 52: 21 – 26.
- Hennaman, A., and Malone, N. 1993. Drying fruit leather. Available: <http://Lancaster.unl.edu/factsheets>.
- Huang, X., and Hsieh, F. H. 2005. Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. *Journal of Food Science*, 70: 177–186.
- Irwandi, J., and Che Man, Y. B. 1995. Durian leather: Development, Properties and Storage Stability. *Journal of Food Quality*, 19: 479-489.
- Irwandi, J., Che Man, Y. B., Yusof, S., Jinap, S., and Sugisawa, H. 1998. Effects of type of packaging materials on physicochemical, microbiological and sensory characteristics of durian fruit leather during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76: 427–434.
- Kaushal, M., Sharma, P.C., and Sharma, R. 2013. Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (*Hippophae salicifolia*) leather. *Journal of Food Science and Technology*, 50: 78–85.

- Maskan, A., Kaya, S., and Maskan, M. 2002. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). *Journal of Food Engineering*, 54: 81-88.
- Mir, M. A., and Nath, N. 1995. Sorption Isotherms of Fortified Mango Bars. *Journal of Food Engineering*, 25: 141-150.
- Satyaprakask, R. V., and Roy, S.K. 1980. Studies on dehydration of Mango pulp. *Indian Food Packer*, 34: 64 - 71.
- Sharma, S. K., Chaudhary, S. P., Rao, V .K., Yadav, V. K., and Bisht, T.S. 2013. Standardization of technology for preparation and storage of wild apricot fruit bar. *Journal of Food Science and Technology*, 50: 784–790.
- Tonon, R.V., Brabet, C., and Hubinger, M. D. 2008. Influence of process conditions on the physico chemical properties of acai (*Euterpeoleraceae* Mart) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88: 411-418.
- Vijayanand, P., Yadav, A. R., Balasubramanyam, N., and Narasimham, P. 2000. Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 33: 132–137.

การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ

Carbonated Banana Drink Development

วนิดา โอศิริพันธุ์¹



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ โดยศึกษาวิธีการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมในกล้วยหอมสุก เวลาที่เหมาะสมในการบ่มกล้วยหอมสุกกับเอนไซม์เซลลูเลสและเพคตินเอส สูตรน้ำกล้วยหอมและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัดในน้ำกล้วยหอมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด และศึกษาอายุการเก็บของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ จากการวิจัยนี้พบว่าการใช้ความร้อนโดยการนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด นาน 14 นาที เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมสุกเพื่อผลิตเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอม ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มด้วยเอนไซม์เซลลูเลสและเพคตินเอส คือ 30 นาที คุณภาพทางเคมีของน้ำกล้วยหอมที่ได้มีองค์ประกอบดังนี้ ความชื้นร้อยละ 74 โปรตีนร้อยละ 0.57 ไขมันร้อยละ 0.01 เถ้าร้อยละ 3.29 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 22.33 พลังงานทั้งหมด 91.69 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 6.68 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 8.67 น้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 6.34 ฟอสฟอรัส 18.93 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โพแทสเซียม 125.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โซเดียม 3.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือสูตรน้ำกล้วยหอมที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 12 องศาบริกซ์ และมีน้ำหนักก๊าซต่อปริมาณน้ำกล้วยหอม 8 กรัม ต่อ 750 มิลลิลิตร คุณค่าทางโภชนาการของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซต่อ 100 กรัม มีพลังงาน 50.09 กิโลแคลอรี โปรตีน 0.31 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 12.19 กรัม น้ำตาล 11.72 กรัม โซเดียม 3.21 มิลลิกรัม ผลการศึกษาอายุการเก็บของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้น้อยกว่า 2 สัปดาห์ แต่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้ไม่น้อยกว่า 12 สัปดาห์ โดยมีคุณสมบัติทางเคมีและทางจุลชีววิทยาเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะที่ปิดสนิท

คำสำคัญ : กล้วยหอม เครื่องดื่มน้ำกล้วยหอม การอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เอนไซม์ อายุการเก็บรักษา

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอาหาร วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิต เทคโนโลยีชีวภาพ และอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต

ABSTRACT

The objective of this research was to develop carbonated banana drink. The suitable method for inhibiting browning reaction in banana, the suitable time of cellulase and pectinase enzyme incubation, the amount of sugar and carbon dioxide in the banana drink were studied. The suitably carbonated banana drink formula was determined by using the sensory evaluation. Its shelf life was investigated at a room temperature and compared to that at 4° C for 12 weeks. The data indicated that steaming of banana with boiling water for 14 minutes was the suitable method to inhibit banana browning before processing of banana drink. The suitable incubation time of banana pulp with cellulase and pectinase enzyme was 30 minutes. The chemical compositions of banana juice were moisture of 74%, protein of 0.57%, fat of 0.01%, ash of 3.29%, total carbohydrate of 22.33% and total energy of 91.69 Kcal/100 g. Sugar and mineral contents in the product composed of 6.69% glucose, 8.67% sucrose, 6.34% fructose, 18.93 mg/100 g phosphorus, 125.47 mg/100 g potassium and 3.71 mg/100 g sodium respectively. Analysis of the sensory data indicated that carbonated banana drink with total solid of 12° Brix and the ratio of gas: banana drink of 8 g : 750 ml. was the most acceptable formula. The amount of nutrients per 100 g of the product was calories of 50.09 Kcal protein of 0.31 g total carbohydrate of 12.19 g sugar of 11.72 g and potassium of 3.21 mg. The physical and microbiology quality of carbonated banana drink were analyzed during storage at 4° C and room temperature for 12 weeks. The analyzed quality parameters met the standard of the beverage according to Ministry of Health's Announcement vol. 356 (2013). It was found that shelf life of the product was not less than 12 weeks when keeping at 4° C but was less than two weeks when keeping at room temperature.

Keywords : banana, banana drink, carbonation, enzyme, shelf life

บทนำ

ปัจจุบันตลาดเครื่องดื่มให้พลังงานในประเทศไทยมีมูลค่าสูงถึง 2.4 หมื่นล้านบาท โดยแบ่งออกเป็นเครื่องดื่มชูกำลังร้อยละ 70 และร้อยละ 30 หรือประมาณ 0.8 หมื่นล้านบาทเป็นเครื่องดื่มเกลือแร่ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาตลาดเครื่องดื่มให้พลังงานโดยรวมเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 3.8 ต่อปี และหากพิจารณาเป็นรายผลิตภัณฑ์พบว่าเครื่องดื่มเกลือแร่เติบโตสูงกว่า (สุนิษฐา, 2557) อาจเนื่องจากมีปัจจัยเสริมจากสภาพอากาศที่ร้อนจัดเพิ่มมากขึ้นผู้ผลิตหลายรายได้มีการปรับเปลี่ยนภาพลักษณ์เครื่องดื่มที่เน้นรักษาสุขภาพ (functional drink) และมีความเป็นธรรมชาติ (natural) หลีกเลี่ยงการเติมสารเคมี และเพิ่มปริมาณสารอาหาร

เพื่อมุ่งเน้นการบำรุงรักษาเฉพาะด้านหรือกลุ่มผู้ดื่มมากยิ่งขึ้น

กล้วยหอมสุกมีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สำคัญคือมี โพแทสเซียม 385 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมกล้วยหอม (Aurore et al., 2009) สามารถช่วยป้องกันการเกิดตะคริวอันเนื่องจากสูญเสียเหงื่อจากการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ช่วยเพิ่มความสดชื่นมักจะเป็นเครื่องดื่มที่อัดก๊าซดัดขึ้นน้ำผลไม้อัดก๊าซจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ นอกจากนี้ผลไม้อัดก๊าซยังสามารถผลิตได้ง่ายจากวัตถุดิบภายในประเทศที่หาง่ายและราคาถูก ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการผลิตและบริโภคเพื่อทดแทนผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอัดก๊าซที่มีส่วนประกอบหลักเป็น

เพียงน้ำตาลและน้ำซึ่งได้รับความนิยมในปัจจุบัน (อมรรัตน์, 2545)

เครื่องตีมักกล้วยหอม โดยใช้กล้วยหอมสุกงอม นำมาสีกัดกล้วยเพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่ม ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือแบบชุ่นและแบบใส การผลิตกล้วยแบบชุ่น โดยใช้เนื้อกล้วยบด (puree) ที่แยกกากและเมล็ดออก เจือจางด้วยน้ำ ปรับแต่งกลิ่นรสด้วยน้ำตาลและกรด แล้วจึงนำไปผ่านการโฮมจิไนซ์ จากนั้นทำการพาสเจอร์ไรซ์ และบรรจุลงในภาชนะ ส่วนการทำกล้วยชนิดใส โดยใช้กล้วยสุกบดให้ละเอียด และเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากนั้นเติมเอนไซม์เพคตินเนส ปมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แยกกากออกโดยการกรองด้วยฟیلเตอร์ กล้วยที่ได้นำมาปรับน้ำตาลและกรด พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที (Lee et al., 2006) บรรจุลงภาชนะขณะร้อน ปิดผนึก แล้วทำให้เย็น กล้วยที่ผ่านการทำให้ใสโดยใช้เอนไซม์สามารถทำให้น้ำผลไม้เข้มข้นได้ (Kotecha and Desai, 1995)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการชำรุดฉีกขาดเมื่อถูกกระทบ บด หั่น หรือสับ ทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจน เข้ามาสัมผัสกัน สาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone (browning pigment) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin) Enzymatic browning reaction มักพบเป็นปัญหาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในผัก ผลไม้ เช่น มันฝรั่ง กะหล่ำปลี ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังการปอกเปลือก การลดขนาด การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ สามารถใช้วิธีการต่างๆ ดังนี้คือ การทำให้เอนไซม์เสียสภาพ โดยการใช้ความร้อน การปรับให้เป็นกรด และการใช้ Chelating agent การใช้สารรีดิวซิงเอเจนต์ (reducing agent) เพื่อรีดิวซ์ o-quinone กลับเป็นสารประกอบฟีนอล ซึ่งไม่มีสี สารรีดิวซิงเอเจนต์ที่ใช้ได้แก่ สารซัลไฟต์ กรดอัสคอร์บิก เป็นต้น และการ

ป้องกันไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจน เช่น การจุ่มผักผลไม้ในน้ำเชื่อมหรือน้ำเกลือ หรือใช้การบรรจุแบบสุญญากาศ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันมีการนำเอนไซม์มาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปน้ำผลไม้อย่างกว้างขวาง โดยมีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน เช่น การสีกัดน้ำผลไม้เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ การทำให้น้ำผลไม้ใส การทำให้น้ำผลไม้ยุ่ย (maceration) การทำให้เป็นของเหลว (liquefaction) การสีกัดสี เป็นต้น (ปราชญ์, 2543; Faigh, 1995) กรณีที่ใช้เอนไซม์ในการผลิตน้ำผลไม้เพื่อทำให้น้ำผลไม้มีความหนืดลดลง มีความใสเพิ่มขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบหลักโดยทั่วไปของผลไม้คือสารประกอบเพคตินซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ผลไม้ในระยะที่ดิบและแข็ง เพคตินส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำ ต่อมาเมื่อผลไม้สุกและมีลักษณะนิ่มเพคตินจะเปลี่ยนอยู่ในรูปที่ละลายออกมากับน้ำในบางส่วน ในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้ถูกทำลาย สารประกอบเพคติน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสบางส่วนก็จะละลายน้ำออกมา บางส่วนก็ยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ทำให้น้ำผลไม้มีความหนืดและบางส่วนก็ยังคงอยู่ในผนังเซลล์พืช ซึ่งเพคติน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสที่ผ่านกระบวนการผลิตน้ำผลไม้จะมีมากหรือน้อยย่อมมีผลต่อคุณภาพของน้ำผลไม้ทั้งสิ้น ดังนั้นมีความจำเป็นต้องกำจัดสารเหล่านี้ออกไปให้มากที่สุด กระบวนการผลิตน้ำผลไม้แบบใสต้องผ่านขั้นตอนที่สำคัญคือหลังจากคั้นน้ำผลไม้จะคั้นแยกตะกอนแขวนลอยของเพคตินและเซลลูโลสออกไป ถ้าเป็นตะกอนแข็งเรียกเซลล์หิน (stone cell) หรือเซลล์แขวนลอยของคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นได้ทั้งเพคติน เซลลูโลส ซึ่งอาจจะรวมกับโปรตีน ก็จะแยกออกได้ยากด้วยวิธีการกรองทั่วไป จึงต้องใช้เอนไซม์เพคตินเนสในการย่อยสลายสายเพคตินให้เปิดออก เพื่อให้โมเลกุลโปรตีนในคอลลอยด์และเพคตินมารวมกันเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น จะได้มีโอกาสตกตะกอนได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเนสและเซลลูโลสในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้บางชนิดมีข้อจำกัด โดยเฉพาะผลไม้ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบจะเกิดปฏิกิริยา gelatinization ขึ้น ในระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาในการ

กรองและทำให้น้ำผลไม้ขุ่น การใช้เอนไซม์อะมัยเลส เพื่อย่อยสลายแป้งจึงมีความสำคัญในกระบวนการผลิต น้ำผลไม้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว (Baumann, 1980; Uhlig, 1998)

เนื่องด้วยผู้วิจัยมีเป้าหมายที่จะนำกล้วยหอมทองสุกที่ระดับ 7-8 (มีผิวสีเหลืองและมีจุดสีน้ำตาล) ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ที่มาจากกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านมาตรฐานการส่งออกประเทศญี่ปุ่น จากกลุ่มเกษตรกร ผู้ผลิตกล้วยหอมทองปลอดสารพิษเพื่อการส่งออก ต. วังใหม่ อ.เมืองชุมพร จ.ชุมพร มาพัฒนาเป็น น้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่ผสมผสานระหว่างน้ำกล้วยหอมทองที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และให้พลังงานไปพร้อมกันด้วย (healthy energy drink) นำมาอัดก๊าซในปริมาณที่ทำให้มีรสชาติที่ช่วยบรรเทาอาการเหน็ดเหนื่อย และให้ความรู้สึกสดชื่นหลังการดื่ม โดยประสงค์ให้เป็นเครื่องดื่ม Green สำหรับผู้ที่รักการออกกำลังกายและเป็นทางเลือกใหม่ทดแทนน้ำอัดลม โดยมาจากการนำส่วนผสมจากธรรมชาติ ความหวานที่มาจากน้ำตาลในกล้วยหอมและเป็นเครื่องดื่มที่เป็นแหล่งของเกลือแร่โพแทสเซียม (good source of potassium) มาเป็นจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ที่สามารถต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ โดยศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมสุก ระยะเวลาในการบ่มเพื่อตกตะกอนโดยการใช้เอนไซม์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำกล้วยหอมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด และอายุการเก็บรักษาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมสุก

นำกล้วยหอมทองพันธุ์หอมทองกาดำ พร้อมเปลือกที่มีความสุกระดับ 7 มีผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลเล็กน้อย (สุกเต็มที่มียกลิ่นหอม) ถึงความสุกระดับ 8 มีผิวสีเหลืองและมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนตัวและมีกลิ่นแรง) (เบญจมาศ, 2545) จากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตกล้วยหอมทองปลอดสารพิษเพื่อการ

ส่งออก ต.วังใหม่ อ.เมืองชุมพร จ.ชุมพร มาทำการศึกษาวิธีการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมสุก โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ วิธีการในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยแปรเป็น 3 วิธีคือ การใช้ความร้อนด้วยการนึ่งไอน้ำ การใช้สารเคมี (โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์) และการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารเคมี โดยมีกระบวนการศึกษาดังนี้

1.1 การใช้ความร้อน โดยนำกล้วยหอมสุกพร้อมเปลือกที่ทำความสะอาดแล้วไปนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 14 นาที โดยมีชุดควบคุมคือกล้วยหอมสุกที่ไม่ได้ผ่านการนึ่ง จากนั้นนำกล้วยหอมทั้ง 2 ไปปอกเปลือกแล้วนำเนื้อกล้วยหอมสุกปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 1 นาที นำเนื้อกล้วยหอมสุกที่ได้ 100 กรัม มาศึกษาคุณภาพของน้ำกล้วย ตามข้อ 1.4

1.2 การใช้สารเคมี โดยนำกล้วยหอมสุกพร้อมเปลือกที่ทำความสะอาดแล้ว มาปอกเปลือก นำเนื้อกล้วยหอมสุกปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 1 นาที นำเนื้อกล้วยหอมสุกที่ได้ 100 กรัม เติมโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ปริมาณร้อยละ 0.02 น้ำหนักต่อน้ำหนัก มาศึกษาคุณภาพของน้ำกล้วย ตามข้อ 1.4

1.3 การใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี โดยการชั่งกล้วยหอมสุกที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 จำนวน 100 กรัม จากนั้นเติมน้ำโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ปริมาณร้อยละ 0.02 น้ำหนักต่อน้ำหนัก มาศึกษาคุณภาพของน้ำกล้วย ตามข้อ 1.4

1.4 การศึกษาคุณภาพน้ำกล้วยหอมสุก โดยนำกล้วยหอมสุกที่ได้จากข้อ 1.1-1.3 มาเติมเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์เพคตินเนส ร้อยละ 0.06 และ 0.05 ปริมาตรต่อน้ำหนัก ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที จากนั้นหยุดการทำงานของเอนไซม์โดยนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 10 นาที นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 8,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 25 นาที แยกส่วนใส มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ความใส โดยการวัดค่าการส่องผ่านแสง(% T) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอม (% yield) ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (%RSS)

2. ศึกษาระยะเวลาในการบ่มเพื่อตกตะกอนโดยการใช้เอนไซม์

นำกล้วยหอมที่ผ่านการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากข้อ 1.1 มาเติมเอนไซม์เซลลูเลส ปริมาณร้อยละ 0.06 และเอนไซม์เพคตินเนส ปริมาณร้อยละ 0.05 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที หลังจากนั้น นำกล้วยที่ผ่านการบ่มตามเวลาที่กำหนด จากนั้นหยุดการทำงานของเอนไซม์โดยนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 10 นาทีแล้วมาทำการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 8,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 25 นาที แยกส่วนใสมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ความใส โดยการวัดค่าการส่องผ่านแสง (% T) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอม (% yield) ปริมาณของแข็งละลายน้ำที่สกัดได้ (% RSS)

3. วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำกล้วยหอมที่สกัดได้ โดยนำน้ำกล้วยหอมที่สกัดจากได้ตามวิธีในข้อ 2

มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลฟรุคโตส (fructose) น้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลซูโครส (sucrose) ด้วยวิธี HPLC (ELSD) วิเคราะห์เกลือแร่ ฟอสฟอรัส (phosphorus) โพแทสเซียม (potassium) โซเดียม (sodium) ด้วยวิธี ICP ความชื้น ด้วยวิธี AOAC (2012) โปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method ไขมัน ด้วยวิธี Extraction เถ้า ด้วยวิธี AOAC (2012) คาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธี AOAC (2005) และพลังงาน ด้วยวิธี AOAC (2005)

4. ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำกล้วยหอมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

กำหนดค่าองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังนี้ 12, 14, 16 และ 18 โดยนำน้ำเปล่าผสมกับน้ำกล้วยที่ได้จากข้อ 2 คำนวณด้วยวิธีเพียร์สัน สแควร์ ทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (Lee et al., 2007) ทำให้เย็น เทใส่ขวดทำน้ำโซดา (soda siphon) อัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (soda charger) จำนวน 8 กรัม ต่อปริมาตรน้ำกล้วยหอม 750 มิลลิลิตร จากนั้นบรรจุขวดพลาสติก (PET) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปิดฝาทันที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส สี กลิ่นรส (กลิ่นกล้วยหอมโดย

ธรรมชาติ) รสหวาน รสเปรี้ยว ความซ่า และความชอบรวม ตามวิธีในข้อ 7

5. ศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

นำน้ำกล้วยที่คัดเลือกได้จากข้อ 4 มาศึกษาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยใช้อัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำกล้วยหอม 3 ระดับคือ 4 กรัมต่อ 750 มิลลิลิตร, 8 กรัมต่อ 750 มิลลิลิตรและ 12 กรัมต่อ 750 มิลลิลิตรบรรจุในขวดพลาสติก (PET) ปริมาตร 250 มิลลิลิตรแล้วทำการปิดฝาเกลียวทันที จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน รสหวาน รสเปรี้ยว ความซ่า และความชอบรวม ตามวิธีข้อ 7

6. ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ

นำน้ำกล้วยหอมจากข้อ 4 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิในช่วงระหว่าง 24-30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 14 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์ มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี และจุลชีววิทยา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

7. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมคือผู้ที่ขณะออกกำลังกายหรือผู้ที่ออกกำลังกายเสร็จบริเวณสนามกีฬาภายในมหาวิทยาลัยรังสิต จำนวน 60 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale โดยใช้แบบสอบถาม จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

8. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ โดยส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำกล้วยหอมทองที่ได้จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

ปัจจัยศึกษา	ความใส (%T)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำ ได้ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณร้อยละ ของน้ำกล้วย หอม (%Yield)	ปริมาณ ของแข็ง ละลายน้ำที่ สกัดได้ (%RSS)	ค่าความ เป็นกรดต่าง (pH)	น้ำหนัก ส่วนใส (g)
ชุดควบคุม	20.60±0.77 ^c	26.50±0.66 ^{ns}	54.81±0.44 ^a	14.55±0.56 ^a	4.66±0.29 ^{ns}	160.44±0.44 ^b
ใช้ความร้อน	60.50±0.78 ^b	24.50±0.76 ^{ns}	46.66±0.70 ^b	11.51±0.72 ^b	4.71±0.28 ^{ns}	141.76±0.70 ^c
ใช้สารเคมี	17.50±0.73 ^d	25.55±0.65 ^{ns}	55.53±0.76 ^a	13.74±0.22 ^{ab}	4.65±0.14 ^{ns}	166.50±0.76 ^a
ใช้ความร้อน ร่วมกับสารเคมี	70.50±0.70 ^a	24.49±0.69 ^{ns}	46.54±0.75 ^b	11.55±0.80 ^b	4.88±0.01 ^{ns}	141.49±0.77 ^c

a,b ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาแยกตามปัจจัยที่ศึกษาพบว่าน้ำกล้วยหอมที่ได้จากชุดควบคุมมีค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่แตกต่างจากน้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อน ใช้สารเคมี และใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.66-4.88 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 24.49-26.50 °Brix ความใสโดยการวัดค่าการส่องผ่านแสง(%T) ที่ความยาวคลื่น 660 (Lee et.al., 2006) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer มีค่า 20.60 ซึ่งจะมีค่าความใสที่น้อยกว่าน้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อน และการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี แต่ค่าความใสมากกว่าน้ำกล้วยหอมที่ใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) แสดงว่าความร้อนส่งผลต่อความใสของน้ำกล้วยหอมมากกว่าสารเคมี ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอมที่ได้ 54.81 % ซึ่งไม่แตกต่างจากน้ำกล้วยที่ได้จากการใช้สารเคมี แต่มากกว่าน้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อนและการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

น้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อน จะมีค่าความใส 60.50 ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมและการใช้สารเคมี

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) แต่ค่าความใสน้อยกว่าน้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอมที่ได้ 46.66 ไม่แตกต่างจากการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี แต่มีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม และการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

น้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้สารเคมี มีค่าความใส 17.50 ซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอมที่ได้ 55.53 ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม

น้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี มีค่าความใส 70.50 ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ แต่มีปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอมที่ได้ 46.54 ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ความร้อน

ผู้วิจัยพิจารณาจากค่าความใสและปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอมที่ได้ พบว่าน้ำกล้วยหอมที่ได้จากการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมีมีค่าความใสสูงสุด รองลงมาคือการใช้ความร้อน แต่ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอมที่ได้ การใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี และการใช้ความร้อนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมใน

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมสุก เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซชั้นต่อไปนั้นผู้วิจัยต้องการคงความเป็นธรรมชาติของเครื่องดื่มให้มากที่สุด

โดยหลีกเลี่ยงการเติมสารเคมี ดังนั้นจึงเลือกการใช้ความร้อน ในการเตรียมน้ำกล้วยหอมทองสำหรับการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำกล้วยหอมที่ได้จากการศึกษาระยะเวลาในการบ่มเพื่อตกตะกอนโดยใช้เอนไซม์

เวลาที่บ่ม (นาทีก)	ความใส %T	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ ทั้งหมด (°Brix)	ปริมาณร้อยละ ของน้ำกล้วย หอม (%Yield)	ปริมาณ ของแข็งละลาย น้ำที่สกัดได้ (%RSS)	ค่าความเป็น กรดต่าง (pH)	น้ำหนักส่วน ใส (g)
30	91.40±0.01 ^d	24.00±0.00 ^{ab}	54.73±0.72 ^{ns}	13.13±0.18 ^b	4.88±0.02 ^{ns}	54.72±0.74 ^{ns}
60	93.95±1.06 ^{cd}	23.80±0.28 ^b	56.68±0.00 ^{ns}	13.49±0.15 ^b	4.89±0.01 ^{ns}	56.68±0.00 ^{ns}
90	93.45±0.47 ^{bcd}	24.50±0.14 ^a	55.87±0.88 ^{ns}	13.69±0.13 ^a	4.88±0.03 ^{ns}	55.87±0.88 ^{ns}
120	95.34±0.48 ^{abc}	23.60±0.57 ^b	57.02±0.95 ^{ns}	13.45±0.09 ^{ab}	4.84±0.01 ^{ns}	57.02±0.95 ^{ns}
150	96.90±0.14 ^{ab}	24.20±0.28 ^{ab}	56.67±0.45 ^{ns}	13.71±0.18 ^a	4.82±0.00 ^{ns}	56.67±0.45 ^{ns}
180	97.40±0.57 ^a	24.50±0.00 ^a	55.98±0.81 ^{ns}	13.71±0.19 ^a	4.85±0.00 ^{ns}	55.98±0.81 ^{ns}

^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาในแต่ละระยะเวลาที่ใช้ในการบ่ม พบว่าทุกระยะเวลาที่ใช้บ่ม จะให้ปริมาณร้อยละน้ำกล้วยหอม น้ำหนักส่วนใส และค่า pH ที่ไม่แตกต่างกัน หากพิจารณาความใส พบว่าแนวโน้มความใสจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการบ่ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sandri et al.(2011) ที่พบว่า การเพิ่มเวลาในการบ่มจะช่วยปรับปรุงความใสของน้ำกล้วยหอม แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่ได้แปรผันตามระยะเวลาในการบ่ม เมื่อเปรียบเทียบ

ระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มมากขึ้นเป็น 180 นาที กับค่าความใส (%T) ที่เพิ่มขึ้นจาก 91.40% เป็น 97.40% นั้นผู้วิจัยได้พิจารณาจากลักษณะปรากฏความใสเห็นว่าไม่มีความแตกต่าง จึงมีความคิดเห็นว่าควรที่จะเลือกระยะเวลาที่สั้นในการบ่มเพื่อประหยัดเวลา ลดต้นทุน และค่าใช้จ่ายในการบ่มสำหรับการขยายผลและการต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป ดังนั้นในการสกัดน้ำกล้วยหอมเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยชั้นต่อไป จึงเลือกใช้ระยะเวลาในการบ่ม 30 นาที

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำกล้วยหอมที่สกัดได้

รายการ	ปริมาณ(ร้อยละ)
Moisture	74
Protein	0.57
Fat	0.01
Ash	3.29
Total Carbohydrate (by difference; include crude fiber)	22.33
Total Calories, Kcal	91.69
Calories, Kcal	0.09
Glucose	6.68
Sucrose	8.67
Fructose	6.34
Phosphorus , mg	18.93
Potassium , mg	125.47
Sodium , mg	3.71

จากตารางที่ 3 พบว่าน้ำกล้วยหอมที่สกัดได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 74 โปรตีนร้อยละ 0.57 เถ้าร้อยละ 3.29 ไขมันร้อยละ 0.01 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 22.33 พลังงานทั้งหมด 91.69 กิโลแคลอรี ต่อ 100 มล. มีสัดส่วนของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส ฟรุคโตส เป็น 6.68, 8.67, 6.34 ตามลำดับ มีปริมาณเกลือแร่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม ในสัดส่วนดังนี้ 18.93, 125.47, 3.71 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบกับสัดส่วนเกลือแร่ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม ที่อยู่ในเนื้อกล้วย คือ 22, 385, 1 (Aurore et al.,2009) เมื่อ

พิจารณาชนิดของน้ำตาลในน้ำกล้วยหอม พบว่าน้ำตาลซูโครสมีสัดส่วนที่สูงกว่าน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์น้ำตาลในผลกล้วยที่มีปริมาณซูโครสในสัดส่วนที่สูงกว่าน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส โดยพบว่ามีปริมาณซูโครสร้อยละ 66 กลูโคสร้อยละ 22 ฟรุคโตสร้อยละ 14 (Fernandes et.al.,1979; Kotecha and Desai, 1995 ; Phabha and Bhagyalakshui, 1998) โดยในน้ำกล้วยหอมมีปริมาณเกลือแร่โพแทสเซียมสูงกว่าฟอสฟอรัสและโซเดียม

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่างกัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^o Brix)	คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่นรส	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความซ่า	ความชอบรวม
12	7.00±1.76 ^{ns}	6.13±2.04 ^{ns}	6.17±2.03 ^{ns}	5.63±2.15 ^{ns}	6.52±2.05 ^{ns}	6.65±1.53 ^{ns}
14	6.93±1.67 ^{ns}	6.45±2.01 ^{ns}	6.28±1.75 ^{ns}	5.77±1.88 ^{ns}	6.20±1.99 ^{ns}	6.70±1.62 ^{ns}
16	7.07±1.59 ^{ns}	6.62±1.70 ^{ns}	6.53±1.75 ^{ns}	5.95±1.92 ^{ns}	6.43±1.92 ^{ns}	6.73±1.53 ^{ns}
18	6.85±1.54 ^{ns}	6.48±1.66 ^{ns}	6.23±1.44 ^{ns}	6.12±1.77 ^{ns}	6.40±1.84 ^{ns}	6.72±1.42 ^{ns}

^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

จากตารางที่ 4 ผู้ทดสอบชิมจำนวน 60 คน เพศชายจำนวน 25 คนคิดเป็นร้อยละ 41.7 เพศหญิงจำนวน 35 คนคิดเป็นร้อยละ 58.3 โดยมีช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี

จำนวน 23 คนคิดเป็นร้อยละ 38.4 อายุ 21-30 ปีจำนวน 24 คนคิดเป็นร้อยละ 40 อายุ 31-40 ปีจำนวน 3 คนคิดเป็นร้อยละ 5 อายุ 41-50 ปีจำนวน 5 คนคิดเป็นร้อยละ

8.3 อายุ 51 ปีขึ้นไปจำนวน 5 คนคิดเป็นร้อยละ 8.3 ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสหวาน รสเปรี้ยว ความซ่า และความชอบรวม ไม่แตกต่างกันในทุกสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 12,14,16 และ 18 องศาบริกซ์

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมได้รับการต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ในอนาคต ดังนั้นเพื่อประหยัดต้นทุนของน้ำกล้วยหอมทอง และช่วยลดกลิ่นกล้วยหอมลงได้ด้วย ผู้วิจัยจึงได้เลือกสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 12 องศาบริกซ์ สำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

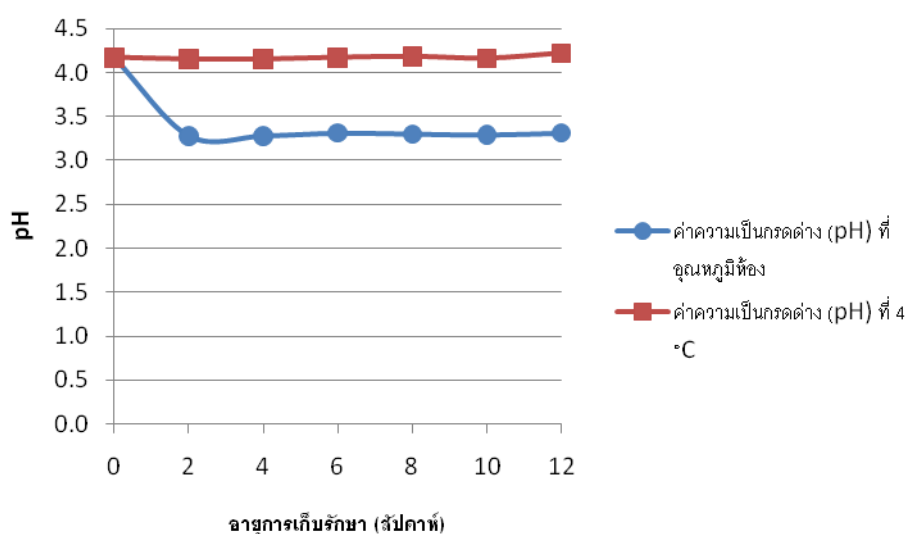
ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่มีปริมาณก๊าซต่อน้ำกล้วยหอมในสัดส่วนต่างๆ

ปริมาณก๊าซต่อน้ำกล้วยหอม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความซ่า	ความชอบรวม
4:750	5.53±1.86 ^{ns}	4.85±1.94 ^{ns}	5.30±1.88 ^b	5.45±1.92 ^b
8:750	5.62±2.01 ^{ns}	5.35±2.00 ^{ns}	6.13±2.05 ^a	6.10±1.80 ^{ab}
12:750	6.12±1.98 ^{ns}	5.55±1.80 ^{ns}	6.43±1.87 ^a	6.62±1.86 ^a

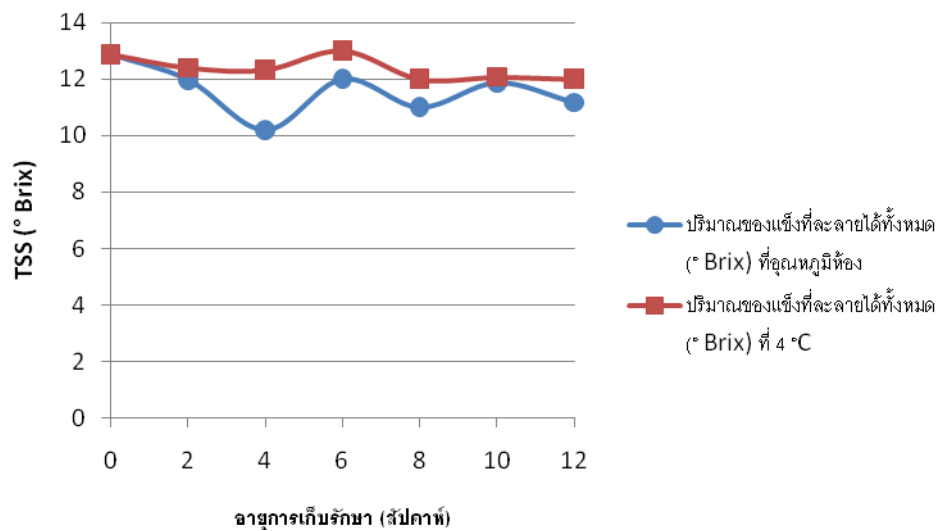
^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 5 ผู้ทดสอบชิมจำนวน 60 คน เพศชายจำนวน 38 คนคิดเป็นร้อยละ 63 เพศหญิงจำนวน 22 คนคิดเป็นร้อยละ 37 โดยมีช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปีจำนวน 16 คนคิดเป็นร้อยละ 27 อายุ 21-30 ปีจำนวน 33 คนคิดเป็นร้อยละ 55 อายุ 31-40 ปีจำนวน 6 คนคิดเป็นร้อยละ 10 อายุ 41-50 ปีจำนวน 5 คนคิดเป็นร้อยละ 5 อายุ 51 ปีขึ้นไปจำนวน 2 คนคิดเป็นร้อยละ 3 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน และรสเปรี้ยว ไม่แตกต่างในทุกสูตรที่มีปริมาณ

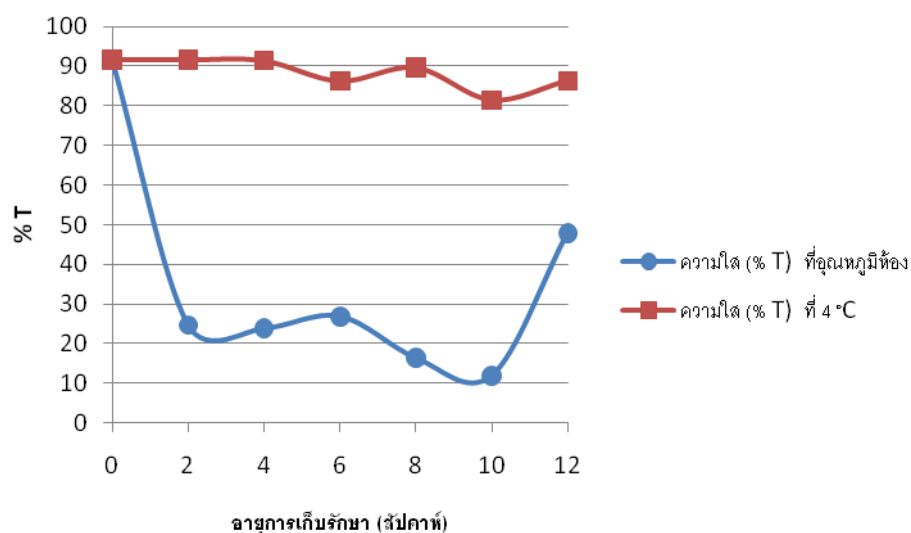
ก๊าซแตกต่างกัน ส่วนคะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความซ่าและความชอบรวมของสูตรที่ใช้ปริมาณก๊าซ 8:750 กับ 12:750 ไม่แตกต่าง แต่มีคะแนนสูงกว่าสูตรที่มีปริมาณก๊าซ 4:750 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อประหยัดต้นทุนค่าก๊าซของการผลิต ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรน้ำกล้วยหอมทองอัดก๊าซที่มีปริมาณก๊าซ 8:750 เพื่อมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และศึกษาอายุการเก็บต่อไป



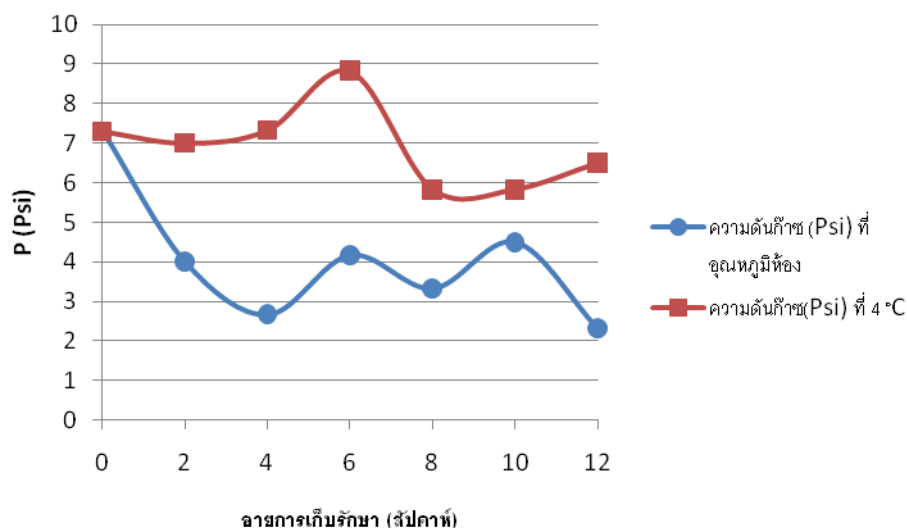
รูปที่ 1 ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซบรรจุในภาชนะปิดสนิท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ



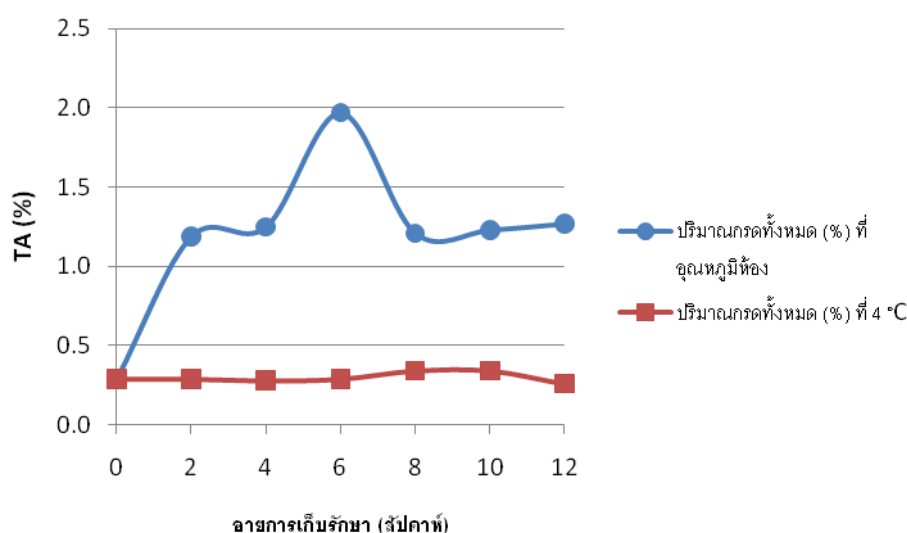
รูปที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 3 ความใสของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซบรรจุในภาชนะปิดสนิท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 4 ความดันก๊าซของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซบรรจุในภาชนะปิดสนิท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 5 ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซบรรจุในภาชนะปิดสนิท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่ 4 °C เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

จากรูปที่ 1-5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ บรรจุในขวดพลาสติกปิดสนิท โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 12 สัปดาห์ พบว่า น้ำกล้วยหอมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในสัปดาห์ที่ 2 ค่าความเป็นกรดต่างจะลดลง เหลือ pH 3.28 เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 มีค่า pH 4.17 แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 2-12 แนวโน้มค่าความเป็นกรดต่างจะ

ค่อนข้างคงที่ อยู่ในช่วงค่า pH 3.28-3.21 ซึ่งสอดคล้องกับค่าร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด กล่าวคือในสัปดาห์ที่ 2 ร้อยละปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.19 จากสัปดาห์ที่ 0 ที่มีร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด 0.29 ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าเกิดจากจุลินทรีย์ที่สร้างกรดอาจปนเปื้อนในน้ำกล้วยหอมโดยมากับวัตถุดิบหรือกระบวนการผลิต ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ และเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำกล้วยเป็นกรดอินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่มีก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ช่วยส่งเสริมการสร้างกรดอีกด้วย เมื่อพิจารณาความใสของน้ำกล้วยหอมพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาความใสจะลดลงอย่างมากคือมีค่า %T เพียง 24.67 เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ที่มีค่า %T 91.67 หลังจากนั้นแนวโน้มความใสจะเริ่มคงที่ ซึ่งน่าจะเกิดจากผลของจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ สำหรับความดันก๊าซพบว่าในสัปดาห์ที่ 2-12 ความดันก๊าซจะลดลงมาที่ระดับ 2.3-4.5 Psi เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ความดันก๊าซมีค่า 7.3 Psi ส่วนน้ำกล้วยหอมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เป็นระยะเวลานาน 12 สัปดาห์ พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-12 แนวโน้มค่าความเป็นกรดต่างค่อนข้างคงที่ โดยมีช่วงค่า pH 4.15-4.22 ซึ่งสอดคล้องกับค่าร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.26-0.34 เมื่อพิจารณาความใสของน้ำกล้วยหอมในสัปดาห์ที่ 0-12 พบว่าแนวโน้มความใสค่อนข้างคงที่ มีค่า %T อยู่ระหว่าง 91.67- 81.37 สำหรับความดันก๊าซพบว่าในสัปดาห์ที่ 0-6 ความดันก๊าซค่อนข้างคงที่ที่อยู่ในระดับ 7.0-8.3 Psi เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 8 ค่าความดันก๊าซจะลดลงเล็กน้อย อยู่ที่ระดับ 5.83-6.5

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำกล้วยหอม บรรจุในภาชนะปิดสนิท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บ รักษา (สัปดาห์)	Coliform (MPN/ml)	<i>E.coli</i> (cfu/ml)	Yeast and old (cfu/ml)	<i>Salmonella</i> spp. (cfu/ml)	<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu/ml)
0	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	9	ไม่พบ	ไม่พบ
2	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	240	ไม่พบ	ไม่พบ
4	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	900	ไม่พบ	ไม่พบ
6	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	850	ไม่พบ	ไม่พบ
8	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	710	ไม่พบ	ไม่พบ
10	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	400	ไม่พบ	ไม่พบ
12	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	400	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ บรรจุในขวดพลาสติกปิดสนิท โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-12 ไม่พบเชื้อก่อโรคทั้งสามชนิดคือ *E.coli*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* เป็นเพราะผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดต่างที่ต่ำมาก (pH 3.28-3.31) ส่งผลให้เชื้อก่อโรคทั้งสามชนิดดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (สุมนธา, 2545) และผลการตรวจ Coliform (MPN/ml) น้อยกว่า 0.3 ซึ่งเป็นไปตามประกาศ

กระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท แต่ผลการตรวจเชื้อยีสต์และราตั้งแต่ในสัปดาห์ที่ 2-12 มีปริมาณมากกว่า 100 cfu/ml. ซึ่งมีปริมาณมากกว่าเกณฑ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท นั้นแสดงว่าหากเมื่อพิจารณาจากผลการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาพบว่าน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บน้อยกว่า 2 สัปดาห์

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำกล้วยหอม บรรจุในภาชนะปิดสนิท ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	Coliform (MPN/ml)	<i>E.coli</i> (cfu/ml)	Yeast and mold (cfu/ml)	<i>Salmonella</i> spp. (cfu/ml)	<i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> (cfu/ml)
0	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	9	ไม่พบ	ไม่พบ
2	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	10	ไม่พบ	ไม่พบ
4	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	50	ไม่พบ	ไม่พบ
6	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	21	ไม่พบ	ไม่พบ
8	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	50	ไม่พบ	ไม่พบ
10	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	40	ไม่พบ	ไม่พบ
12	น้อยกว่า 0.3	ไม่พบ	50	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ บรรจุในขวดพลาสติกปิดสนิท โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-12 ไม่พบเชื้อก่อโรคทั้งสามชนิดคือ *E.coli*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* เนื่องด้วยค่าความเป็นกรดต่ำ ไม่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อก่อโรค (สุมนทา. 2545) ผลการตรวจ Coliform (MPN/ml) น้อยกว่า 0.3 และปริมาณเชื้อยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า 100 cfu/ml. ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท นั้นแสดงว่าหากเมื่อพิจารณาจากผลการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาพบว่าน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บมากกว่า 12 สัปดาห์

สรุปและวิจารณ์ผล

ในการพัฒนาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ เพื่อหลีกเลี่ยงการเติมสารเคมี ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมสุก คือการใช้ความร้อน โดยการนึ่งกล้วยที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 14 นาที ระยะเวลาในการบ่มเอนไซม์ที่ 30 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสม น้ำกล้วยหอมที่สกัดได้มีคุณภาพทางเคมี ดังนี้ ความชื้นร้อยละ 74 โปรตีนร้อยละ 0.57 ไขมันร้อยละ 0.01 เถ้าร้อยละ 3.29 คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 22.33 พลังงานทั้งหมด 91.69 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 6.68 น้ำตาลซูโครสร้อยละ

8.67 น้ำตาลฟรุกโทสร้อยละ 6.34 ฟอสฟอรัส 18.93 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โพแทสเซียม 125.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โซเดียม 3.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำกล้วยหอมที่ 12 °Brix และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกล้วยหอม 8 กรัมต่อ 750 มิลลิลิตรผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คุณค่าทางโภชนาการของน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซต่อ 100 กรัม มีพลังงาน 50.09 กิโลแคลอรี โปรตีน 0.31 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 12.19 กรัม น้ำตาล 11.72 กรัม โซเดียม 3.21 มิลลิกรัม เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา พบว่าน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บน้อยกว่า 2 สัปดาห์ แต่น้ำกล้วยหอมอัดก๊าซที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บมากกว่า 12 สัปดาห์ โดยที่ไม่พบเชื้อก่อโรคทั้งสามชนิดคือ *E.coli*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* ผลการตรวจ Coliform (MPN/ml) น้อยกว่า 0.3 และปริมาณเชื้อยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า 100 cfu/ml. ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 356 พ.ศ. 2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ได้สนับสนุนเงินวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. กล้วย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ปราณี อานปรื่อง. 2543. เอนไซม์ทางอาหาร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และ นิธิยา รัตนปนนท์. ม.ป.ป. Enzymatic browning reaction/ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์.[ออนไลน์].2558. แหล่งที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0745/browning-reaction> [10 กรกฎาคม 2558].
- สุนิษฐา เศรษฐีธร. 2557. ตลาดเครื่องดื่มให้พลังงานในประเทศไทย.รายงานตลาดอาหารในประเทศไทย.ศูนย์วิจัยวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหารสถาบันอาหาร.
- สมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อมรรัตน์ मुखประเสริฐ. 2545. น้ำผลไม้ผสมอัดก๊าซ.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 หน้า 50-56.
- Aurore,G., Parfait B. and Fahasmane L., 2009. Banana,raw materials for making processed food products. Trends in Food Science and Technology 20: 78-91.
- Baumann.J.W., 1980. Application of enzymes in fruit juice technology. pp.129-147. In G.G. Birch., N. Blakebrough and K.J. Parker, eds. Enzyme and Food Processing. Application science Publishers, London.
- Fernandes.K.M., Decarvalho V.D. and Cal-Vidal J. 1979. Physical changes during ripening of silver banana. Journal of Food Science and Technology 44: 1254-1255.
- Faigh.J.G., 1995. Enzyme formulations for optimizing juice yields. Food Technol.49 (9): 79-83.
- Kotech. P.M. and Desal B.B. 1995. Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing. Marcel Dekker, Inc.,New York.
- Lee. W.C., Yosof S., Hamid N.S.A. and Baharin B.S. 2006. Optimizing conditions for enzymatic clarification of banana juice using response surface methodology (RSM). Journal of food Engineering 73 : 55-63.
- Lee. W.C., Yosof S, Hamid N.S.A. and Baharin B.S. 2006. Optimizing conditions for hot water extraction of banana juice using response surface methodology (RSM). Journal of Food Engineering 75 : 473-479.
- Sandri.I.G., Fontana R.C., Barfknecht D.M. and Silveira M.M. 2011. Clarification of fruit juices by fungal pectinases. Journal of Food Science and Technology 44: 2217-2222.
- Uhlig. H., 1998. Industrial Enzymes and Their Applications. A Wiley-Interscience Publication, New York.

หลักเกณฑ์และรูปแบบการส่งต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ใน

วารสารวิจัยรามคำแหง

(Ramkhamhaeng Research Journal)



หลักเกณฑ์ในการพิจารณาตีพิมพ์บทความ

1. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่เคยผ่านการเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น
3. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องเป็นบทความที่มีคุณค่าทางวิชาการ คือ เกิดขึ้นจากผู้เขียนได้ทำการทดลองสร้างสรรค์ สังเคราะห์ หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานโดยตรง หรือเป็นบทความที่เสนอถึงความคิดหรือหลักการใหม่ที่เป็นไปได้และมีทฤษฎีประกอบหรือสนับสนุนอย่างเพียงพอ มีประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัย
4. ผลงานทางวิชาการที่ส่งมาเพื่อตีพิมพ์ต้องไม่ได้ลอกเลียนหรือดัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่นหรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือปราศจากการอ้างอิงที่ถูกต้อง
5. ผู้เขียนต้องจัดเตรียมต้นฉบับตามรูปแบบข้อกำหนดในการส่งต้นฉบับอย่างเคร่งครัด
6. ผู้เขียนได้แก้ไขความถูกต้องของบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ตามข้อเสนอแนะของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) แล้ว
7. บทความจะต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากกองบรรณาธิการแล้วเท่านั้น

รูปแบบการจัดเตรียมต้นฉบับ

1. ให้พิมพ์โดยใช้กระดาษ **A4** พิมพ์หน้าเดียว
2. จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม **Microsoft Word for Windows**
3. ใช้ตัวอักษรแบบ **Browallia UPC/New**
4. ระยะห่างระหว่างบรรทัดใช้ **Double Space** โดยมีความยาวไม่เกิน 30 หน้า (รวมเอกสารอ้างอิง)
5. การตั้งค่าหน้ากระดาษ
 - ระยะขอบบน (Top margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบล่าง (Bottom margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบซ้าย (Left margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร
 - ระยะขอบขวา (Right margin) 1" หรือ 2.54 เซนติเมตร

รายละเอียดการจัดเตรียมต้นฉบับ

ชื่อเรื่อง ต้องมีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ จัดให้อยู่ชิดซ้ายหน้ากระดาษ ชื่อภาษาอังกฤษ ขึ้นต้นคำให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา

ชื่อผู้เขียน ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ และให้จัดชิดซ้ายของหน้ากระดาษ โดยให้กำกับหมายเลขยกกำลังไว้ต่อท้ายด้วยสำหรับชื่อของหน่วยงานให้พิมพ์ไว้ในส่วนของเชิงอรรถ (หน้า 1) โดยพิมพ์ชื่อหน่วยงานต้นสังกัดให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ในหน้าเดียวกัน

บทคัดย่อ และ ABSTRACT ใช้ตัวอักษรขนาด 18 ตัวหนา และให้จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ สำหรับเนื้อความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ โดยเนื้อหาต้องครอบคลุมถึงบทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและวิจารณ์ผล เป็นลำดับ

คำสำคัญ (Keywords) : ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ประมาณ 3 - 5 คำ โดยพิมพ์ต่อจากส่วนเนื้อหาของบทคัดย่อ และ Abstract ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ และให้จัดชิดซ้ายของหน้ากระดาษ

เนื้อหา ให้จัดพิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ **หัวข้อใหญ่** ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา **หัวข้อย่อย** ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวหนา จัดชิดซ้ายคอลัมน์ เนื้อความใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ โดยให้บรรทัดแรกของทุกย่อหน้าเยื้อง 0.5 นิ้ว ของบรรทัดถัดไป โดยเรียงหัวข้อตามลำดับดังนี้ บทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและวิจารณ์ผล กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง

รูปภาพ จัดให้ชิดซ้ายของคอลัมน์ ความละเอียดของรูปภาพไม่น้อยกว่า 600x600 dpi คำบรรยายรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ โดยให้แนบไฟล์รูปภาพที่ประกอบในเนื้อเรื่องมาต่างหาก จากไฟล์เอกสารปกติ

ตาราง จัดให้ชิดซ้ายของคอลัมน์ รูปแบบของตารางให้ใช้แบบ Table classic I คำบรรยายตารางให้จัดพิมพ์ไว้ด้านบนของหัวข้อตาราง และใช้ตัวอักษรขนาด 12 ตัวปกติ

หมายเหตุ ต้นฉบับบทความที่น่าส่งจะต้องถูกต้องตามหลักเกณฑ์การเขียนที่กำหนดเท่านั้น จึงจะได้รับการพิจารณาดำเนินการประเมินบทความก่อนตีพิมพ์

การอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

• การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง

ให้วงเล็บชื่อผู้แต่ง (ภาษาไทย) ชื่อสกุลผู้แต่ง (ภาษาต่างประเทศ) และปีที่พิมพ์ของเอกสารที่อ้างถึง ต่อท้ายข้อความที่ต้องการอ้าง ตัวอย่าง

..... (มณี และคณะ, 2550) หรือ (Archawaranon et al., 2003)

Archawaranon et al. (2003) หรือ มณี และคณะ (2550)

• การอ้างอิงท้ายเรื่อง

1. วารสาร

ก. ภาษาไทย

ชื่อผู้เขียน (ให้เขียนชื่อเต็ม ตามด้วยชื่อสกุล). ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อเต็ม). ปีที่ (ฉบับที่): หน้า
ปรากฏบทความ. เช่น

พุทธชาติ โปธิบาล และ ธนนันท์ ตรงดี. 2541. สถานะของภาษาดากไบในภาษาถิ่น. วารสาร

สงขลาครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 4(2): 167-187.

ข. ภาษาอังกฤษ

ใช้เช่นเดียวกับภาษาไทย แต่ชื่อผู้เขียนใช้ชื่อสกุลขึ้นก่อน, ตามด้วยตัวอักษรย่อของชื่อต้น. และวารสารใช้ชื่อตัวย่อตามเกณฑ์ที่ใช้กัน เช่น

Archawaranon, M. 2003. The impact of human interference on Hill Mynahs *Gracula religiosa*
breeding in Thailand. Bird Conserv. Intl. 13 (2): 139-149.

2. หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์. ผู้จัดพิมพ์. เช่น

มณี อัครวานนท์. 2549. นกขุนทอง: งานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์นกในเขตร้อน. กรุงเทพฯ. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

Sharp, W.F. 1985. Investment. 3rd ed. New Jersey. Prentice-Hall.

3. บทความ/เรื่อง/ตอน ในหนังสือรวมเรื่องหรือรายงานประจำปี

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ. ชื่อเรื่อง. (ฉบับพิมพ์ ถ้ามี), หน้าปรากฏบทความ.

ผู้จัดพิมพ์. สถานที่พิมพ์. เช่น

เสรี ลีลาชัย. 2542. เศรษฐกิจชาตินิยมในประเทศกำลังพัฒนาและสถานการณ์ในประเทศไทย. ใน ณรงค์ เพ็ชรประเสริฐ
(บรรณาธิการ). 1999 จุดเปลี่ยนแห่งยุคสมัยใหม่ (หน้า 90-141). ศูนย์ศึกษาเศรษฐศาสตร์การเมือง คณะ
เศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

4. การอ้างอิงจากวารสารออนไลน์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่และฉบับที่พิมพ์: หน้าปรากฏบทความ. ที่มา:

สถานที่มาของสารสนเทศ. เช่น

Overby, J.M. 1996. Ozone brings better water. Water Technology [Online]. 19, no. 5:

62-64. Abstract from Dialog File: Water Resources Abstract (117) Item: 00798344

5. วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อวิทยานิพนธ์. สถานที่พิมพ์. ชื่อสถาบันการศึกษา

พรชัย วงศ์วาสนา. 2543. การศึกษาชีววิทยาประชากรของนกขุนทองในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับ จำนวน 4 ชุด พร้อมแผ่น CD จำนวน 1 แผ่น ไปยัง กองบรรณาธิการวารสารวิจัยรามคำแหง สถาบันวิจัยและพัฒนา อาคารสุขโขทัย ชั้น 12 มหาวิทยาลัยรามคำแหง ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240 โทรศัพท์ 0-2310-8696, โทรสาร 0-2310-8119 Email: ruresearch@ru.ac.th