



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ในการนำมาเป็นอาหารและยา

โดย รองศาสตราจารย์ ดร. ยุวดี พืชรพพิศาลและคณะ
กันยายน 2548

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ในการนำมาเป็นอาหารและยา

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. ยุวดี พิรพรพิศาล

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 053-941948

โทรสาร 053-941949

E-mail: scboi017@chiangmai.ac.th

ผู้ร่วมวิจัย

1. ศาสตราจารย์ ดร. สนิท มกรแก้วเกยูร

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. อาจารย์อัครพงษ์ พงษ์ศิริกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนามลิตภัณฑ์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อร่าม คุ่มกลาง

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

วิทยาเขตน่าน

4. อาจารย์นันทจุฑามณ เลิศลีลากิจจา

5. อาจารย์บัณฑิต บุญสินไชย

6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อวเกียรติ

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

7. นางสาวสุนทรี เปื้องการ

โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

8. นางกัญญา สุจริตวงศานนท์

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- | | |
|--|---|
| 9. รองศาสตราจารย์ดร. ดวงตา กาญจนโพธิ์ | ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 10. ดร. ไชยยัง รุจนจเวท | สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีสุลักษณ์ อีรานุพัฒนา | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร แสนเพชร | |
| 13. อาจารย์จิรพร เพกเกาะ | |
| 14. นางดวงพร อมรเลิศพิศาล | |
| 15. นางสาวโณมยง ไชยอุบล | |
| 16. นางสาวสุดาพร ตงศิริ | |
| 17. นายคมสัน เรืองฤทธิ์ | |
| 18. นางสาวลภัสสรดา มุ่งหมาย | |

ชุดโครงการสำหรับ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

โครงการ ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา

1. ความเป็นมาของงานวิจัย

สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่นับเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีผู้ให้ความสนใจไม่มากนัก ทั้งในอดีตและปัจจุบัน อันอาจเนื่องมาจากการเจริญของสาหร่ายเหล่านี้คล้ายเป็นวัชพืชในแหล่งน้ำที่ไม่มีคุณค่าใดๆ นักนิเวศวิทยาอาจมองสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นผู้ผลิตหรือเป็นอาหารเบื้องต้นให้แก่สัตว์น้ำในห่วงโซ่อาหารและเป็นผู้ผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงให้แก่สิ่งแวดล้อมในน้ำเท่านั้น แต่ก็ยังมีประชากรบางส่วนไม่ละเลยทรัพยากรเหล่านี้ไว้กับธรรมชาติ มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์หลายประการด้วยกัน ที่ชัดเจนก็คือการนำมาเป็นอาหาร ดังเช่นประชากรในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนิยมนำสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ที่มีชื่อสามัญว่า เต้า หรือ เทา หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spirogyra* spp. มาเป็นอาหารประเภทยาที่เรียกกันว่า ยาเต้า รับประทานกับข้าวเหนียว ซึ่งนับว่าเป็นที่นิยมกันแพร่หลายแม้ในปัจจุบัน สาหร่ายอีกประเภทหนึ่งคือ ไก หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. เป็นสาหร่ายที่มีมากในลำน้ำน่านและลำน้ำโขง บริเวณอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงรายในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ประชากรแถบ 2 ผังลำน้ำนี้นำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเป็นอาหารเช่นกัน เช่น นำมายาคั่วยำเต้า นำมาทำห่อหนึ่งคล้ายห่อหมก และที่นิยมกันมากก็คือ นำมาตากแห้ง แล้วคั่วในกระทะ บีบให้ละเอียด ผสมเกลือ งาขาว และกระเทียมเจียว เรียกว่าไก่อี้ ซึ่งเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงมากของประชากรทั้ง 2 ลำน้ำ อาหารเหล่านี้นับเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านอย่างแท้จริง

นอกจากเป็นอาหารแล้ว สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่บางชนิดยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวยาได้อีกดังเช่น การนำสาหร่ายที่ชื่อ ลอน หรือ ดอกหิน หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nostochopsis* spp. มาเป็นยาแก้ร้อนในสำหรับชาวบ้านแถบลำน้ำน่าน และมีชาวบ้านบางส่วนมีประสบการณ์ว่าการกินสาหร่ายไก่อช่วยทำให้โรคกระเพาะอาหารทุเลาลง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานทางด้านวิชาการว่าพบสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระและสารเพิ่มภูมิคุ้มกันในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Nostoc* spp. หลายชนิด

โดยแท้จริงแล้ว เรื่องของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ยังเป็นเรื่องที่ลึกลับ ยังไม่มีคนรู้อีกมาก ทั้งในเรื่องพื้นฐานคือ ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในกลุ่มดังกล่าว นิเวศวิทยา คุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งนับเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้บริโภคควรจะต้องรู้เป็นอย่างยิ่ง ความเป็นพิษ การใช้เป็นตัวยา การศึกษาสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งจะทำให้สาหร่ายเหล่านี้มีคุณค่าสูงมากขึ้น ก็เป็นสิ่งที่ควรศึกษา สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การแปรรูปอาหารจากสาหร่ายเหล่านี้ให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ชาวบ้านที่มีอาชีพทางการจำหน่ายอาหารจากสาหร่ายเหล่านี้นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ของตนเอง และสามารถจำหน่ายได้กว้างขวางขึ้นอันจะส่งผลให้เศรษฐกิจของชุมชนนั้นๆ ให้ดีขึ้น อีกประการหนึ่งการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีคุณค่าดังกล่าวให้สามารถเจริญได้ตลอดทั้งปี เพื่อให้มีสาหร่ายสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมของสาหร่ายดังกล่าวก็เป็นเรื่องที่สำคัญไม่น้อยกว่ากัน การนำความรู้จากงานวิจัยทั้งหมดถ่ายทอดสู่ชุมชนในลักษณะที่เข้าใจได้ง่าย และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับงานวิจัยเรื่องนี้

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา และคุณค่าทางด้านอื่นๆ จึงมอบให้ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในโครงการ “ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา” ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่ปี 2545

จนถึงปี 2548 บัดนี้การวิจัยได้สิ้นสุดลงแล้ว คณะผู้วิจัยได้ค้นพบเรื่องราวของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่น่าสนใจหลายเรื่อง คณะผู้วิจัยได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวสู่ชุมชนทั้งในลักษณะของชุมชนผู้ประกอบอาชีพทางด้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดและในแวดวงวิชาการทั้งในประเทศและนานาชาติมาหลายครั้ง ซึ่งได้รับผลสำเร็จเป็นอย่างดี องค์ความรู้ทั้งหลายที่ได้รับจากการวิจัยจะถูกถ่ายทอดลงในรายงานเล่มนี้ ซึ่งคณะผู้วิจัยหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและผู้ศึกษาวิจัยทางด้านสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ทางด้านรูปร่าง โครงสร้าง โดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา รวมถึงนิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดนั้นๆ ในลำน้ำน่าน

2.2 ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น ปรับปรุงผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งเป็นที่นิยมกันอยู่แล้วให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องตลาดเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชนนั้นๆ

2.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภคและผู้ผลิตรู้ถึงคุณค่าเหล่านี้ อันจะนำมาซึ่งความมั่นใจในการบริโภค รวมถึงความเป็นพิษว่ามีหรือไม่ ซึ่งมีความสำคัญต่อการส่งเสริมเพื่อใช้เป็นอาหารและยาต่อไป

2.4 ศึกษาศักยภาพในการนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาเป็นตัวยารักษาโรค โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านและความก้าวหน้าทางด้านเภสัชวิทยา ทั้งการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ และแนวโน้มในการพัฒนาเป็นตัวยาลดต่อไปในอนาคต

2.5 ศึกษาสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ เพื่อนำสารที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถนำมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ และทำการศึกษาวิจัยต่อยอดต่อไป

2.6 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายเหล่านี้ และเพาะเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตนอกฤดูกาล อันจะมีผลให้สามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ตลอดปี

2.7 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน ซึ่งมีอาชีพในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และถ่ายทอดสู่แวดวงวิชาการในการประชุมวิชาการโดยการตีพิมพ์ผลงานและร่วมประชุมทั้งในประเทศและนานาชาติ รวมถึงสื่อต่างๆ

3. วิธีการวิจัย

มีรายละเอียดของการวิจัยแต่ละหัวข้อดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้าน คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน

1.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านในชุมชนลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขา

1.2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่นำมาเป็นอาหาร

1.3 ศึกษาการแปรรูปอาหารชนิดต่างๆ จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการทดสอบในกลุ่มผู้บริโภค การปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมีมาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นการต้องการของท้องถิ่นมากขึ้น

1.4 ช่วยชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถทางด้านการออกแบบ ฉลากผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับ และการทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์

1.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน ทั้งระดับชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และแวดวงวิชาการทางด้านสาหร่าย

2. ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญในลำน้ำนาน โดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา

2.1 ศึกษาระบบนิเวศในลำน้ำนานบริเวณที่สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เจริญ เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของการเจริญและสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อไป

2.2 ศึกษาองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นอาหารและยา

2.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงและการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหารและยาทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม

3. ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นตัวรักษาโรคและการผลิตสารชีวภาพอื่นๆ

3.1 ศึกษาการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นตัวรักษาโรคจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

3.2 ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและสารสกัดทางชีวภาพจากสาหร่ายไถ

3.3 ศึกษาความเป็นพิษและฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายไถ

รายละเอียดของการวิจัยแต่ละหัวข้อมีดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้าน คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน

1.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารในชุมชนโดย อิงภูมิปัญญาชาวบ้านในชุมชนลำน้ำนาน และลำน้ำสาขา

ได้ติดต่อผู้นำชุมชน ทั้งกำนัน ผู้ใหญ่บ้าน นายกองค์การบริหารส่วนตำบล ผู้อำนวยการโรงเรียน พระสงฆ์อาวุโส กลุ่มแม่บ้านที่มีอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำนาน องค์การเอกชน และบุคคลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งจากการสัมภาษณ์ บันทึก บันทึกเทป ถ่ายภาพ และถ่ายวิดีโอ ทำให้ทราบว่า สาหร่ายที่ชุมชนนิยมนำมาประกอบอาหาร มี 2 ชนิด คือ สาหร่ายไถและสาหร่ายลอน แต่การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายไถจะมากกว่า โดยนำสาหร่ายไถมาประกอบอาหารพื้นบ้าน เช่น ยำไถ ไถยี้ และห่อหนึ่งไถ ส่วนสาหร่ายลอนจะนำมายำเท่านั้น ในอดีตแต่ละครอบครัวจะประกอบอาหารเหล่านี้ด้วยตัวเอง ต่อมาจะมีกลุ่มบุคคลในชุมชนทำอาหารเหล่านี้ออกจำหน่ายซึ่งก็สามารถจำหน่ายได้ในชุมชนนั้นๆ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีการพัฒนาให้มีความหลากหลายมากขึ้นและสามารถจำหน่ายได้เป็นล่ำเป็นสันขึ้น จนสามารถตั้งกลุ่มชุมชนผู้ผลิตสินค้าจากสาหร่ายไถ โดยที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ซึ่งมีสาหร่ายไถเจริญมากที่สุดในกลุ่มแม่บ้าน

เกษตรกรบ้านหนองบัว และกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ส่วนอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งใช้สาหร่ายไถจากแม่น้ำโขง จะมีกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ อย่างไรก็ตามกลุ่มเหล่านี้ก็ยังต้องการความช่วยเหลือในการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไถอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณค่าทางโภชนาการซึ่งไม่มีการศึกษากันมาก่อนเลย

ในแง่ประโยชน์หรือการใช้เป็นตัวยารักษาโรค ชาวบ้านแถบลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน เชื่อว่า สาหร่ายลอนสามารถแก้โรคร้อนในได้ บางกลุ่มเชื่อว่าสาหร่ายไถกินแล้วสุขภาพดี ไม่มีโรคภัยเกี่ยวกับกระเพาะและการย่อยอาหาร กลับทั้งทำให้ผมดำเป็นเงางามอีกด้วย ชาวบ้านดังกล่าวไม่สามารถหาสาหร่ายไถและลอนบริโภคได้ทั้งปี จะมีก็เฉพาะฤดูแล้งคือฤดูหนาวและฤดูร้อนเท่านั้น ในฤดูฝนสาหร่ายเหล่านี้จะหายไปกับสายน้ำหลากซึ่งมาพร้อมกับตะกอนดิน

1.2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่นำมาเป็นอาหาร

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถและสาหร่ายลอนในลำน้ำน่านได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถและสาหร่ายลอนในลำน้ำน่าน

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	สาหร่ายไถ	สาหร่ายลอน
สารอาหารพื้นฐาน (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)		
ไขมัน	3.12	0.64
โปรตีน (Nx6.25)	19.3	19.1
กาก (ใยอาหาร)	21.9	2.05
เถ้า	19.6	16.0
คาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณ)	30.34	31.94
วิตามิน (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)		
วิตามินเอ	ไม่พบ	ไม่พบ
วิตามินซี	6.78	1.07
วิตามินบี ₁	0.16	0.12
วิตามินบี ₂	0.54	0.07
กรดโฟลิก	0.14	ไม่พบ
กรดแพนโทธีนิก	0.26	0.50
ไนอะซิน	4.20	2.48
เกลือแร่ (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)		
แคลเซียม	943.9	12378.9
โซเดียม	716.9	136.9
โพแทสเซียม (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	4.62	0.5
คลอไรด์ (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	1.55	0.3
แมกนีเซียม	170.5	265.4
แมงกานีส	5.36	4.5
เหล็ก	162.0	114.9
ทองแดง (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	0.31	0.67
สังกะสี	0.65	0.65
ซีลีเนียม (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	460.4	409.8

จะพบว่าสาหร่ายทั้งสองประเภทมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีมากเมื่อเทียบกับสาหร่ายเตา *Spirogyra* spp. (Peerapornpisal *et al.* 1997) โดยมีโปรตีนใกล้เคียงกับปลาน้ำจืด มีวิตามินหลายชนิด ที่มีมาก คือ กลุ่มวิตามินบี มีเกลือแร่หลายชนิด เช่น แคลเซียมมีปริมาณสูงมากในสาหร่ายลอน และซีลีเนียมซึ่งเป็นสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระพบมากในสาหร่ายไถ

1.3 ศึกษาการแปรรูปอาหารชนิดต่างๆ จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการทดสอบในกลุ่มผู้บริโภค การปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมีมาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นการต้องการของท้องถิ่นมากขึ้น

การแปรรูปอาหารชนิดต่างๆ จากสาหร่ายไถเพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น มีหน่วยงานเข้ามาร่วมวิจัย 4 หน่วยงาน คือ ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ผลิตภัณฑ์ 24 ประเภท ดังนี้ สาหร่ายไถแผ่นกรอบปรุงรส ข้าวเหนียวอบกรอบผสมสาหร่ายไถ ขนมปังข้าวเหนียวสาหร่ายไถอบกรอบโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟ บะหมี่สาหร่ายไถสด บะหมี่สาหร่ายไถแห้ง สาหร่ายไถแผ่น ขนมปังสาหร่ายไถ กรอบเค็มสาหร่ายไถ เค้กเนยสาหร่ายไถ ข้าวเกรียบสาหร่ายไถ ลูกกั๊กสาหร่ายไถ ทองม้วนสาหร่ายไถ น้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ น้ำพริกเผสาหร่ายไถ น้ำพริกแคหมูสาหร่ายไถ น้ำพริกหมูสาหร่ายไถ น้ำพริกนรกสาหร่ายไถ พิมพ์กรอบสาหร่ายไถ ข้าวแต่น้ำสาหร่ายไถ ข้าวเม่าหมีผสมสาหร่ายไถ โจ๊กสาหร่ายไถ แครกเกอร์หน้าไถยี่ ทอดมันข้าวโพดผสมไถยี่ ไถแผ่นชุบแป้งทอด

จากการประเมินผู้บริโภคถึงความชอบหรือไม่ชอบในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ พบว่าผู้บริโภคไม่ต้องการให้ใส่สาหร่ายไถลงไปมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดรสขม และมีกลิ่นของสาหร่ายไถมากเกินไปซึ่งเป็นความแตกต่างอย่างชัดเจนกับชุมชนผู้บริโภคสาหร่ายไถเป็นอาหารตามปกติ ซึ่งนิยมบริโภคสาหร่ายไถบริสุทธิ์โดยมีการปรุงแต่งไม่มากนัก ดังนั้นการแปรรูปอาหารเพื่อไปจำหน่ายในท้องถิ่นอื่นๆ จึงต้องคำนึงถึงความคุ้นเคยในรสชาติและกลิ่นของสาหร่ายไถด้วย ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปเหล่านี้พบว่า บะหมี่สาหร่ายไถทั้งสดและแห้ง มีทิศทางของการแปรรูปและการจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรมมีความเป็นไปได้สูง ถ้าได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของจังหวัดหรือของภาคราชการที่มีหน้าที่โดยตรง

ส่วนการปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมีมาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นการต้องการของท้องถิ่นมากขึ้นนั้น ทำการปรับปรุง 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ไถยี่ เพื่อไม่ให้มีความหืนเมื่อเก็บไว้นานขึ้นโดยใช้ถุงเมทัลไลซ์ซึ่งจะเก็บรักษาความกรอบได้ดีกว่าถุงโพลีโพรพิลีนและไถแผ่นหรือไถปรุงรส เพื่อให้มีความกรอบนานขึ้นโดยการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ เช่นเดียวกับไถยี่ และลดความชื้นจากสาหร่ายแห้งก่อนจะนำมาปรุงรส

1.4 ช่วยชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถทางด้านออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับและ การทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์

งานวิจัยในโครงการนี้ได้ช่วยชุมชนที่ประกอบอาชีพทางการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถ 3 ชุมชน คือ กลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถรวมทั้งหมด 24 ผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีข้อมูลทางด้านโภชนาการของสาหร่ายไถมากขึ้น มีรูปลักษณะที่ดีขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ามากขึ้น ได้จัดทำเอกสารพับที่มีข้อมูลทาง

วิชาการทุกด้านทั้งจากการวิจัยในโครงการนี้และภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมีส่วนให้ผู้บริโภคได้รับทราบเรื่องราวของสาหร่ายไก่อมากขึ้น นอกจากนั้นยังได้จัดทำโปสเตอร์ซึ่งออกแบบได้สวยงาม นำอ่าน สามารถบรรยายเรื่องราวของสาหร่ายไก่อได้มากกว่าในเอกสารพับ คณะวิจัยได้รับการร้องขอจากชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมอาชีพในแต่ละจังหวัดเกี่ยวกับโปสเตอร์ดังกล่าวเพื่อนำไปประชาสัมพันธ์ให้กว้างขวางมากขึ้น จึงได้จัดทำในนามของโครงการวิจัยนี้ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และได้แจกจ่ายไปยังชุมชนหรือหน่วยงานที่ต้องการไปแล้ว

1.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน ทั้งระดับชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และแวดวงวิชาการทางด้านสาหร่าย

งานวิจัยที่สำคัญส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยนี้คือ การถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน ซึ่งได้กระทำไป 4 ครั้ง ด้วยกัน โดยในครั้งที่ 1 และ 2 ได้อบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปสาหร่ายไก่อ แก่กลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครราชสีมา ในครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2547 ส่วนครั้งที่ 2 อบรมให้กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2547 สารของการอบรมเป็นเรื่องราวของสาหร่ายไก่อในลำน้ำน่านและแม่น้ำโขง อนุกรมวิธาน ชื่อวิทยาศาสตร์ นิเวศวิทยา การเจริญคุณค่าทางโภชนาการบางประการและการแปรรูปอาหาร 14 ชนิด ส่วนครั้งที่ 3 และ 4 ได้อบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปสาหร่ายไก่อ ครั้งที่ 2 แก่กลุ่มสตรีสหกรณ์หนองบัว และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครราชสีมา ในครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2548 ส่วนครั้งที่ 4 อบรมแก่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2548 เนื้อหาของการอบรมเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อที่มีเหนือกว่าอาหารอื่นๆ แนวโน้มในการใช้เป็นตัวยา รวมทั้งการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อที่ชุมชนต้องการ คือ บะหมี่สาหร่ายไก่อสดและแห้ง การทำให้ไก่อมีอายุอยู่ได้นานโดยไม่เหม็นหืน การยืดอายุความกรอบของสาหร่ายไก่อแผ่น การปิ้งหรือในการจัดแสดงนิทรรศการถาวรเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อทั้ง 2 จังหวัด ผลสัมฤทธิ์ของการอบรมเชิงปฏิบัติการทั้ง 4 ครั้ง เป็นไปอย่างดี ผู้เข้าร่วมอบรมมีความพอใจการอบรม และคาดว่าจะมีประโยชน์สามารถนำไปใช้ได้จริง

ส่วนการเผยแพร่งานวิจัยทางด้านวิชาการนั้น ได้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศ 4 ครั้ง วารสารวิชาการนานาชาติ 2 ครั้ง เสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการในประเทศ 9 ครั้ง นานาชาติ 3 ครั้ง เขียนบทความลงในวารสาร นิตยสาร และจดหมายข่าว รวม 5 ครั้ง ให้สัมภาษณ์หนังสือพิมพ์ 1 ครั้ง ให้สัมภาษณ์ทางสถานีวิทยุ รวม 3 ครั้ง จัดพิมพ์หนังสือ “สาหร่ายไก่อ: ความรู้ทั่วไปและการแปรรูปอาหาร” จำนวน 1,000 เล่ม ออกอากาศรายการโทรทัศน์ 2 ครั้ง ผลิตบันทึกตลับวีดิทัศน์ 1 คน และปริญาตรี 1 คน

2. ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทางด้าน สันฐานวิทยา นิเวศวิทยา

การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญในลำน้ำน่านโดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา

2.1 ศึกษาในระบบนิเวศในลำน้ำน่านบริเวณที่สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เจริญ เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของการเจริญและสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อไป

ทำการศึกษาในลำน้ำน่านตั้งแต่จุดต้นน้ำที่บ้านสันติสุข อำเภอปัว จังหวัดน่าน จนกระทั่งถึงตัวเมื่อน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดด้วยระยะทางใกล้เคียงกัน การเก็บตัวอย่างมีหลายครั้ง ระหว่างปี 2544 – 2546 ในการศึกษาแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จะศึกษาชนิดของสาหร่ายขนาดใหญ่ที่พบปริมาณความหนาแน่นของแต่ละชนิด คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ

ผลการศึกษาพบสาหร่ายขนาดใหญ่ 28 จินัส 56 สปีชีส์ ใน 4 ดิวิชัน คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ใน Division Cyanophyta 30 สปีชีส์ สาหร่ายสีเขียว ใน Division Chlorophyta 18 สปีชีส์ สาหร่ายไฟใน Division Charophyta 3 สปีชีส์ สาหร่ายสีแดงใน Division Rhodophyta 5 สปีชีส์

สาหร่ายไถและสาหร่ายลอนซึ่งถูกเลือกใช้ในการนำมาเป็นอาหารและยา จะเจริญในแหล่งน้ำที่มีสิ่งยึดเกาะเป็นก้อนหิน อาจจะเป็นก้อนหินขนาดใหญ่ (bed rock) หรือขนาดเล็ก (cobble) ก็ได้ ซึ่งในลักษณะนี้ทำให้ลำน้ำนานและแม่น้ำโขงบริเวณอำเภอเชียงของ ซึ่งพื้นที่น้ำเป็นก้อนหินมีความเหมาะสมในการเจริญของสาหร่ายทั้งสองชนิดเป็นอย่างดี สาหร่ายจะเจริญในแหล่งน้ำไหลที่มีความเร็วของกระแสระหว่าง 2-3 เมตรต่อวินาที น้ำใส มีค่าความขุ่นไม่เกิน 20 NTU อุณหภูมิในเวลากลางวันอยู่ในช่วง 18 - 28 °C pH อยู่ในช่วง 6 - 8 ปริมาณสารอาหารทั้งไนเตรท แอมโมเนียม และ soluble reactive phosphorus อยู่ในระดับต่ำจนถึงปานกลาง จึงพบอยู่ในน้ำที่มีคุณภาพดีถึงปานกลาง ด้วยคุณสมบัติของสาหร่ายไถและสาหร่ายลอนซึ่งเจริญอยู่ในระบบนิเวศดังกล่าวจึงทำให้พบสาหร่ายทั้งสองชนิดในฤดูแล้ง คือ ฤดูหนาวและฤดูร้อน ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึงเดือน เมษายน เท่านั้น เมื่อถึงฤดูฝนซึ่งน้ำไหลแรงมากขึ้นและความขุ่นสูงทำให้สาหร่ายทั้งสองไม่สามารถเจริญได้

การแพร่กระจายของสาหร่ายไถในลำน้ำนานพบว่ามีความถี่มากทั้งในอำเภอบัว อำเภอน้ำขุ่น และอำเภอเมือง อย่างไรก็ตามความถี่ของสาหร่ายไถในลำน้ำนานไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนสาหร่ายลอนพบทั้ง 3 อำเภอ ปริมาณที่พบค่อนข้างแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบที่วัดดอนแก้วในอำเภอบัวมากที่สุด อย่างไรก็ตามปริมาณของสาหร่ายทั้ง 2 ประเภทนี้แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสาหร่ายไถจะมีปริมาณมากกว่าสาหร่ายลอนมากอย่างเห็นได้ชัด

2.2 ศึกษาองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นอาหารและยา

ในจำนวนสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่พบทั้งหมดนั้นจินัสที่สมควรนำมาใช้ประโยชน์มีเพียง 3 จินัส คือ *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. ซึ่งทั้ง 2 จินัสนี้ คือสาหร่ายไถ อีกจินัสหนึ่ง คือ *Nostochopsis* spp. ซึ่งคือ สาหร่ายลอน โดยสาหร่ายไถประกอบไปด้วยสาหร่าย 6 สปีชีส์ ได้แก่ *Cladophora glomerata* Kützinger, *Cladophora* sp., *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret, *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim, *Microspora* sp. 1 และ *Microspora* sp. 2 ส่วนสาหร่ายลอนประกอบไปด้วยสาหร่าย 2 สปีชีส์ คือ *Nostochopsis hansgrig* Schmidle และ *Nostochopsis lobatus* Wood em Guittler

2.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงและการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหารและยาทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเลี้ยงในโหลแก้วความจุ 5 ลิตร และใช้สูตรอาหารต่างๆ ได้รับแสงจากแสงไฟ ให้อากาศและทำให้น้ำเกิดการเคลื่อนที่โดยใช้ลูกทรายแบบอ่างเลี้ยงปลา ปรากฏว่าสาหร่ายไถเจริญได้ดีในสูตรอาหารทุกสูตร ส่วนการเพาะเลี้ยงในภาคสนามในบ่อเพาะเลี้ยงแบบน้ำวน โดยใช้แสงธรรมชาติ และสูตรอาหารหลายสูตร ปรากฏว่าสาหร่ายไถเจริญได้ดีในสูตรอาหาร JM และสูตรอาหาร AARL-CMU1 10% สามารถเจริญได้ยาวถึง 30 เซนติเมตร สำหรับสูตรอาหาร AARL-CMU1 จะมีราคาต่ำกว่าสูตรอาหาร JM หลายเท่า จึงเหมาะที่จะใช้เลี้ยงสาหร่ายไถต่อไป การเจริญของสาหร่ายไถจากการเพาะเลี้ยงมักไม่ได้เจริญมาจากเส้นสายเดิมซึ่งมักเน่าสลายไป แต่เจริญมาจากซุโอสปอร์หรือไซโกสปอร์ที่ติดมากับก้อนหินเดิม และจากการทดลองใช้หินตกแต่งสวนมาใส่ซุโอสปอร์หรือไซโกสปอร์ยึดเกาะ ปรากฏว่าเมื่อเลี้ยงนานราว 1 เดือน จะมีสาหร่ายไถงอกออกมาจากหินนั้น แสดงว่ามีการสร้างซุโอสปอร์ หรือ ไซโกสปอร์จากสาหร่ายที่นำมาเพาะเลี้ยงแล้วเกาะติดหินและงอกเป็นเส้นสายต่อไป การเพาะเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงจำเป็นต้องมีการดูแลสม่ำเสมอและต้องเปลี่ยนอาหารเพาะเลี้ยงอย่างน้อยอาทิตย์ละครั้ง เพราะมักจะมีแพลงก์ตอนพืชเจริญอย่างรวดเร็วเสมอ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถนอกฤดูคือ ฤดูฝน เพื่อที่จะมีสาหร่ายไถใช้ได้ตลอดปี อาจเป็นไปได้

ยาก เพราะผลที่ได้รับไม่คุ้มกับการลงทุน แต่ถ้าวางแผนเพื่อนำไปสกัดสารบางชนิดมาใช้เป็นตัวยาหรือสารเพิ่มภูมิคุ้มกัน หรือสารป้องกันโรคเกิดอนุมูลอิสระ รวมถึงการศึกษาทางด้านชีวโมเลกุลสามารถเป็นไปได้แน่นอน และถ้ามีการศึกษาต่อยอดในเรื่องของการเพาะเลี้ยงนี้ควบคู่ไปกับการศึกษาตัวยาหรือสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพก็จะมีผลให้งานด้านนี้พัฒนาขึ้นได้อย่างมาก

ส่วนสาหร่ายลอนนั้นสามารถเพาะเลี้ยงได้ทั้งในอาหารแข็งและอาหารเหลว แต่การเจริญเป็นไปอย่างช้าๆ การเพาะเลี้ยงเพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมของสาหร่ายโกสามารถเก็บในอาหารแข็งสูตร C และ JM ส่วนสาหร่ายลอนเพาะเลี้ยงได้ในอาหารแข็งสูตร BG-11

3. ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นตัวยารักษาโรคและการผลิตสารชีวภาพอื่นๆ

3.1 ศึกษาฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายโก

ศักยภาพของสาหร่ายโกในการนำมาเป็นยารักษาโรคนั้น ได้ศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ในช่วงสุดท้ายของโครงการนี้ พบว่ามีฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ฤทธิ์ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ขยายหลอดลม ด้านการอักเสบ ระวังปวด และลดความดันโลหิต

อย่างไรก็ตามงานวิจัยในเรื่องนี้ทำให้แนวคิดในการใช้สาหร่ายโกเป็นตัวยารักษาโรคมีทิศทางที่ดีมาก แต่งานวิจัยในช่วงที่ผ่านมาเป็น Preliminary test เท่านั้น ยังไม่สามารถทราบถึง mechanism ของการออกฤทธิ์ของสารในสาหร่ายโกต่อภาวะการเกิดโรคแต่ละชนิด จึงสมควรที่จะมีการศึกษาต่อยอดไปอีก เพื่อให้มีความชัดเจนจนอาจจะถึงขั้นที่จะนำมาใช้เป็นตัวยาได้ในอนาคต

3.2 ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและสารสกัดทางชีวภาพจากสาหร่ายโกและสาหร่ายลอน

การศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันจากสาหร่ายโกและสาหร่ายลอนไม่พบฤทธิ์ดังกล่าว ส่วนการศึกษาสารสกัดทางชีวภาพ อันได้แก่ คลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์ ในสาหร่ายโก ส่วนในสาหร่ายลอนศึกษาแรงควัตถุเช่นเดียวกับสาหร่ายโก และเพิ่ม ไฟโคไซยานิน และไฟโคเออร์ธรีน พบว่าแรงควัตถุทุกชนิดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง บางชนิดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อเทียบกับสาหร่ายที่มีแรงควัตถุสูง เช่น *Spirulina* spp., *Haematococcus* spp. หรือ *Dunaliella* spp. ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการสกัดแรงควัตถุของสาหร่ายเหล่านี้ เพื่อการใช้ประโยชน์ในแง่อื่นๆ คงไม่เหมาะสม ส่วนการศึกษาสารวุ้นที่มีปริมาณมากในสาหร่ายลอนกลับเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยพบว่าสารวุ้นเหล่านี้เป็นพวกโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งประกอบไปด้วย โมโนแซคคาไรด์หลายชนิด งานวิจัยในเรื่องนี้ได้ผลเพียงระดับนี้เพราะเป็นงานวิจัยที่ได้เริ่มเมื่อประมาณ 6 เดือนที่ผ่านมา แนวคิดต่อไปก็คือการเปลี่ยนโมโนแซคคาไรด์ ให้เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ โดยการไฮดรอลิซจากวัสดุในท้องถิ่น ซึ่งโอลิโกแซคคาไรด์บางชนิดอาจเป็นสารเพิ่มภูมิคุ้มกันในคน จึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาต่อยอดต่อไปอีกในอนาคต ส่วนการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ไม่พบสารปฏิชีวนะและสาร Catechin ในสาหร่ายโกและสาหร่ายลอน

3.3 ศึกษาความเป็นพิษและฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายโก

การศึกษาความเป็นพิษ พบว่าสาหร่ายโกไม่มีความเป็นพิษ ค่า LD₅₀ ของสาหร่ายโกสูงกว่า 25 กรัมต่อกิโลกรัมจึงรับประทานได้อย่างปลอดภัย

Executive Summary

“Potential of Freshwater Macroalgae as Food and Medicine”

Supported by the Thailand Research Fund (TRF)

(The opinion of this report is that of the researchers which may not agree with TRF)

1 July 2002 – 30 June 2005

Project Leader

Associate Professor Dr. Yuwadee Peerapornpisal

Department of Biology, Faculty of Science

Chiang Mai University

Tel. 053 941948

Fax 053 941949

E-mail scboi017@chiangmai.ac.th

Research Team

- | | |
|---|--|
| 1. Professor Dr. Sanit Makornkeawkeyoon | Department of Microbiology, Faculty of Medicine
Chiang Mai University |
| 2. Lecturer Isarapong Pongsirikul | Department of Product Development Technology,
Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University |
| 3. Assistant Professor Aram Khumklang | Rajamongkala University of Technology:
Nan Campus, Nan, |
| 4. Lecturer Natchutamn Lertleelakijja | |
| 5. Lecturer Bundit Boonsinthalai | |
| 6. Assistant Professor Somchai Awakiet | Department of Biology, Faculty of Science
Ramkumhang University |
| 7. Ms. Suntaree Preangkarn | Biological Science Program, Department of
Science Service, Ministry of Science and
Technology, Bangkok |
| 8. Mrs. Kunya Sutjaritvongsanond | Institute for Food Product Research and
Development, Kasetsart University, Bangkok |
| 9. Associate Professor Dr. Duangta Kanjanapothi | Laboratory of Natural Products, Chulabhorn
Research Institute, Chiang Mai University Centre |
| 10. Dr. Chaiyong Rujjanawate | School of Health Science,
Mae Fah Luang University, Chiang Rai |

11. Assistant Professor Dr. Srisuluk Theeranupattana Department of Biology, Faculty of Science
Chiang Mai University
12. Assistant Professor Dr. Kanokporn Sanphet
13. Lecturer Jeeraporn Pekkoh
14. Mrs. Doungporn Amornlertpisal
15. Ms. Chomyong Chaiubon
16. Ms. Sudaporn Tongsir
17. Mr. Khomsan Ruangrit
18. Ms. Lapataralada Mungmai

Executive Summary

“Potential of Freshwater Macroalgae as Food and Medicine”

1. Research Background

Not much attention had been paid to the freshwater macroalgae. This was perhaps due to their growth as weed in the water resource. The ecologist may consider these macroalgae as producer or basic food for aquatic animals in the food chain and as oxygen producer from the photosynthetic process to the aquatic environment. However, they are not neglected by some people. They have been utilized in many ways, particularly as food by the northern and north-eastern parts of Thailand. A freshwater green algae, commonly known as “Tao” or “Tao-Nam” or *Spirogyra* spp., were used in the “Yam” dish with sticky rice and they are popular up till now. Another algae, called “Kai” (*Cladophora* spp. and *Microspora* spp.) which are abundant in Nan River in Nan Province and Mekong River at Chiang Khong District, Chiang Rai Province during winter and summer. People from both sides of the river also use this algae as food e.g. making yam similar to yam tao, wrap in banana leaves like Hormok which called “Hor Nueng Kai or Streamed Kai” and the most popular one is to let it dry in the sun, roast in the pan, ground to fine and mix with salt, white sesame and fried garlic. The mixture is called “Kai-Yee” which is well known among the people on both sides of the river. It is really local wisdom.

Some of these algae were used as medical ingredient such as “Lon” or “Dok-Hin” or *Nostochopsis* spp. is used as medicine for decreasing high temperature in the body for Nan people. Some villagers have an experience in consuming “Kai” to calm down the stomach ulcer. There was also a report on the anti-oxidant activities and immune promoting substance in many *Nostoc* species.

In fact, there are many unknown information about aquatic macroalgae including the biodiversity, ecology, nutritional value, toxicity and medicinal content. Study on bio-extracts and bioactive substances which will add value to these algae should be done. Additionally, processing of these algae as various kinds of food will give more chance to the villagers in selling their products more widely which will improve the local economy. The ability to cultivate these algae throughout the year for the confirming production of algal products and the collection of their genetic materials are equally important.

The dissemination of knowledge from this research to the local community in the understandable and applicable forms, is therefore the most important point of this research.

The Thailand Research Fund (TRF) has foreseen the importance of the freshwater macroalgae in terms of food, medicine and other values. They had asked the Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University to work on this project of “Potential of Freshwater Macroalgae for Food and Medicine” for 3 years from 2002-2005. The work is now terminated. Our research team have found out many interesting aspects of freshwater macroalgae. The body of knowledge from this research has successfully transferred to the local communities who sell the algal products and many national and international academic groups. All the findings are compiled in this report. It is expected to be useful to those interested and those working on freshwater macroalgae.

2. Propose of Research

2.1 To study the diversity of freshwater macroalgae, their morphology, structure focusing on those which could be used as food and medicine, ecology, distribution and season of growth in Nan River.

2.2 To study the potential of these algae as various forms of food to diversity the products, and to improve the quality of the products from local wisdom in accordance with the market need and increase the community income.

2.3 To study their nutritional value as an assurance to the consumers including their toxicity which is important in promoting as food and medicine.

2.4 To study their potential as medical ingredient referred to the local wisdom and pharmaceutical advancement at the laboratory level and the tendency to develop as future medicine.

2.5 To study the bio-extracts and bioactive substances from these algae and their tendency for useful development and further research.

2.6 To grow these algae at the laboratory scale for collecting the outside original habitat genetic trait and to cultivate them in the cultivation pond to get the off-season product leading to the all year round harvesting of the algae

2.7 To transfer the research knowledge to the community selling the algal products and to the academic circles in the national and international research journals and conferences as well as in other media.

3. Methodology

1. Study the information on the use of freshwater macroalgae as food by local wisdoms, study the processing of various foods from the algae for more diversity including the improvement and development of food from the algae

1.1 Study the information on the use of freshwater macroalgae as food and medicine by local wisdoms in the community of Nan River and its tributaries.

1.2 Study their nutritional value and toxicity of these algae as food.

1.3 Study the processing of various foods from the algae for more diversity including the improvement and development of food from the algae by local wisdom in the past to obtain the products wanted more by the market.

1.4 Assistance to the community in designing the product label, production the advertising brochures and posters

1.5 Transfer of knowledge from the research to the community selling the algal products and to the phyecological academics

2. Study on the diversity of the algae in terms of morphology, ecology, distribution, seasonal growth in the Nan River with the emphasis on the species for food and medicine.

2.1 Study on the ecosystem of Nan River where the freshwater macroalgae are growing to obtain the growth component for further cultivation

2.2 Examine the diversity of the algae focusing on the species which could be used as food and medicine.

2.3 Study on the cultivation and collection of genetic trait of the algae used as food and medicine at the laboratory scale and in the field.

3. Study on the potential of the algae as therapeutic agent and biological substances

3.1 Study on the potential of the algae as therapeutic agent

3.2 Study on the potential of the algae as immune system, bio-extracts and bioactive substances

3.3 Study on the toxicity of Kai

1. Study the information on the use of freshwater macroalgae as food by local wisdoms, study the processing of various foods from the algae for more diversity including the improvement and development of food from the algae

1.1 Study on the information on the use of the use of freshwater macroalgae as food and medicine by local wisdoms in the community of Nan River and its tributaries.

Contact was made with the community leaders *i.e.* sub-district head, village head, head of sub-district administrative organization, school directors, senior monks, groups of housewife selling algal products, non-governmental organizations and related persons. By interviewing, noting, tape recording, photographing and VDO taking suggest that there are two popular species of algae used for cooking *i.e.* Kai and Lon. However, Kai is more utilized for local food *e.g.* Yam-Kai, Kai-Yee and Steamed Kai. Lon is used for Yam only. In the past, each family would cook their own meal. Later there are groups of people in the community sent these food on sale which could be sold in their community. These products have been development for more diversity and more concrete sale. Eventually, community production of Kai was set up at Ta Wang Pa District, Nan Province where Kai is grown most extensively. There are Ban Nong Bua Agricultural Housewife Group and Ban Nong Buoa Cooperative Women Group. In Chiang Khong District, Chiang Rai Province, where Kai from Mae Khong River is used, there is Ban Had Khrai Agricultural Housewife Group. However, at these groups still need more assistance in food processing from Kai, particularly in nutritional value which has not been investigated.

As for medical or therapeutic value of the algae, the villagers around Nan River, Nan Province believe that Lon as good for decreasing high temperature in the body. Others believes that Kai is for good health. There will be no stomach and digestive disorder and the hair will turn shiny black. These two species of algae could not be found through out the year. They are present in cool dry season and summer only. They will be disappeared in the rainy season with the running water which flows with the soil sediment.

1.2 Study on the nutritional value of freshwater macroalgae as food.

Nutritional value of “Kai” and “Lon” in the Nan River is shown in Table 1

Table 1. Nutritional value of “Kai” and “Lon” in the Nan River

Parameter studies	Kai	Lon
Basic nutrients (gram.100 gram ⁻¹ dry weight)		
Lipid	3.12	0.64
Protein (Nx6.25)	19.3	19.1
Fiber	21.9	2.05
Ash	19.6	16.0
Carbohydrate (by calculation)	30.34	31.94
Vitamins (milligram.100 gram ⁻¹ dry weight)		
Vitamin A	Not detectable	Not detectable
Vitamin C	6.78	1.07
Vitamin B ₁	0.16	0.12
Vitamin B ₂	0.54	0.07
Folic acid	0.14	Not detectable
Panthothenic acid	0.26	0.50
Niacine	4.20	2.48
Minerals (milligram.100 gram ⁻¹ dry weight)		
Calcium	943.9	12378.9
Sodium	716.9	136.9
Potassium (gram.100 gram ⁻¹ dry weight)	4.62	0.5
Chloride (gram.100 gram ⁻¹ dry weight)	1.55	0.3
Magnesium	170.5	265.4
Manganese	5.36	4.5
Iron	162.0	114.9
Copper (microgram.100 gram ⁻¹ dry weight)	0.31	0.67
Zinc	0.65	0.65
Selenium (microgram.100 gram ⁻¹ dry weight)	460.4	409.8

It is seem that the two types of algae have a very good nutritional value when compared with the “Tao”, *Spirogyra* spp. (Peerapornpisal *et al*, 1997). The protein content is close to that of freshwater fish. There are a number of vitamins which is high in vitamin B as well as minerals. The amount of calcium is very high in Lon. Selenium, an antioxidant, is also high in Kai.

1.3 Study on the processing of various food from the algae and testing from consumers including the improvement and development of food from freshwater macroalgae by the existing local wisdom to obtain more market product requirement

In processing of various kinds of food from Kai to attain more diversity, there were 4 organizations involved *i.e.* Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Department of Biology, Faculty of Science Chiang Mai University; Rajamonkala University of Technology, Nan campus; Institute for Food Product Research and Development, Kasetsart University. Twenty four products were

obtained. They are favoring crispy Kai, crispy sticky rice with Kai, sticky rice bread with Kai by microwave, fresh egg noodle with Kai, dry egg noodle with Kai, Kai sheet, Kai bread, salty crispy Kai, Kai cheese cake, Kai cracker, Kai cookies, Kai crispy roll, Kai red-eye chili paste, Kai chili paste, crispy pork skin-chili paste with Kai, pork chili paste with Kai, Narok chili paste with Kai, Kai Kao Tan, Kao Mao Mee with Kai, Kai rice porridge, Kai Yee cracker, corn cake with Kai Yee, fried crispy with Kai.

Evaluation of the consumers for the like or dislike of these products revealed that they did not want to put much Kai in. This would cause the bitter taste and more Kai odour which is a distinct difference with the local consumers who prefer pure algae with slight modification. Therefore, in the processing of food for scale in other localities, one has to bear in mind the familiarity of taste and odour of the Kai. It was found that there is a high possibility of processing and scale of fresh and dry egg noodles with Kai on the industrial scale if direct support is given by the related provincial office or government sectors.

Improvement and development of food from Kai by the existing local wisdoms to obtain more market need products were done with two products *i.e.* Kai Yee and laminated Kai or seasoned Kai. Metallite bag was used instead of polypropylene bag to avoid the rancid smell during prolonged storage of Kai Yee and to retain the crispiness of the laminated Kai or seasoned Kai by improving the package. As that of the Kai Yee as well as lowering the humidity of dry algae before seasoning.

1.4 Assistance to the community in designing the product label, production the advertising brochures and posters

This project has facilitated three communities which sell the Kai products *i.e.* Ban Nong Bua Cooperative Women Group, Ban Nong Bua Agricultural Housewife Group, Paka Sub-distinct, Ta Wang Pa District, Nan Province and Ban Had Khrai Agricultural Housewife Group, Wiang Sub-district, Chiang Khong District. Chiang Rai Province. Product label had been designed for 24 products. More nutritional data of Kai are displayed with better appearance which add more value to the products. The brochures which include all the academic aspects from this project and local wisdoms were produced providing more information to the consumer. Nicely designed and readable posters with more details than the brochure was also made. The research team had been requested by the communities and organizations dealing with career promotion in each province for these posters to wider more public relation. They were already done under this research project with the support from TRF and had been distributed to various communities and organizations.

1.5 Transfer of knowledge from the research to the community selling the algal products and to the phycological academics

This had been done 4 times. In the first and second instances, workshops on technology transfer in processing Kai were given to Ban Nong Bua Cooperative Women Group and Ban Nong Bua Agricultural Women Group, Paka Sub-district, Ta Wang Pa District, Nan Province. The first workshop was on the 12th June 2004 and the second workshop was on the 10th July 2004 for the Ban Had Khrai

Agricultural Women Group, Wiang Sub-district, Chiang Khong District, Chiang Rai Province. The content of the workshop was the information on Kai in Nan River and Mekong River, taxonomy, scientific name, ecology, growth, some nutritional values and processing of 14 kinds of food. The 3rd and 4th workshops were on the transfer of technology in processing Kai to the Nong Bua Cooperative Women Group and Ban Nong Bua Agricultural Women Group, Paka Sub-district, Ta Wang Pa District, Nan Province for the third time. The 3rd Workshop was on the 18th June, 2005 and the 4th workshop was on the 19th June, 2005 to the Ban Had Khrai Agricultural Women Group, Wiang Sub-district, Chiang Khong District, Chiang Rai Province. The content of the workshop was on the nutritional value of Kai over other food. The tendency of being medicinal agent as well as processing into Kai food needed by community *i.e.* fresh and dry egg noodle with Kai, prolongation of shelf-life with no rancid odour and crispiness of laminated Kai. Discussion on the Kai exhibition in the two provinces was also made. The outcome of the 4 workshops was well. The attendants were content with the workshop and could really be applied.

The results of this project have been published in 4 national journals, 2 international journals, presented at the 9 national conference and 3 international meeting. Five articles were written and published in the journal, magazine and newsletter including one newspaper interview and 3 radio interview. One thousand copies of a pocket book entitled “Kai: General knowledge and food processing” were published. Two TV programs were on air. One M.S. and B.S. student, were the outcome of the project.

2. Study on the diversity of the algae in terms of morphology, ecology, distribution, seasonal growth in the Nan River with the emphasis on the species for food and medicine.

2.1 Study on the ecosystem of Nan River where the freshwater macroalgae are growing to obtain the growth component for further cultivation

The study was done in the Nan River from the point of water origin at Ban Santisuk, Pua District, Nan Province to the Nan City, Muang District. The distance between sampling sites is more or less the same. Many samplings were investigated between 2544-2546, in each sampling site, macroalgae with dense population were examined including some physical, chemical and biological properties of water. The macroalgae found belonged to 28 genera 56 species in 4 divisions. There were 30 species of blue green algae in the Division Cyanophyta, 18 species of green algae in the Division Chlorophyta, 3 species of stoneworts in the Division Charophyta, 5 species of red algae in the Division Rhodophyta.

“Kai” and “Lon” grow in the water with the stony substrate, either bed rock or cobble. Therefore, Nan River and Mekong River at Chiang Khong District where the water bed is stony are well suitable for these two types of algae. These algae grow in the clear running water with the running speed of 2-3 meters/second, the turbidity not more than 20 NTU, day temperature 15-28 °C, pH 6-8, the amount of nutrient including nitrate, ammonium and soluble reactive phosphorus is low to moderate. They were then found in the clean to moderate water quality. With these properties of “Kai” and “Lon”, they were found only in the dry season *i.e.* the cool dry season and summer from November to April. In rainy season when the water is running faster and with high turbidity, these species have been disappeared.

The distribution of Kai in Nan River, it was found that, these algae occurred in high amount in 3 districts, Pua, Ta Wang Pa and Muang. However, the amount of Kai in each sampling sites of each district were similar population. Lon was found in 3 districts, the amount of them showed difference. The highest amount was at Wat Don Kaew in Pua District. However, the amount of Kai and Lon showed very difference clearly, Kai showed in very high amount more than Lon significantly.

2.2 Examine the diversity of the algae focusing on the species which could be used as food and medicine.

From 56 species of freshwater macroalgae which found in this investigation, there were only 3 utilizable genera *i.e.* *Cladophora* spp. and *Microspora* spp. which are “Kai”. Another genus, *Nostochopsis* spp. is “Lon”. Kai comprises six species of green algae *i.e.* *Cladophora glomerata* Kützinger, *Cladophora* sp., *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret, *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim, *Microspora* sp.1 and *Microspora* sp.2. Lon comprises of 2 species *i.e.* *Nostochopsis hansgrig* Schmidle and *Nostochopsis lobatus* Wood em Guitler.

2.3 Study on the cultivation and collection of genetic trait of the algae used as food and medicine at the laboratory scale and in the field.

Kai was cultivated in the 5 liter glass jar in the laboratory with various formulae of nutrient, illumination from artificial light, aeration and water movement using sand beads as in the fish tank. Kai did not grow well in all types of nutrient. Field cultivation of Kai in the race-way pond with natural light and many formulated nutrients showed that it grew well in JM and AARL-CMU1 media which had been diluted 10% from the original medium. It could grow as long as 30 centimeters. AARL-CMU1 medium is much cheaper than JM. It is therefore suitable for Kai cultivation. Growth of Kai does not come from the original filaments which usually degrade but from zoospore or zygospore attached to the stone. By using the decorative garden stones as substratum for zoospore or zygospores, it was found that after one month, the Kai grew from these stones indicating that there was a production of these spores from the cultivated filaments of Kai and they attached to the stones and grew as filaments. Culturing in the cultivated pond has to be taken care of regularly and the culture medium has to be changed once a week due to the actual rapid growth of phytoplankton. Out season cultivation *i.e.* in rainy season, in order to get the Kai throughout the year may be difficult because the output is not worth the investment. However, it is possible to cultivate this algae to obtain some therapeutic agents, immune promoter substances or antioxidants including molecular study. A parallel top-up study on the cultivation and the medical component or bio-extract and bioactive compound will further develop this area of work.

Culturing of Lon, on the other hand, could be done on the solid and in the liquid media but growth is rather slow. Culture of the Kai for genetic material collection could be kept in the C and JM solid media, but on BG-11 for Lon.

3. Study on the potential of the algae as therapeutic agent and biological substances

3.1 Study on the potential of the algae as therapeutic agent

The pharmaceutical activity of Kai was investigated in the last duration of this project. It was found to be anti-gastric ulcer, inhibit the constriction of smooth muscle (antispasmodic), enlarge the bronchus, anti-inflammation, cessation of pain (analgesic) and decrease blood pressure (hypotensive activity). The active compounds in Kai have to be further studied and their mechanism of action has to be elucidated.

3.2 Study on the potential of the algae as immune system, bio-extracts and bioactive substances

Study on the bio-extract from Kai *i.e.* chlorophyll, carotenoid, phycocyanin and phycoerythrin, in addition to the former two pigments, in Lon indicated that all the pigment were moderate. Some were in the lower level when compared with high pigmented algae such as *Spirulina* spp., *Heamatococcus* spp. or *Dunaliella* spp. Therefore it is hard to promote pigment extraction for other uses. However, high content of agar substance in Lon is more interesting. It is polysaccharide consisting of many monosaccharides. The research in this matter started only 6 months ago. The idea is to convert monosaccharide into oligosaccharide using enzyme from local materials. Some oligosaccharides may be human immune promoter. They should be investigated further.

3.3 Study on the toxicity of Kai

As far as toxicity is concerned, Kai was found to be non-toxic. LD₅₀ of Kai is higher than 25 g.kg⁻¹, it is safe to eat.

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่อง “ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา”

จุดประสงค์ของโครงการวิจัย เรื่อง “ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา” คือการศึกษาสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน จังหวัดน่านมาศึกษาทั้งทางด้านความหลากหลายอนุกรมวิธาน นิเวศวิทยา การนำมาเป็นอาหารและยาจากภูมิปัญญาชาวบ้าน การพัฒนาแปรรูปอาหารจากสาหร่ายเหล่านี้ให้มีความหลากหลายและเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคมากขึ้น เพื่อสามารถส่งไปจำหน่ายได้กว้างขวางขึ้น คุณค่าทางโภชนาการ คุณค่าทางด้านการใช้เป็นตัวยา คุณค่าของสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายเหล่านี้ การเพาะเลี้ยงและการเก็บสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดและการนำองค์ความรู้ถ่ายทอดให้กับชุมชนเป้าหมาย งานวิจัยเริ่มตั้งแต่กรกฎาคม 2545 ถึงมิถุนายน 2548 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งหมด 28 จินัส 56 สปีชีส์ เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใน Division Cyanophyta สูงสุด 30 สปีชีส์ รองลงมาคือ สาหร่ายสีเขียวใน Division Chlorophyta 18 สปีชีส์ สาหร่ายไฟ Division Charophyta 3 สปีชีส์ และสาหร่ายสีแดง ใน Division Rhodophyta 5 สปีชีส์ สาหร่ายที่มีศักยภาพนำมาเป็นอาหารและยา คือ สาหร่ายไก่อ และสาหร่ายลอน สาหร่ายไก่อประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียว 6 สปีชีส์ คือ *Cladophora glomerata* Kützinger, *Cladophora* sp., *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret, *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim, *Microspora* sp. 1 และ *Microspora* sp. 2 สาหร่ายลอนประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 2 สปีชีส์ คือ *Nostochopsis hansgrig* Schmidle และ *Nostochopsis lobatus* Wood em Guittler สาหร่ายทั้ง 2 ประเภทพบในฤดูหนาวและฤดูร้อนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเมษายน ส่วนในฤดูฝนน้ำมีความขุ่นสูงและไหลแรง สาหร่ายไม่สามารถเจริญได้ สาหร่ายทั้ง 2 ประเภทเจริญในน้ำไหลมีความเร็วของน้ำอยู่ในช่วง 2 - 3 เมตร/วินาที น้ำใสมีค่าความขุ่นไม่เกิน 20 NTU อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20 - 27 °C pH 7 - 8 มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง จึงพบในน้ำที่มีคุณภาพดีถึงปานกลางและ จะเจริญจากสิ่งยึดเกาะที่เป็นก้อนหินเท่านั้น

ชาวบ้านนิยมนำมาประกอบอาหารประเภทยาไก่อ ยาลอน ไกยี้และห่อหนึ่งไก่อ ในการวิจัยนี้ได้แปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ 24 ชนิด เป็นประเภท แค้ก ลูกก๊ี้ ขนมไทยอบกรอบ อาหารว่างและบะหมี่ คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายทั้งสองประเภทมีโปรตีนอยู่ในระดับสูง ใกล้เคียงกับปลาน้ำจืด มีวิตามินหลายชนิด โดยเฉพาะวิตามินบี มีเกลือแร่ที่สำคัญหลายตัว โดยเฉพาะแคลเซียมในสาหร่ายลอนและซิลิเนียมในสาหร่ายไก่อ ซึ่งเป็นสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ไม่พบความเป็นพิษในสาหร่ายไก่อ ด้านการใช้เป็นตัวยา พบว่ามีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร การหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ขยายหลอดลม ด้านการอักเสบ ระบายปวด และลดความดันโลหิต สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในบ่อเพาะเลี้ยงภาคสนาม สูตรอาหารที่เหมาะสมคือ AARL- CMU1 10% สามารถเก็บสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด โดยสาหร่ายลอนเก็บในสูตรอาหารแข็ง BG-11 ส่วนสาหร่ายไก่อเก็บในสูตรอาหารแข็ง C และ JM ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชนเป้าหมายรวม 4 ครั้งด้วยกัน รวมถึงตีพิมพ์ผลงานในวารสารทางวิชาการ เสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการทั้งในประเทศและนานาชาติและทางสื่อต่างๆ หลายครั้ง

Abstract

The project “Potential of Freshwater Macroalgae as Food and Medicine”

The purpose of the project “Potential of Freshwater Macroalgae as Food and Medical” was to study the freshwater macroalgae in Nan River, Nan Province in terms of diversity, taxonomy, ecology, their uses as food and medicine from the local wisdom, development of food processing from these algae for more varieties and acceptance to the consumers and widely distribution including their nutritional, medical, biological extract and bioactive substance values. Cultivation and preservation of genetics traits from their original habitats and the dissemination of knowledge to the target communities were also taken. The work was done from July 2002 to June 2005. Twenty eight genera and 56 species of macroalgae were found. They were 30 species of the blue-green algae in the Division Cyanophyta, 18 species of the green algae in the Division Chlorophyta, 3 species of the stoneworts in the Division Charophyta, 5 species of the red algae in the Division Rhodophyta. The potential algae as food and medicines were Kai and Lon. Kai consisted of six species of green algae i.e *Cladophora glomerata* Kützinger, *Cladophora* sp., *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret, *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim, *Microspora* sp. 1 and *Microspora* sp. 2. Lon consisted of 2 species of the blue green algae i.e *Nostochopsis hansgrig* Schmidle and *Nostochopsis lobatus* Wood em Guitler. They were found in the cool dry season and summer from November to April. In rainy season, due to high turbidity and strong water current, the algae would not grow. The two groups of algae grow in running water at the running velocity of 2 - 3 m.s⁻¹, clear water at the turbidity not more than 20 NTU, temperature of 18 – 28 °C, pH 6 - 8 with little to moderate nutrient. They were found in the clean to moderate water quality and grow on the stone substrate only.

The local people use to cook Yam Kai, Yam Lon, Kai Yae and Hor Nueng Kai. In this research, Kai was processed with 24 varieties of food as cake, cookie, crispy Thai sweet, snack and egg noodle. The nutritional values of these two algae was high protein content comparable to fresh water fish, many vitamins particularly rather high vitamin B, many important minerals especially calcium in Lon and selenium in Kai which is antioxidant. No toxicity of Kai. The pharmaceutical properties includes as medicine was detected. Its anti-gastric ulcer, antispasmodic, anti-inflammatory, analgesic and hypotensive activity.

Kai could be cultivation in the filed pond with AARL – CMU 1 10 % .The non-habitat origin of genetics material could be collected from these two algae, Lon is kept in BG-11 agar and Kai in C and JM media. The information from this research had been transferred to the target community 4 times, published in the academic journal and presented at many national and international conferences as well as in various media.

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ค
Executive Summary	ฎ
บทคัดย่อ	ท
Abstract	ธ
สารบัญ	น
1. ความเป็นมาของโครงการ	1
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
3. ความรู้ทางด้านงานวิจัยในโครงการที่มีมาก่อน	2
4. วิธีการวิจัยและผลการวิจัย	
4.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นอาหารในชุมชน โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้าน คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน	8
4.1.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหาร ในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านในชุมชนลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขา	8
4.1.2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่นำมาเป็นอาหาร	13
4.1.3 ศึกษาการแปรรูปอาหารชนิดต่างๆ จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เพื่อให้มี ความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการทดสอบในกลุ่มผู้บริโภค การปรับปรุง และพัฒนาอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมี มาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความต้องการของท้องตลาดมากขึ้น	15
4.1.4 ช่วยชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถทางด้านการออกแบบ ฉลากผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับ และการทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์	81
4.1.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน ทั้งระดับชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และแวดวงวิชาการทางด้านสาหร่าย	84
4.1.6 การถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่การประชุมวิชาการทางด้านสาหร่าย การตีพิมพ์ผลงาน การเขียนบทความ และการให้สัมภาษณ์สื่อต่างๆ	94
4.2 ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญในลำน้ำน่าน โดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมา เป็นอาหารและยา	98
4.2.1 ศึกษาระบบนิเวศในลำน้ำน่านบริเวณที่สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เจริญ เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของการเจริญและสามารถนำผลการศึกษามา ใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อไป	98

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.2 ศึกษาองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในธรรมชาติ ที่สามารถใช้เป็นอาหารและยา	111
4.2.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงและการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิด ของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหารและยาทั้งในระดับ ห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม	123
4.3 ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นตัวยารักษาโรค และการผลิตสารชีวภาพอื่นๆ	147
4.3.1 ศึกษาการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นตัวยารักษาโรคจากภูมิปัญญาชาวบ้าน	147
4.3.2 ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและสารสกัดทางชีวภาพจากสาหร่ายไก่อ	147
4.3.3 ศึกษาความเป็นพิษและฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายไก่อ	157
เอกสารอ้างอิง	168
ภาคผนวก	
1. ตารางสรุปผลการดำเนินงาน	172
2. อุปกรณ์สำหรับศึกษาสาหร่ายในระบบนิเวศน้ำไหล	176
3. สูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน	181

1. ความเป็นมาของโครงการ

สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่นับเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีผู้ให้ความสนใจไม่มากนัก ทั้งในอดีตและปัจจุบัน อันอาจเนื่องมาจากการเจริญของสาหร่ายเหล่านี้คล้ายเป็นวัชพืชในแหล่งน้ำที่เสมือนไม่มีคุณค่าใดๆ นักนิเวศวิทยาอาจมองสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นผู้ผลิตหรือเป็นอาหารเบื้องต้นให้แก่สัตว์น้ำในห่วงโซ่อาหารและเป็นผู้ผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงให้แก่สิ่งแวดล้อมในน้ำเท่านั้น แต่ก็ยังมีประชากรบางส่วนไม่ละเลยทรัพยากรเหล่านี้ไว้กับธรรมชาติ มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์หลายประการด้วยกัน ที่ชัดเจนก็คือการนำมาเป็นอาหาร ดังเช่นประชากรในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนิยมนำสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ที่มีชื่อสามัญว่า เต้า หรือ เทา น้ำ หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spirogyra* spp. มาเป็นอาหารประเภทยาที่เรียกกันว่า ยาเต้า รับประทานกับข้าวเหนียว ซึ่งนับว่าเป็นที่นิยมกันแพร่หลายแม้ในปัจจุบัน สาหร่ายอีกประเภทหนึ่งคือ ไก หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. เป็นสาหร่ายที่มีมากในลำน้ำนานและลำน้ำโขง บริเวณอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงรายในช่วงฤดูหนาวต่อกับฤดูร้อน ประชากรแถบ 2 ฟังลำน้ำนี้ นำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเป็นอาหารเช่นกัน เช่น นำมายาคลายยาเต้า นำมาทำห่อหุ้มห่อหมก และที่นิยมกันมากก็คือ นำมาตากแห้ง แล้วคั่วในกระทะบีให้ละเอียด ผสมเกลือ งาขาว และกระเทียมเจียว เรียกว่าไก่อยี้ ซึ่งเป็นอาหารที่มีชื่อเสียงมากของประชากรทั้ง 2 ลำน้ำ อาหารเหล่านี้นับเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านอย่างแท้จริง

นอกจากเป็นอาหารแล้ว สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่บางชนิดยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวยาได้อีกดังเช่น การนำสาหร่ายที่ชื่อลอน หรือ ดอกหิน หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nostochopsis* spp. มาเป็นยาแก้ร้อนในสำหรับชาวบ้านแถบลำน้ำนาน และมีชาวบ้านบางส่วนมีประสบการณ์ว่าการกินสาหร่ายไก่อยี้ทำให้โรคกระเพาะอาหารทุเลาลง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานทางด้านวิชาการว่าพบสารป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระและสารเพิ่มภูมิคุ้มกันในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Nostoc* spp. หลายชนิด

โดยแท้จริงแล้ว เรื่องของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ยังเป็นเรื่องที่ลึกลับ ยังไม่มีใครรู้จักมาก ทั้งในเรื่องพื้นฐานคือ ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในกลุ่มดังกล่าว นิเวศวิทยา คุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งนับเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้บริโภคควรจะรู้เป็นอย่างยิ่ง ความเป็นพิษ การใช้เป็นตัวยา การศึกษาสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งจะทำให้สาหร่ายเหล่านี้มีคุณค่าสูงมากขึ้น ก็เป็นสิ่งที่ควรศึกษา สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การแปรรูปอาหารจากสาหร่ายเหล่านี้ให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ชาวบ้านที่มีอาชีพทางการจำหน่ายอาหารจากสาหร่ายเหล่านี้นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ของตนเอง และสามารถจำหน่ายได้กว้างขวางขึ้นอันจะส่งผลให้เศรษฐกิจของชุมชนนั้นๆ ดีขึ้น อีกประการหนึ่งการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีคุณค่าดังกล่าวให้สามารถเจริญได้ตลอดทั้งปี เพื่อให้มีสาหร่ายสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่อง เป็นสิ่งที่ควรศึกษา รวมทั้งการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมของสาหร่ายดังกล่าวก็เป็นเรื่องที่สำคัญไม่น้อยกว่ากัน การนำความรู้จากงานวิจัยทั้งหมดถ่ายทอดสู่ชุมชนในลักษณะที่เข้าใจได้ง่าย สามารถทราบความเป็นมาและการเจริญของสาหร่ายในลำน้ำนั้นๆ ตลอดจนองค์ความรู้ที่งานวิจัยนี้ได้ถ่ายทอดไปปฏิบัติได้จริงจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับงานวิจัยเรื่องนี้

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา และคุณค่าทางด้านอื่นๆ จึงมอบให้ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในโครงการ “ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา” ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา 3 ปี ตั้งแต่ปี 2545 จนถึงปี 2548 บัดนี้การวิจัยได้สิ้นสุดลงแล้ว คณะผู้วิจัยได้ค้นพบเรื่องราวของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่น่าสนใจหลายเรื่อง เราได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวสู่ชุมชนทั้งในลักษณะของชุมชนผู้ประกอบการด้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดและในแวดวงวิชาการทั้งในระดับชาติและนานาชาติมาหลายครั้ง ซึ่งได้รับผลสำเร็จ

เป็นอย่างดี องค์ความรู้ทั้งหลายที่ได้รับจากการวิจัยจะถูกถ่ายทอดลงในรายงานเล่มนี้ ซึ่งคณะผู้วิจัยหวังว่าคงจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจและผู้ศึกษาวิจัยทางด้านสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่นี้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ทางด้านรูปร่าง โครงสร้าง โดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา รวมถึงนิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดนั้นๆ ในลำน้ำนาน

2.2 ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น ปรับปรุงผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งเป็นที่นิยมกันอยู่แล้วให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องตลาดเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชนนั้นๆ

2.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภคและผู้ผลิตรู้ถึงคุณค่าเหล่านี้ อันจะนำมาซึ่งความมั่นใจในการบริโภค รวมถึงความเป็นพิษว่ามีหรือไม่ ซึ่งมีความสำคัญต่อการส่งเสริมเพื่อใช้เป็นอาหารและยาต่อไป

2.4 ศึกษาศักยภาพในการนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาเป็นตัวยารักษาโรค โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านและความก้าวหน้าทางด้านเภสัชวิทยา ทั้งการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ และแนวโน้มในการพัฒนาเป็นตัวยาลดต่อไปในอนาคต

2.5 ศึกษาสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ เพื่อนำสารที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถนำมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ ได้รับการพิจารณา และทำการศึกษวิจัยต่อยอดต่อไป

2.6 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายเหล่านี้ และเพาะเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตนอกฤดูกาล อันจะมีผลให้สามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ตลอดปี

2.7 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน ซึ่งมีอาชีพในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และถ่ายทอดสู่แวดวงวิชาการในการประชุมวิชาการทั้งในระดับชาติและนานาชาติ รวมถึงสื่อต่างๆ

3. ความรู้ทางด้านงานวิจัยในโครงการที่มีมาก่อน

3.1 การศึกษาเกี่ยวกับการนำสาหร่ายมาเป็นอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ

กาญจนภรณ์ (2527) ได้กล่าวถึงการนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารว่ามนุษย์ได้นำสาหร่ายมาบริโภคเป็นอาหารกันมาช้านานแล้ว เริ่มตั้งแต่ชาวจีนได้นำสาหร่ายมาประกอบอาหารส่วนใหญ่จะเป็นสาหร่ายทะเล แต่ต่อมาประเทศที่นิยมบริโภคสาหร่ายเป็นอาหารประจำวันกลับเป็นประเทศญี่ปุ่นและเกาหลี โดยนำสาหร่ายทะเลหลายสปีชีส์ทั้งสาหร่ายสีแดง *Porphyra* spp. หรือที่เรียกว่า นอริ (ภาษาไทยเรียกว่า สายใบ) และสาหร่ายสีน้ำตาล *Laminaria* spp. หรือที่เรียกว่า คอมนู มาประกอบอาหาร โดยเป็นทั้งอาหารหลักและอาหารปรุงรส รวมทั้งอาหารขบเคี้ยวในลักษณะของว่างมากมายหลากหลายชนิด นอกจากเป็นอาหารภายในประเทศแล้วยังนำสาหร่ายสีแดง *Porphyra* spp. มาทำแห้ง เพื่อนำมาปรุงเป็นซูชิหรือแกงจืด และนำมาปรุงรสบรรจุในซองพลาสติกขนาดเล็กเป็นอาหารขบเคี้ยว โดยส่งออกจำหน่ายทั่วโลก ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีทั้งมาจากประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น และเป็นของว่างขบเคี้ยวที่เด็กๆ ชอบรับประทานกันมาก เนื่องจากมีการบรรจุในซองที่สะอาด สะดวกแก่การบริโภค น้ำหนักเบา รสชาติอร่อยเป็นที่ถูกปากของผู้บริโภคทั่วไป แต่ผู้บริโภคบางคนกล่าวว่ามีกลิ่นเหม็นคาวมากเกินไป และผู้ที่บริโภคส่วนหนึ่งนิยมสาหร่ายเหล่านี้เนื่องจากว่าเป็นอาหารธรรมชาติ จึงน่าจะมีคุณค่าทาง

โภชนาการโดยเฉพาะโอโอดีนิมาก เนื่องจากเป็นสาหร่ายทะเล (ยูดี, 2540) ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายเหล่านี้ปัจจุบันเป็นที่นิยมกันทั่วไป และนํารายได้เข้าสู่ประเทศที่ผลิตในแต่ละปีเป็นจำนวนเงินมากมาย (สรวิศ, 2543)

ในประเทศไทยเราเองก็มีการนำสาหร่ายขนาดใหญ่มาบริโภคเช่นกัน เช่น ในแถบชายทะเลภาคตะวันออกและภาคใต้นิยมนำสาหร่ายทะเลมาเป็นอาหารสัตว์ร่วมกับอาหารปกติ (กาญจนพานิช, 2527) ประชากรบางแห่งที่มีภูมิลาเนาใกล้ทะเล นิยมนำสาหร่ายทะเล *Gracilaria* spp. หรือที่เรียกในภาษาไทยว่าสาหร่ายเขากวาง หรือสาหร่ายผมนางมาประกอบเป็นอาหารประเภทยำ คล้ายกับยำมะม่วงในภาคกลาง โดยใส่มะพร้าวคั่ว กุ้งแห้ง ถั่วลิสงบด หอมแดงเจียว ปูรุกรสด้วยน้ำปลา มะนาว และน้ำตาลรับประทานกับใบชะพลู มีรสชาติอร่อยมาก มีจำหน่ายในแถบอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา (ยูดี, 2540) ในอดีตก็มีรายงานว่าชาวไทยในแถบภาคเหนือนิยมนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาบริโภค เช่น มีการนำไซหินหรือดอกหิน (*Nostochopsis* spp.) มาทำเป็นของหวานโดยล้างให้สะอาดแล้วใส่น้ำแข็งและน้ำหวาน คล้ายขนมรวมมิตรใส่น้ำแข็งในปัจจุบัน (จจินต์, 2525) และที่มีประวัติอันยาวนานเป็นที่รู้จักก็คือ ประชากรในแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมนำสาหร่ายเตาหรือเทน้า (*Spirogyra* spp.) มาทำเป็นอาหารประเภทยำ ซึ่งเป็นอาหารระดับชาวบ้านนิยมรับประทานกันมาตั้งแต่ครั้งอดีตจนถึงปัจจุบัน (จจินต์, 2525; กาญจนพานิช, 2527; ยูดี, 2540; สรวิศ, 2543)

Peerapornpisal *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาสาหร่ายเตาหรือ *Spirogyra* spp. โดยศึกษาถึงอนุกรมวิธาน นิเวศวิทยา การเพาะเลี้ยง การนำมาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ และนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยใช้สาหร่ายในนาข้าวเขตอำเภอเมือง จังหวัดลำพูน และอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ พบสาหร่ายทั้งหมด 6 สปีชีส์ สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางโภชนาการคือ มีโปรตีน 18.65% คาร์โบไฮเดรต 56.31% ไขมัน 5.21% เถ้า 11.78% มีเกลือแร่ที่มีปริมาณค่อนข้างสูงคือแมกนีเซียม 241 และฟอสฟอรัส 125 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และวิตามินที่สาหร่ายชนิดนี้มีมากคือ โปรวิตามินเอ 4,180 IU และไนอาซิน 3.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ได้นำเอาสาหร่ายชนิดนี้มาประกอบเป็นอาหารว่าง 1 ชนิดคือ ข้าวเกรียบสาหร่าย และนำมาผสมในอาหารว่างและขนมอื่นๆ 6 ชนิดคือ ข้าวเกรียบอนามัยสาหร่าย ขนมปังสาหร่าย เค้กสาหร่าย บะหมี่กรอบสาหร่าย คูกิสาหร่าย และครองแครงกรอบสาหร่าย ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากสาหร่ายเป็นที่พอใจแก่ผู้ทดสอบเป็นอย่างดี ทำให้รสชาติของอาหารหรือขนมบางอย่างดีขึ้นกว่าเดิม เช่น เค้กสาหร่ายสด และครองแครงกรอบสาหร่าย ส่วนข้าวเกรียบสาหร่ายที่ใช้สาหร่ายเกือบ 100% ได้ผลดีแต่อาจต้องมีการปรับปรุงในด้านกลิ่น และการคงความกรอบอีกเล็กน้อย

นอกจากนี้ในบางภูมิภาคของประเทศเรา มีการนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดอื่น นอกจากสาหร่ายเตามาเป็นอาหารในครัวเรือนตั้งแต่ในอดีตอีกมาก ซึ่งนับเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างแท้จริง ยูดี (2542) ได้กล่าวไว้ว่าประชากรในแถบลุ่มน้ำน่านและลุ่มน้ำโขง บางพื้นที่นิยมนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่มีชื่อพื้นเมืองว่าสาหร่ายไก หรือชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. มาบริโภคกันมานานนับเป็นเวลาหลายร้อยปีมาแล้ว โดยจะเก็บสาหร่ายเหล่านี้ที่เจริญบริเวณพื้นที่ท้องน้ำหรือบริเวณที่เกาะกับก้อนหิน ก้อนกรวดในน้ำ ในช่วงที่สาหร่ายชนิดนี้เจริญได้ คือในช่วงฤดูหนาวจนถึงฤดูร้อน แล้วนำมาทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง จากนั้นอาจจะเก็บไว้ในถุงทึบเพื่อป้องกันไม่ให้สีของสาหร่ายจางลง เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะถูกแสงทำลาย หรืออาจจะนำสาหร่ายสดมาประกอบอาหารเลยก็ได้ เช่น นำมาทำยาคล้ายยาเตาหรือนำสาหร่ายแห้งมาบดให้ละเอียดปรุงด้วยเกลือ กระเทียมเจียว งาและพริกป่นที่เรียกว่า ไกยี้ นำมาหนึ่งคล้ายหอมหมื่นที่เรียกว่าหอมหนึ่งไก หรือแอบไกรับประทานกับข้าวเหนียวเป็นอาหารประจำวันได้อย่างมีคุณค่าและค่อนข้างจะเป็นอาหารธรรมชาติอยู่มาก นอกจากนั้นชาวบ้านในแถบลุ่มน้ำดังกล่าวนี้ยังนำสาหร่ายไกมาแปรรูปและจำหน่าย โดยปรุงรสด้วยเกลือ พริกไทย และโรยด้วยงาขาว แล้วตากแห้งเป็นแผ่น อาจจะเรียกได้ว่าเป็นข้าวเกรียบไกก็ได้ อาจจะจำหน่ายเป็นแผ่นๆ แล้วผู้บริโภคนำไปทอดในน้ำมันเองหรืออาจจะทอดเรียบร้อยแล้วนำมาจำหน่ายก็ได้ ข้าวเกรียบไกนี้ในระยะหลังเริ่มมีการบรรจุและโฆษณาอย่างกว้างขวาง รวมทั้งมีการแปรรูปอีกหลายผลิตภัณฑ์ โดยมีหน่วยงาน

การศึกษาหลายแห่ง เช่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายมาช่วยวิจัยและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ที่นำออกจำหน่ายตลอดมา จึงทำให้มีรายได้เข้าสู่ชุมชนดังกล่าวอย่างเป็นล่ำเป็นสันพอสมควร

ในด้านโภชนาการนั้น กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไวกจากกลุ่มน้ำโขงในปี 2544 โดยพบว่าสาหร่ายไวกมีปริมาณโปรตีน 24.8% ซึ่งมีมากกว่าสาหร่ายเตา นอกจากนั้นยังมีเส้นใยอาหาร 17.5% ส่วนเกลือแร่ที่มีแคลเซียม 799.6 ฟอสฟอรัส 219.7 แมกนีเซียม 198.4 เหล็ก 208.4 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่าสาหร่ายชนิดนี้มีเกลือแร่ค่อนข้างมาก และมากกว่าสาหร่ายเตาพอสมควร

ในด้านคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ นั้น ยุติ (2545) ได้กล่าวไว้สิ่งที่ต้องการจากสาหร่ายชนิดนี้อาจจะไม่ใช่อำนาจโปรตีน แต่น่าจะเป็นเส้นใยอาหารมากกว่า ซึ่งในสาหร่ายดังกล่าวมีปริมาณมากใกล้เคียงกับพืชผัก การบริโภคสาหร่ายชนิดนี้ซึ่งคล้ายกับการบริโภคผักแต่อาจจะได้เกลือแร่และวิตามินอีกหลายชนิดที่พืชผักบางชนิดมีน้อย

อย่างไรก็ตาม การแปรรูปสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาอยู่ในช่วงจำกัด ยังเป็นเพียงจุดเริ่มต้นที่มีคุณค่า และสมควรที่จะมีการวิจัยทางด้านแปรรูปนี้ให้กว้างขวางกว่านี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแปรรูปให้มีรสชาติที่ดี สามารถบรรจุหีบห่อแล้วนำออกจำหน่ายคล้ายสาหร่ายของของญี่ปุ่น ซึ่งน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะนำความสำเร็จมาสู่ชุมชนที่จะแปรรูปสาหร่ายดังกล่าวนี้ ในอดีตที่ผ่านมายังไม่ปรากฏว่าสามารถผลิตสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในรูปแบบบรรจุแล้วใส่ของจำหน่าย โดยสามารถเก็บไว้เป็นเวลาหลายวันได้ ผลิตภัณฑ์ที่พยายามทำกันในอดีตมักจะประสบปัญหาสาหร่ายไม่คงรูปและมีกลิ่นน้ำมันมาก บางครั้งอาจจะมากจนเกิดการเหม็นหืน ซึ่งไม่สามารถจัดจำหน่ายสาหร่ายออกไปแพร่หลายมากนัก แนวทางของการแปรรูปยังสามารถพัฒนาให้กว้างขวางได้อีกมากมาย และสมควรที่จะเผยแพร่สู่ชุมชนอื่นที่มีสาหร่ายเหล่านี้ขึ้นตามธรรมชาติเช่นกัน ถ้าการวิจัยได้รับผลสำเร็จในเบื้องต้น

3.2 การศึกษาเกี่ยวกับการนำสาหร่ายมาเป็นตัวรักษาโรค

การนำสาหร่ายมาเป็นยารักษาโรคนั้นมีการศึกษากันไม่มากนัก ตัวอย่างเช่น กาญจนภาชนัน (2527) ได้กล่าวไว้ว่าในประเทศจีนมีการนำเอาสาหร่ายทะเลประเภทสาหร่ายสีน้ำตาล *Sargassum* spp. มาใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ ส่วนหัวหน้าคณะวิจัยได้ข้อมูลมาจาก นายสมาน ค่ายอาจ และนายผัด เทพเสน ราษฎรตำบลปากา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เมื่อวันที่ 29 เมษายน 2544 ว่า ชาวบ้านแถบลุ่มน้ำน่านตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันนำเอาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เจริญอยู่ในลำน้ำน่าน มีลักษณะเป็นก้อนเขียวใส ขนาดตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จนถึงขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางราว 10 เซนติเมตร มีชื่อว่า ลอน ไซ่หิน หรือดอกหิน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nostochopsis* spp. มาเป็นยาแก้ร้อนใน โดยการนำมาทำความสะอาดแล้วใส่ น้ำลงไปเล็กน้อย เหยาะด้วยเกลือเล็กน้อย แล้วรับประทานเลย เมื่อรับประทานไปสักครู่จะรู้สึกสบายขึ้น นับเป็นข้อมูลที่น่าสนใจและจุดประกายความอยากรู้อยากเห็นให้แก่คณะวิจัยเป็นอย่างสูง โดยมีความสนใจที่จะนำสาหร่ายเหล่านี้มาวิจัยในด้านของการเป็นตัวยาหรือสารเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อโรคต่างๆ เป็นต้น

ทางด้านสารปฏิชีวนะจากสาหร่าย Lee (1999) กล่าวว่าสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* spp. สามารถผลิตสารปฏิชีวนะชื่อ Chlorellin ซึ่งมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ ซึ่งรู้จักมานานแล้ว อาภากรรัตน์ (2540) ได้สกัดสารปฏิชีวนะที่มีสีม่วงออกมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Scytonema* sp. TISTR8202 ซึ่งแยกได้จากดินนา จังหวัดปทุมธานี และมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย เช่น *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *S. capitis* และ *Escherichia coli* กาญจนภาชนัน (2527) กล่าวว่า ไดอะตอม *Nitzschia palea* สร้างสารปฏิชีวนะต้านแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ

ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Spirulina* spp. หรือสาหร่ายเกลียวทอง ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นจุลินทรีย์โปรตีนที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงจนกระทั่งสามารถผลิตในระดับอุตสาหกรรมออกมาเป็นอาหารเสริมวางจำหน่ายทั่วไป ก็พบว่าสารซึ่งสามารถใช้เป็นตัวยารักษาโรคได้หลายชนิด ดังเช่น เจียมจิตต์ (2532) ได้กล่าวไว้ในหนังสือ ความลับของสาหร่ายเกลียวทองว่านายแพทย์ชาวญี่ปุ่นได้กล่าวถึง *Spirulina* spp. ในการรักษาโรคต่างๆ ไว้ว่า สามารถรักษาโรคเบาหวาน อาการท้องอืด โรคตับอักเสบ โรคตับแข็ง โรคตับอ่อนเรื้อรัง ต้อกระจก ต้อหิน โรคแผลในกระเพาะอาหาร โรคผม่วรง และลดความเครียด ซึ่งสามารถทำให้โรคเหล่านั้นหายขาดในบางราย และบางรายก็ช่วยทำให้ทุเลาลง

นอกจากนั้น Tanticharoen and Ruengjitchatchawalya (2001) ยังกล่าวว่า โพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Spirulina* spp. มีฤทธิ์ต้านเชื้อไวรัส HSV-1 (herpes simplex virus type 1) โดยมีค่า EC_{50} (ระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการลดการเพิ่มจำนวนของไวรัสลงได้ร้อยละ 50) อยู่ที่ 0.173 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ ID_{50} (ระดับความเข้มข้นที่ยับยั้งเซลล์ร้อยละ 50) อยู่ที่ 26.3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และยังพบว่าสามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัสหลายชนิด ได้แก่ HSV-1, human cytomegalovirus, measles virus, mumps virus, influenza A virus และ HIV-1

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางด้านการใช้สาหร่ายเป็นตัวยารักษาได้ขยายขึ้นมากดังเช่น Fish and Codd (1994) พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ทนร้อนซึ่งเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ประเภทหนึ่งคือ *Phormidium* sp. สร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งการเจริญของ heterotrophic bacteria ชนิดกรัมบวกและกรัมลบหลายชนิด และยังยับยั้งการเจริญของเชื้อราและยีสต์ เช่น *Cladosporium resinae* และ *Candida albicans* นอกจากนี้ Patterson *et al* (1996) พบสารต้านเชื้อราชื่อ Scytophycin ซึ่งสกัดมาจาก *Scytonema burmanicum* และสารชนิดนี้ยังใช้เป็นสารต้านมะเร็งอีกด้วย ต่อมา Dey *et al.* (2000) สกัดสารโปรตีนจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชื่อ Cyanovirin สามารถยับยั้งการทำงานของไวรัส HIV ที่ก่อให้เกิดโรคเอดส์ได้ โดยไปจับกับ gp120 ของ HIV type1 และยับยั้งปฏิกิริยาการรวมกันของ glycoprotein membrane ของเชื้อ HIV

3.3 การศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายเพื่อนำมาใช้ประโยชน์

ในสาหร่ายมีสารสกัดทางชีวภาพหลายชนิดเช่น รงควัตถุ และโพลีแซคคาไรด์ สำหรับรงควัตถุนั้น อาจจะเป็นเบต้าแคโรทีน ซึ่งให้สีแดงหรือเหลือง ไฟโคไซยานิน จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีแดงที่ให้สีน้ำเงินหรือม่วงและไฟโคเออร์ธิน จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีแดงเช่นกันจะให้สีแดงหรือชมพู สารสกัดรงควัตถุเหล่านี้เป็นสีจากธรรมชาติซึ่งนอกจากจะให้สีต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว บางชนิดยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย (ยุวดี, 2545) สีธรรมชาติจากรงควัตถุของสาหร่ายเหล่านี้สามารถนำไปติดตามตรวจสอบทางด้านชีวโมเลกุล เนื่องจากบางชนิดสามารถเรืองแสงได้

สารพวกโพลีแซคคาไรด์หรือน้ำตาลหลายโมเลกุล ซึ่งประกอบไปด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายชนิด แต่จะมีมากน้อยต่างกัน และน้ำตาลเหล่านี้สามารถพัฒนาไปเป็นน้ำตาลประเภทโอลิโกแซคคาไรด์โดยกิจกรรมของเอนไซม์จากจุลินทรีย์บางชนิด (Vercellotti *et al.* 1997; Katrien *et al.* 2000) มีรายงานของ Knorr (1998) และ Voragen (1998) ได้กล่าวไว้ว่าโอลิโกแซคคาไรด์หลายชนิดมีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก และบางชนิดสามารถเป็นสารเพิ่มภูมิคุ้มกันในคน

3.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในโครงการวิจัยนี้ตระหนักดีว่าถ้ามีการส่งเสริมให้น้ำสาหร่ายมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมอาหารและยาน้ำจำเป็นจะต้องมีการเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้สาหร่ายปริมาณมากเพื่อเข้าสู่กระบวนการ

อุตสาหกรรม และต้องเป็นสาหร่ายที่ไม่มีสารพิษ ไม่ว่าจะเป็นโลหะหนัก ยาฆ่าแมลง หรือ สารปนเปื้อนอื่น ๆ ดังนั้นจึงได้มีจุดประสงค์ที่จะเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่จะนำมาใช้ในการแปรรูปเป็นอาหารหรือมาศึกษาทางด้านเป็นตัวยา ทั้งที่ตระหนักดีว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในธรรมชาตินี้ค่อนข้างยากมาก ในประเทศไทยยังไม่มีการวิจัยในเรื่องนี้ และแม้แต่ต่างประเทศก็ยังมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามการวิจัยสิ่งนี้ก็สมควรจะทำขึ้นเพื่อเป็นองค์ความรู้ใหม่ทางด้านสาหร่ายสำหรับประเทศเรา และจะเป็นแบบแผนหรือแนวทางให้นักวิชาการทางด้านสาหร่ายในอนาคตได้รับทราบและนำไปใช้ถ้าประสบผลสำเร็จ เหนือสิ่งอื่นใดชาวบ้านในละแวกที่มีสาหร่ายเหล่านี้เจริญตามธรรมชาติและสนใจที่จะเพาะเลี้ยงสาหร่ายเหล่านี้จะได้รับประโยชน์โดยตรง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่นี้มีเพียง 3 จินสเท่านั้นที่อาจจะสามารถเพาะเลี้ยงได้คือ สาหร่ายเตา (*Spirogyra* spp.) และสาหร่ายไถ (*Cladophora* spp. และ *Microspora* spp.) ส่วนสาหร่ายลอน (*Nostochopsis* spp.) คงเลี้ยงได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการ ส่วนในธรรมชาติหรือในบ่อจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อเพาะเลี้ยงอาจเป็นไปได้ยาก และสำหรับสาหร่ายเตาและไถก็ไม่สามารถเลี้ยงได้ง่ายนัก เนื่องจากการเกิดใหม่ของทลล์จะต้องเริ่มมาจากซุโอสปอร์หรือไซโกสปอร์เสมอ (Haynes, 1975) จึงเท่ากับว่าต้องมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างซุโอสปอร์และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาก่อนโดยการรวมกันของแกมมาเพคตัสและเพคเมียกลายเป็นไซโกท ซึ่งต่อมาจะพัฒนาเป็นไซโกสปอร์ ซึ่งในสาหร่ายเตาจะแตกต่างกัน โดยไซโกสปอร์จะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจนได้ 4 นิวเคลียส 3 ใน 4 นิวเคลียสจะสลายไป เหลือเพียง 1 นิวเคลียส จะออกเป็นทลล์ใหม่ แต่สำหรับในสาหร่ายไถนั้นไซโกสปอร์จะออกเป็นต้นสปอร์โรไฟต์ แล้วในต้นสปอร์โรไฟต์นี้จะสร้างซุโอสปอร์โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจนได้เซลล์จำนวนมาก และออกเป็นต้นแกมมาโตไฟท์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งมีการแตกของทลล์อย่างเห็นเจริญในน้ำทั่ว ๆ ไป ดังนั้นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 จินสจึงต้องสามารถเลี้ยงแล้วให้มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศดังที่กล่าวมาแล้วเสียก่อน จึงจะออกเป็นทลล์อย่างเห็นกันได้

ในการออกสำรวจสาหร่ายในลำน้ำน่าน หัวหน้าคณะวิจัยได้ทราบมาว่าในเขตอำเภอเมือง จังหวัดน่าน มีการทำนาเตา (สาหร่ายเตา) ได้รับผลสำเร็จพอสมควร จึงได้เดินทางไปเยี่ยมชม ปรากฏว่าเจ้าของนาชื่อ นายจุฑัตติยศ บ้านเหนือวัด ตำบลสะเนียน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายเตาในนาข้าวปกติได้ โดยเมื่อหมดหน้าปลูกข้าว ก็จะปล่อยให้เตาเจริญอยู่ในบริเวณที่ปลูกข้าวนั้นจนสามารถเก็บเกี่ยวขายได้ ในช่วงดังกล่าวที่สาหร่ายเตาเจริญอยู่จะมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศแล้วได้ไซโกทซึ่งจะฝังตัวอยู่ในดิน จึงเป็นช่วงเดียวกับที่น้ำในนาค่อย ๆ แห้งไป เมื่อมีการปล่อยน้ำเข้านาอีกครั้งหนึ่งไซโกทจะเจริญเป็นเส้นสายใหม่ได้ ภูมิปัญญาชาวบ้านในลักษณะนี้สมควรมีการส่งเสริมและวิจัยต่อถึงระยะการปล่อยน้ำเข้านาช่วงใดและใช้เวลานานเท่าใดในการเจริญของสาหร่ายเตาแต่ละรุ่น ซึ่งถ้าทราบถึงระยะเวลาการเจริญของสาหร่ายเตาแต่ละรุ่น ก็สามารถควบคุมช่วงเวลาของการปล่อยน้ำเข้านาได้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มผลผลิตได้อีกทางหนึ่ง กระบวนการปลูกสาหร่ายเตาดังกล่าวนับว่ายังไม่มีผู้ให้ความสนใจในการวิจัย นอกจากชาวบ้านที่ทดลองทำกันและได้ผลในระดับหนึ่ง ถ้ามีการส่งเสริมอย่างจริงจังจะสามารถปลูกสาหร่ายเตาได้ทั้งปี ไม่ใช่เฉพาะช่วงหน้าฝนดังที่ผ่านมาแล้วเท่านั้น

ส่วนการเลี้ยงสาหร่ายไถก็เช่นเดียวกัน ยังไม่มีผู้เพาะเลี้ยงได้ในประเทศไทย ทั้งที่เป็นสาหร่ายที่เป็นอาหารโดยตรงต่อปลาบึก และนักวิชาการด้านประมงต้องการให้มีการวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายประเภทนี้มาก ประกอบกับการนำสาหร่ายไถมาเป็นอาหารได้อีกทางหนึ่ง จึงสมควรให้มีการเพาะเลี้ยงให้ได้อย่างเป็นรูปแบบจากการวิจัยร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ทำให้ทราบว่าปัจจัยการเจริญของสาหร่ายไถคือ ต้องเจริญในน้ำไหล น้ำต้องใส ความเร็วของน้ำไม่สูงนัก อุณหภูมิควรต่ำกว่า 30 °C สารอาหารไม่เป็นปัจจัยจำกัดมากนัก ประสพการณ์เหล่านี้ทำให้คณะผู้วิจัยมีความมั่นใจว่าน่าจะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้พอสมควร

การเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ดังกล่าวนี้ ถ้าเป็นไปได้ก็จะสามารถทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดปี ไม่มีปัญหาถ้าจะนำเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหรือสกัดเป็นตัวยา และไม่มีปัญหาในเรื่องสารปนเปื้อนในน้ำที่อาจปนอยู่ในสาหร่ายนั้น

ในงานวิจัยเรื่องนี้ได้เลือกเอาลำน้ำน่านเป็นแหล่งศึกษาวิจัย เนื่องจากว่าคณะวิจัยได้ไปสำรวจลำน้ำสายนี้ตามคำบอกเล่าของเพื่อนอาจารย์ที่ทำวิจัยที่ดอยภูคา จังหวัดน่าน ว่าน่าจะเป็นลำน้ำที่น่าสนใจสำหรับผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับสาหร่าย และเมื่อไปสำรวจเมื่อฤดูหนาวปี 2544 ก็พบว่าเป็นลำน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์อย่างยิ่งทั้งด้านสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก มีทั้งสาหร่ายเตา สาหร่ายไก่อ สาหร่ายลอน และสาหร่ายอื่น ๆ สัตว์หน้าดินและปลาหลากหลายชนิด คณะวิจัยตระหนักดีว่าตลอดเวลาที่ทำงานวิจัยด้านสาหร่ายมานานก็ยังไม่พบแหล่งน้ำใดที่มีความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่เท่าที่นี้ พบว่าในพื้นที่เพียง 5 ตารางเมตร จะพบสาหร่ายขนาดใหญ่ไม่ต่ำกว่า 30 สปีชีส์ สัตว์หน้าดินในจำนวนพอ ๆ กัน พันธุ์ไม้น้ำอีกหลายชนิด และที่สำคัญคือ น้ำบริเวณที่ศึกษาเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี และปานกลางค่อนข้างดีทุกจุดสำรวจ สร้างความตื่นตาตื่นใจให้กับคณะวิจัยเป็นอย่างยิ่ง และจากการสัมภาษณ์ชาวบ้านและท่านพระครูพิทักษ์ นันทคุณ เจ้าอาวาสวัดอรัญญาวาส อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นที่ปรึกษาของชมรมอนุรักษ์เมืองน่าน ทำให้ทราบว่าชาวบ้านสองฝั่งลำน้ำน่านได้อาศัยทรัพยากรในแหล่งน้ำนี้ทั้งพืชน้ำ สาหร่าย และสัตว์น้ำเป็นอาหาร และเป็นยาสมุนไพรมานานแล้ว พวกเขาจะระแวงระวังลำน้ำของเขาเป็นอย่างดี ไม่ให้ลำน้ำสกปรก ไม่ทิ้งน้ำเสียลงสู่ลำน้ำ ไม่มีการสร้างฝายเก็บกักน้ำ และจะมีการสืบชะตาลำน้ำน่านทุกปี ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจลำน้ำนี้เป็นอย่างมาก และตั้งใจที่จะศึกษาทรัพยากรในแหล่งน้ำนี้อย่างแน่นอน รวมทั้งการนำมาเป็นประโยชน์ให้แก่ชุมชนให้มากขึ้นกว่าที่ผ่านมา โดยจะระมัดระวังไม่ทำให้ระบบนิเวศเดิมเสื่อมเสียแต่ประการใด

คณะผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยในโครงการนี้จะเป็นประโยชน์แก่ชุมชนบริเวณลำน้ำน่าน และลำน้ำอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น ลำน้ำโขง ซึ่งสามารถจะนำผลการวิจัยไปใช้ได้ และชุมชนในภูมิภาคอื่น ๆ ของประเทศไทยที่สนใจเกี่ยวกับการแปรรูปอาหาร รวมทั้งการศึกษาตัวยาหรือสารสกัดจากสาหร่ายขนาดใหญ่ที่ศึกษา

4. วิธีการวิจัยและผลการวิจัย

งานวิจัยในโครงการนี้นับว่าเป็นโครงการใหญ่และมีความซับซ้อนอยู่มาก จึงขอแบ่งหัวข้องานวิจัยออกส่วนใหญ่ ๆ 3 ส่วน ดังนี้:-

4.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้าน

คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน

4.1.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านในชุมชนลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขา

4.1.2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่นำมาเป็นอาหาร

4.1.3 ศึกษาการแปรรูปอาหารชนิดต่างๆ จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการทดสอบในกลุ่มผู้บริโภค การปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมีมาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นความต้องการของท้องถิ่นมากขึ้น

4.1.4 ช่วยชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อทางด้านการออกแบบ ฉลากผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับ และการทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์

4.1.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน ทั้งระดับชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และแวดวงวิชาการทางด้านสาหร่าย

4.2 ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญในลำน้ำน่าน โดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา

4.2.1 ศึกษาระบบนิเวศในลำน้ำน่านบริเวณที่สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เจริญ เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของการเจริญและสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อไป

4.2.2 ศึกษาองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นอาหารและยา

4.2.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงและการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหารและยาทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม

4.3 ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นตัวรักษาโรคและการผลิตสารชีวภาพอื่นๆ

4.3.1 ศึกษาการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เป็นตัวรักษาโรคจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

4.3.2 ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและสารสกัดทางชีวภาพจากสาหร่ายไก่อ

4.3.3 ศึกษาความเป็นพิษและฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายไก่อ

4.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้ คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูปผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน

4.1.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านในชุมชนลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขา

เป็นงานวิจัยขั้นแรกที่ทางคณะผู้วิจัยเริ่มศึกษา โดยเข้าไปติดต่อผู้นำชุมชน ได้แก่ กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน นายกองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) กลุ่มฮักเมืองน่าน กลุ่มแม่บ้านที่มีอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายขนาดใหญ่ พระสงฆ์อาวุโส ซึ่งรู้เรื่องราวของสาหร่ายเหล่านี้เมื่อครั้งอดีต และกลุ่มบุคคลอื่นๆ เพื่อให้ทราบเรื่องราวความเป็นมาของการนำสาหร่ายเหล่านี้มาเป็นอาหารและยา

จากนั้นเข้าศึกษาเกี่ยวกับชนิดของอาหารและยาที่นำมาจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ วิธีการปรุง การรับประทาน ทักษะที่ชาวบ้านมีต่อการรับประทานอาหารประเภทนี้ รวมถึงการใช้เป็นยาทั้งในอดีตและปัจจุบัน ข้อมูลที่ได้ ได้จากการสัมภาษณ์ จดบันทึก ถ่ายภาพ บันทึกเทป ถ่ายวิดีโอ รวมถึงการสาธิตวิธีทำอาหารและการรับประทานสาหร่ายเพื่อเป็นยาด้วย ส่วนใหญ่ศึกษาจากชุมชนบริเวณลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน มีบางส่วนที่ศึกษาในชุมชน ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งได้ใช้ประโยชน์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่จากลำน้ำโขง

ผลการวิจัย

4.1.1 ศึกษาข้อมูลของการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารในชุมชนโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านในชุมชนลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขา

4.1.1.1 ข้อมูลทั่วไป

งานวิจัยส่วนนี้ได้รับการตอบรับที่ดีมาก โดยเฉพาะจากชุมชนบริเวณลำน้ำน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมาย คณะผู้วิจัยได้สัมภาษณ์บุคคลต่างๆ จำนวนมาก ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. ท่านพระครูพิทักษ์ นันทคุณ

เจ้าอาวาสวัดอรัญญาวาส ตำบลปาคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

2. นายสมาน ค่ายอาจ

เป็นผู้ซึ่งได้รับรางวัลคนดีศรีสังคม ประจำปี 2542 ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่านพร้อมด้วยครอบครัวได้ให้สัมภาษณ์และจัดต้นแบบอาหารที่ประกอบด้วยสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ไว้อย่างสมบูรณ์และได้สาธิตให้ดูเป็นขั้นตอน

3. อาจารย์เอนก วิเศษสุข

ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

4. นายเกียรติ ท้าวฮ้าย

นายกองค์การบริหารส่วนตำบลหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

5. นางเพ็ญศรี ภิมาลย์และนางบุผา ภิมาลย์

ผู้ประกอบการอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ในกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

6. นางศิริพร คำหว่าง

ผู้ประกอบการอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ในกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

7. นายจิตกร จิตรกุล

นายกองค์การบริหารส่วนตำบล ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

8. นางมานี จินะราช

ผู้ประกอบการอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ในกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

และยังมีบุคคลอื่น ๆ ที่ได้เอ่ยชื่ออีกหลายคน จากการศึกษาสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารจากภูมิปัญญาชาวบ้าน พบว่าประชากรทั้ง 2 ลำน้ำใช้สาหร่ายไถ ซึ่งเป็นสาหร่ายประเภทเส้นสายสีเขียว เจริญอยู่บริเวณพื้นที่ท้องน้ำของทั้งสองลำน้ำในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน มาปรุงเป็นอาหารจากภูมิปัญญาชาวบ้านตั้งแต่อดีตกาลนับเป็นเวลากว่า 100 ปีมาแล้ว โดยนำมาปรุงเป็นอาหารไม่กี่อย่าง อาทิเช่น ไถยี้ ยำไถ ห่อหนึ่งไถ ไถแผ่น ไถน้ำเกลือ ซึ่งในจำนวนนี้ไถยี้ ห่อหนึ่งไถ และยำไถ จัดเป็นอาหารพื้นบ้านที่รับประทานกันแทบทุกครัวเรือน และแทบทุกวัน ในช่วงที่มีสาหร่ายไถเจริญในลำน้ำน่าน และลำน้ำโขง (ภาพที่ 1)

สาหร่ายอีกประเภทหนึ่งคือ สาหร่ายลอน หรือ อองลอน หรือ ดอกหิน ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินลักษณะเป็นก้อนขุ่น หรือ เป็นก้อนเมือกสีเขียวแกมน้ำเงินขนาดเล็กใหญ่แตกต่างกัน ชาวบ้านเฉพาะในลำน้ำน่านนำมาประกอบอาหารประเภทยำคล้ายยำไถ และเนื่องจากลักษณะของสาหร่ายชนิดนี้เป็นก้อนหรือก้อนเมือก การเก็บรักษาในลักษณะสาหร่ายแห้งจึงทำได้ยาก แตกต่างจากสาหร่ายไถ ซึ่งสามารถตากหรืออบแล้วได้สาหร่ายแห้งเป็นเส้นสวยงามมาแปรรูปเป็นไถยี้ ไถแผ่นหรือไถน้ำเกลือได้อีก

ส่วนสาหร่ายเตาหรือเตาหน้า ชาวบ้านทั้ง 2 จังหวัดก็นิยมนำมาประกอบอาหารประเภทยำ เรียกว่ายำเตา คล้ายกับประชากรทั่วไปในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งนิยมรับประทานสาหร่ายชนิดนี้ แต่ความนิยมไม่มากเท่าสาหร่ายไถ

ส่วนการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาเป็นตัวรักษาโรคต่างๆ นั้นพบว่า ประชากรแถบลำน้ำน่านในอดีตมีการใช้สาหร่ายลอนมาเป็นยาแก้ร้อนในซึ่งโดยการสังเกตของคณะวิจัยพบว่า สาหร่ายชนิดนี้เมื่อจับดูจะรู้สึกเย็นๆ คล้ายวุ้นหรือเยลลี่ จึงมีแนวโน้มที่ชาวบ้านจะนำไปใช้แก้ร้อนในหรือเป็นไข้ได้ อย่างไรก็ตามก็สมควรมีการศึกษาถึงฤทธิ์การใช้เป็นตัวยาค่อยๆ ไปในงานวิจัยซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

4.1.1.2 การประกอบอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่จากภูมิปัญญาชาวบ้าน

จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งนิยมรับประทานอาหารที่ปรุงจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน ประมาณ 30 คน ได้ตอบคำถามและได้สาธิตให้ดูถึงวิธีการปรุง ดังมีรายละเอียดของวิธีการปรุงอาหารแต่ละชนิดดังนี้

1. ยำเตา

เครื่องปรุง	เตาหรือเทาน้ำสด	พริกป่นหรือพริกชี้หนูแห้งละเอียด	หอมแดงซอย
	ต้นหอม ผักชี หั่นละเอียด	เกลือป่น	ใบขิงซอย
	มะเขือแจ้ผ่าบางๆ	ปูนาต้มแล้วตำละเอียดหรือจะใช้ปลาต้มแทนก็ได้	
วิธีการปรุง	นำเตาที่ได้จากแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี นำมาล้างตะกอนดินออกให้หมด นำมาใส่ซามแล้วคลุกรวมกันกับเครื่องปรุงทั้งหมด ไม่ควรใส่น้ำปลาเนื่องจากจะทำให้มีกลิ่นคาว		

2. ยำไก่

เครื่องปรุง	ไกสดที่ล้างน้ำสะอาด	ตะไคร้	พริกชี้หนู
	ใบย่านาง	ต้นหอม ผักชี	เกลือป่น
	กระเทียม	หอมแดง	
วิธีการปรุง	นำไก่ที่ล้างสะอาดมาเคล้ากับเกลือแล้วบีบน้ำออก แล้วนำมาสับให้ละเอียด จากนั้นคั้นน้ำใบย่านางให้ข้นแล้วกรองให้สะอาด โขลกเครื่องปรุงเช่น ตะไคร้ซอย พริกชี้หนู กระเทียม โดยโขลกรวมกัน แล้วผสมลงในน้ำใบย่านาง นำเครื่องปรุงในน้ำใบย่านาง ลงคลุกเคล้ากับไก่ที่สับละเอียด โรยหอมแดงและต้นหอมที่ซอยแล้ว และผักชีโรยหน้าไก่ที่ผสมเครื่องปรุงเรียบร้อยแล้ว		

3. ยำล่อน

เครื่องปรุง	ล่อนสด	กระเทียมทุบละเอียด	พริกป่น
	ข่าหั่นซอยบางๆ	งาดำคั่วป่น	เกลือป่น
	ต้นหอมหั่นซอยสั้น	น้ำมะนาวหรือมะกอกปาสูก	
วิธีการปรุง	นำล่อนที่เก็บได้จากลำธารที่น้ำสะอาด ล้างเอาตะกอนดินออกให้หมดจากนั้นนำมาใส่ข่าที่หั่นซอยไว้แล้ว ใส่กระเทียม งาดำ ปรุงรสด้วยเกลือป่น น้ำมะนาว และพริกป่น โรยหน้าด้วยต้นหอมซอย บางครั้งอาจใช้มะกอกปาสูกแทนน้ำมะนาวจะมีรสชาติดีขึ้น		
หมายเหตุ	บางหมู่บ้านอาจใช้ปลาต้ม ผสมลงไป เพื่อให้มีรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการดีขึ้น		

4. ไก่ยี่

เครื่องปรุง	ไก่ตากแห้ง	กระเทียมเจียว	เกลือป่น
	งาขาวคั่ว		
วิธีการปรุง	นำไก่ที่ตากแห้งเป็นแผ่นๆ มาผิงไฟให้กรอบหอม แล้วนำมายีให้เป็นผงโดยใช้มือถูไปมา คลุกไก่ยี่ด้วยกระเทียมเจียว เกลือป่น และงาขาวคั่ว แล้วปรุงรสชาติตามชอบใจเก็บในภาชนะปิดสนิท		

5. ห่อหนึ่งไก

เครื่องปรุง	ไกสดที่ล้างน้ำสะอาด	ตะไคร้	พริกแห้ง
	พริกหนุ่มหั่นเป็นแว่น	ใบย่านาง	ต้นหอมหั่นซอย
	เกลือป่น	กระเทียม	หอมแดง

ใบมะกรูด

วิธีการปรุง นำใบที่ล้างสะอาดแล้วมาเคล้ากับเกลือแล้วบีบน้ำออก แล้วนำมาสับให้ละเอียดขึ้น คั้นน้ำใบย่านางให้ข้นแล้วกรองให้สะอาด โขลกเครื่องปรุง เช่นตะไคร้ซอย พริกแห้ง ใบมะกรูดซอย กระเทียม หอมแดง เกลือป่น นำใบที่สับละเอียดแล้ว มาผสมน้ำใบย่านาง ใส่ต้นหอม พริกหนุ่ม แล้วคลุกกรวมกับเครื่องปรุง แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปห่อด้วยใบตอง คล้ายห่อหมก นำไปนึ่งประมาณ 1 ชั่วโมง

6. ไก่น้ำเกลือ

เครื่องปรุง	ไกสดที่ล้างน้ำสะอาด	เกลือ	น้ำมันพืช
--------------------	---------------------	-------	-----------

วิธีการปรุง นำไกมาตากแดดโดยวางบนภาชนะ และใช้เกลือโรยให้ทั่วไก่ที่แผ่อก เมื่อไก่แห้งแล้วจะได้ไก่เป็นแผ่น นำมาตัดเป็นขนาดตามต้องการ ทาด้วยน้ำมันพืชทั่วแผ่นแล้วนำไปลนไฟ จะได้ไก่แผ่นที่มีกลิ่นหอม นำไปรับประทานเป็นเครื่องเคียงกับน้ำพริก

7. ไกทรงเครื่อง

เครื่องปรุง	ไกสด	น้ำสะอาด	ขิง ข่า กระเทียมบดละเอียด
	งาขาว	มะขามเปียก	เกลือป่น
	ซีอิ๊วขาว หรือน้ำปลา		

วิธีการปรุง นำไกสดไปทำให้แห้งโดยการอบแห้ง แล้วปรุงน้ำปรุงรสด้วยขิง ข่า กระเทียมบดละเอียด มะขามเปียก เกลือ ซีอิ๊วขาว พรมน้ำปรุงรสลงบนไก่ แล้วโรยด้วยงาขาว นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส นาน 4 – 5 ชั่วโมง แล้วเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท เมื่อต้องการรับประทานควรนำไปทอดในน้ำมันร้อนโดยใช้ไฟอ่อน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าอาหารเหล่านี้จะเป็นอาหารพื้นฐานจากภูมิปัญญาชาวบ้านแบบดั้งเดิม ซึ่งก็มีมีการปรุงเพื่อรับประทานในครัวเรือนหรือมีการจำหน่ายในชุมชนใกล้แหล่งผลิตโดยเฉพาะไถ่ และห่อหนึ่งไก ต่อมา มีการพัฒนาไกทรงเครื่องซึ่งทำเป็นแผ่นคล้ายข้าวเกรียบมีความกรอบและรสชาติที่เข้มข้น ใช้เป็นอาหารว่างได้อย่างดี สามารถจำหน่ายได้กว้างขวางขึ้น เนื่องจากมีรสชาติที่คนทั่วไปรับประทานได้แต่อย่างไรก็ตามอาหารเหล่านี้ยังมีจุดอ่อนอีกมากทั้งในแง่การผลิต การแปรรูปและการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งงานวิจัยในโครงการนี้ได้ทำการศึกษา ตลอด 3 ปีที่ผ่านมา ดังจะได้กล่าวถึงต่อไปในหัวข้อที่ 4.1.3 และ 4.1.4



ภาพที่ 1 การปรุงอาหารจากสาหร่ายไก่อ

ก) ส่วนประกอบสำหรับปรุงห่อหนึ่งใบ

ข) ห่อหนึ่งใบ

ค) ส่วนประกอบสำหรับปรุงยำ

ง) การคลุกไก่อ

4.1.2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่นำมาเป็นอาหาร

4.1.2.1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน

วิธีการวิจัย (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ทำการวิเคราะห์โดยใช้ dichloromethane สกัดไขมันจากตัวอย่าง 3-5 กรัม

การวิเคราะห์หาโปรตีน

หาปริมาณโปรตีนจากปริมาณไนโตรเจน ซึ่งวิเคราะห์แบบ Kjeldahl โดยนำตัวอย่าง 1 กรัม ไปย่อยด้วยเครื่องย่อย แล้วจึงไตเตรทด้วยกรด HCl 0.25 N

การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหาร

ทำการย่อยตัวอย่าง 3 กรัมด้วยกรด H_2SO_4 12.5% 50 มิลลิลิตร แล้วจึงเติม KOH 12.5% 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ย่อยแล้วไปอบที่ 103 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

นำตัวอย่างหั่นเป็นชิ้นหยาบๆ ใส่ในภาชนะแล้วอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้มีความชื้นเท่ากับความชื้นของอากาศในห้องซึ่ง ชั่งตัวอย่างอีกครั้ง จากนั้นนำมาบดทันที และวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง แล้วจึงคำนวณหาปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

นำถ้วยกระเบื้องเคลือบเผาในเตาเผาแล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ใส่ตัวอย่าง 3 กรัม นำไปเผาด้วยตะเกียง จนหมดควัน แล้วจึงเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 470 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน

ทำการวิเคราะห์หาวิตามินเอ ซี บี1 บี2 กรดโฟลิก กรดแพนโทธีนิก และไนอะซิน ตามวิธีของ AOAC (2000)

การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือแร่

ทำการวิเคราะห์หาแคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี และซีลีเนียม ตามวิธีของ AOAC (2000)

สำหรับไก่ ส่งไปวิเคราะห์ 3 ครั้ง

ครั้งที่ 1 เป็นสำหรับไก่แห้งจากกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน วิเคราะห์เมื่อ เมษายน 2546 (ตัวอย่างที่ 1)

ครั้งที่ 2 เป็นสำหรับไก่แห้งจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน วิเคราะห์เมื่อ เมษายน 2547 (ตัวอย่างที่ 2)

ครั้งที่ 3 เป็นสำหรับไก่แห้งจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย วิเคราะห์เมื่อ สิงหาคม 2547 (ตัวอย่างที่ 3)

สำหรับลอน เป็นสำหรับลอนแห้ง จากลำน้ำน่าน ส่งไปวิเคราะห์ 1 ครั้ง วิเคราะห์เมื่อ เมษายน 2547

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสำหรับไก่และสำหรับลอนนับว่าได้ผลที่น่าสนใจมาก การวิเคราะห์นี้วิเคราะห์ครบทั้ง 3 กลุ่ม คือกลุ่มสารอาหารพื้นฐาน กลุ่มวิตามิน และกลุ่มเกลือแร่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของสำหรับไก่และสำหรับลอน วิเคราะห์โดยโครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	สำหรับไก่			สำหรับลอน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	
สารอาหารพื้นฐาน (กรัม.100 กรัม ⁻¹ น้ำหนักแห้ง)				
ความชื้น	6.61	ไม่ได้วิเคราะห์	4.00	ไม่ได้วิเคราะห์
ไขมัน	6.14	3.12	7.24	0.64
โปรตีน (Nx6.25)	20.6	19.3	24.7	19.1
กาก (ใยอาหาร)	21.2	21.9	13.0	2.05
เถ้า	14.2	19.6	15.9	16.0
คาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณ)	31.25	30.34	17.16	31.94
ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี.100 กรัม ⁻¹ น้ำหนักแห้ง)	262.7	ไม่ได้วิเคราะห์	304.6	ไม่ได้วิเคราะห์
วิตามิน (มิลลิกรัม.100 กรัม ⁻¹ น้ำหนักแห้ง)				
วิตามินเอ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	สาหร่ายไถ			สาหร่ายลอน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	
วิตามินซี	21.6	6.78	41.9	1.07
วิตามินบี ₁	0.08	0.16	0.12	0.12
วิตามินบี ₂	0.35	0.54	1.92	0.07
กรดโฟลิก	0.13	0.14	0.58	ไม่พบ
กรดแพนโทธีนิก	0.35	0.26	0.62	0.50
ไนอะซิน	4.59	4.20	9.00	2.48
เกลือแร่ (มิลลิกรัม.100 กรัม ⁻¹ น้ำหนักแห้ง)				
แคลเซียม	768.0	943.9	529.9	12378.9
โซเดียม	474.3	716.9	36.9	136.9
โพแทสเซียม (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	2.61	4.62	5.52	0.5
คลอไรด์ (กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	1.04	1.55	0.75	0.3
แมกนีเซียม	194.8	170.5	213.5	265.4
แมงกานีส	21.2	5.36	19.6	4.5
เหล็ก	195.2	162.0	59.3	114.9
ทองแดง (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	0.25	0.31	0.41	0.67
สังกะสี	1.13	0.65	1.14	0.65
ซีลีเนียม (ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	ไม่ได้วิเคราะห์	460.4	ไม่ได้วิเคราะห์	409.8

จากคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถซึ่งได้ทำการศึกษา 3 ครั้ง และสาหร่ายลอนที่ทำการศึกษา 1 ครั้ง จะเห็นได้ชัดว่าสาหร่ายทั้งสองมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าสาหร่ายเตา ซึ่งเป็นที่นิยมรับประทานกันทั่วไปในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Peerapompisal *et al.*, 1997) จุดเด่นของสาหร่ายไถและสาหร่ายลอนในเรื่องโภชนาการก็คือ การมีโปรตีนสูงเท่าๆ กับปลาน้ำจืด คือมีประมาณ 20 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่าใช้ทดแทนเนื้อปลาได้ทีเดียว และสาหร่ายไถยังสามารถรับประทานได้ครั้งละมากๆ จึงถือว่าเป็นอาหารโปรตีนได้อีกแหล่งหนึ่ง กากหรือเส้นใย ก็มีพอๆ กับผักใบเขียวต่างๆ ไป ในกลุ่มวิตามิน สาหร่ายทั้ง 2 ชนิดก็มีค่อนข้างมาก โดยเฉพาะวิตามินบี 1 และ บี 2 วิตามินซี กรดโฟลิก และกรดแพนโทธีนิก ในกลุ่มเกลือแร่ มีแคลเซียมค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในสาหร่ายลอน นอกจากนั้นก็มีโซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง และที่เด่นที่สุดคือซีลีเนียม ในสาหร่ายทั้งสองชนิด โดยมีปริมาณสูงเกิน 400 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งถือว่าสูงกว่าผักสีเขียวโดยทั่วไป ซึ่งแร่ธาตุชนิดนี้รู้กันดีว่าเป็นสารป้องกันอนุมูลอิสระที่สำคัญยิ่งชนิดหนึ่ง สมควรที่จะนำจุดเด่นตรงนี้ไปประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคได้รับทราบต่อไป เพื่อที่จะได้เห็นคุณค่าของสาหร่ายเหล่านี้ให้ดีขึ้นกว่าในปัจจุบัน

4.1.3 ศึกษาการแปรรูปอาหารชนิดต่าง ๆ จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งการทดสอบในกลุ่มผู้บริโภค การปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งมีมาก่อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นความต้องการของท้องตลาดมากขึ้น

เนื่องจากงานวิจัยในส่วนนี้มีปริมาณค่อนข้างมาก จึงขอแยกผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เกี่ยวข้องกับการแปรรูปอาหารชนิดต่าง ๆ จากสาหร่ายไถ และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายไถ โดยภูมิปัญญาชาวบ้าน ดังมีรายละเอียดดังนี้

4.1.3.1 การแปรรูปอาหารชนิดต่าง ๆ จากสาหร่ายไถ

ในงานวิจัยของโครงการนี้ได้นำสาหร่ายไถมาแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ ถึง 24 ชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ประเภทอาหารคาว 8 ชนิด

1. บะหมี่สาหร่ายไถสด
2. บะหมี่สาหร่ายไถอบแห้ง
3. น้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ
4. น้ำพริกเผสาหร่ายไถ
5. น้ำพริกแคหมูสาหร่ายไถ
6. น้ำพริกหมูสาหร่ายไถ
7. น้ำพริกนรกสาหร่ายไถ
8. โจ๊กสาหร่ายไถ

ประเภทขนมขบเคี้ยวและอาหารว่าง 16 ชนิด

9. สาหร่ายไถแผ่นกรอบปรุงรส
10. ขนมปังแบ่งข้าวเหนียวสาหร่ายไถอบกรอบโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟ
11. ข้าวเหนียวอบกรอบผสมสาหร่ายไถ
12. สาหร่ายไถแผ่น
13. ขนมปังสาหร่ายไถ
14. กรอบเค็มสาหร่ายไถ
15. เค้กเนยสาหร่ายไถ
16. ข้าวเกรียบสาหร่ายไถ
17. คูกี้สาหร่ายไถ
18. ทองม้วนสาหร่ายไถ
19. พิมพ์กรอบสาหร่ายไถ
20. ข้าวแต่น้ำสาหร่ายไถ
21. ข้าวเม่าหมีผสมสาหร่ายไถ
22. แครกเกอร์หน้าไถยี่
23. ทอดมันข้าวโพดผสมไถยี่
24. ไถแผ่นชุบแป้งทอด

1. บะหมี่สาหร่ายไกสด (ภาพที่ 2)

สูตรการผลิต

ในการผลิตบะหมี่สาหร่ายไกสด จะมีส่วนประกอบของส่วนผสม 2 ส่วน ได้แก่ส่วนผสมหลักและส่วนผสมรอง ซึ่งมีสัดส่วนดังนี้

ส่วนผสมหลัก (138 กรัม)

- | | | |
|------------------------|----|------|
| 1. แป้งสาลีเอนกประสงค์ | 90 | กรัม |
| 2. น้ำ | 48 | กรัม |

ส่วนผสมรอง (14.75 กรัม)

1. ไกแห้งป่นละเอียดเบอร์ 4
2. ไกแห้งป่นละเอียดเบอร์ 6
3. แป้งสาลีสำหรับทำขนมปัง (hard wheat flour)
4. แป้งสาลีเอนกประสงค์ (All purpose wheat flour)
5. โซเดียมคาร์บอเนต
6. ไข่ไก่(ทั้งฟอง)

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบส่วนผสมเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสี L^* a^* b^* และ Tensile Strength ของบะหมี่สาหร่ายไกสด โดยแผนการทดลอง จัดวางแบบส่วนผสม D-optimal แบบหุ่นกำลังหนึ่ง ซึ่งมีทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง ดังต่อไปนี้

สิ่ง ทดลอง ที่	ไก่ป่นละเอียด เบอร์ 4	ไก่ป่นละเอียด เบอร์ 6	แป้งขนมปัง (bread Flour)	แป้งสาลี เอนกประสงค์	โซเดียม คาร์บอเนต	ไข่ไก่ (whole egg)
1	1.4722	1.4722	3.7685	3.7685	0.5000	3.7685
2	1.4722	1.4722	3.7685	3.7685	0.5000	3.7685
3	1.4722	1.4722	3.7685	3.7685	0.5000	3.7685
4	0.0000	3.0000	0.0000	10.0000	0.0000	1.7500
5	3.0000	0.0000	0.0000	10.0000	1.0000	0.7500
6	0.0000	0.0000	10.0000	0.0000	0.0000	4.7500
7	0.0000	3.0000	0.7500	0.0000	1.0000	10.0000
8	3.0000	0.0000	1.7500	0.0000	0.0000	10.0000
9	3.0000	3.0000	8.7500	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	10.0000	3.7500	1.0000	0.0000

กระบวนการผลิต

1. ร่อนส่วนผสมที่เป็นแป้งทั้งหมดเข้าด้วยกัน นำมาผสมกับไก่ป่น
2. ละลายโซเดียมคาร์บอเนตและไข่ลงในน้ำ นำไปเทลงชามผสม
3. ผสม/นวดโดยใช้เครื่องผสมหัวรูปใบไม้ ความเร็วระดับ 4 ผสมจนส่วนผสมจับเป็นก้อน ไม่ติดชาม ใช้เวลา 2 นาที
4. แบ่งแป้งเป็นก้อน ๆ ละ 36-38 กรัม รีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีด (จากเบอร์ 1, 2, 4 จนถึง 6) โรยด้วยแป้งมันก่อนนำไปตัดเป็นเส้นขนาดประมาณ 1.5 มิลลิเมตร

- นำบะหมี่สดที่ได้ไปล้างน้ำเปล่า ก่อนทำการลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที ทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ประเมินผล

การวิเคราะห์ประเมินผล

เส้นบะหมี่ที่ได้ นำวัดค่าสีระบบ CIE L^* a^* และ b^* โดยใช้เครื่อง Hunter Lab : Color Quest II แหล่งกำเนิดแสง D65 , 10° วัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ ส่วนค่า Tensile strength ของบะหมี่ ใช้เครื่อง Universal Testing Machine : Instron 650 ความเร็วของหัววัด 50 มิลลิเมตรต่อนาที วัดตัวอย่าง 4 ซ้ำ นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์ผลเพื่อหาสมการรีเกรสชัน

ผลการทดลอง

เส้นบะหมี่ที่ได้ นำไปวัดค่าสีระบบ CIE L^* a^* และ b^* โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 , 10° วัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ ส่วนค่า Tensile strength ของบะหมี่ ใช้ความเร็วหัววัด 50 มิลลิเมตรต่อนาที วัดตัวอย่าง 4 ซ้ำ นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์ผลเพื่อหาสมการรีเกรสชัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าสี L^* a^* b^* และ Tensile strength ของเส้นบะหมี่สำหรับไส้ไก่สดที่ลวกแล้ว

สิ่งทดลองที่	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	Tensile strength (mN)
1	48.22	-2.35	12.16	122.66
2	48.80	-2.46	12.45	111.58
3	48.72	-2.15	11.85	119.13
4	50.70	-2.15	11.81	62.45
5	47.59	-2.10	12.66	88.25
6	70.49	0.03	10.97	67.37
7	45.52	-1.37	10.84	110.68
8	52.72	-2.90	12.12	52.69
9	44.52	-2.54	10.89	48.61
10	65.77	-0.20	15.30	149.33

จากการวิเคราะห์พบว่า ส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีอิทธิพลต่อค่าสี L^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0010$) มีค่า adjusted $R^2 = 0.9987$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าสี } L^* = & 9.646 \quad * \text{ ไก่เบอร์ 4} \\
 & + 8.772 \quad * \text{ ไก่เบอร์ 6} \\
 & + 6.172 \quad * \text{ Bread Flour} \\
 & + 2.115 \quad * \text{ All purpose Flour} \\
 & - 3.885 \quad * \text{ NaCO}_3 \\
 & + 1.846 \quad * \text{ Whole egg} \\
 & - 4.150 \quad * \text{ ไก่เบอร์ 4} * \text{ ไก่เบอร์ 6} \\
 & - 1.043 \quad * \text{ ไก่เบอร์ 4} * \text{ Bread Flour}
 \end{aligned}$$

โดยที่ ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไก่แต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

จากสมการดังกล่าว จะเห็นได้ว่าสาหร่ายไ้ทั้ง 2 เบอร์มีปฏิสัมพันธ์กันโดยมีสัมประสิทธิ์เป็น -4.15 ซึ่งจะส่งผลให้อิทธิพลโดยรวมของสาหร่ายไ้ต่อสี L^* ของบะหมี่เป็นไปในลักษณะผกผัน กล่าวคือ หากใช้ปริมาณสาหร่ายไ้มากขึ้น จะทำให้สี L^* ลดลง ทำให้สีของบะหมี่มีความสว่างลดลง ซึ่งจะได้ชัดเจนขึ้นจากภาพของเส้นบะหมี่สาหร่ายไ้ในสิ่งทดลองต่างๆ (ภาพที่ 2) และจะเห็นว่าสาหร่ายไ้เบอร์ 4 จะมีผลต่อค่าสี L^* ได้มากกว่าเบอร์ 6



สิ่งทดลองที่ 1



สิ่งทดลองที่ 2



สิ่งทดลองที่ 3



สิ่งทดลองที่ 4



สิ่งทดลองที่ 5



สิ่งทดลองที่ 6



สิ่งทดลองที่ 7



สิ่งทดลองที่ 8



สิ่งทดลองที่ 9



สิ่งทดลองที่ 10

ภาพที่ 2 บะหมี่สาหร่ายไ้สดทั้ง 10 สูตร

ส่วนค่าสี a^* นั้นพบว่า ส่วนผสมมีอิทธิพลต่อค่าสี a^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0188$) มีค่า adjusted $R^2 = 0.9757$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าสี } a^* = & 2.460 * \text{ไ้เบอร์ 4} \\ & + 2.388 * \text{ไ้เบอร์ 6} \\ & + 0.374 * \text{Bread Flour} \\ & - 0.792 * \text{All purpose Flour} \\ & - 0.974 * \text{NaCO}_3 \\ & - 0.782 * \text{Whole egg} \\ & - 0.526 * \text{ไ้เบอร์ 4} * \text{ไ้เบอร์ 6} \\ & - 0.594 * \text{ไ้เบอร์ 4} * \text{Bread Flour} \end{aligned}$$

โดยที่ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไกแต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

จะเห็นได้ว่าโดยรวมแล้วค่า a^* ของบะหมี่สำหรับไก่จะติดลบ ซึ่งหมายถึงมีลักษณะสีเขียว โดยพบว่า หากเติมสำหรับไก่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีสีเขียวเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยจะเห็นได้จากค่า a^* จะติดลบมากยิ่งขึ้น

ส่วนค่า b^* พบว่า ส่วนผสมมีอิทธิพลต่อค่า b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0436$) มีค่า adjusted $R^2 = 0.8556$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่า } b^* = & -5.551 * \text{ไก่เบอร์ 4} \\ & -4.861 * \text{ไก่เบอร์ 6} \\ & +0.150 * \text{Bread Flour} \\ & +2.269 * \text{All purpose Flour} \\ & +5.032 * \text{NaCO}_3 \\ & +2.014 * \text{Whole egg} \\ & +1.549 * \text{ไก่เบอร์ 4} * \text{Bread Flour} \end{aligned}$$

โดยที่ ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไกแต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

สำหรับค่า Tensile strength ซึ่งแสดงถึงความเหนียวของบะหมี่ พบว่าส่วนประกอบมีอิทธิพลต่อค่า Tensile strength อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0210$) โดยมีค่า adjusted $R^2 = 0.9728$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่า Tensile strength (mN)} = & -156.22 * \text{ไก่เบอร์ 4} \\ & -136.93 * \text{ไก่เบอร์ 6} \\ & -12.58 * \text{Bread Flour} \\ & +40.21 * \text{All purpose Flour} \\ & +124.31 * \text{NaCO}_3 \\ & +40.66 * \text{Whole egg} \\ & +39.37 * \text{ไก่เบอร์ 4} * \text{ไก่เบอร์ 6} \\ & +26.05 * \text{ไก่เบอร์ 4} * \text{Bread Flour} \end{aligned}$$

โดยที่ ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไกแต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

พบว่า การใช้สำหรับเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะเบอร์ 6 จะทำให้ความเหนียวของบะหมี่ลดลง ขณะเดียวกัน พบว่า การเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตจะให้ความเหนียวของเส้นบะหมี่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

2. บะหมี่สำหรับไก่อบแห้ง (ภาพที่ 3)

สูตรการผลิตและกระบวนการผลิต

ในการผลิตบะหมี่สำหรับไก่แห้ง จะมีส่วนประกอบและวิธีการผลิต (ข้อ 1-4) เช่นเดียวกับส่วนผสมของบะหมี่สด โดยเพิ่มขั้นตอนการนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ในการ

ทดสอบ จะนำบะหมี่แห้งมาแช่น้ำให้คืนตัวเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที ทำให้เย็นทันทีก่อนนำไปวิเคราะห์ประเมินผล



ภาพที่ 3 บะหมี่สำหรับลวกแห้ง

การวิเคราะห์ประเมินผล

ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบส่วนผสมเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสี L^* a^* b^* และ Tensile Strength ของบะหมี่สำหรับลวกแห้ง เส้นบะหมี่ที่ได้ นำวัดค่าสีระบบ CIE L^* a^* และ b^* โดยใช้เครื่อง Hunter Lab : Color Quest II แหล่งกำเนิดแสง D65 , 10° วัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ ส่วนค่า Tensile strength ของบะหมี่ ใช้เครื่อง Universal Testing Machine : Instron 650 ความเร็วของหัววัด 50 มิลลิเมตรต่อนาที วัดตัวอย่าง 4 ซ้ำ นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์ผลเพื่อหาสมการรีเกรสชัน

ผลการทดลอง

เส้นบะหมี่ที่ได้ นำไปวัดค่าสีระบบ CIE L^* a^* และ b^* โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 , 10° ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ ส่วนค่า Tensile strength ของบะหมี่ ใช้ความเร็วหัววัด 50 มิลลิเมตรต่อนาที วัดตัวอย่าง 4 ซ้ำ นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์ผลเพื่อหาสมการรีเกรสชัน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าสี L^* a^* b^* และ Tensile strength ของเส้นบะหมี่สำหรับลวกแห้งที่ลวกแล้ว

สิ่งทดลองที่	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	Tensile strength (mN)
1	50.38	-2.71	14.83	93.48
2	50.95	-2.68	14.37	81.48
3	49.30	-2.32	14.00	91.60
4	49.99	-2.42	12.29	56.43
5	49.84	-2.66	14.79	120.76
6	71.52	0.33	11.32	54.49
7	48.81	-2.55	14.50	89.17
8	52.65	-2.70	13.33	38.87
9	45.41	-2.76	11.57	33.49
10	69.53	-0.68	16.35	133.88

จากการวิเคราะห์พบว่า ส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีอิทธิพลต่อค่าสี L^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0030$) มีค่า adjusted $R^2 = 0.9408$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าสี } L^* = & 0.223 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 4} \\ & - 0.252 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 6} \\ & + 5.080 \quad * \text{ Bread Flour} \\ & + 4.255 \quad * \text{ All purpose Flour} \\ & + 2.169 \quad * \text{ NaCO}_3 \\ & + 4.245 \quad * \text{ Whole egg} \end{aligned}$$

โดยที่ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไข่แต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

สำหรับเบหมิแห่งที่นำมาลวกนั้น พบว่า การเติมสาหร่ายไข่เบอร์ 6 จะทำให้ค่าสี L^* ลดลงซึ่งให้ผลตรงข้ามกับเบอร์ 4 อย่างไรก็ตามปัจจัยอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นแป้งขนมปัง แป้งเอนกประสงค์ โซเดียมคาร์บอเนตและไข่ไก่เมื่อเพิ่มปริมาณขึ้นจะช่วยทำให้ค่าสี L^* เพิ่มขึ้นด้วย

ส่วนค่าสี a^* นั้นพบว่า ส่วนผสมมีอิทธิพลต่อค่าสี a^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0250$) มีค่า adjusted $R^2 = 0.8230$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าสี } a^* = & - 0.576 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 4} \\ & - 0.492 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 6} \\ & + 0.033 \quad * \text{ Bread Flour} \\ & - 0.078 \quad * \text{ All purpose Flour} \\ & - 0.478 \quad * \text{ NaCO}_3 \\ & - 0.086 \quad * \text{ Whole egg} \end{aligned}$$

โดยที่ ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไข่แต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

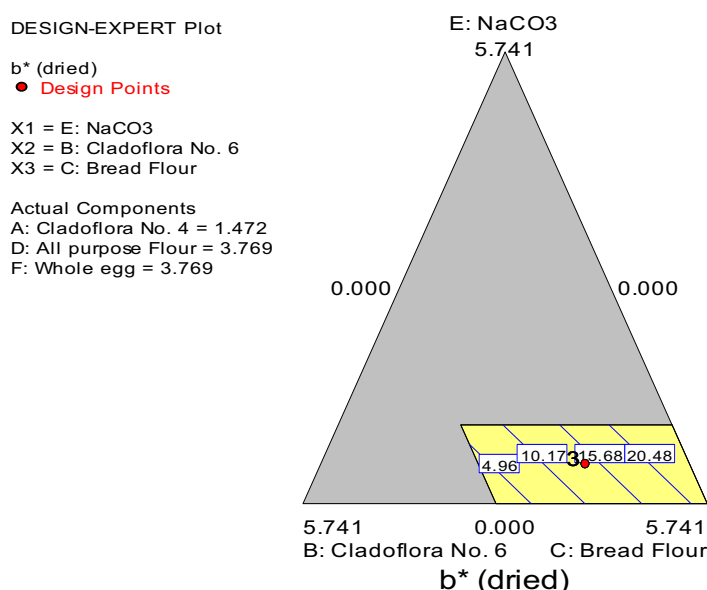
ค่าสี a^* ของเบหมิจะมีสีเขียวมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายไข่โดยเฉพาะเป็นเบอร์ 4 จะทำให้เบหมิที่ได้มีสีเขียวมากขึ้น รวมทั้งแป้งขนมปังจะช่วยทำให้สีเขียวของเบหมิมีมากขึ้น

ส่วนค่าสี b^* พบว่า ส่วนผสมมีอิทธิพลต่อค่าสี b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0120$) มีค่า adjusted $R^2 = 0.9403$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าสี } b^* = & - 5.258 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 4} \\ & - 4.484 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 6} \\ & + 0.128 \quad * \text{ Bread Flour} \\ & + 2.214 \quad * \text{ All purpose Flour} \\ & + 6.882 \quad * \text{ NaCO}_3 \\ & + 2.104 \quad * \text{ Whole egg} \\ & + 1.514 \quad * \text{ ไข่เบอร์ 4} * \text{ Bread Flour} \end{aligned}$$

โดยที่ ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไข่แต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

สำหรับค่า b^* ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับบะหมี่สด กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณไคโดยเฉพาะเบอร์ 6 จะทำให้ค่า b^* ลดลง คือ จะมีความเป็นสีเหลืองลดลง ดังจะสังเกตได้จากภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่า b^* ที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลของสาหร่ายไคเบอร์ 6 โซเดียมคาร์บอเนตและแป้งขนมปัง

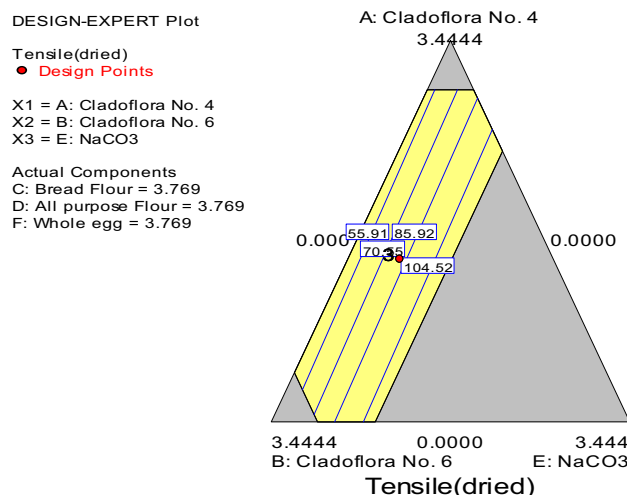
สำหรับค่า Tensile strength ซึ่งแสดงถึงความเหนียวของบะหมี่ พบว่าส่วนประกอบมีอิทธิพลต่อค่า Tensile strength อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ($P = 0.0053$) โดยมีค่า adjusted $R^2 = 0.9202$ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังสมการรีเกรสชันดังนี้

ค่า Tensile strength (mN) =

$$\begin{aligned}
 &+ 0.606 * \text{ไคเบอร์ 4} \\
 &- 1.455 * \text{ไคเบอร์ 6} \\
 &+ 4.571 * \text{Bread Flour} \\
 &+ 5.751 * \text{All purpose Flour} \\
 &+ 65.911 * \text{NaCO}_3 \\
 &+ 2.912 * \text{Whole egg}
 \end{aligned}$$

โดยที่ ตัวแปรดังกล่าวสามารถแทนด้วยปริมาณที่ใช้ในสูตรของแต่ละส่วนผสม คือ ไคแต่ละเบอร์ ตั้งแต่ 0-3 กรัม แป้งขนมปัง แป้งสาลีเอนกประสงค์และไข่ไก่ชนิดละ 0-10 กรัม ส่วนโซเดียมคาร์บอเนต 0-1 กรัม ทั้งนี้ ส่วนผสมทั้งหมดดังกล่าวที่จะแทนในสมการข้างต้นต้องรวมกันได้ 14.75 กรัม

พบว่าการใช้สาหร่ายเพิ่มมากขึ้นทั้งเบอร์ 4 และ 6 จะทำให้ความเหนียวของบะหมี่ลดลง รวมทั้งแป้งขนมปัง แป้งเอนกประสงค์และไข่ไก่ อย่างไรก็ตาม พบว่าการเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตจะทำให้ความเหนียวของเส้นบะหมี่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 5 ดังนั้น หากต้องการเพิ่มปริมาณสาหร่ายไคลงในบะหมี่มากขึ้น จะทำให้บะหมี่มีความเหนียวลดลง ซึ่งจะแก้ไขโดยการปรับเพิ่มปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต



ภาพที่ 5 ค่า Tensile strength ที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณสาหร่ายไคและโซเดียมคาร์บอเนต

3. น้ำพริกตาแดงสาหร่ายไค (ภาพที่ 6)

สูตรการผลิต

พริกแห้งเม็ดใหญ่คั่วป่น	15	เม็ด	หอมแดงเผา	7	หัว
กระเทียมเผา	3	หัว	ปลากรอบป่น	1/2	ถ้วยตวง
กะปิห่อใบตองเผา	2	ช้อนโต๊ะ	เนื้อมะขามเปียกสับละเอียด		
น้ำปลา			สาหร่ายไคแห้ง		

หมายเหตุ: การแปรรูปน้ำพริกทุกชนิดนำสาหร่ายไคแห้งมาจากลำน้ำน่าน
เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

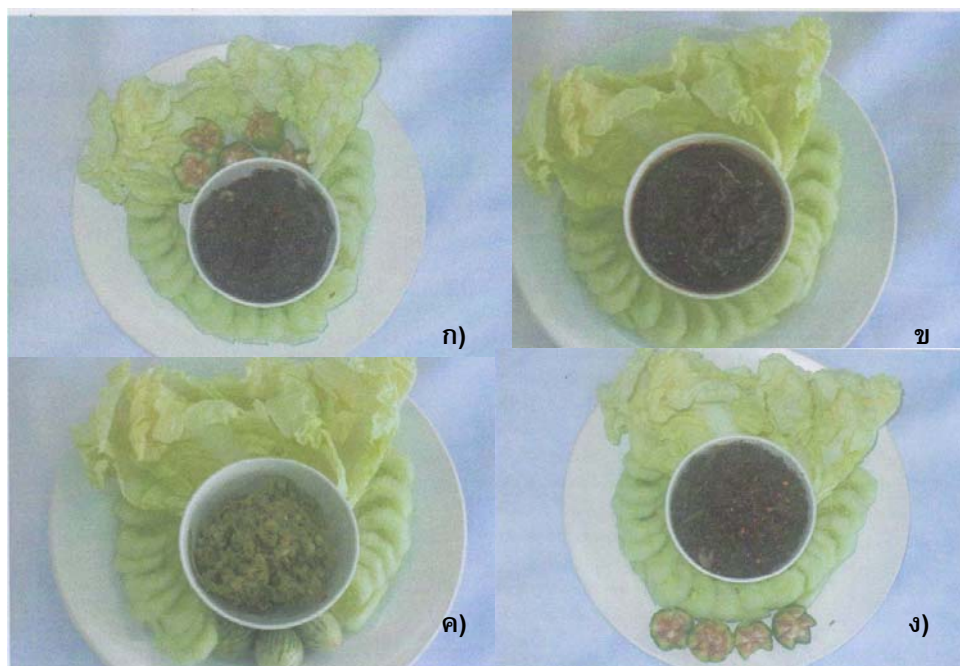
1. ปอกหอมแดงเผา กระเทียมเผา ใส่ครกพร้อมกับพริกที่ป่นไว้ โขลกให้ละเอียดเข้ากัน
2. ใส่เนื้อมะขามเปียกสับ ปลากรอบป่น กะปิเผา โขลกให้เข้ากัน
3. ปรงรสด้วยน้ำปลา
4. เติมหาสาหร่ายไคแห้ง ผสมให้เข้ากัน

หมายเหตุ: สาหร่ายไคที่เก็บเกี่ยวจากลำน้ำ นำมาตากแดดให้แห้งแล้วอบในเตาอบอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นตัดด้วยกรรไกรให้เป็นเส้นสั้นๆ แล้วจึงปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมอาหารให้มีขนาดเส้นสั้นลง พร้อมสำหรับการใช้ในขั้นตอนต่อไป

5. ทดลองทำน้ำพริกตาแดงโดยมีสาหร่ายไคแห้งเป็นส่วนผสมในปริมาณ 2, 5 และ 8% ตามลำดับ (คิดเทียบกับน้ำหนักของน้ำพริก)

การทดสอบผู้บริโภครสและวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณสาหร่ายไคที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุด โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน โดยผู้ทดสอบชิมทุกคนเป็นผู้ที่มีความรู้เรื่องอาหารเป็นอย่างดี (อาจารย์, เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี) แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถ ประเภทยาหารคาว

- ก) น้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ ข) น้ำพริกเผสาหร่ายไถ
ค) น้ำพริกแคหมูสาหร่ายไถ ง) น้ำพริกนรกสาหร่ายไถ

4. น้ำพริกเผสาหร่ายไถ (ภาพที่ 6)

สูตรการผลิต

พริกแห้งเม็ดใหญ่ทอดกรอบ	20	เม็ด หอมแดงซอยทอดกรอบ	10	หัว
กระเทียมซอยทอดกรอบ	5	หัว	สาหร่ายไถ	5
กุ้งแห้งป่น	1	ถั่วตวง	น้ำตาลปีบ	3
น้ำมันหอย	2	ซอสถั่ว	น้ำปลา	1
เกลือป่น	1	ซอสชา	น้ำมันพืช	5

กระบวนการผลิต

1. โขลกพริกแห้งที่ทอดไว้ให้ละเอียด ใส่หอมแดง กระเทียม ลงโขลกให้เข้ากัน
2. ใส่กุ้งแห้งป่นโขลกรวมกัน
3. ใส่น้ำมันพืชในกระทะ ตั้งไฟพอร้อน ตักน้ำพริกที่โขลกไว้ ลงผัด ปรงรสด้วย น้ำมันหอย น้ำปลา เกลือ สาหร่ายไถ น้ำตาลปีบ ให้ได้รสชาติตามต้องการ ผัดไฟอ่อน จนหอม จึงตักขึ้น
4. ทดลองทำน้ำพริก โดยมีสาหร่ายไถเป็นส่วนผสมในปริมาณ 5% ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดที่ผู้ชิมยอมรับ (ผลการทดสอบจากการทำน้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ)

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณสาหร่ายไถที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุด โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดสอบน้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

5. น้ำพริกแกงหมูสหายไ้ (ภาพที่ 6)

สูตรการผลิต

พริกสดเผา	10	เม็ด	หอมแดงเผา	10	หัว
กระเทียมเผา	3	หัว	แคบหมูหั่นเล็ก ๆ	1	ถ้วยตวง
น้ำปลา	2	ช้อนชา	สหายไ้	3	กรัม

กระบวนการผลิต

1. ปอกหอมแดงเผา และกระเทียมเผา ใส่ครก
2. ใส่พริกเผาโขลกรวมกันพอหยาบ ๆ
3. ใส่แคบหมู โขลกเบา ๆ พอเข้ากัน
4. ปูรสดด้วยน้ำปลา ใส่สหายไ้ ผสมเข้ากัน
5. ทดลองทำน้ำพริก โดยมีสหายไ้เป็นส่วนผสมในปริมาณ 5% ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดที่ชิมยอมรับ (ผลการทดสอบจากการทำน้ำพริกตาแดงสหายไ้)

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลผลิต

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณสหายไ้ที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุด โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดสอบน้ำพริกตาแดงสหายไ้แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

6. น้ำพริกหมูสหายไ้

สูตรผสม

เนื้อหมูปด	200	กรัม	พริกแห้งคั่วป่น	70	กรัม
หอมแดงปอก	10	หัว	กระเทียมปอกแกะกลีบ	5	หัว
รากผักชีหั่นเล็ก ๆ	5	ราก	สหายไ้	5	กรัม
น้ำตาลปีบ			น้ำมันพืช	3	ช้อนโต๊ะ
น้ำปลา					

กระบวนการผลิต

1. โขลกรากผักชี หอมแดง กระเทียม ให้ละเอียด
2. ใส่เนื้อหมูปดลงไปโขลกให้เข้ากัน
3. ใส่พริกป่นผสมให้เข้ากัน
4. ใส่น้ำมันพืช ในกระทะยกขึ้นตั้งไฟพอร้อน ตักส่วนผสมที่โขลกไว้ลงผัดจนสุก ปูรสดด้วยน้ำปลา น้ำตาล ตามชอบ ใส่สหายไ้ ผัดให้เข้ากัน
5. ทดลองทำน้ำพริก โดยมีสหายไ้เป็นส่วนผสมในปริมาณ 5% ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดที่ผู้ชิมยอมรับ (ผลการทดสอบจากการทำน้ำพริกตาแดงสหายไ้)

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลผลิต

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณสหายไ้ที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุด โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดสอบน้ำพริกตาแดงสหายไ้แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

7. น้ำพริกนรกสาหร่ายไถ (ภาพที่ 6)

สูตรการผลิต

พริกขี้หนูแห้งคั่วป่น	1 ถ้วยตวง	กุ้งแห้งป่น	1 ถ้วยตวง
กระเทียมเผา	5 หัว	หอมแดงเผา	8 หัว
กะปิห่อใบตองเผา	1 ช้อนโต๊ะ	น้ำปลา	1 ช้อนชา
เกลือป่น	1 ช้อนชา	น้ำมันพืช	3 ช้อนโต๊ะ

สาหร่ายไถ

กระบวนการผลิต

1. ปอกหอมแดงเผา กระเทียมเผา ใส่ครกพร้อมกะปิเผา โขลกให้ละเอียด
2. ใส่พริกขี้หนูแห้งคั่วป่น กุ้งแห้งป่น โขลกให้เข้ากันดีใส่น้ำมันพืชในกระทะ ตั้งไฟพอร้อน ใส่ส่วนผสมที่โขลกไว้ลงผัด ปรงรสด้วยน้ำปลา เกลือ ผัดด้วยไฟอ่อนจนน้ำพริกแห้งดี ใส่สาหร่ายไถผสมให้เข้ากัน
3. ทดลองทำน้ำพริก โดยมีสาหร่ายไถเป็นส่วนผสมในปริมาณ 5% ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดที่ผู้ชิมยอมรับ (ผลการทดสอบจากการทำน้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ)

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณสาหร่ายไถที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุด โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดสอบน้ำพริกตาแดงสาหร่ายไถ แบบทดสอบชิม ใช้ Hedonic 9 scale

ผลการวิจัย

ปริมาณสาหร่ายไถแห้งในน้ำพริกตาแดง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการเติมสาหร่ายไถแห้งในปริมาณต่างๆ

ปริมาณสาหร่ายไถแห้ง (%)	ค่าคะแนนเฉลี่ย #	SD	ความคิดเห็นของผู้ทดสอบชิม
2	6.8	0.422	มีกลิ่นของสาหร่ายไถเล็กน้อย
5	6.4	0.516	มีกลิ่นของสาหร่ายไถ และเริ่มมีรสขมของสาหร่ายเล็กน้อย
8	4.8*	1.135	มีรสขมชัดเจน

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ทดสอบความพอใจโดยใช้แบบทดสอบ Hedonic 9 คะแนน โดยมีค่าของคะแนนดังนี้

- 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด (like extremely)
- 8 คะแนน หมายถึง ชอบมาก
- 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง
- 6 คะแนน หมายถึง ชอบเล็กน้อย
- 5 คะแนน หมายถึง เฉยๆ (neither like nor dislike)
- 4 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
- 3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
- 2 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมาก
- 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely)

การเติมสาหร่ายไถลงในน้ำพริก นอกจากจะทำให้เกิดรสชาติที่แปลกใหม่สำหรับผู้บริโภคแล้ว ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับน้ำพริก การทดลองนี้จึงทดสอบเพื่อหาปริมาณสาหร่ายไถที่มากที่สุดที่สามารถเติมลง

ไปในผลิตภัณฑ์โดยผู้บริโภคยังให้การยอมรับได้ ผลจากการทดสอบชิมเพื่อหาปริมาณสาหร่ายไก่อที่เหมาะสมที่ผสมลงในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงพบว่า ปริมาณสาหร่ายไก่อที่ระดับ 2% (คิดเทียบกับน้ำหนักของน้ำพริก) ได้คะแนนสูงสุดคือ 6.8 รองลงมาคือปริมาณสาหร่ายไก่อที่ระดับ 5 และ 8% โดยได้คะแนน 6.4 และ 4.8 ตามลำดับ โดยเหตุผลของการยอมรับที่ลดลงเมื่อปริมาณสาหร่ายไก่อมากขึ้นเนื่องจากรสขมของสาหร่ายไก่อ ในขณะที่กลิ่นและรสชาติของสาหร่ายไก่อที่มีรสชาติแบบของคาวนั้นเข้ากันได้กับรสชาติของน้ำพริก จากผลการทดลองนี้จึงเลือกปริมาณสาหร่ายไก่อที่ระดับ 5% เนื่องจากเป็นระดับที่สูงที่สุด โดยยังคงได้คะแนนความพอใจของผู้ชิมในระดับที่ไม่แตกต่างจากคะแนนสูงสุด

ผลการทดสอบผู้บริโภคและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของน้ำพริกทั้ง 5 ชนิด คือน้ำพริกตาแดง น้ำพริกเผา น้ำพริกแคหมู น้ำพริกหมู และน้ำพริกนรกผสมสาหร่ายไก่อ แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าคะแนนการยอมรับน้ำพริกชนิดต่างๆ ผสมสาหร่ายไก่อ

น้ำพริก #	ค่าคะแนนเฉลี่ย	SD
น้ำพริกตาแดง	6.3a	0.675
น้ำพริกนรก	4.8b	0.632
น้ำพริกเผา	6.3a	0.823
น้ำพริกหมู	5.8a	0.632
น้ำพริกแคหมู	4.9b	0.994

ปริมาณสาหร่ายไก่อ 5% เมื่อเทียบกับน้ำหนักน้ำพริก

ตัวอักษรที่ต่างกัน (a,b) แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำพริกที่ได้คะแนนสูงสุดคือน้ำพริกตาแดงและน้ำพริกเผา ส่วนคะแนนรองลงมา (แต่ไม่มีแตกต่างทางสถิติ) คือ น้ำพริกหมู อย่างไรก็ตามคะแนนที่ได้อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ซึ่งจะเป็นเพราะสูตรของน้ำพริก เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าสามารถยอมรับกลิ่นและรสขมเล็กน้อยของสาหร่ายไก่อได้ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงสูตรของน้ำพริกเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้น

8. โจ๊กสาหร่ายไก่อ (ภาพที่ 7)

โจ๊ก เป็นอาหารเหลวอ่อนนุ่ม ย่อยง่าย ได้จากการนำข้าวมาหุงต้มให้สุกและเหลว มีการเสริมเพิ่มโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เช่น หมู ไก่ กุ้ง ปลา เพิ่มเติมใส่ลงไปต้มให้สุก ประุงรสด้วยซอสปรุงรส พริกไทยป่น ต้นหอม ชিংหั่นฝอย น้ำส้มสายชู พริก ตามความชอบ เพื่อเพิ่มรสชาติให้น่ารับประทาน

ในโครงการวิจัยนี้ได้นำผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อคือสาหร่ายไก่อแผ่นซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการมาผสมลงในโจ๊กด้วย และยังได้ใช้ข้าวกล้องซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอยู่แล้วมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก

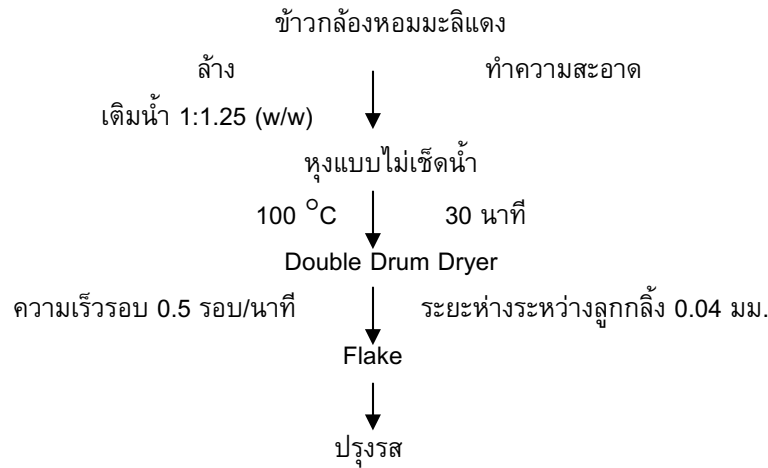
สูตรการผลิต

ข้าวกล้องบดอบแห้ง	30 กรัม	เนื้อไก่อบแห้ง	11.25 กรัม
แป้งข้าวเจ้า	3.75 กรัม	สาหร่ายไก่อแผ่น 0, 3, 4.5 และ 6 กรัม	
เครื่องปรุงรส ได้แก่	เกลือ 1.7 กรัม	ขิง 1.0 กรัม	ต้นหอม 0.75 กรัม
รสดี	2.25 กรัม		

หมายเหตุ: สาหร่ายไก่อนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

การผลิตข้าวกล้องเพื่อเป็นข้าวสำหรับปรุงโจ๊ก



วิธีทำสาหร่ายไถแผ่น

1. ชั่งสาหร่ายไถเส้น 50 กรัม แช่ในน้ำเกลือ 0.3% (w/w) (สารละลาย 1,000 กรัม) เป็นเวลา 20 นาที นำสาหร่ายมากรองผ่านผ้าขาวบาง บีบน้ำออก
2. นำสาหร่ายในข้อ 1 ใส่หม้อ เติมน้ำ 500 กรัม ต้มไฟอ่อนๆ จนแห้ง ขณะต้มคนเป็นระยะๆ
3. ละลายแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม แป้งข้าวเจ้า 5 กรัม และแป้งสาลี 15 กรัม ในน้ำ 40 กรัม คนให้เข้ากัน
4. นำสารละลายแป้งในข้อ 3 ไปใส่ในหม้อสาหร่ายในข้อ 2 คนให้เข้ากัน เปิดไฟอ่อนๆ คนต่อไปอีก 2-3 นาที
5. นำสาหร่ายในข้อ 4 ใส่ถุงพลาสติก ใช้ไม้ค้ำให้แบน ใช้กรรไกรตัดถุงพลาสติกด้านข้างออก ลอกถุงพลาสติกด้านหนึ่งออกตัดทิ้ง นำสาหร่ายแผ่นไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ลอกสาหร่ายออกจากถุงพลาสติกแล้วตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆ ตามต้องการ

วิธีทำเครื่องปรุรงรส

1. นำเนื้ออกไก่มาหั่น บดหยาบ อบไอน้ำ 100 °C 30 นาที ใส่ซีอิ๊วขาวสูตร 1 0.1% (w/w) และอบแห้ง 70 °C จนแห้งประมาณ 6-7 ชั่วโมง
 2. นำขิงมาปอกเปลือก ล้างน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบแห้ง 60 °C จนแห้ง
 3. นำต้นหอมมาล้างน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบแห้ง 60 °C จนแห้ง
- หลังจากนั้นนำส่วนผสมทั้ง 3 ข้อ ไปชั่งตวงจนได้ปริมาณเท่ากับที่ระบุไว้ในสูตรการผลิต เมื่อจะบริโภคให้เติมน้ำ 600 มิลลิตร คนให้เข้ากัน ต้ม 1-2 นาที

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์

นำไก่ปรุรงรสมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ในแผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ 4 สิ่งทดลอง คือ 1. ชูตควบคุมไม่ใส่สาหร่ายไถ

2. ชูตปริมาณสาหร่ายไถ 3 กรัม
3. ชูตปริมาณสาหร่ายไถ 4.5 กรัม
4. ชูตปริมาณสาหร่ายไถ 6 กรัม

ผู้ชิมคือบุคลากรของสถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประสบการณ์ในการชิมจำนวน 15 คน (ชาย 3 คน หญิง 12 คน อายุ 24-55 ปี) ในการจัดชิม ตักข้าวที่มีสาหร่ายอยู่ด้วยเสิร์ฟให้แก่ผู้ชิม ชิม 4 สิ่ง

ทดลอง ในเวลาเดียวกัน นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 7 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อ ประเภทอาหารคาว: โจ๊กสาหร่ายไก่อ

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบผู้บริโภคร่วมและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของโจ๊กสาหร่ายไก่อ (ตารางที่ 6) พบว่าผู้ชิมชอบสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยชอบสีของตัวอย่างที่ไม่ใส่สาหร่ายไก่อหรือใส่สาหร่ายไก่อน้อย ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับลักษณะกลิ่น ส่วนด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ผู้ชิมมีความชอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่คะแนนที่ได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่าย

ตารางที่ 6 การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของโจ๊กสาหร่ายไก่อ

Treatment	ลักษณะปรากฏรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	6.07 ^A	6.60 ^A	6.47 ^A	6.33 ^A	5.93 ^A	6.13 ^A
2	5.80 ^A	6.60 ^A	6.33 ^{AB}	5.93 ^A	5.67 ^A	5.93 ^A
3	5.73 ^A	5.40 ^B	5.60 ^C	5.80 ^A	5.60 ^A	5.63 ^A
4	5.40 ^A	5.13 ^B	5.67 ^C	5.73 ^A	5.60 ^A	5.63 ^A

อักษรบนตัวเลขเหมือนกันแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของโจ๊กสาหร่ายไก่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ทำ 2 ซ้ำ และมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ข้าวกล้องหอมมะลิ นำมาบดละเอียด วิเคราะห์ proximate ตามวิธี AOAC (2000) และค่าน้ำอิสระ นำข้าวกล้องหอมมะลิ มาล้างทำความสะอาด เติมน้ำ 3 เท่า โดยน้ำหนัก แล้วหุงในหม้อหุงข้าว หลังจากนั้นนำมาแผ่นบนถาดอลูมิเนียม อบแห้งในตู้อบลมร้อน 60 °C ประมาณ 5 ชั่วโมง ทั้งให้เย็น นำออกจากถาด และบดให้ละเอียด หาปริมาณผลผลิต และวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ

2. เนื้อสันในไก่ นำมาล้างน้ำ แล่หนังไก่ทั้ง หันหยาบ นำมาใส่หม้อต้ม เติมน้ำ 1.4 เท่า โดยน้ำหนัก เติมเกลือ และน้ำตาล อย่างละ 1% ของน้ำหนักไก่ ต้มเคี่ยวด้วยไฟอ่อนจนเกือบแห้ง จึงใส่ซีอิ๊วขาวสูตร 1 ปริมาณ 5 % ของน้ำหนักไก่ เคี่ยวจนแห้ง แล้วนำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อน 60°C จนแห้ง ประมาณ 7 ชั่วโมง หาปริมาณผลผลิต และวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ

3. นำซิงอ่อนมาปอกเปลือก ล้างน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ อบแห้งในตู้อบลมร้อน 60°C จนแห้ง ประมาณ 5 ชั่วโมง หาปริมาณผลผลิต และวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ

4. นำต้นหอมมาล้างน้ำทั้งต้น และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆทั้งหมด อบแห้งในตู้อบลมร้อน 60°C จนแห้ง ประมาณ 5 ชั่วโมง หาปริมาณผลผลิต และวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ

5. ซังสหาร่ายไก่เส้น 50 กรัม แช่น้ำเกลือ 1.0% (w/w) 20 นาที (สารละลาย 1000 กรัม) แล้วนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง บีบน้ำออก นำสหาร่ายใส่หม้อเติมน้ำ 500 กรัม ต้มไฟอ่อนจนแห้ง คนเป็นระยะๆ ทิ้งให้เย็น

6. ละลายแป้งสาลี 4 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 4 กรัม ซีอิ๊วขาว สูตร 1 26.25 กรัม และพริกไทย 5 กรัม คนให้เข้ากัน

7. นำสารละลายแป้งในข้อ 6 ไปใส่ในหม้อสหาร่าย คนให้เข้ากัน เปิดไฟอ่อน คนต่อไปอีก 2-3 นาที คือจนแป้งสุก

8. นำสหาร่ายในข้อ 3 มาใส่ถุงพลาสติก ใช้ไม้คลึงให้แบน ลอกถุงพลาสติกด้านบนออก นำไปอบในตู้อบลมร้อน 60°C ประมาณ 5 ชม. ลอกสหาร่ายออกจากถุงพลาสติกแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ตามต้องการ หาปริมาณผลผลิต และวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ

9. ซังส่วนผสมที่ได้จากการเตรียม เพื่อผลิตโจ๊กแห้งที่สำเร็จรูปบรรจุ 100 กรัม (%) ดังนี้

ข้าวกล้องบดอบแห้ง	72.10	กรัม (กรณีไม่มีสหาร่าย)
เนื้อสันในไก่บดอบแห้ง	20.00	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	2.50	กรัม
สหาร่ายไก่แผ่น	ทำ 4 สูตร (ทดแทนน้ำหนักข้าว)	0 7 10 และ 13 กรัม
เครื่องปรุงรส	เกลือ	3.00 กรัม
	ซิง	0.70 กรัม
	ต้นหอม	0.70 กรัม
	ผงชูรส	1.00 กรัม

บริโภคโดยการเติมน้ำ 8 เท่า คนให้เข้ากัน ต้ม 1 นาที (คนตลอดเวลา) แล้วจึงเติมสหาร่าย คนให้เข้ากัน

10. นำโจ๊กปรุงรสมาทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบทดสอบความชอบ Hedonic 9 scale (1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) ในแผนการทดสอบแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 4 สิ่งทดลอง คือ ควบคุม ปริมาณสหาร่ายไก่ 7(1), 10(2) และ 13%(3) ของน้ำหนักโจ๊กแห้งทั้งหมด ผู้ชิม คือบุคลากรของสถาบัน คันทันและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประสบการณ์ในการชิม 20 คน (ชาย 3 คน หญิง 17 คน อายุ 24-55 ปี) ในการจัดชิม ตักโจ๊กที่ต้มแล้วใส่ถ้วย โรยสหาร่าย และเสิร์ฟให้แก่ผู้ชิมทันที ผู้ชิมชิม 4 สิ่งทดลอง วิเคราะห์ ANOVA ที่ระดับความน่าจะเป็นไปได้ 0.05 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง แบบ DMRT

11. นำโจ๊กสูตรที่ดีที่สุดมาบดละเอียด นำไปวิเคราะห์ proximate ตามวิธี AOAC (2000) และค่าน้ำอิสระ

วิจารณ์ผลการทดลอง

โจ๊กที่สำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้จากการการเตรียมวัตถุดิบแห้งแต่ละชนิดแล้วนำมาผสมแล้วคั้นรูปโดยการเติมน้ำและนำไปต้มซึ่งใช้ระยะเวลาสั้นเพียง 1 นาที เริ่มด้วยการใช้ปลายข้าวซึ่งมีราคาถูกนำมาหุงให้สุกก่อนเพื่อทำให้การคั้นรูปเร็ว ซิงใช้ซิงอ่อนเพื่อให้มีเส้นใยน้อย เคี้ยวได้ง่าย ต้นหอมใช้ทั้งต้นซึ่งมีส่วนสี

ขาวของต้นและสีเขียวในส่วนของใบ เสริมโปรตีนด้วยเนื้อสนในไก่ ซึ่งสามารถเปื่อยยุ่ย และคั้นรูปได้ง่าย แม้เพียง การเติมน้ำร้อน เลือกการทำแห้งแบบพาความร้อนแบบถาด ซึ่งมีราคาถูกเกษตรกรหาได้ไม่ยากนัก แล้วนำมาหา ปริมาณผลผลิต และค่าน้ำอิสระ (a_w) ในตารางที่ 7 เป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าค่า a_w ทุก ผลผลิตทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 0.6 โดยเฉพาะเนื้อสนในไก่ แสดงว่าเป็นผลิตภัณฑ์แห้ง ที่สามารถเก็บได้นาน เพราะ ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) ส่วนปริมาณ ผลผลิตของสาหร่ายที่ได้มากกว่า 100 เป็นเพราะว่าตัวสาหร่ายแห้งมาก และเติมแป้งลงไปด้วยเพื่อให้ทำแผ่นได้ดี ผลสุดท้ายสาหร่ายแผ่นจึงมีค่าผลผลิตมากกว่าสาหร่ายเส้น

ตารางที่ 7 ค่าน้ำอิสระ และปริมาณผลผลิต

รายการ	ปริมาณผลผลิต (%) ของน้ำหนักวัตถุดิบ	ค่าน้ำอิสระ (a_w)
ปลายข้าวกล้องหุงสุกแห้ง	98.06 $\pm$ 0.51	0.50 $\pm$ 0.02
ขิงแห้ง	9.80 $\pm$ 0.63	0.28 $\pm$ 0.02
เนื้อสนในไก่แห้ง	29.00 $\pm$ 0.67	0.27 $\pm$ 0.03
ต้นหอมแห้ง	10.40 $\pm$ 0.45	0.33 $\pm$ 0.02
สาหร่ายแผ่น	107 $\pm$ 0.65	0.42 $\pm$ 0.03

ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของสิ่งทดลอง 4 สิ่งทดลอง แสดงในตารางที่ 8 ผู้ชิม 20 คน (ชาย 3 คน หญิง 17 คน อายุ 24 – 55 ปี) พบว่า ผู้ชิมชอบสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยชอบสีของตัวอย่าง ที่ใส่สาหร่ายไทม์มากกว่า แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญในแต่ละปริมาณของสาหร่าย ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ ลักษณะปรากฏโดยรวม ส่วนกลิ่น ผู้ชิมมีความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณของสาหร่าย ซึ่งอาจ เป็นเพราะสาหร่ายที่เติมไม่มีกลิ่น เพราะผ่านกระบวนการปรุงรส ต้มและตากแห้งมาแล้ว ในด้านเนื้อสัมผัสผู้ชิมมี ความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณของสาหร่าย คือมีความชอบน้อยลงเมื่อเติมสาหร่ายเพิ่มถึง 13% ส่วนด้านกลิ่นรส และความชอบรวม ผู้ชิมมีความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยชอบตัวอย่างที่ 2 คือมี ปริมาณสาหร่าย 10 % มากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

ตารางที่ 8 ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของโจ๊กคีนรูป (ค่าเฉลี่ย)

สิ่งทดลอง	ลักษณะปรากฏ		กลิ่น	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
	สี	โดยรวม				
ควบคุม	6.20 ^b	6.67 ^c	6.57 ^a	6.65 ^b	6.65 ^a	6.67 ^b
1	7.05 ^a	6.80 ^b	6.62 ^a	6.67 ^b	6.64 ^a	6.62 ^b
2	6.80 ^a	6.95 ^a	6.62 ^a	6.99 ^a	6.30 ^a	6.96 ^a
3	6.82 ^a	6.81 ^b	6.57 ^a	6.60 ^b	6.10 ^b	6.61 ^b

ในคอลัมน์เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับอยู่ข้างตัวเลข ที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความน่าจะเป็นได้ 0.05

ในตารางที่ 9 แสดงค่า a_w ความชื้น และคุณค่าทางอาหารของปลายข้าวกล้อง โจ๊กแห้งสูตรที่ดีที่สุด (10% algae sheet) และโจ๊กแห้งที่ไม่ใส่สาหร่าย (ควบคุม) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองระหว่าง โจ๊กแห้งสูตรที่ดีที่สุด กับโจ๊กแห้งที่ไม่ใส่สาหร่าย ในค่าโปรตีน ไขมัน เกล็ด เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต พบว่า โจ๊กที่ใส่สาหร่ายมีค่าโปรตีน เกล็ด และเส้นใยหยาบมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใส่สาหร่าย ส่งผลปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ กว่า ส่วนปริมาณไขมันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสาหร่ายไทม์ ให้

โปรตีน เถ้าและเส้นใยเพิ่มขึ้น และมีค่าโปรตีนสูงมาก คือมากกว่าที่ประกาศไว้ในกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 88 (2528) ถึง 3 เท่า ซึ่งเป็นผลจากสาหร่ายไกมีโปรตีนสูง (20.6 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ไจก็งสำเร็จรูปที่ผลิตได้จัดเป็นอาหารแห้งมาก สามารถเก็บได้นาน แต่เนื่องจากไจกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ย ไจกจะดูดความชื้นจากอากาศ และไจกประกอบด้วยข้าวกล้องเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งข้าวกล้องมีไขมันค่อนข้างสูง จึงอาจทำให้ไจกเกิดการดูดความชื้นจากอากาศ และเกิดการเหม็นหืนได้ง่าย ดังนั้นควรเก็บผลิตภัณฑ์ในภาชนะปิดสนิท และเก็บในที่มืด และอุณหภูมิต่ำ เช่น เก็บใส่กล่องแล้วเก็บในตู้เย็น หรืออาจบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตจะมีอายุการเก็บไม่ต่ำกว่า 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 และ 35°C หรือที่อุณหภูมิห้อง (นรีเทพ, 2544) และถ้ามีตัวจับก๊าซออกซิเจนอยู่ด้วย จะสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ไม่ต่ำกว่า 4 เดือน (จิตพัต, 2541)

ตารางที่ 9 ค่า Proximate ของปลายข้าวหอมมะลิดิบและ ไจกแห้ง (ควบคุม) และไจกแห้ง (ดีที่สุด)
(โดยน้ำหนักแห้ง)

รายการ	ปลายข้าวกล้องดิบ	ไจกแห้ง (ควบคุม)	ไจกแห้ง (ดีที่สุด)
a_w	0.62 ± 0.05	0.45 ± 0.03	0.46 ± 0.02
ความชื้น	13.79 ± 0.28	9.22 ± 0.14	9.54 ± 0.17
โปรตีน ¹	7.87 ± 0.44	22.79^a	23.69^b
ไขมัน	3.40 ± 0.007	3.06^a	2.93^a
เถ้า	1.58 ± 0.16	7.79^a	9.05^b
เส้นใยหยาบ	1.39 ± 0.10	1.07^a	2.42^b
Carbohydrate ²	87.14 ± 0.28	66.36^a	63.63^b

ในคอลัมน์เดียวกัน ตัวอักษรที่กำกับอยู่ข้างตัวเลข ที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

¹ factor 6.25

² carbohydrate calculation from 100- (protein+fat+ash)

สรุปผลการทดลอง

การผลิตไจกสาหร่ายไกก็งสำเร็จรูปจากปลายข้าวกล้อง และสาหร่ายไก สามารถทำได้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม ส่วนผสมแห้งของสูตรที่ดีที่สุดประกอบด้วย ข้าว 72.10% สาหร่ายแผ่น 10% เนื้อสันในไก่ 20% ต้นหอม 0.70% ขิง 0.70% แป้งข้าวเจ้า 2.50% เกลือ 3.00% และผงชูรส 1.00 % ตามลำดับ มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน (23.69%) และเถ้า (9.05%) และได้รับความชอบปานกลางมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีน และเถ้า

9. สาหร่ายไกแผ่นกรอบปรุงรส (ภาพที่ 8)

สูตรการผลิต

สาหร่ายไกแห้ง	9.60%
แป้งข้าวเหนียว	19.20%
ซอสปรุงรส	9.60%
น้ำตาลทราย	7.68%
น้ำ	47.99%
พริกไทยป่น	0.17%
งาขาว	1.92%

น้ำมันปาล์ม 3.84%

หมายเหตุ: สาหร่ายไคนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2545

กระบวนการผลิต

1. ต้มสาหร่ายไคน้ำด้วยไฟอ่อน ๆ เป็นเวลา 15 นาที
2. นำสาหร่ายไคน้ำที่ต้มแล้วมาทำให้เย็นและกรองโดยบีบน้ำออกให้เหลือน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักสาหร่ายไคน้ำทั้งระบบรวมกัน
3. ผสมแป้ง (นำมา 1 ใน 10 ส่วน) ลงในสาหร่ายไคน้ำที่กรองแล้ว ทำการให้ความร้อนอ่อนๆ เพื่อให้แป้งเกิดเจลลิตในเซชัน
4. เทส่วนผสมในข้อ 3 ลงในเครื่องตีผสม ตามด้วยแป้งดิบที่เหลือ ทำการตีผสมด้วยระดับความเร็ว 2 เป็นเวลา 1 นาที
5. ผสมน้ำตาลทราย ซอสปรุงรส พริกไทย ตีผสมด้วยระดับความเร็ว 2 เป็นเวลา 1 นาที
6. ใส่ไขมันปาล์ม ตีผสมด้วยความเร็ว 2 เป็นเวลา 2 นาที
7. ใส่งาขาว ตีผสมด้วยระดับความเร็ว 2 เป็นเวลา 5 นาที
8. นำส่วนผสมที่ได้มาผ่านเครื่องรีดถึงเบอร์ 4 แล้วเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำการพลิกและอบต่อไปอีก 10 นาที แล้วจึงนำออกจากเตาอบ
9. ตัดแผ่นสาหร่ายให้เป็นชิ้นสี่เหลี่ยม ขนาด 2x2 เซนติเมตร
10. นำชิ้นสาหร่ายไปอบใน microwave ที่ระดับ medium เป็นเวลา 4 นาที
11. นำชิ้นสาหร่ายไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
12. บรรจุผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบลงในซองอะลูมิเนียม

กระบวนการผลิตนี้มีการทดลองอยู่ 4 ลักษณะ คือ:-

การทดลองที่ 1 แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 2 ขั้ว
วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาถึงชนิดของแป้งที่มีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูป และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะความกรอบของผลิตภัณฑ์

จัดให้มี 3 สิ่งทดลองคือ

1. แป้งข้าวเหนียว
2. แป้งข้าวเจ้า
3. แป้งมันสำปะหลัง

เนื่องจากแป้งทั้ง 3 ชนิด เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย และผลิตได้ภายในประเทศ

เมื่อได้สาหร่ายแผ่นกรอบจากสิ่งทดลองดังกล่าวแล้ว นำมาประเมินค่าต่าง ๆ คือทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม และทำการวัดค่าความกรอบโดยพิจารณาจาก Peak load โดยการวัดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การทดลองที่ 2 แผนการทดลอง Mixture Design แบบ Extreme vertices

วัตถุประสงค์ : เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของงาขาว น้ำมันพืช และซอสปรุงรส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อการบริโภคเป็นอาหารขบเคี้ยว (ตารางที่ 10)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับต่ำ	ระดับสูง
A: งาขาว	0	0.4
B: น้ำมันพืช	0	0.4
C: ซอสปรุงรส	0.4	0.6

ตารางที่ 10 อัตราส่วนของส่วนผสมงาขาว น้ำมันพืช และซอสปรุงรสในสิ่งทดลองต่าง ๆ สำหรับแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	งาขาว	น้ำมันพืช	ซอสปรุงรส
1	0.0	0.4	0.6
2	0.2	0.4	0.4
3	0.4	0.0	0.6
4	0.4	0.2	0.4
5	0.4	0.1	0.5
6	0.1	0.4	0.5
7	0.3	0.3	0.4
8	0.2	0.2	0.6

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบจากสิ่งทดลองดังกล่าวข้างต้นแล้ว นำมาประเมินค่าต่าง ๆ คือ ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม วัดค่าความกรอบและความหนาแน่น วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี Linear Regression และทำการ Optimize สูตรเพื่อหาปริมาณของงาขาว น้ำมันพืช และซอสปรุงรสที่เหมาะสม

การทดลองที่ 3 แผนการทดลองแบบ Factorial 2³ in CRD

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการต้มและปริมาณของซอสปรุงรสและน้ำตาลที่มีต่อการลดความชื้นและกลิ่นคาวในผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
A: การต้ม	0 นาที	20 นาที
B: ซอสปรุงรส	3.84%	9.60%
C: น้ำตาลทราย	2.88%	7.68%

จากปัจจัยดังกล่าวทำให้มีทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณของแต่ละปัจจัยในสิ่งทดลองตามแผนการทดลองแบบ Factorial 2³ in CRD

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาต้ม	ซอสปรุงรส	น้ำตาลทราย
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	-	-	+
5	+	+	-
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

เมื่อได้สำหรับแผ่นกรอบจากสิ่งทดลองดังกล่าวแล้ว นำมาประเมินค่าต่าง ๆ คือทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม วัดค่าความกรอบและความหนาแน่น วิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การทดลองที่ 4 แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาเวลาในการต้มที่สามารถลดความขมและกลิ่นคาวของวัตถุดิบ (สาหร่ายโก)

จัดให้มีสิ่งทดลอง คือ 1. ต้มเป็นเวลา 5 นาที

2. ต้มเป็นเวลา 10 นาที

3. ต้มเป็นเวลา 15 นาที

4. ต้มเป็นเวลา 20 นาที

เมื่อได้สาหร่ายแผ่นกรอบจากสิ่งทดลองดังกล่าวแล้ว นำมาประเมินค่าต่าง ๆ คือ ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิม และทำการวัดค่าความกรอบและความหนาแน่น วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

การทดสอบผู้บริโภครและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้าย

วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายทางด้านการยอมรับของผู้บริโภค การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์

การทดสอบผู้บริโภค

ใช้การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic 9 point โดยประเมินค่าต่าง ๆ ดังนี้ คือ กลิ่น สาหร่าย ความไม่ขม ความเค็ม ความหวาน ความกรอบ ความชอบโดยรวม ทำการทดสอบกับผู้บริโภคทั่วไป เช่น นักเรียน นักศึกษา หรือบุคคลทั่วไป โดยใช้ผู้บริโภคทั้งสิ้น 50 คน โดยเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะอุตสาหกรรมเกษตร 25 คน ชั้นปีที่ 3 10 คน บุคคลทั่วไป ซึ่งเป็นพนักงานของคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 10 คน บุคคลทั่วไปที่เป็นแม่บ้าน 5 คน

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้าย

การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

1. ค่าความกรอบ

2. ค่าสี

3. ปริมาณน้ำอิสระ (Aw)

4. ความหนาแน่น

การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1. ความชื้น

2. Proximate Analysis

การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

1. แอโรบิกแบคทีเรีย

2. ยีสต์และรา

3. โคลิฟอร์ม



ภาพที่ 8 ผลผลิตจากสาหร่ายไถ ประเภทอาหารขบเคี้ยวและอาหารว่าง: สาหร่ายไถแผ่นกรอบปรุงรส

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดของแป้งที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

จากการทดลองพบว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวให้ค่าความกรอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด และดีกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง สำหรับการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ พบว่า ผลผลิตสาหร่ายแผ่นกรอบที่ได้จากแป้งทั้ง 3 ชนิด ให้ค่า Peak load ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ได้เลือกใช้แป้งข้าวเหนียวในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เนื่องจากให้ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ (Ideal) มากที่สุด (ตารางที่ 12 และ 13)

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบในการทดลองที่ 1

สิ่งทดลอง	ความกรอบ
แป้งข้าวเหนียว	0.87±0.32 ^{a*}
แป้งข้าวเจ้า	0.71±0.18 ^b
แป้งมันสำปะหลัง	0.71±0.25 ^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบในการทดลองที่ 1

สิ่งทดลอง	ค่าความกรอบ (Peak Load; N)
แป้งข้าวเหนียว	7.85±1.46 ^{a*}
แป้งข้าวเจ้า	6.52±1.40 ^b
แป้งมันสำปะหลัง	5.76±1.21 ^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดลองที่ 2 การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของงาขาว น้ำมัน และซอสปรุงรส

ผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าสังเกต ที่มีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สามารถเขียนสมการรีเกรชันแบบเส้นตรง ดังนี้

$$\text{ความกรอบ} = 0.93336A + 1.08164B + 0.7575C \quad ; R^2 = 99.72\%$$

$$\text{ความหวาน} = 0.77307A + 0.73859B + 0.68917C \quad ; R^2 = 99.33\%$$

$$\text{ความเค็ม} = 0.64858A + 0.75892B + 0.65375C \quad ; R^2 = 99.58\%$$

เมื่อทำการ optimize สมการข้างต้น เพื่อให้ทุกคุณลักษณะที่มีนัยสำคัญมีค่าเข้าใกล้ Ideal หรือ 1 มากที่สุด ภายใต้ข้อบังคับดังกล่าว พบว่าควรใช้

งาขาว = 20%
น้ำมันพืช = 40%
ซอสปรุงรส = 40%

จากส่วนผสมดังกล่าว ทำให้ผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบมีคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ดังนี้

ความกรอบ = $0.93336X_1 + 1.08164X_2 + 0.7575X_3 = 0.92$
ความหวาน = $0.77307X_1 + 0.73859X_2 + 0.68917X_3 = 0.73$
ความเค็ม = $0.64858X_1 + 0.75892X_2 + 0.65375X_3 = 0.69$

จะเห็นว่าเมื่อใช้งาขาว น้ำมัน และซอสปรุงรส ในปริมาณ 20, 40 และ 40% ตามลำดับ จะได้ผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบที่มีคุณลักษณะด้านความกรอบที่เหมาะสมแล้ว แต่รสหวานและรสเค็ม มีคะแนนที่ค่อนข้างต่ำ จึงควรปรับปรุงด้านรสหวานและรสเค็มต่อไป

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการต้มและปริมาณที่เหมาะสมของซอสปรุงรสและน้ำตาลทราย (ตารางที่ 14-18)

ตารางที่ 14 ผลของปัจจัย A (การต้ม) ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบ

ระดับ	ความกรอบ	ความไม่ขม	ความหวาน	ความเค็ม	กลิ่นสำหรับ
ต่ำ	0.91 ± 0.27^a	0.43 ± 0.26^b	0.79 ± 0.34^b	0.81 ± 0.51^b	1.39 ± 0.58^a
สูง	0.87 ± 0.15^b	0.96 ± 0.21^a	0.84 ± 0.17^a	0.88 ± 0.19^a	0.84 ± 0.40^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 15 ผลของปัจจัย B (ซอสปรุงรส) ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบ

ระดับ	ค่าความกรอบ (Peak load; N)	ความหวาน	ความเค็ม
ต่ำ	6.10 ± 1.20^b	0.77 ± 0.43^b	0.65 ± 0.33^b
สูง	6.96 ± 0.67^a	0.89 ± 0.36^a	1.04 ± 0.27^a

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 16 ผลของปัจจัย C (น้ำตาล) ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบ

ระดับ	ความกรอบ	ความไม่ขม	ความหวาน	ความเค็ม	ค่า Peak load	กลิ่นสำหรับ
ต่ำ	0.85 ± 0.21^b	0.67 ± 0.64^b	0.65 ± 0.28^b	0.86 ± 0.33^a	6.21 ± 0.77^b	1.14 ± 0.27^a
สูง	0.93 ± 0.18^a	0.72 ± 0.36^a	0.99 ± 0.57^a	0.84 ± 0.28^b	6.85 ± 0.43^a	1.09 ± 0.34^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบ

สิ่งทดลอง	ความเค็ม	ความหวาน	ความกรอบ	ความไม่ขม	กลิ่นสำหรับ
1	0.53±0.12 ^f	0.53±0.13 ^f	0.94±0.10 ^b	0.38±0.04 ^c	1.52±0.19 ^a
2	0.68±0.13 ^d	0.69±0.06 ^d	0.75±0.13 ^d	1.00±0.07 ^a	0.74±0.10 ^g
3	1.11±0.26 ^a	0.65±0.15 ^e	0.94±0.11 ^b	0.46±0.10 ^d	1.40±0.16 ^b
4	0.60±0.09 ^e	0.92±0.11 ^c	0.93±0.06 ^b	0.39±0.07 ^e	1.36±0.31 ^c
5	1.11±0.22 ^a	0.71±0.20 ^d	0.78±0.21 ^d	0.84±0.08 ^b	0.91±0.08 ^e
6	0.77±0.06 ^d	0.94±0.04 ^c	0.96±0.04 ^{ab}	0.98±0.04 ^a	0.84±0.13 ^f
7	1.00±0.14 ^b	1.07±0.27 ^a	0.82±0.14 ^c	0.50±0.05 ^c	1.28±0.23 ^d
8	0.97±0.17 ^b	1.03±0.17 ^b	0.99±0.08 ^a	1.00±0.06 ^a	0.88±0.12 ^e

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบ

สิ่งทดลอง	ค่าความกรอบ (Peak load; N)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
1	5.70±1.74 ^{e*}	0.21 ^{cd}
2	5.48±0.50 ^f	0.23 ^{bc}
3	6.19±1.09 ^d	0.25 ^{ab}
4	6.94±1.66 ^b	0.27 ^a
5	7.47±1.21 ^a	0.28 ^a
6	6.27±1.01 ^d	0.19 ^d
7	7.38±1.60 ^a	0.19 ^d
8	6.80±1.64 ^c	0.24 ^{bc}

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากผลการทดลองพบว่า การต้มมีอิทธิพลต่อรสไม่ขม ความกรอบ ความหวาน ความเค็ม และกลิ่นสำหรับ แม้ว่า การต้มจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความกรอบห่างจาก Ideal แต่ให้ค่าทางด้านความไม่ขม ความหวาน ความเค็ม และกลิ่นสำหรับใกล้เคียงกับ Ideal ดังนั้น จึงเลือกต้มสำหรับไก่ก่อนนำไปปรุงเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบต่อไป สำหรับปัจจัยข้อสปริงรสมีอิทธิพลต่อค่าความกรอบ (N) ความหวาน และความเค็ม พบว่าการเลือกใช้ข้อสปริงรสที่ระดับสูง (9.60%) จะได้ค่าความกรอบ (N) ความหวาน และความเค็มที่ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด พิจารณปัจจัยน้ำตาลทราย พบว่ามีอิทธิพลต่อความกรอบ ความไม่ขม ความหวาน ความเค็ม ค่าความกรอบ (N) และกลิ่นสำหรับ การใช้น้ำตาลทรายที่ระดับสูง (7.68%) จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกรอบ ความไม่ขม ความหวาน ค่าความกรอบ (N) และกลิ่นสำหรับที่ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ แม้ว่า จะมีคุณลักษณะความเค็มที่เข้าใกล้ Ideal น้อยกว่า เมื่อใช้ที่ระดับต่ำก็ตาม

การทดลองที่ 4 การหาเวลาที่เหมาะสมในการต้มสาหร่ายไก่อ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เวลาในการต้มมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 19 และ 20) ดังต่อไปนี้ คือ กลิ่นสาหร่าย ความเค็ม ความหวาน ความไม่ขม ความกรอบ ค่า peak load และความหนาแน่น พิจารณาเวลาในการต้มที่ 15 และ 20 นาที พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านความไม่ขม และการต้มที่ระดับนี้ ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะความเค็ม ความหวาน ความไม่ขม กลิ่นสาหร่าย และความกรอบ ที่ดีที่สุด และเข้าใกล้ค่า Ideal อีกด้วย ดังนั้นจึงเลือกเวลาในการต้มสาหร่ายไก่อที่ 15 นาที เพื่อลดความขมและกำจัดกลิ่นคาวในผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบ

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบในการทดลองที่ 4

สิ่งทดลอง	ความเค็ม	ความหวาน	ความไม่ขม	กลิ่นสาหร่าย	ความกรอบ
1	0.64±0.28 ^b	0.34±0.15 ^c	0.31±0.25 ^c	0.61±0.23 ^b	0.96±0.18 ^{ab}
2	0.74±0.19 ^b	0.28±0.27 ^d	0.48±0.14 ^b	0.66±0.30 ^b	0.92±0.25 ^b
3	0.94±0.35 ^a	0.86±0.09 ^a	0.94±0.08 ^a	0.93±0.16 ^a	0.98±0.31 ^a
4	1.00±0.24 ^a	0.80±0.22 ^b	0.96±0.12 ^a	0.95±0.19 ^a	0.93±0.22 ^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบในการทดลองที่ 4

สิ่งทดลอง	ค่า Peak load (N)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	6.04±1.32 ^b	0.19 ^b
2	7.40±1.19 ^a	0.21 ^b
3	6.54±1.45 ^b	0.29 ^a
4	6.51±1.72 ^b	0.22 ^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดลองที่ 5 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

1. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1.1 ค่าความกรอบ = 7.17 N

1.2 $L = 33.48$ $a = 0.20$ $b = 2.37$

1.3 $Aw = 0.36$

1.4 ความหนาแน่น = 0.24 g/cm^3

2. การวิเคราะห์ทางเคมี

2.1 ความชื้น = 4.21%

2.2 คาร์โบไฮเดรต = 56.82%

2.3 โปรตีน = 6.42%

2.4 ไขมัน = 8.80%

2.5 เกลือ = 5.43%

2.6 เส้นใย = 18.32% ; wet basis

3. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์
 - 3.1 แอโรบิกแบคทีเรีย = ประมาณ 1.1×10^3 cfu/g
 - 3.2 ยีสต์และรา = ประมาณ 35 cfu/g
 - 3.3 โคลิฟอร์ม = น้อยกว่า 3 Total coliform/g
4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scoring Test

ระดับความชอบ	คุณลักษณะ					
	กลิ่นสาหร่าย	ความไม่ขม	ความกรอบ	ความเค็ม	ความหวาน	ความชอบรวม (คน)
	(คน)	(คน)	(คน)	(คน)	(คน)	
ชอบมากที่สุด	1	3	3	2	1	-
ชอบมาก	8	4	20	4	11	13
ชอบปานกลาง	7	8	11	11	15	18
ชอบเล็กน้อย	20	14	6	17	10	8
เฉย ๆ	10	17	10	11	10	10
ไม่ชอบเล็กน้อย	4	4	-	4	3	1
ไม่ชอบปานกลาง	-	-	-	1	-	-
ไม่ชอบมาก	-	-	-	-	-	-
ไม่ชอบมากที่สุด	-	-	-	-	-	-
คะแนนเฉลี่ย	6.16	6.00	7.00	6.06	6.48	6.64
S.D.	1.21	1.30	1.25	1.27	1.25	1.13

จากตารางจะเห็นได้ว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

10. ขนบปรุงแป้งข้าวเหนียวสาหร่ายไก่อบกรอบโดยใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟ (ภาพที่ 10)

จากการศึกษาก่อนหน้าในการผลิตข้าวเหนียวอบกรอบผสมสาหร่ายไก่อ พบว่าควรมีการพัฒนาในด้านของเนื้อสัมผัสและรสชาติเพิ่มเติม จึงได้มีการศึกษาถึงการผลิตขนมปังข้าวเหนียวสาหร่ายไก่อบกรอบเพิ่มเติม ซึ่งมีหลักการของผลิตภัณฑ์คล้ายคลึงกัน แต่สามารถที่จะผลิตได้สะดวกและมีความสม่ำเสมอมากกว่า ในการผลิตขนมปังแป้งข้าวเหนียวสาหร่ายไก่อบกรอบมีส่วนประกอบของสูตรการผลิตต้นแบบดังนี้

สูตรการผลิต

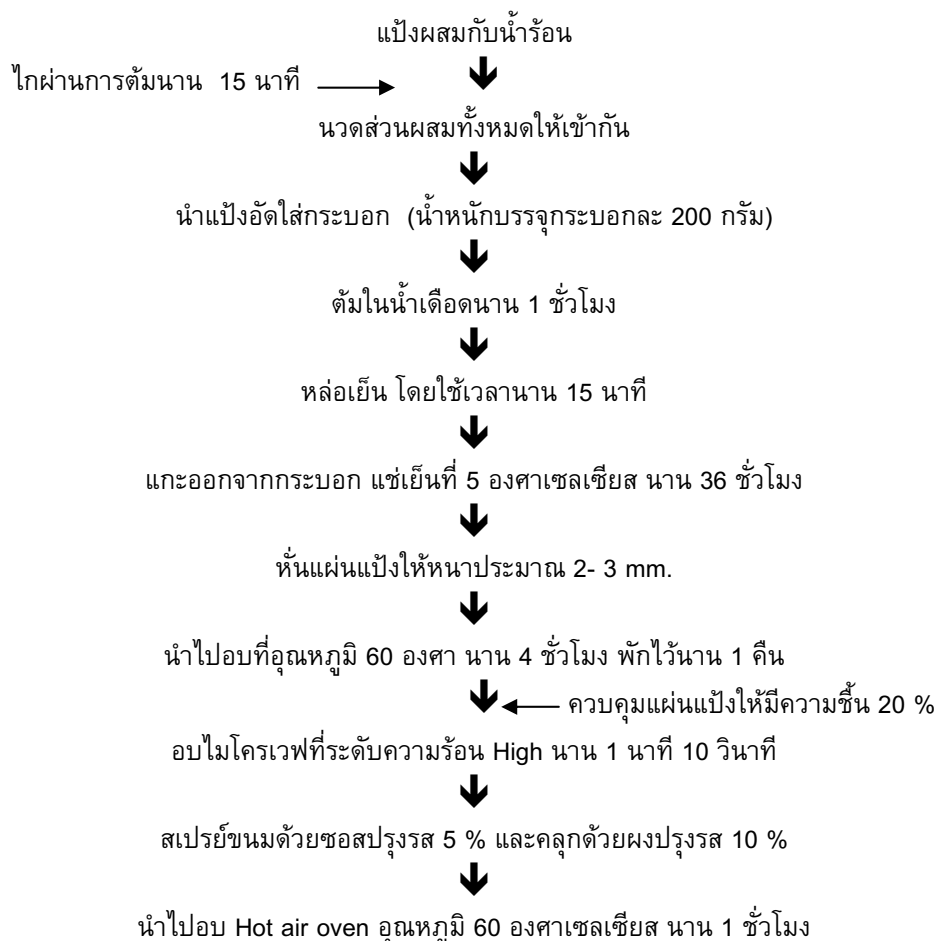
ส่วนผสมแป้ง	แป้งข้าวเหนียว	55.0	%
	น้ำ	45.0	%
	สาหร่ายไก่อแห้ง	5.0	% (โดยน้ำหนักของแป้งข้าวเหนียว)
ส่วนผสมของซอสปรุงรส (สำหรับพ่นเคลือบ) คิดเป็น 5 % ของน้ำหนักขนมปังกรอบที่ได้			
	ซอสถั่วเหลือง	18.0	%
	น้ำ	73.0	%
	น้ำตาลบด	9.0	%
ส่วนผสมของผงปรุงรส (สำหรับคลุก) คิดเป็น 10 % ของน้ำหนักขนมปังกรอบที่ได้			
	น้ำตาลไอซิ่ง	95.0	%
	พริกไทย	2.0	%

หอมแดงป่น 3.0 %

หมายเหตุ: สาหร่ายไถ่นำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

มีขั้นตอนการผลิตเบื้องต้นดังนี้



การทดสอบผู้บริโภค

นำตัวอย่างต้นแบบไปทดสอบความชอบจากผู้บริโภคจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับสาหร่ายไถแผ่นกรอบปรุงรส โดยใช้ 9-Points Hedonic Rating

ผลการวิจัย

พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยความชอบในผลิตภัณฑ์ขนมปังข้าวเหนียวสาหร่ายไถกรอบรอบเท่ากับ 5.44 ± 1.39 คือ อยู่ระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย และจากการทดสอบ 9-Points Just About Right Rating ผู้บริโภคให้ความเห็นว่าสีเขียวของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างเข้มเกินไปเล็กน้อย (6.06) โดยคะแนน 5 คือ สีเขียวที่เข้มพอดี นอกจากนี้ ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์ยังมีความแข็งเกินไปในระดับเล็กน้อย (6.16) แต่มีรสเค็มและรสหวานค่อนข้างต่ำ (3.46 และ 4.04) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ขนมปังข้าวเหนียวสาหร่ายไถกรอบรอบคุณลักษณะที่ต้องปรับปรุงอีก 4 ประการหลัก คือ ควรทำการปรับปรุงให้มีสีและความแข็งที่ลดลง แต่ปรับรสเค็มและรสหวานให้เพิ่มขึ้น โดยเทียบจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ทำการทดสอบนี้

กระบวนการผลิตนี้มีการทดลองเพิ่มเติมอีก 2 ลักษณะคือ

การศึกษาที่ 1 ผลของความชื้นและกระบวนการอบแผ่นแปงที่มีต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์

จากส่วนผสมและวิธีการผลิตข้างต้น ในช่วงการอบแผ่นแปง ทำการควบคุมแผ่นแปงให้มีความชื้นประมาณ 22, 20, 16 และ 14 % โดยการผันแปรระยะเวลาในการอบ เมื่อแผ่นแปงมีความชื้นตามที่ต้องการแล้ว นำแผ่นแปงที่ได้ มาทำให้พองกรอบโดยการให้อบด้วยเตาไมโครเวฟหรือฝอบไฟฟ้า การอบด้วยเตาไมโครเวฟ ทำโดยนำแผ่นแปงมาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับ medium-high เป็นเวลา 1 นาที โดยใช้ปริมาณแผ่นแปงขนมปังจำนวน 32 - 40 กรัม ต่อครั้ง (ประมาณ 10 แผ่น) ส่วนการให้ความร้อนโดยฝอบไฟฟ้า โดยนำแผ่นแปงมาผ่านการให้ความร้อนด้วยฝอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที โดยใช้ปริมาณแผ่นแปงขนมปังจำนวน 32 - 40 กรัม ต่อครั้ง (ประมาณ 10 แผ่น) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแต่ละความชื้นเริ่มต้นและการอบแต่ละแบบไปวัดค่าความแข็ง (hardness) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (universal testing machine) ใช้หัววัดที่เป็นแท่งทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.25 เซนติเมตร

การศึกษาที่ 2 ผลของซอสปรุงรสและผงปรุงรสที่มีต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์

ทำการผันแปรปริมาณซอสปรุงรสสำหรับพ่นเคลือบและผงปรุงรสสำหรับคลุก โดยวางแผนการทดลองแบบ Central composite Design แบบพหุนกำลังหนึ่ง ซึ่งมีปริมาณปัจจัยที่ผันแปรดังนี้

1. ซอสปรุงรส 2.5 – 5 % ของขนมปังแบ่งข้าวเหนียวสำหรับห่อเรียบร้อยแล้ว
2. ผงปรุงรส 10 -15 % ของขนมปังแบ่งข้าวเหนียวสำหรับห่อเรียบร้อยแล้ว

โดยส่วนผสมของซอสปรุงรส จะลดปริมาณน้ำลงประมาณครึ่งหนึ่ง เพื่อลดเวลาในการอบซ้ำเพื่อให้แห้ง โดยมีส่วนผสมดังนี้

- | | |
|------------------|---------|
| 1. ซอสถั่วเหลือง | 36.00 % |
| 2. น้ำ | 46.00 % |
| 3. น้ำตาลสด | 18.00 % |
- ส่วนผงปรุงรสที่ใช้มีส่วนผสมดังนี้
- | | |
|-----------------|---------|
| 1. น้ำตาลไอซิ่ง | 95.00 % |
| 2. พริกไทย | 2.00 % |
| 3. หอมแดงป่น | 3.00 % |

ปริมาณซอสปรุงรสและผงปรุงรสที่ใช้มีระดับปริมาณของปัจจัยที่ต้องการศึกษาดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ปริมาณปัจจัยที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	ซอสปรุงรส (A)	ผงปรุงรส (B)
1	2.5 %	10 %
2	5.0 %	10 %
3	2.5 %	15 %
4	5.0 %	15 %
5	3.75 %	12.5 %
6	3.75 %	12.5 %

วิเคราะห์ผลทางสถิติแบบรีเกรสชันแบบพหุนกำลังหนึ่งแบบมีปฏิสัมพันธ์

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12} X_1 \times X_2$$

การทดสอบผู้บริโภคและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

นำตัวอย่างต้นแบบ ไปทดสอบการความชอบจากผู้บริโภคจำนวน 50 คน โดยใช้ 9-Points Hedonic rating

ผลการวิจัย

การศึกษาที่ 1 การศึกษาผลของความชื้นและกระบวนการอบแผ่นแป้งที่มีต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์

ผลการวัดค่าความแข็งแสดงดังตารางที่ 23 จะเห็นได้ว่า การควบคุมความชื้นของแผ่นแป้งก่อนการอบให้มีความชื้นประมาณ 16 % จะทำให้มีความแข็งต่ำที่สุด (27.43 N) ส่วนที่ความชื้นของแผ่นแป้ง 14% มีความแข็ง 33.32 N ซึ่งแข็งกว่าที่ความชื้น 16 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งเป็นเช่นเดียวกับการอบให้มีความชื้นของแผ่นแป้ง 20 และ 22% การที่ความชื้นของแผ่นแป้งที่ 20 และ 22% มีความแข็งค่อนข้างมาก อาจเนื่องจากมีความชื้นสูง ซึ่งมีผลต่อปริมาตรสูงกว่า ทำให้ต้องการความร้อนมากกว่าในการทำให้ไอน้ำกลายเป็นไอน้ำ จึงเกิดการระเหยของน้ำอย่างช้า ๆ ทำให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ไม่เพิ่มเท่าที่ควร จึงเป็นสาเหตุทำให้มีความแข็งมากกว่า

ส่วนวิธีการอบนั้น จากตารางที่ 24 พบว่า การอบด้วยไมโครเวฟ ทำให้ได้ขนมปังแข็งขาวเหนียวสำหรับไส้ที่มีความแข็ง 33.34 N ซึ่งน้อยกว่าการ อบด้วยฝอบลมร้อน ที่มีความแข็ง 40.28 N ทั้งนี้ การใช้ไมโครเวฟ จะทำให้น้ำในแผ่นแป้งเกิดการระเหยได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถทะลุทะลวงได้ และให้เกิดความร้อนอย่างรวดเร็วภายในแผ่นแป้ง ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำได้รวดเร็ว ก่อให้เกิดการพองตัวของผลิตภัณฑ์ได้ดี ขณะที่การอบลมร้อน จะเกิดการถ่ายเทความร้อนแบบการนำในแผ่นแป้ง ทำให้แผ่นแป้งค่อย ๆ ร้อน และสูญเสียความชื้นไปอย่างช้า ๆ การพองตัวของแผ่นแป้งจึงเกิดได้น้อย ปริมาตรจึงต่ำกว่า ทำให้มีความแข็งมากกว่า

ตารางที่ 23 อิทธิพลของความชื้นในแผ่นแป้งก่อนการอบที่มีต่อความแข็ง

ปริมาณความชื้น (%)	ความแข็ง* (N)
14%	33.32 ^b ± 2.54
16%	27.43 ^a ± 5.91
20%	45.68 ^c ± 6.09
22%	40.83 ^c ± 5.08

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แบบ 2*4 factorial with one replication)

- ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 24 อิทธิพลของวิธีการอบแผ่นแป้งที่มีต่อความแข็ง

วิธีการอบ	ความแข็ง* (N)
ไมโครเวฟ	33.34 ^a ± 7.85
ฝอบลมร้อน	40.28 ^b ± 8.42

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แบบ 2*4 factorial with one replication)

- ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาที่ 2 ผลของซอสปรุงรสและผงปรุงรสที่มีต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์
ผงของซอสปรุงรสและผงปรุงรสที่มีต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ได้แสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค

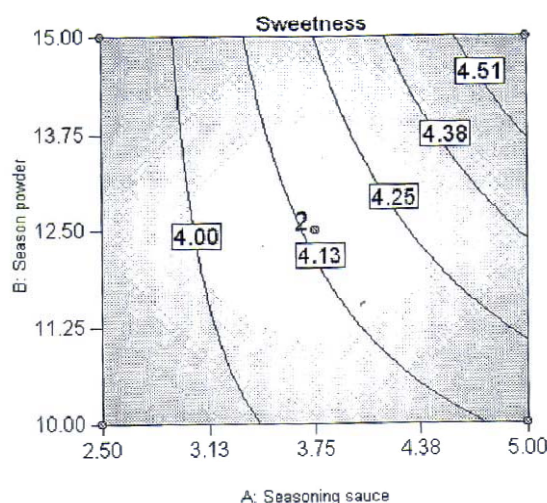
ตัวอย่าง	ซอสปรุงรส	ผงปรุงรส	ความชอบ	รสหวาน	รสเค็ม	ความแข็ง	ระดับสี
1	2.5 %	10 %	5.0 $\pm$ 1.2	3.9 $\pm$ 1.4	3.0 $\pm$ 1.2	5.8 $\pm$ 0.9	4.8 $\pm$ 1.0
2	5.0 %	10 %	5.0 $\pm$ 1.5	4.1 $\pm$ 1.7	3.2 $\pm$ 1.0	5.4 $\pm$ 0.8	4.6 $\pm$ 1.0
3	2.5 %	15 %	5.1 $\pm$ 1.3	3.8 $\pm$ 1.1	3.2 $\pm$ 1.2	5.4 $\pm$ 1.0	4.5 $\pm$ 1.1
4	5.0 %	15 %	5.3 $\pm$ 1.3	4.6 $\pm$ 1.5	3.3 $\pm$ 1.2	5.5 $\pm$ 1.0	4.6 $\pm$ 1.0
5	3.75 %	12.5 %	5.1 $\pm$ 1.3	4.2 $\pm$ 1.3	3.3 $\pm$ 1.3	5.9 $\pm$ 1.1	5.1 $\pm$ 1.0
6	3.75 %	12.5 %	4.9 $\pm$ 1.4	4.2 $\pm$ 1.3	3.4 $\pm$ 1.2	5.9 $\pm$ 1.1	5.1 $\pm$ 1.0

จากการวิเคราะห์รีเกรสชัน พบว่า เฉพาะรสหวานเท่านั้นที่พบอิทธิพลของปัจจัยทั้งสอง คือ ซอสและผงปรุงรส โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการดังนี้

$$\text{รสหวาน} = 4.81 - 0.328 * \text{ซอสปรุงรส} - 0.114 * \text{ผงปรุงรส} + 0.0424 * \text{ซอสปรุงรส} * \text{ผงปรุงรส};$$

$$\text{Adjusted } R^2 = 0.9697, P < 0.05$$

พบว่า การใช้สัดส่วนซอสปรุงรสและผงปรุงรสในระดับที่ค่อนข้างสูงถึงสูง จะช่วยให้รสหวานมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเข้าใกล้รสหวานที่ผู้บริโภคต้องการมากขึ้น ภาพที่ 9



ภาพที่ 9 อิทธิพลของซอสและผงปรุงรสที่มีต่อรสหวานของผลิตภัณฑ์

ส่วนคุณลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่มีอิทธิพลนั้น มีค่าเฉลี่ยของความชอบโดยรวม 5.06 ซึ่งผู้บริโภคมีความชอบเฉลี่ยเท่ากับเฉย ๆ รสเค็ม 3.21 พบว่ารสเค็มยังอ่อนอยู่ (5 คือระดับที่ต้องการ) ความแข็ง 5.66 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ยังมีความแข็งค่อนข้างมาก (5 คือระดับที่ต้องการ) และสี 4.79 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับที่ต้องการพอควร (5 คือระดับที่ต้องการ) การที่ค่าสีปรับดีขึ้นจากการทดลองเบื้องต้น อาจเป็นเพราะการเคลือบผงปรุงรส ซึ่งมีสีขาว ทำให้เพิ่มความสว่างสีของผลิตภัณฑ์ ช่วยให้เกิดการยอมรับที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงด้านความแข็งและรสเค็ม จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดการยอมรับได้มากขึ้น

การทดสอบผู้บริโภคและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยความชอบในผลิตภัณฑ์ขนมปังข้าวเหนียวสาหร่ายไก่อบกรอบเท่ากับ 5.44 ± 1.39 คือ อยู่ระหว่างเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย และจากการทดสอบ 9-Points Just about right rating ผู้บริโภคให้ความเห็นว่าสีเขียวของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างเข้มเกินไปเล็กน้อย (6.06) โดยคะแนน 5 คือ สีเขียวที่เข้มพอดี นอกจากนี้ ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์ยังมีความแข็งเกินไปในระดับเล็กน้อย (6.16) แต่มีรสเค็มและรสหวานค่อนข้างต่ำ (3.46 และ 4.04) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ขนมปังข้าวเหนียวสาหร่ายไก่อบกรอบคุณลักษณะที่ต้องปรับปรุงอีก 4 ประการหลัก คือ ควรทำการปรับปรุงให้มีสีและความแข็งที่ลดลง แต่ปรับรสเค็มและรสหวานให้เพิ่มขึ้น โดยเทียบจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ทำการทดสอบนี้

11. ข้าวเหนียวอบกรอบผสมสาหร่ายไก่อ (ภาพที่ 10)

วิธีการวิจัย

สูตรการผลิต

ส่วนแผ่นข้าวเหนียว	ข้าวสารเหนียว	1 ส่วน
	น้ำ	3 ส่วน
	ไก่อ	6 % ของน้ำหนักข้าวสารเหนียว
ส่วนปรุงรส	ไข่ขาว	1 ส่วน
	น้ำตาลทรายปน	1 ส่วน
	เกลือ	0.5 ส่วน

หมายเหตุ: สาหร่ายไก่อนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. ต้มสาหร่ายไก่อแห้งด้วยไฟอ่อนๆ เป็นเวลา 15 นาที
2. นำสาหร่ายไก่อที่ต้มแล้วมาทำให้เย็นและกรอง บีบน้ำออก
3. นำข้าวสารเหนียวผสมน้ำ สาหร่ายไก่อ และหุงให้สุกด้วยหม้อหุงข้าว เมื่อข้าวสุกแล้ว พักไว้ในหม้อข้าวอีก 10 นาทีเพื่อให้เกิดเจลลิตินในเซชันอย่างเต็มที่
4. นำข้าวเหนียวสุก มาบดด้วยเครื่องบดที่มีรูขนาด 3 มิลลิเมตร จำนวน 2 รอบ
5. นำข้าวเหนียวบดมารีดเป็นแผ่นบาง และนำไปแช่แข็งจนแข็ง นำมาตัดเป็นแผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำไปอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงานสูง เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เกิดการพองตัว
6. เตรียมส่วนผสมปรุงรสสำหรับทาหน้าข้าวแผ่นอบ โดยใช้เครื่องผสมหัวตะกร้อ ตีไข่ขาวด้วยความเร็วระดับ 6 ให้ขึ้นฟูและตั้งยอดแข็ง ใช้เวลา 5- 8 นาที เติมน้ำตาลทรายปนและเกลือ ผสมให้เข้ากัน นำไปทาบนข้าวแผ่นอบ
7. นำข้าวแผ่นอบที่ทาหน้าไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที
8. บรรจุผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวแผ่นอบกรอบผสมสาหร่ายไก่อในถุง

กระบวนการผลิตนี้มีการทดลองอยู่ 1 ลักษณะ คือ

การทดลองที่ 1 แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 2

ซ้ำ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาถึงชนิดของข้าวที่มีผลต่อความกรอบของข้าวแผ่นอบกรอบ

จัดให้มี 3 สิ่งทดลองคือ

1. ข้าวสารเหนียว 100 %
2. ข้าวสารเหนียว 50 % ผสมข้าวสารเจ้า 50 %
3. ข้าวสารเจ้า 100 %

เนื่องจากข้าวสารทั้ง 2 ชนิด เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย และ ผลิตได้ภายในประเทศ

เมื่อได้แผ่นข้าวอบ ที่ยังไม่ได้ทาหน้าจากสิ่งทดลองดังกล่าวแล้ว นำมาวัดค่าความกรอบ โดยการวัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

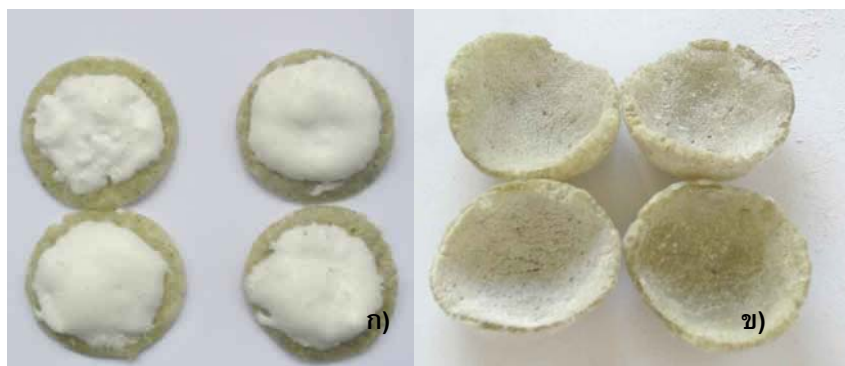
การทดลองที่ 2 ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ : เพื่อหาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวแผ่นอบกรอบที่ผสมสาหร่ายไถในสัดส่วนต่างๆ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 อัตราส่วนของส่วนผสมต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ข้าวสารเหนียว (กรัม)	น้ำเปล่า (กรัม)	สาหร่ายแห้ง (กรัม)
1	300	900	0
2	300	900	9
3	300	900	18
4	300	900	27

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จากสิ่งทดลองดังกล่าวข้างต้นแล้ว นำมาประเมินค่าความชอบ ความกรอบ รสเค็มและรสหวานโดยใช้ผู้บริโภคสุจริต จำนวน 50 คน กลุ่มเดียวกับการทดสอบสาหร่ายไถกรอบปรุงรส



ภาพที่ 10 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถ ประเภทอาหารขบเคี้ยวและอาหารว่าง

ก) ข้าวเหนียวอบกรอบผสมสาหร่ายไถ

ข) ขนมปังแบ่งข้าวเหนียวสาหร่ายไถอบกรอบ

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาถึงชนิดของข้าวที่มีผลต่อความกรอบของข้าวแผ่นอบกรอบ

จากการทดลองพบว่า การใช้ข้าวสารเหนียว 100% และข้าวสารเหนียว 50 % ผสมกับข้าวสารเจ้า 50 % ให้ค่าความแข็ง (Hardness) พอ ๆ กัน (ตารางที่ 27) คือมีค่าความแข็ง 11.86 และ 11.73 นิวตันตามลำดับ ซึ่ง มีความแข็งแรงน้อยกว่าการใช้ข้าวสารเจ้า 100 % (20.97 นิวตัน) สำหรับค่า Fracturability (มิลลิเมตร) โดยทั่วไป หากค่าความแข็งมาก จะมีค่า Fracturability สูงด้วย อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ค่า Fracturability ของสิ่งทดลองทั้ง 3 มีค่าไม่ต่างกัน (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 27 ค่า Hardness (N) ของส่วนผสมที่ใช้ผลิตข้าวแผ่นกรอบ

สิ่งทดลอง	Hardness (N)
ข้าวสารเหนียว 100 %	11.86±1.05 ^{a*}
ข้าวสารเหนียว 50 % + ข้าวสารเจ้า 50 %	11.73±2.30 ^a
ข้าวสารเจ้า 100 %	20.97±3.97 ^b

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 28 ค่า Fracturability (mm) ของส่วนผสมที่ใช้ผลิตข้าวแผ่นกรอบ

สิ่งทดลอง	Fracturability (mm)
ข้าวสารเหนียว 100 %	0.401 ± 0.108 ^{ns*}
ข้าวสารเหนียว 50 % + ข้าวสารเจ้า 50 %	0.497± 0.144 ^{ns}
ข้าวสารเจ้า 100 %	0.581±0.243 ^{ns}

*ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

การทดลองที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวแผ่นอบ ที่ผสมสาหร่ายในสัดส่วนต่าง ๆ (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scoring Test ของข้าวเหนียวแผ่นกรอบ ที่ผสมสาหร่ายไถในระดับต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ความชอบโดยรวม ¹	ความกรอบ ²	รสเค็ม ²	รสหวาน ²
0 % ไถ	5.77 ± 1.46 ^{a*}	2.17 ± 0.82 ^a	1.57 ± 0.56 ^a	1.97 ± 0.62 ^a
3 % ไถ	6.26 ± 1.44 ^a	2.08 ± 0.61 ^a	1.57 ± 0.61 ^a	2.14 ± 0.55 ^a
6% ไถ	6.14 ± 1.44 ^a	2.06 ± 0.59 ^a	1.60 ± 0.65 ^a	2.20 ± 0.58 ^a
9% ไถ	5.83 ± 1.65 ^a	1.71 ± 0.57 ^b	1.63 ± 0.60 ^a	2.11 ± 0.72 ^a

* ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

¹ คะแนนจาก 1-9 (ชอบน้อยที่สุด-มากที่สุด)

² คะแนน 3 คะแนน 1 = น้อยเกินไป 2 = พอดี และ 3 = มากเกินไป

จากตาราง 29 จะเห็นได้ว่า ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวเหนียวกรอบทั้ง 4 แบบไม่ต่างกัน โดยมีแนวโน้มที่ว่า หากผสมสาหร่ายไถมากขึ้น ความชอบจะลดลง อย่างไรก็ตาม การผสมสาหร่ายไถในอัตราส่วน 3-9 % ของน้ำหนักข้าวสารเหนียว ไม่ทำให้ผู้บริโภคมีความชอบต่างกัน ส่วนความกรอบ พบว่า การใช้สาหร่ายไถผสมในปริมาณ 9% จะทำให้ความกรอบน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ส่วนความกรอบของข้าวเหนียวกรอบที่ไม่ผสมสาหร่ายไถหรือผสมสาหร่ายไถในปริมาณ 3 และ 6% จะมีความกรอบที่พอดี ขณะที่รสเค็มของทุกสูตรค่อนข้างอ่อนไปเล็กน้อย ส่วนรสหวานอยู่ในระดับที่พอดีแล้ว

สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตสาหร่ายแผ่นกรอบจากไถ จะทำการต้มสาหร่ายไถ เป็นเวลา 15 นาที เพื่อลดความขม และกำจัดกลิ่นคาว ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบได้ นอกจากนี้จะใช้แป้งข้าวเหนียว ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย และผลิตได้ภายในประเทศ เป็นส่วนผสมหลักในการขึ้นรูป และส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

โดยเฉพาะความกรอบของผลิตภัณฑ์ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบจากไค ได้สูตรการผลิตที่เหมาะสม ดังนี้

ไคแห้ง	9.60%
แป้งข้าวเหนียว	19.20%
ซอสปรุงรส	9.60%
น้ำตาลทราย	7.68%
น้ำ	47.99%
พริกไทยป่น	0.17%
งาขาว	1.92%
น้ำมันปาล์ม	3.84%

ผลิตภัณฑ์สำหรับแผ่นกรอบจากไค ได้รับความชอบจากผู้บริโภคอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

ในการผลิตข้าวอบกรอบผสมสำหรับไค จะทำการต้มสำหรับไค เป็นเวลา 15 นาที เพื่อลดความชื้นและกำจัดกลิ่นคาว และเลือกใช้ข้าวสารเหนียวในการผลิต แม้ว่าจะให้ผลเช่นเดียวกันกับการใช้ข้าวสารเหนียว 50% ผสมกับข้าวสารเจ้า 50% แต่ทั้งนี้ การใช้ข้าวสารเหนียวเพียงอย่างเดียว ทำให้สะดวกในการแปรรูปมากกว่าในการใช้สำหรับไคผสมในข้าวเหนียวแผ่นอบกรอบ สามารถใช้ผสมได้ในช่วง 3-9 % ของน้ำหนักข้าวสารเหนียว อย่างไรก็ตาม หากต้องการใช้สำหรับไคในปริมาณเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องทำการศึกษาต่อไป แต่มีแนวโน้มว่า การเพิ่มปริมาณสำหรับไคในสูตรจะทำให้ความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับความกรอบของผลิตภัณฑ์ สำหรับ ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวเหนียวแผ่นอบกรอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรสเค็มของผลิตภัณฑ์ค่อนข้างอ่อนไปเล็กน้อย การเพิ่มรสเค็มอาจทำให้ความชอบของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นได้

ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวแผ่นอบกรอบนี้ มีจุดเด่นที่มีปริมาณไขมันที่ต่ำมาก หรืออาจไม่มีเลย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่พบในสำหรับไค เนื่องจากส่วนผสมอื่นๆ ที่ใช้ จะไม่มีไขมันเป็นองค์ประกอบเลย

12. สำหรับไคแผ่น

สูตรการผลิต

สำหรับไค	น้ำตาล	น้ำ	เครื่องปรุงรส
น้ำปลา	ซีอิ๊วขาว	พริกไทยป่น	กัมพราคาแคนท์

หมายเหตุ: สำหรับไคนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

- เตรียมสารละลายกัมพราคาแคนท์เข้มข้น 0.5% w/v โดยใช้ น้ำเป็นตัวทำละลาย คนตลอดเวลาโดยใช้ magnetic stirrer จนสารละลายกัมพราคาแคนท์ละลายกลายเป็นเจลใส ใช้เวลาในการคนประมาณ 2 ชั่วโมง
- นำส่วนผสมแต่ละสูตร (ตารางที่ 30) เทลงผสมกับเจลที่คนได้ให้เข้ากันจนส่วนผสมละลายหมดค่อยๆ เทสำหรับไคลงไปแล้วคนให้เข้ากัน ตวงสำหรับไคที่ผสมเสร็จแล้วปริมาณ 50 มิลลิลิตร เทลงในถาดพลาสติกขนาดพื้นที่ 16x22 เซนติเมตร ค่อย ๆ เติงถาดให้สำหรับไคแผ่นมีความสม่ำเสมอ

ตารางที่ 30 ส่วนผสมสำหรับไก่แผ่นแต่ละสูตร

ส่วนผสม	น้ำหนัก (กรัม)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ไก่	18	18	18
เครื่องปรุงรส	3	2.5	2.1
น้ำตาลทราย	3	3	3
ซีอิ๊วขาว	-	3	-
พริกไทยป่น	-	0.4	0.4
น้ำปลา	-	-	3
สารละลายกัมมัทราคาแคนท์ 0.5% (w/v)	500 mL	500 mL	500 mL

3. นำสาหร่ายไก่ที่ใส่ถาดแล้วเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 19 ชั่วโมง

4. ลอกสาหร่ายไก่ออกมาจากถาดพลาสติก ตัดแต่งขอบให้เรียบร้อย ตัดสาหร่ายไก่ออก เป็นแผ่นขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 13 เซนติเมตร นำมาบรรจุในพลาสติกชนิด PE หรือ Polyethylene ถุงละหนึ่งแผ่น ปิดผนึกถุงด้วยความร้อนทุกด้านของถุง

5. นำสาหร่ายไก่แผ่นมาวิเคราะห์หาความชื้นโดยการอบโดยตรง ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 10 ตัวอย่าง

5.1 สาหร่ายไก่ที่ทำเสร็จใหม่

5.2 สาหร่ายไก่แผ่นที่บรรจุไว้ในถุงพลาสติก PE เป็นเวลา 1 สัปดาห์

5.3 สาหร่ายไก่แผ่นที่ไม่ได้บรรจุถุงพลาสติกทิ้งไว้ 1 สัปดาห์

6. นำสาหร่ายไก่แผ่นมาวัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ในการวัดจะวัดทุกด้านของแผ่นโดยการวัดแบ่งเป็น 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบความหนาของสาหร่ายไก่แผ่นที่ได้

การทดสอบผู้บริโภคร

โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic (line scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดสอบสาหร่ายไก่แผ่นกรอบปรุงรส วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ ANOVA

ผลการวิจัย

เมื่อแปรรูปสาหร่ายไก่ให้เป็นผลิตภัณฑ์สาหร่ายแผ่นกรอบเรียบร้อยแล้วจึงได้นำมาศึกษาความชื้นและความหนาแน่นของสาหร่ายไก่แผ่น (ตารางที่ 31) และค่าเฉลี่ยการยอมรับสาหร่ายไก่แผ่น (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ยความชื้นและความหนาของสาหร่ายไก่แผ่น

ลักษณะสาหร่ายไก่แผ่น	ปริมาณความชื้น (%)	ค่าเฉลี่ยความหนา* (มิลลิเมตร)
อบเสร็จใหม่	5.74	0.77
บรรจุถุง (PE) เก็บไว้ 7 วัน	9.90	0.81
ไม่ได้บรรจุในถุงพลาสติกเก็บไว้ 7 วัน	24.25	0.76

* ตำแหน่งที่วัดคือ กลางแผ่นและทุกด้านของแผ่นสาหร่ายไก่

ตารางที่ 32 ค่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับสำหรับยี่ห้อไก่แผ่น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ Hedonic (line scale ช่วงคะแนน 0-10) และใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน

ลักษณะที่ทดสอบ	สูตรการทำสำหรับยี่ห้อไก่แผ่น		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี	5.80 ^{ns}	6.02	5.56
รสชาติ	5.63 ^b	6.47 ^a	5.19 ^c
การยอมรับโดยรวม	6.54 ^{ns}	6.60	6.22

- ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

- ตัวอักษร a, b, c ที่ปรากฏบนค่าเฉลี่ยแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.5

พบว่าสำหรับยี่ห้อไก่แผ่นสูตร 2 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด คือ 6.60 รองลงมาคือสูตร 1 คะแนน 6.54 และสูตร 3 คะแนน 6.22 ตามลำดับ แต่คะแนนที่ได้รับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับคะแนนการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์สำหรับยี่ห้อไก่แผ่น

ส่วนการยอมรับรสชาติของสำหรับยี่ห้อไก่แผ่น สูตร 2 ยังคงได้รับคะแนนสูงสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.5 กับคะแนนของสูตร 2 และ 3

ถึงแม้ว่าสำหรับยี่ห้อไก่สูตรที่ 2 จะได้รับคะแนนเฉลี่ยแต่ละลักษณะที่ทดสอบมากกว่าสูตรอื่น ๆ ก็ตาม แต่ส่วนใหญ่ คะแนนที่ได้ไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรอื่น ๆ ที่น่าสนใจคือ คะแนนที่ได้อยู่ในระดับ 6-7 คะแนน จากช่วงคะแนน 0-10 ซึ่งหมายความว่าผู้บริโภคให้ความพอใจในระดับปานกลางเช่นกัน ดังนั้นสำหรับยี่ห้อไก่แผ่นสูตรที่ 2 จึงต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้มีรสชาติเป็นที่พอใจมากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้นสำหรับยี่ห้อไก่แผ่นยังสามารถดูดความชื้นได้มาก (ตารางที่ 31) แม้บรรจุในถุงพลาสติก ซึ่งทำให้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของสำหรับยี่ห้อไก่แผ่น ถ้ามีการผลิตในเชิงการค้าจึงควรมีการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ของสำหรับยี่ห้อไก่แผ่นด้วย

13. ขนมอบังสำหรับยี่ห้อไก่ (ภาพที่ 11)

สูตรการผลิต

แป้งขนมอบ	1,000	กรัม	ยีสต์	12	กรัม
นมผง	40	กรัม	น้ำตาล	150	กรัม
เกลือ	10	กรัม	น้ำ	60	กรัม
มาการีน	150	กรัม	ไข่ไก่	50	กรัม (1 ฟอง)
สำหรับยี่ห้อไก่	40	กรัม	(คิดเป็น 4% เมื่อเทียบกับน้ำหนักแป้ง)		

หมายเหตุ: สำหรับยี่ห้อไคนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. ร่อนแป้งและนมผงรวมกัน ผสมกับยีสต์ พักไว้
2. ละลายน้ำ น้ำตาล เกลือ ไข่ไก่ ให้เข้ากัน
3. นำส่วนผสมข้อ 1 และข้อ 2 นวดเข้าด้วยกัน ใส่มาการีน นวดจนเนียน นำก้อนแป้งคลึงก้อนกลมให้ผิวเรียบ วางในอ่างที่ทาเนยขาวบางๆ คลุมพลาสติก พักประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนก้อนแป้งขึ้นเป็น 2 เท่า
4. นำแป้งที่พักได้มานวดเอาลมออก แบ่งเป็นก้อนตามต้องการ คลึงกลมพัก 15 นาที

5. ขึ้นรูปไส้ไส้ (สำหรับไส้) บรรจุลงในพิมพ์ พักไว้ 30 นาที อบ 150–160 °C จนเหลืองสุก นำออกจากเตาทำผิวด้วยเนย พักเย็นแล้วจึงบรรจุถุงพลาสติก

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน โดยผู้ทดสอบชิมทุกคนเป็นผู้ที่มีความรู้เรื่องอาหารเป็นอย่างดี (อาจารย์, เจ้าหน้าที่ และ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตน่าน) แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

14. กรอบเค็มสำหรับไส้ (ภาพที่ 11)

สูตรการผลิต

แป้งสาลีตราบัวแดง	750	กรัม	ไข่ไก่	3	ฟอง
น้ำมันพืช	3/4	ถ้วย	น้ำปูนใส	1	ถ้วยตวง

น้ำตาลเคลือบ ประกอบด้วย น้ำตาลทราย กระเทียมโขลกละเอียด พริกไทยป่น น้ำมันพืช น้ำ สำหรับไส้
หมายเหตุ: สำหรับไส้ทำมาจากลำไยนาน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. ร่อนแป้งสาลี
2. นำแป้งใส่ส่วนผสม ไข่ น้ำปูนใส น้ำมันพืช เข้าด้วยกัน นวดจนเนียน พัก 30 นาที
3. ปั้นเป็นก้อนเล็ก กัดกับพิมพ์ให้แบน นำทอดจนสุกเหลือง

จากนั้นนำน้ำ น้ำมันพืช น้ำตาลทราย กระเทียม พริกไทยป่น ตั้งไฟเคี่ยวจนเป็นยางมะตูม ใส่สำหรับไส้
ไส้ ไก่ นำกรอบเค็มคลุกให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็น บรรจุหีบห่อ

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับผู้ทดสอบขนมปังสำหรับไส้ แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

15. เค้กเนยสำหรับไส้ (ภาพที่ 11)

สูตรการผลิต

แป้งเค้ก	400	กรัม	ผงฟู	10	กรัม
น้ำตาลทราย	400	กรัม	เนย	400	กรัม
นมข้นจืด	200	กรัม	ไข่ไก่	8	ฟอง
วานิลลา	1	ช้อนโต๊ะ	อีซี	40	กรัม
สำหรับไส้	20	กรัม (คิดเป็น 5% เมื่อเทียบกับน้ำหนักแป้ง)			

หมายเหตุ: สำหรับไส้ทำมาจากลำไยนาน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. เตรียมพิมพ์ ทำเนยขาวรองกระดาษไข
2. ร่อนแป้ง ผงฟู ใส่อ่างผสม แล้วใส่เนย น้ำตาลป่น ไข่ วานิลลา อีซี ตีด้วยหัวตีตะกร้อ ใช้ความเร็วต่ำ 1 นาที แล้วเพิ่มความเร็วสูง 2 นาที หยุดปาดข้างอ่างผสม ใช้ความเร็วสูงอีก 2 นาที ตามด้วยความเร็วปานกลางอีก 1 นาที

3. เติมสาหร่ายไถ คนผสมให้เข้ากัน
4. เทใส่พิมพ์ อบ 150 °C ประมาณ 45 นาที หรือจนสุก นำออกจากเตา พักพออุ่น เคาะออกจากพิมพ์ ทิ้งให้เย็น บรรจุหีบห่อ

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับผู้ทดสอบขนมปังสาหร่ายไถ แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

16. ข้าวเกรียบสาหร่ายไถ (ภาพที่ 11)

สูตรการผลิต

แป้งมัน	1	กิโลกรัม	พริกไทย	30	กรัม
สาหร่ายไถ	40	กรัม	(คิดเป็น 4% เมื่อเทียบกับน้ำหนักแป้ง)		
เกลือ	10	กรัม	น้ำร้อน		
กระเทียม	50	กรัม	(โขลกละเอียด)		

หมายเหตุ: สาหร่ายไถนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. นำแป้งมัน เกลือ สาหร่ายไถ กระเทียม พริกไทย ผสมให้เข้ากัน นวดน้ำร้อนจนเหนียว นุ่ม ปั้นเป็นแท่งกลมยาว
2. ทาน้ำมันลงถึง วางเรียงก่อนแบ่ง นึ่งในน้ำเดือดประมาณ 30- 40 นาทีหรือจนกระทั่งแป้งสุกถึงใจกลาง นำออกมาพักให้เย็น
3. หั่นแผ่นบางๆ ตากแดดจนแห้ง

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับผู้ทดสอบขนมปังสาหร่ายไถ แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

17. คูกีสาคะหร่ายไถ (ภาพที่ 11)

สูตรการผลิต

แป้งเอนกประสงค์	1,900	กรัม	นมผง	75	กรัม
ผงฟู	8.5	กรัม	เกลือ	4	กรัม
น้ำตาลป่น	1,000	กรัม	เนยสด	1,125	กรัม
นมข้นจืด	275	กรัม	ไข่ไก่	8	ฟอง
สาหร่ายไถ	100	กรัม	(คิดเป็นประมาณ 5% เมื่อเทียบกับน้ำหนักแป้ง)		

หมายเหตุ: สาหร่ายไถนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. ร่อนแป้งผสมกับผงฟู
2. ตีเนย น้ำตาลป่น เกลือ จนขึ้นฟู ใส่ไข่ทีละฟองตีพอเข้ากัน ใส่แป้งสลับกับนมข้นจืด สุดท้ายใส่ด้วยแป้ง ใส่วานิลลา และสาหร่ายไถ ผสมให้เข้ากัน
3. ห่อกระดาษหรือพลาสติกเป็นแท่งกลม แช่แข็งประมาณ 1 คืน นำออกหั่น เรียงในถาดที่ทาเนยขาว อบ 150 °C ให้เหลืองสุก ทิ้งให้เย็นบรรจุหีบห่อ

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน โดยผู้ทดสอบชิมทุกคนเป็นผู้ที่มีความรู้เรื่องอาหารเป็นอย่างดี กลุ่มเดียวกับผู้ทดสอบขนมปังสาหร่ายไถ่ แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale

18. ทองม้วนสาหร่ายไถ่ (ภาพที่ 11)

สูตรการผลิต

แป้งสาลีเอนกประสงค์	3	ถ้วย	น้ำตาลทรายป่น	11/2	ถ้วยตวง
กะทิข้น ๆ	1 1/2	ถ้วยตวง	น้ำปูนใส	6	ช้อนโต๊ะ
ไข่ไก่ตีพอแตก	4	ฟอง	น้ำเปล่า	3	ช้อนโต๊ะ
เกลือป่น	3/4	ช้อนชา	น้ำมันพืชสำหรับทา		
สาหร่ายไถ่	30	กรัม (คิดเป็น 12 % เมื่อเทียบกับน้ำหนักแป้ง)			

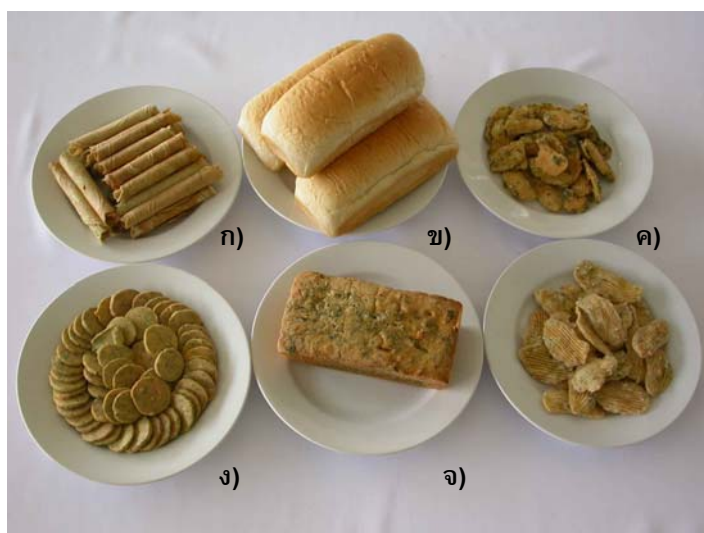
หมายเหตุ: สาหร่ายไถ่นำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. ใส่แป้งลงในชาม ใส่น้ำตาลทรายป่น ผสมให้เข้ากัน ทำแบ่งเป็นบ่อตรงกลาง
2. ผสมไข่ไก่ น้ำ น้ำปูนใส เกลือ กะทิ คนให้เข้ากัน ใส่ลงในบ่อแป้ง คนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่สาหร่ายไถ่ลงไป
3. เปิดเตาให้พิมพ์ร้อน ใช้แปรงจุ่มน้ำมันทาพิมพ์ด้านในทั้ง 2 ด้าน ปิดพิมพ์สักครู่ให้ร้อนดี เปิดพิมพ์ตัก ส่วนผสมหยดลงกลางพิมพ์ ปิดพิมพ์ สักครู่ พลิกกลับไปมาจนเหลืองสวย ชะลอออกจากพิมพ์ พับทำรูปปร่าง ขณะร้อน พักให้เย็น เก็บใส่ภาชนะปิดสนิท

การทดสอบผู้บริโภคและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความพึงพอใจโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน กลุ่มเดียวกับผู้ทดสอบขนมปังสาหร่ายไถ่ แบบทดสอบชิมใช้ Hedonic 9 scale



ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถ่ ประเภทขนมขบเคี้ยวและอาหารว่าง

- ก) ขนมทองม้วนสาหร่ายไถ่ ข) ขนมปังสาหร่ายไถ่ ค) กรอบเค็มสาหร่ายไถ่
 ง) คูกี้สาหร่ายไถ่ จ) เค้กเนยสาหร่ายไถ่

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบผู้บริโภครวบรวมและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของอาหารทั้ง 6 ประเภท ได้แก่ ขนมปังสาหร่ายไก่อกรอบเค็มสาหร่ายไก่อเค็มเนยสาหร่ายไก่อข้าวเกรียบสาหร่ายไก่อคุกกี้สาหร่ายไก่อทองม้วนสาหร่ายไก่อได้น่ามาล่าวรรณกัน ดังแสดงผลในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายไก่อ

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ค่าคะแนนเฉลี่ย *	SD	ความคิดเห็นของผู้ทดสอบชิม
ขนมปังสาหร่ายไก่อ	6.2	0.63	รสชาติไม่มีแตกต่างจากขนมปังทั่วไป สาหร่ายไก่อไม่เกิดรสชาติที่ชัดเจน
เค็มเนยสาหร่ายไก่อ	6.5	0.53	มีรสชาติของสาหร่าย (ความแบบของทะเลเล็กน้อย) ไม่ขม แต่ก็ไม่เหมาะกับรสชาติของเค็ม
คุกกี้สาหร่ายไก่อ	7.3	0.48	มีรสชาติของสาหร่ายชัดเจน แต่ไม่ขม รสชาติคล้ายคุกกี้กึ่งแห้ง
ขนมทองม้วนสาหร่ายไก่อ	7.7	0.48	เห็นสาหร่ายในเนื้อของขนมชัดเจน ทำให้ดูแปลกใหม่ แต่รสชาติของสาหร่ายยังไม่ชัดเจนนัก
กรอบเค็มสาหร่ายไก่อ	5.8	0.63	มีรสชาติของสาหร่ายชัดเจน ไม่ขม แต่เข้ากับรสชาติของขนม
ข้าวเกรียบสาหร่ายไก่อ	7.6	0.51	มีรสชาติของสาหร่ายชัดเจน ไม่ขม ไปกันได้ดีกับรสชาติข้าวเกรียบ

* ทดสอบความพอใจโดยใช้แบบทดสอบ Hedonic 9 คะแนน โดยมีค่าของคะแนนดังนี้

- 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด (like extremely)
- 8 คะแนน หมายถึง ชอบมาก
- 7 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง
- 6 คะแนน หมายถึง ชอบเล็กน้อย
- 5 คะแนน หมายถึง เฉยๆ (neither like nor dislike)
- 4 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
- 3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
- 2 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมาก
- 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (dislike extremely)

ผลจากการทดสอบการชิมพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนสูงได้แก่ ทองม้วน ข้าวเกรียบและคุกกี้ มีคะแนน 7.7, 7.6 และ 7.3 ตามลำดับ โดยคะแนนที่ได้อยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยผู้ทดสอบการชิมให้ความเห็นว่ากรอบเค็มสาหร่ายไก่อในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ทำให้เกิดรสชาติของสาหร่ายชัดเจนและเข้ากันได้กับรสชาติของขนม ยกเว้นขนมทองม้วนที่ถึงแม้จะไม่มีรสชาติของสาหร่ายชัดเจน (แม้จะเติมสาหร่ายสูงถึง 12%) แต่ทำให้ลักษณะปรากฏของขนมเป็นที่พึงพอใจเพราะมีสาหร่ายอยู่ในเนื้อขนม ปริมาณสาหร่ายไก่อที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จะถูกจำกัดด้วยรสขม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสาหร่ายไก่อที่ทำให้มีปัญหาในการนำมาแปรรูป ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค็มเนย และกรอบเค็ม ถึงแม้จะเติมสาหร่ายในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดรสขม แต่ผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่ารสชาติของสาหร่ายที่มีรสแบบของคาวนั้น เข้ากันไม่ได้กับรสชาติของผลิตภัณฑ์ทั้งสามชนิด คะแนนการทดสอบชิมที่ได้จึงมีคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ดังนั้นจากการทดสอบความพึงพอใจเบื้องต้นพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมทองม้วน ข้าวเกรียบและคุกกี้ที่ผสมสาหร่ายไก่อ เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าจะพัฒนาต่อไปได้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน

19. พิมพ์กรอบสาหร่ายไก่อ (ภาพที่ 12)

พิมพ์กรอบเป็นขนมไทยโบราณที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นแผ่นบางกรอบ คล้ายทองม้วน รสชาติหวานมัน สูตรดั้งเดิมจะมีเฉพาะแป้ง ซึ่งให้สารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตและไขมัน

เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการพัฒนาพิมพ์กรอบด้วยการใช้สาหร่ายไคซึ่งมีโปรตีน แร่ธาตุ และใยอาหารสูง ทดแทนแป้งบางส่วน จะทำให้ขนมพิมพ์กรอบมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

สูตรการผลิต

เตรียมสูตรขนมพิมพ์กรอบที่ใช้ทดลอง 4 สูตร คือ

สูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐาน (control) ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า 65 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 65 กรัม น้ำตาลทราย 50 กรัม น้ำกะทิ 230 กรัม ไข่ไก่ 25 กรัม เกลือ 2 กรัม งาดำคั่ว 10 กรัม

สูตรที่ 2, 3, 4 เป็นสูตรที่มีส่วนผสมหลักเหมือนสูตรพื้นฐานทุกอย่างต่างกันตรงที่สูตรที่ 2, 3, 4 ใส่สาหร่ายไคผง 6%, 9%, 12% ของน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ

หมายเหตุ: สาหร่ายไคนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

1. ผสมแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง สาหร่าย เข้าด้วยกัน แล้วทำหลุมตรงกลาง ตีไข่แดงและไข่ขาวให้เข้ากัน
2. ผสมน้ำกะทิ น้ำตาลทราย น้ำตาลปี๊ป แล้วคนให้เข้ากัน
3. นำไข่ผสมกับน้ำกะทิ คนให้เข้ากัน
4. นำน้ำกะทิที่ผสมแล้ว ค่อยๆ เทลงในหลุมแป้ง ใช้ที่ตีไข่คนส่วนผสมให้แป้งค่อยๆ ตกลงในหลุม คนเบาๆ จนเข้ากันดี
5. ใส่ งาดำคั่วลงในส่วนผสมแป้ง คนเบาๆ จนเข้ากันดี พักไว้ประมาณ 15-20 นาที
6. เปิดไฟเครื่องทำพิมพ์กรอบหรือทองม้วน เมื่อเครื่องร้อนดีแล้วทาน้ำมันบนพิมพ์ทั้งสองด้าน ตักแป้งที่ผสมแล้วหยอดลงบนพิมพ์ปิดพิมพ์ประมาณ 3 วินาที เปิดพิมพ์ใช้ปลายช้อนแซะขึ้น ม้วนกับแกนกลม ๆ หรือพับทันทีขณะที่ยังร้อน ถ้าเย็นขนมจะแข็งกรอบม้วนหรือพับไม่ได้ ทำอย่างนี้จนหมดแป้ง ทิ้งไว้ให้เย็นเก็บใส่ถุงหรือภาชนะที่ปิดสนิท

การทดสอบผู้บริโภคและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์

ใช้ผู้ชิม 5 คน (ผู้ชาย 1 คน ผู้หญิง 4 คน อายุ 24-57 ปี) ชิมขนมพิมพ์กรอบ 4 สูตร สูตร 1 ไม่ใส่สาหร่ายไค สูตร 2, 3, 4 ใส่สาหร่ายไค 6%, 9%, 12% ตามลำดับ เพื่อทดสอบการยอมรับเบื้องต้นทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส



ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไค ประเภทขนมขบเคี้ยวและอาหารว่าง

ก) ข้าวเม้าที่มีสาหร่ายไค ข) พิมพ์กรอบสาหร่ายไค ค) ข้าวแต่นสาหร่ายไค

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบผู้บริโภคและการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของพิมพ์กรอบสาหร่ายไค (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 ผลการทดสอบการยอมรับเบื้องต้นทางด้านประสาทสัมผัสของพืชมักรอบสาหร่ายไก่อ

Treatment	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส
1 (0%)	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ไม่ชอบ
2 (6%)	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ไม่ชอบ
3 (9%)	ชอบ	ชอบ	ชอบ	ไม่ชอบ
4 (12%)	ชอบ	ไม่ค่อยชอบ	ไม่ค่อยชอบ	ไม่ชอบ

พบว่า ผู้ชิมชอบสี กลิ่น รสชาติ ของขนมพืชมักรอบที่ไม่ใส่สาหร่าย และใส่สาหร่าย 6% และ 9% แต่ไม่ชอบ กลิ่น รสชาติ ของพืชมักรอบที่ใส่สาหร่าย 12% เนื่องจากมีรสออกขม สากลิ้น และมีกลิ่นสาหร่ายค่อนข้างแรง สำหรับสียังคงชอบอยู่ ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสผู้ชิมจะไม่ชอบทั้ง 4 สูตร เพราะไม่ค่อยกรอบ เนื้อกระด้าง ไม่เรียบเนียน จึงกล่าวได้ว่า ขนมอบกรอบหากไม่ใส่แป้งสาลี เนื้อสัมผัสของขนมจะหยาบ กรอบร่วน ไม่เกาะกัน นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมยังไม่ชอบ กลิ่น และรสชาติของขนมพืชมักรอบที่ใส่สาหร่าย ปริมาณร้อยละ 15 อีกด้วย เพราะมีกลิ่นสาหร่ายค่อนข้างแรงและมีรสขมดังนั้น จึงต้องนำทั้ง 4 สูตร ไปปรับปรุงใหม่ดังแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ส่วนผสมของขนมพืชมักรอบ 4 สูตร ซึ่งดัดแปลงจากสูตรพืชมักรอบพื้นฐาน A₀

ส่วนผสม (กรัม)	สูตร				
	A ₀	B ₀	B ₆	B ₉	B ₁₂
แป้งสาลี	-	20	20	20	20
แป้งข้าวเจ้า	130	120	120	120	120
แป้งมันสำปะหลัง	130	120	120	120	120
น้ำตาลปี๊ป	100	100	100	100	100
น้ำตาลทราย	100	100	100	100	100
กะทิ	460	460	460	460	460
ไข่ไก่ (ทั้งฟอง)	50	50	50	50	50
เกลือ	5	5	5	5	5
งาดำคั่ว	15	15	15	15	15
สาหร่ายไก่อผง	-	-	15.60	23.40	31.20

จากนั้นทำการประเมินการยอมรับเบื้องต้นด้วยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสหาความชอบโดยรวม ในด้านคุณลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 5 คน เพื่อนำสูตรไปทำการปรับปรุงใหม่

การเตรียมสูตรขนมพืชมักรอบ ที่มีระดับสาหร่ายไก่อผงต่างกัน 4 ระดับ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค

เตรียมสูตรขนมพืชมักรอบที่มีระดับสาหร่ายไก่อผงต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 6, 9 และ 12 ของน้ำหนักแป้ง จะได้สูตรขนมพืชมักรอบสำหรับทดลอง 4 สูตร (ตารางที่ 36) คือ

สูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐาน (Control) ได้จากการปรับปรุงดัดแปลง ส่วนผสมบางอย่างจากสูตรพืชมักรอบพื้นฐาน B₀ (ตารางที่ 49) และนำมาเติมสาหร่ายไก่อผงในปริมาณร้อยละ 0 ของน้ำหนักแป้ง ให้ชื่อย่อว่า C₀

สูตรที่ 2 ได้จากการนำสูตรพื้นฐาน C₀ มาเติมสาหร่ายไก่อผงในปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักแป้ง ให้ชื่อย่อว่า C₆

สูตรที่ 3 ได้จากการนำสูตรพื้นฐาน C_0 มาเติมสาหร่ายไคผงในปริมาณร้อยละ 9 ของน้ำหนักแบ่ง ให้ชื่อย่อว่า C_9

สูตรที่ 4 ได้จากการนำสูตรพื้นฐาน C_0 มาเติมสาหร่ายไคผงในปริมาณร้อยละ 12 ของน้ำหนักแบ่ง ให้ชื่อย่อว่า C_{12}

ตารางที่ 36 ส่วนผสมของขนมพิมพ์กรอบ 4 สูตร ที่ใช้ทดลองหาระดับสาหร่ายไคผงที่เหมาะสมที่สุด

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรขนมพิมพ์กรอบ			
	C_0	C_6	C_9	C_{12}
แป้งสาลี	20	20	20	20
แป้งข้าวเจ้า	120	120	120	120
แป้งมันสำปะหลัง	120	120	120	120
น้ำตาลปีก	100	100	100	100
น้ำตาลทราย	100	100	100	100
กะทิ	460	460	460	460
ไข่ไก่ (ทั้งฟอง)	50	50	50	50
เกลือ	4	4	4	4
งาดำคั่ว	20	20	20	52
สาหร่ายไคผง	-	15.60	23.40	31.20

การดำเนินงานทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยนำส่วนผสมของขนมพิมพ์กรอบแต่ละสูตรในตารางที่ 36 มาดำเนินการผลิต

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

โดยใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์ ทั้งนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 20 คน โดยเป็นชาย 3 คน หญิง 17 คน อายุระหว่าง 24-55 ปี ทำการประเมินการยอมรับขนมพิมพ์กรอบ ทั้ง 4 สูตร ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale วางแผนการชิมแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำการทดสอบ 2 ครั้ง

ประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมพิมพ์กรอบ

นำขนมพิมพ์กรอบสูตรพื้นฐาน และขนมพิมพ์กรอบสูตรสาหร่ายไคผงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี ของ AOAC (2000)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาสูตรขนมพิมพ์กรอบที่มีระดับสาหร่ายไคผง ต่างกัน 4 ระดับ

จากการทำการปรับปรุงสูตรพื้นฐานของขนมพิมพ์กรอบใหม่ โดยการใส่แป้งสาลิลงไปในส่วนผสมด้วย (B_0) และปรับระดับปริมาณการใส่สาหร่ายไคผงในสูตรพื้นฐาน B_0 ใหม่ เป็นร้อยละ 0, 6, 9 และ 12 ของน้ำหนัก

แบ่ง (B_0 , B_6 , B_9 และ B_{12}) การที่ปรับระดับปริมาณสาหร่ายเป็นร้อยละ 6, 9 และ 12 แทนระดับปริมาณสาหร่ายร้อยละ 5, 10 และ 15 เนื่องจากเห็นว่าการใส่สาหร่ายในช่วงร้อยละ 5 – 10 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในขนมพื้กรอบ ส่วนร้อยละ 15 ผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับ ถ้าหากปรับลดปริมาณสาหร่ายสูงสุดจากร้อยละ 15 ลงมาเหลือร้อยละ 12 อาจจะได้รับการยอมรับก็ได้ จึงพิจารณาปรับระดับช่วงปริมาณสาหร่ายใหม่ จากช่วงสูงสุดลงมาให้มีช่วงแคบลงกว่าเดิมเหลือช่วงร้อยละ 3 ซึ่งเป็นช่วงที่เห็นว่าเหมาะสม ไม่กว้าง หรือแคบจากช่วงเดิมมากนัก จึงได้ระดับปริมาณสาหร่ายใหม่เป็นร้อยละ 6, 9 และ 12 และเมื่อนำขนมพื้กรอบทั้ง 4 สูตรใหม่ไปทดสอบการยอมรับเบื้องต้นอีกครั้งด้วยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับขนมพื้กรอบทั้ง 4 สูตร ทั้งในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะเนื้อสัมผัส จะมีลักษณะกรอบ นุ่มนวล ไม่กรอบร่วน เนื้อเรียบเนียน เป็นเงา ซึ่งจะได้ชัดในสูตรพื้นฐาน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่า แป้งสาหร่ายมีกลูเตน ซึ่งทำให้เกิดการคงรูปของชั้นผิวเคลือบโดยให้การยึดติดได้ดี มีส่วนสำคัญต่อคุณภาพความกรอบ (ทาวูตตี, 2547; Bushuk and Wrigley, 1974)

ดังนั้นสูตรขนมพื้กรอบพื้นฐาน (B_0) ซึ่งใช้แป้งสาหร่ายเป็นส่วนผสม และใส่สาหร่ายไผ่ผงในระดับปริมาณร้อยละ 0, 6, 9 และ 12 จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป เพื่อหาสูตรขนมพื้กรอบสาหร่ายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค

และเนื่องจากผู้ทดสอบชิมได้แนะนำให้ปรับลดเกลือและเพิ่มงาดำคั่ว เพื่อความกลมกล่อมและหอมมันของขนมพื้กรอบ จึงได้ทำการปรับสูตรโดยลดเกลือและเพิ่มงาดำคั่วตามคำแนะนำ ได้สูตรตามตารางที่ 36 ซึ่งนำไปใช้ในการทดลองหาสูตรขนมพื้กรอบที่มีระดับสาหร่ายไผ่ผงที่เหมาะสมที่สุด

ผลการทดลองหาสูตรขนมพื้กรอบที่มีระดับสาหร่ายไผ่ผงเหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค

จากการนำขนมพื้กรอบ ทั้ง 4 สูตร (C_0 , C_6 , C_9 และ C_{12}) ไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยทำการทดสอบคุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยการประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมพื้กรอบทั้ง 4 สูตร

ตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
C_0	7.14 ^A	7.35 ^A	7.48 ^A	7.45 ^A	7.62 ^A	7.51 ^A
C_6	7.09 ^A	6.98 ^A	6.96 ^B	7.09 ^{AB}	7.46 ^A	7.14 ^{AB}
C_9	6.98 ^A	7.01 ^A	6.65 ^B	6.77 ^B	7.37 ^A	6.76 ^B
C_{12}	6.55 ^A	6.40 ^B	5.89 ^C	6.25 ^C	7.05 ^B	6.25 ^C

อักษรเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

พบว่าคะแนนเฉลี่ยของขนมพื้กรอบใส่สาหร่ายไผ่ผงร้อยละ 0(C_0), และ 6(C_6), ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบชิม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ยกเว้น กลิ่นที่คะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม กลิ่นสาหร่ายนี้ก็ยังเป็นกลิ่นที่ผู้ทดสอบชิมไม่ได้รับเกียจยังชอบอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้วยเหตุนี้ผู้ทดสอบชิมจึงให้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของทั้ง 2 สูตร ใกล้เคียงกันแตกต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายไผ่ผง เป็นร้อยละ 9(C_9) พบว่า คะแนนเฉลี่ยในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ใส่สาหร่ายไผ่ผงปริมาณร้อยละ 0(C_0) แต่จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับสูตรที่ใส่สาหร่ายไผ่ผงปริมาณร้อยละ 6(C_6) และเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายไผ่ผงอีกเป็นร้อยละ 12(C_{12}) พบว่าคะแนนเฉลี่ยในทุกด้าน ยกเว้นลักษณะปรากฏ จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ใส่สาหร่ายไผ่ผงปริมาณร้อยละ 0(C_0), 6(C_6) และ 9(C_9) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า คะแนนความชอบจะน้อยลง

ตามลำดับเมื่อเพิ่มปริมาณสาหร่ายไคผงมากขึ้นในขนมพิมพ์กรอบ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าขนมพิมพ์กรอบที่ใส่สาหร่ายไคผงมากเกินไป จะให้กลิ่นสาหร่ายที่ค่อนข้างแรง มีรสขม เผื่อนคอ สืดล้า และความกรอบของขนมลดลง ทั้งนี้เนื่องจากขนมพิมพ์กรอบที่มีปริมาณสาหร่ายมากจะมีปริมาณเส้นใยอาหารมากตามไปด้วย เส้นใยอาหารเหล่านี้จะแทรกกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อขนม และมีคุณสมบัติในการดูดน้ำได้ดี จึงมีผลทำให้ขนมพิมพ์กรอบที่ใส่สาหร่ายมากเกินไปมีความกรอบลดลง อย่างไรก็ตามแม้ผลการทดลองจะพบว่า ขนมพิมพ์กรอบสูตรใส่สาหร่ายไคผงร้อยละ 6(C₆) ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรขนมพิมพ์กรอบที่ใส่สาหร่ายด้วยกัน โดยได้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.14 คะแนน ในขณะที่ขนมพิมพ์กรอบสูตรใส่สาหร่ายไคผงร้อยละ 9(C₉) ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.76 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่แตกต่างกันไม่มากนัก และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมร่วมกับคะแนนคุณลักษณะด้านต่าง ๆ แล้ว จะเห็นว่าทั้งสองสูตรมีคุณลักษณะด้านต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนในด้านคุณค่าทางโภชนาการเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วสูตรขนมพิมพ์กรอบ ใส่สาหร่ายไคผงร้อยละ 9(C₉) ย่อมให้คุณค่าทางโภชนาการกับผู้บริโภคมากกว่าสูตรขนมพิมพ์กรอบใส่สาหร่ายไคผงร้อยละ 6(C₆) เพราะขนมพิมพ์กรอบสาหร่ายไคทั้ง 2 สูตร มีส่วนผสมทุกอย่างเหมือนกันและเท่ากันหมด ยกเว้นสาหร่ายไคผงที่ต่างกัน ดังนั้นสูตรที่มีระดับปริมาณสาหร่ายไคผงมากกว่า ก็ย่อมให้คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าสูตรที่มีระดับปริมาณสาหร่ายไคผงน้อยกว่า ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงเลือกสูตรขนมพิมพ์กรอบใส่สาหร่ายไคผงปริมาณร้อยละ 9(C₉) เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค ซึ่งตรงกับจุดประสงค์ของการวิจัยการพัฒนาขนมพิมพ์กรอบสาหร่ายไค ที่ต้องการให้เกิดประโยชน์กับผู้บริโภคมากที่สุด

20. ข้าวแต่น้ำสาหร่ายไค (ภาพที่ 12)

ข้าวแต่น้ำ เป็นอาหารว่างนิยมบริโภคมาแต่โบราณจนถึงปัจจุบัน ทำมาจากข้าวเหนียวหนึ่ง นำไปต้มให้แห้งแล้วนำไปทอด ราดด้วยน้ำตาลหรือน้ำอ้อยที่เคี่ยวจนข้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีลักษณะแปลกใหม่ออกไป เช่น ข้าวแต่น้ำน้ำแดงโม โดยคั้นน้ำแดงโมราดลงบนข้าวเหนียวที่หุงสุกแล้ว จะได้ข้าวแต่น้ำที่มีสีเข้มขึ้น หรือมีการพัฒนาเป็นข้าวแต่น้ำต่าง ๆ มากมาย เช่น ข้าวแต่น้ำหน้าหมูหยอง ข้าวแต่น้ำนางา ข้าวแต่น้ำหน้าช็อกโกแลต เป็นต้น แต่ข้าวแต่น้ำหน้าสาหร่ายไคยังไม่มีการผลิต ดังนั้นการนำสาหร่ายไคมาทำเป็นหน้าข้าวแต่น้ำ นอกจากช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องสุขภาพอีกด้วย

สูตรการผลิต

เตรียมสูตรสำหรับทำหน้าข้าวแต่น้ำ 3 สูตร โดยสูตร 1, 2 และ 3 จะมีส่วนประกอบที่เหมือนกันทุกอย่าง ดังนี้ คือ

น้ำ	80 กรัม	น้ำตาลปี๊ป	100 กรัม
กระเทียม	20 กรัม	เกลือ	1 กรัม
พริกไทย	1 กรัม	รากผักชี	2 กรัม

และจะต่างกันตรงส่วนประกอบของสาหร่ายไคแผ่นบดผง โดยสูตร 1, 2 และ 3 จะมีส่วนประกอบของสาหร่ายไคแผ่นบดผง 14, 28 และ 42 กรัม ตามลำดับ

หมายเหตุ: สาหร่ายไคนำมาจากลำน้ำน่าน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

วิธีการทำข้าวแต่น้ำ

1. แช่ข้าวเหนียว 12 ชั่วโมง รินน้ำออกนำไปนึ่งในรังถึงพอสุก
2. นำข้าวเหนียวในข้อ 1 มากดพิมพ์ข้าวแต่น้ำลงในถาดที่ปูด้วยพลาสติก ทำจนข้าวเหนียวหมด

- นำข้าวเหนียวในข้อ 2 ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
- นำข้าวแต๋นที่อบแห้งแล้วในข้อ 3 ไปทอดน้ำมัน พักไว้ให้เย็น แล้วค่อยจัดทำหน้าต่าง ๆ ตามต้องการ

วิธีการทำสาหร่ายไก่อแผ่นบดผง

- ชั่งสาหร่ายไก่อเส้น 50 กรัม แช่ในน้ำเกลือ 0.3% (w/w) (สารละลาย 1,000 กรัม) เป็นเวลา 20 นาที นำสาหร่ายมากรองผ่านผ้าขาวบาง บีบน้ำออก
- นำสาหร่ายในข้อ 1 ใส่หม้อ เติมน้ำ 500 กรัม ต้มไฟอ่อนๆ จนแห้ง ขณะต้มคนเป็นระยะๆ
- ละลายแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม แป้งข้าวเจ้า 5 กรัม และแป้งสาลี 15 กรัม ในน้ำ 40 กรัม คนให้เข้ากัน
- นำสารละลายแป้งในข้อ 3 ไปใส่ในหม้อสาหร่ายในข้อ 2 คนให้เข้ากัน เปิดไฟอ่อนๆ คนต่อไปอีก 2-3 นาที
- นำสาหร่ายในข้อ 4 ใส่ถุงพลาสติก ใช้ไม้คลึงให้แบน ใช้กรรไกรตัดถุงพลาสติกด้านข้างออก ลอกถุงพลาสติกด้านหนึ่งออกตัดทิ้ง นำสาหร่ายแผ่นไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ลอกสาหร่ายออกจากถุงพลาสติก เก็บใส่ถุง
- หักสาหร่ายไก่อแผ่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปบดในเครื่องบด (Blender) จนละเอียดพอสมควร ตักใส่ภาชนะ เก็บเตรียมไว้ทำหน้าข้าวแต๋น

วิธีการทำหน้าข้าวแต๋น

นำกระทะตั้งไฟ ใส่ น้ำ น้ำตาลปี๊ป เกลือ เคี่ยวจนน้ำตาลปี๊ปละลายหมด ใส่กระเทียม รากผักชี พริกไทย ที่โขลกละเอียดแล้ว ผัดจนหอม ใส่สาหร่ายไก่อบผง ผัดจนกระทั่งน้ำตาลเหนียวพอที่จะแปะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ติด นำไปทาบนแผ่นข้าวแต๋นที่ทอดแล้ว แปะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ซีกที่ทอดแล้วลงตรงกลางแผ่นข้าวแต๋น โรยงาขาวคั่วให้ทั่วทั้งหน้า เก็บใส่ถุง หรือภาชนะที่ปิดสนิท

การทดสอบผู้บริโภครู้สึกและการวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์

การทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 9 point Hedonic Scale เพื่อหาสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน โดยเป็นชาย 3 คน หญิง 17 คน อายุระหว่าง 24-55 ปี ทดสอบลักษณะปรากฏรวม สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม

นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบผู้บริโภครู้สึกและการวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์ของข้าวแต๋นหน้าสาหร่ายไก่อ (ตารางที่ 38) พบว่าความชอบข้าวแต๋นหน้าสาหร่ายไก่อทั้ง 3 สูตรทดลองของผู้ชิมในด้านลักษณะปรากฏรวม สี กลิ่น กลิ่นเดียวกันแตกต่างกันไม่มากนัก แต่ในด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้ชิมจะชอบข้าวแต๋นสูตร 1 และ 2 มากกว่าสูตร 3 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีผลทำให้ความชอบโดยรวมของสูตร 1 และ 2 จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ก็พบว่าความชอบของผู้ชิมจะน้อยลงตามลำดับเมื่อเพิ่มสาหร่ายไก่อมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงสูตรตามคำแนะนำของผู้ทดสอบชิม และปรับระดับสาหร่ายไก่อแผ่นบดใหม่ให้มีระดับต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 5, 10 และ 15 % ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ได้สูตรใหม่ 4 สูตร ดังตารางที่ 39

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ยการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อ

Treatment	ลักษณะปรากฏรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1 (14 กรัม)	6.75 ^A	6.62 ^A	6.80 ^A	6.55 ^A	5.63 ^A	6.05 ^A
2 (28 กรัม)	6.75 ^A	6.38 ^A	6.88 ^A	6.55 ^A	4.95 ^A	5.53 ^A
3 (42 กรัม)	6.25 ^A	6.10 ^A	6.25 ^A	5.00 ^B	3.45 ^B	4.15 ^B

อักษรบนตัวเลขเหมือนกันแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

อักษรบนตัวเลขต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

ตารางที่ 39 ส่วนผสมของสูตรหน้าข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อ 4 สูตร ซึ่งมีระดับสาหร่ายไก่อแผ่นบดต่างกัน 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 15 %) เพื่อหาสูตรข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อที่เหมาะสมที่สุด

ส่วนผสม (กรัม)	หน้าข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อ			
	สูตร C ₀ (0 %)	สูตร C ₅ (5 %)	สูตร C ₁₀ (10%)	สูตร C ₁₅ (15 %)
น้ำตาลปีก	80	80	80	80
น้ำ	20	20	20	20
กระเทียม	20	20	20	20
เกลือ	2	2	2	2
พริกไทย	1	1	1	1
รากผักชี	3	3	3	3
สาหร่ายไก่อแผ่นบด	-	6.3	12.6	18.9

การดำเนินงานทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แต่ละชุดการทดลอง ทำ 2 ซ้ำ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อทั้ง 4 สูตร โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 20 คน ทำการทดสอบในด้านลักษณะ ปรากฏโดยรวม สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบ แบบ 9- point hedonic scale วางแผนการชิมแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำ 2 ซ้ำ

การประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

นำข้าวแต่น้ำสูตรหน้าพื้นฐาน และข้าวแต่น้ำสูตรหน้าสาหร่ายไก่อที่เหมาะสมที่สุดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณตามวิธีของ AOAC (2000)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาสูตรข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อที่เหมาะสมที่สุด

หลังจากได้ทำการปรับปรุงสูตรหน้าข้าวแต่น้ำใหม่ตามข้อเสนอแนะของผู้ทดลองชิมที่เสนอแนะให้ลดความหวาน เพิ่มเกลือ และรากผักชี เพื่อหน้าข้าวแต่น้ำจะได้มีรสชาติหอมหวานกลมกล่อมขึ้น ขณะเดียวกันเมื่อลดความหวานหรือปริมาณน้ำตาลปีกก็นำจำเป็นต้องลดปริมาณน้ำตามไปด้วย เพื่อจะได้ประหยัดทั้งเวลาและแก๊สที่ใช้ใน

การเคี่ยวน้ำตาลปึกให้ข้นเหนียวเร็วขึ้น จึงได้สูตรทดลองใหม่ 4 สูตร (C_0 , C_5 , C_{10} และ C_{15}) ดังตารางที่ 39 เมื่อได้สูตรทดลองใหม่แล้ว จึงได้นำตัวอย่างข้าวแต่น้ำสำหรับใส่สาหร่ายไก่อทั้ง 4 สูตร ไปทดสอบการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวแต่น้ำสำหรับใส่สาหร่ายไก่อ 4 สูตร ซึ่งมีระดับสาหร่ายไก่อแผ่นบดต่างกัน 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 15 %) เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมที่สุด

สูตร	ลักษณะปรากฏโดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
C_0 (0 %)	7.10 ^A	7.05 ^A	7.05 ^A	6.95 ^A	6.98 ^A	6.95 ^A
C_5 (5 %)	6.95 ^{AB}	6.96 ^A	7.02 ^A	7.09 ^A	7.25 ^A	7.19 ^A
C_{10} (10 %)	6.68 ^B	6.45 ^B	6.80 ^A	7.14 ^A	6.86 ^A	6.85 ^A
C_{15} (15 %)	6.56 ^B	6.32 ^B	6.71 ^A	6.94 ^A	6.86 ^A	6.80 ^A

ในคอลัมน์เดียวกัน อักษรที่กำกับอยู่บนตัวเลขต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

พบว่า ผู้ทดสอบชิมชอบลักษณะปรากฏโดยรวม และสีของตัวอย่างข้าวแต่น้ำสำหรับใส่สาหร่ายไก่อลดลงตามปริมาณการเพิ่มของสาหร่ายไก่อแผ่นบด โดยชอบลักษณะปรากฏโดยรวม และสีของข้าวแต่น้ำ สูตรไม่ใส่สาหร่ายไก่อแผ่นบด หรือสูตรพื้นฐาน (C_0) มากที่สุด รองลงมาคือสูตรข้าวแต่น้ำสำหรับใส่สาหร่ายไก่อแผ่นบด 5 (C_5), 10 (C_{10}) และ 15 % (C_{15}) ตามลำดับ เพอร์เซนต์สาหร่ายไก่อแผ่นบดที่เพิ่มขึ้นในแต่ละสูตร พบว่า ถ้าเพิ่มขึ้นจากเดิม 5 % ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จะมีผลทำให้ผู้ทดสอบชิม ชอบลักษณะปรากฏโดยรวม และสีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เช่นสูตร C_0 กับสูตร C_5 สูตร C_5 กับสูตร C_{10} และสูตร C_{10} กับสูตร C_{15} แต่ถ้าเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 10 % จะมีผลทำให้ความชอบเปลี่ยนเป็นชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เช่น สูตร C_0 กับสูตร C_{10} และสูตร C_5 กับสูตร C_{15} ส่วนด้านกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบชิมชอบทั้ง 4 สูตรใกล้เคียงกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่งผลให้ความชอบโดยรวมของทั้ง 4 สูตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญด้วย การที่ผู้ทดสอบชิมสามารถยอมรับ กลิ่น รสชาติ ของตัวอย่างข้าวแต่น้ำที่มีสาหร่ายไก่อแผ่นบดได้ไม่ว่าจะมีปริมาณน้อย 5 % หรือปริมาณมาก 15 % โดยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับข้าวแต่น้ำไม่ใส่สาหร่ายไก่อแผ่นบด อาจเป็นเพราะว่าสาหร่ายไก่อที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นี้ ได้ผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำเกลือ ซึ่งสามารถกำจัดกลิ่นคาวของสาหร่ายได้แล้วยังผ่านการต้มอีก ซึ่งการต้มนี้จะช่วยกำจัดกลิ่นคาวและลดความขมของสาหร่ายลงได้ ยิ่งทำให้สาหร่ายไก่อไม่มีกลิ่นคาวและรสชาติดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ยุติ และคณะ (2547) ที่กล่าวว่า การต้มสาหร่ายช่วยลดความขม และกำจัดกลิ่นคาว ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สาหร่าย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น้ำสำหรับใส่สาหร่ายไก่อ ทั้ง 3 สูตร มี กลิ่น รสชาติ แตกต่างกับข้าวแต่น้ำสูตรพื้นฐานอย่างไม่มีนัยสำคัญ และเนื่องจากคะแนนความชอบโดยรวมของทั้ง 4 สูตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยคะแนนความชอบที่ได้นี้อยู่ในเกณฑ์ชอบระดับปานกลาง (6.80 – 7.19) ดังนั้นสูตร C_{15} จึงน่าจะเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภค เพราะให้คุณค่าทางอาหารมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้ก็เพราะว่าข้าวแต่น้ำสำหรับใส่สาหร่ายไก่อทุกสูตร มีส่วน ผสมของวัตถุดิบที่เหมือนกันและเท่ากันทุกอย่างยกเว้นสาหร่ายไก่อแผ่นบดที่ไม่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้สูตรที่มีสาหร่ายไก่อแผ่นบดมากกว่าก็ย่อมให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าสูตรที่มีสาหร่ายไก่อแผ่นบดน้อยกว่า แต่การทดลองนี้ไม่เลือกสูตร C_{15} เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด ก็เนื่องจากว่าสูตร C_{15} ยังได้รับคำติจากผู้ทดสอบชิมว่ามีปริมาณสาหร่ายมากเกินไป จึงทำให้มีกลิ่นคาวของสาหร่ายไก่อมากกว่าสูตรอื่น ๆ และรสชาติที่ได้ก็อ่อนไปไม่กลมกล่อมเหมือนสูตร C_{10} จากเหตุผลนี้เองจึงทำให้คณะผู้วิจัยต้องนำคุณลักษณะด้านกลิ่นรสชาติมาพิจารณาควบคู่กันไปกับคุณค่าทางอาหาร และพบว่า สูตร C_{10} ให้รสชาติดีที่สุด ที่เป็นเช่นนี้ อาจ

เป็นเพราะว่าสูตร C_{10} มีปริมาณสาหร่ายไทดแห้งบดพอเหมาะกับส่วนผสมอื่น ๆ ของข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้ง จึงทำให้รสชาติที่ได้ออกมากลมกล่อมไม่หวาน หรือมีรสจัดมากเกินไปเหมือนสูตร C_0 และ C_5 หรือมีรสอ่อนไปเหมือนสูตร C_{15} ส่วนด้านกลิ่นก็จะมีแนวโน้มขอบลดลงตามปริมาณการเพิ่มของสาหร่ายไทดแห้ง ดังนั้น สูตร C_{10} ก็จะมีกลิ่นคาวของสาหร่ายเป็นที่ยอมรับมากกว่าสูตร C_{15} และเมื่อพิจารณาด้านคุณค่าทางอาหาร สูตร C_{10} ก็จะทำให้คุณค่าทางอาหารมากกว่า สูตร C_0 และสูตร C_5 แต่น้อยกว่าสูตร C_{15} ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามแม้คุณค่าทางอาหารของสูตร C_{10} จะน้อยกว่าสูตร C_{15} ซึ่งก็น้อยกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อมองด้านอื่น ๆ ในภาพรวม สูตร C_{10} จะดีกว่าสูตร C_{15} และด้วยเหตุผลนี้เอง คณะผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกข้าวแต่น้ำผสมสาหร่ายไทดแห้ง 10 % (C_{10}) เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวแต่น้ำสูตรพื้นฐานหรือข้าวแต่น้ำสูตรที่มีหน้าผสมสาหร่ายไทดแห้ง 0 % (C_0) และข้าวแต่น้ำสูตรที่มีหน้าผสมสาหร่ายไทดแห้ง 10% (C_{10}) ซึ่งวิเคราะห์โดยศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ผลดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวแต่น้ำสูตรพื้นฐาน (C_0) และข้าวแต่น้ำสูตรหน้าสาหร่ายไทดแห้ง 10 % (C_{10})

สูตร	องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (% โดยน้ำหนักแห้ง)					
	ปริมาณความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เส้นใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต
ข้าวแต่น้ำพื้นฐาน (C_0)	5.94 ^A	6.16 ^A	21.42 ^A	0.91 ^A	0.20 ^A	71.31 ^A
ข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้ง 10 % (C_{10})	6.07 ^A	6.42 ^A	21.82 ^A	1.20 ^A	0.38 ^A	70.18 ^A

ในคอลัมน์เดียวกัน อักษรที่กำกับอยู่บนตัวเลขเหมือนกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

พบว่า ข้าวแต่น้ำพื้นฐาน (C_0) และข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้ง 10 % (C_{10}) ให้คุณค่าทางอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แม้ว่าคุณค่าทางอาหารจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ผลการวิเคราะห์นี้ก็แสดงให้เห็นว่า ข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้ง 10 % มีแนวโน้มให้สารอาหารพวกโปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยอาหารสูงกว่าข้าวแต่น้ำพื้นฐาน ส่วนคาร์โบไฮเดรตจะมีปริมาณต่ำกว่า ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่ได้นี้เป็นผลลัพธ์ที่ได้จาก 100 – ค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ เมื่อค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณที่หาได้ มีค่าสูง ก็จะส่งผลให้ค่าคาร์โบไฮเดรต มีค่าต่ำตามไปด้วย สำหรับคุณค่าทางอาหารของข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้ง 10 % พบว่ามี โปรตีน 6.42 % ไขมัน 21.82 % เถ้า 1.20 % เส้นใยอาหาร 0.38 % และคาร์โบไฮเดรต 70.18 % (โดยน้ำหนักแห้ง) ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณนี้แสดงให้เห็นว่าการนำสาหร่ายไทดแห้งไปใส่ในผลิตภัณฑ์อาหาร จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสาหร่ายไทดแห้งที่นำไปใส่ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ

สรุปผลการทดลอง

การทดลองหาสูตรข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้งที่เหมาะสมที่สุดจากสูตรข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้ง 4 สูตร ซึ่งมีระดับสาหร่ายไทดแห้งต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 5, 10 และ 15 % ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตรข้าวแต่น้ำสาหร่ายไทดแห้งที่มีระดับสาหร่ายไทดแห้ง 10 % เนื่องจากให้รสชาติดีที่สุด มีกลิ่นคาวของสาหร่ายน้อยโดยให้กลิ่นใกล้เคียงกับกลิ่นของข้าวแต่น้ำไม่ใส่สาหร่ายไทดแห้ง และระดับ

ความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.85) นอกจากนี้ยังให้คุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวแต่น้ำไม่ใส่สาหร่ายไก่อและข้าวแต่น้ำใส่สาหร่ายไก่อแผ่นบด 5% อีกด้วย โดยองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณที่วิเคราะห์ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งประกอบด้วย ความชื้น 6.07% โปรตีน 6.42% ไขมัน 21.82% เถ้า 1.20% เส้นใยอาหาร 0.38% และคาร์โบไฮเดรต 70.18% ซึ่งผลจากการวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่า การนำสาหร่ายไก่อไปใส่ในผลิตภัณฑ์อาหาร จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของสาหร่ายไก่อที่นำไปใส่ อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่มปริมาณสาหร่ายไก่อในสูตรมีแนวโน้มทำให้ความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง

21. ข้าวเม่าหมีผสมสาหร่ายไก่อ (ภาพที่ 12)

ข้าวเม่าหมี คือ ข้าวเม่าปรุงที่นิยมรับประทานมาตั้งแต่สมัยก่อน แม้ในปัจจุบันนี้ก็ยังคงหาทานได้บ้าง วิธีการทำก็คือ นำข้าวเม่ามาทอดให้กรอบผสมเครื่องปรุงที่เตรียมได้แก่ กุ้งแห้ง ถั่วลิสง นำทุกอย่างมาทอดแล้วคลุกรวมกัน ปรุงรสด้วยน้ำตาล เกลือ กระเทียม พริกไทย

การนำสาหร่ายไก่อมาเป็นส่วนผสมเพิ่มในข้าวเม่าหมียังไม่มีการผลิต ดังนั้นข้าวเม่าหมีสาหร่ายไก่อนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งน่าสนใจและให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นจากข้าวเม่าหมีเดิม

สูตรการผลิต

เตรียมสูตรขนมพิมพ์กรอบที่ใช้ทดลอง 4 สูตร คือ

สูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐาน (control) ประกอบด้วยข้าวเม่า 130 กรัม กุ้งแห้ง 40 กรัม ถั่วลิสง 100 กรัม น้ำตาลทราย 50 กรัม เกลือ 1.5 กรัม น้ำมันพืช 10 กรัม พริกไทย 1 กรัม รากผักชี 1 กรัม กระเทียม 10 กรัม ใบผักชี 1 กรัม

สูตรที่ 2, 3, 4 เป็นสูตรที่มีส่วนผสมหลักเหมือนสูตรพื้นฐานทุกอย่างต่างกันตรงที่สูตรที่ 2, 3, 4 ใส่สาหร่ายไก่อผง 6%, 9%, 12% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

หมายเหตุ: สาหร่ายไก่อนำมาจากลำน้ำน่าน

เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546

กระบวนการผลิต

วิธีการทำสาหร่ายไก่อแผ่น

1. ชั่งสาหร่ายไก่อเส้น 50 กรัม แช่ในน้ำเกลือ 0.3% (w/w) (สารละลาย 1,000 กรัม) เป็นเวลา 20 นาที นำสาหร่ายมากรองผ่านผ้าขาวบาง บีบน้ำออก
2. นำสาหร่ายในข้อ 1 ใส่หม้อ เติมน้ำ 500 กรัม ต้มไฟอ่อนๆ จนแห้ง ขณะต้มคนเป็นระยะๆ
3. ละลายแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม แป้งข้าวเจ้า 5 กรัม และแป้งสาลี 15 กรัม ในน้ำ 40 กรัม คนให้เข้ากัน
4. นำสารละลายแป้งในข้อ 3 ไปใส่ในหม้อสาหร่ายในข้อ 2 คนให้เข้ากัน เปิดไฟอ่อนๆ คนต่อไปอีก 2-3 นาที
5. นำสาหร่ายในข้อ 4 ใส่ถุงพลาสติก ใช้ไม้คลึงให้แบน ใช้กรรไกรตัดถุงพลาสติกด้านข้างออก ลอกถุงพลาสติกด้านหนึ่งออกตัดทิ้ง นำสาหร่ายแผ่นไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ลอกสาหร่ายออกจากถุงพลาสติก เก็บใส่ถุง

วิธีการทำ

1. ทอดข้าวเม่าให้กรอบ ทอดกุ้งแห้ง ถั่วลิสง และสาหร่ายไก่อแผ่นที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าพักทิ้งไว้

2. โขลกรากผักชี พริกไทย กระเทียม ให้ละเอียด
3. ตั้งกระทะใส่น้ำมัน นำเครื่องที่โขลกในข้อ 2 ลงผัดจนหอม ใส่ใบผักชีผัดต่อจนหอม
4. ใส่ข้าวเม่า กุ้งแห้ง ถั่วลิสง สำหรับโกแผ่นในข้อ 1 ลงในกระทะในข้อ 3 ปรงรสด้วยน้ำตาลทราย เคลือ ผัดให้เข้ากัน เทใส่ถาดทิ้งไว้ให้เย็นเก็บใส่ถุงหรือภาชนะที่ปิดสนิท

การทดสอบผู้บริโภคร่วมวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์

ทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 9 point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน เป็นชาย 3 คน หญิง 12 คน อายุระหว่าง 24-55 ปี เพื่อหาสูตรที่ได้รับการยอมรับการใส่สาหร่ายไก่อได้มากที่สุด โดยทดสอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

ผลการทดสอบผู้บริโภคร่วมและการวิเคราะห์ผลผลิตภัณฑ์ของข้าวเม่าหมีผสมสาหร่ายไอ (ตารางที่ 42) พบว่าความชอบข้าวเม่าหมี ทั้ง 4 สูตรของผู้ชิมในด้านสี ลักษณะปรากฏรวม กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อดูความชอบโดยรวมแล้วจะไม่แตกต่างกัน แต่ความชอบจะน้อยลงตามลำดับ เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สาหร่ายไก่อมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงส่วนผสมตามคำแนะนำของผู้ทดสอบชิมที่แนะนำให้เพิ่มเกลือ ปรับลดกุ้งแห้ง ถั่วลิสง พริกไทยให้น้อยลง และใช้ใบมะกรูดอบแห้งแทนผักชี เพื่อความกลม กล่อมของข้าวเม่าหมี และมีกลิ่นหอมของสมุนไพร แล้วนำไปเติมสาหร่ายไก่อแผ่นทอด 4 ระดับ คือ 0, 6, 9 และ 12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมที่เป็นของแข็งทั้งหมด ได้สูตรข้าวเม่าหมีสำหรับทดลอง 4 สูตร ให้ชื่อย่อ ว่า A₀, A₆, A₉ และ A₁₂ ตามลำดับ (ตารางที่ 43)

ตารางที่ 42 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวเม่าหมีผสมสาหร่ายไอ

Treatment	ลักษณะปรากฏรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1 (0%)	6.07 ^A	6.60 ^A	6.73 ^A	6.77 ^A	6.77 ^A	6.67 ^A
2 (6%)	6.80 ^A	6.87 ^A	6.50 ^A	6.70 ^A	6.70 ^A	6.57 ^A
3 (9%)	6.60 ^A	6.60 ^A	6.53 ^A	6.60 ^A	6.60 ^A	6.20 ^A
4 (12%)	6.47 ^A	6.47 ^A	6.47 ^A	6.67 ^A	6.67 ^A	6.13 ^A

อักษรบนตัวเลขเหมือนกันแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

การดำเนินงานทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ในการชิมของสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 20 คน เป็นชาย 5 คน หญิง 15 คน อายุระหว่าง 24-55 ปี ทำการประเมินการยอมรับข้าวเม่าหมีทั้ง 4 สูตร ในด้านคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเพื่อหาสูตรข้าวเม่าหมีที่มีระดับสาหร่ายไก่อแผ่นทอดเหมาะสมที่สุดโดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale วางแผนการชิมแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำการทดสอบ 2 ครั้ง

ประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

นำข้าวเม่าที่มีสูตรพื้นฐาน และข้าวเม่าที่มีสูตรสาหร่ายไคแผ่นทอดที่เหมาะสมที่สุดไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000)

ตารางที่ 43 ส่วนผสมของข้าวเม่าที่มี 4 สูตร ที่มีระดับสาหร่ายไคแผ่นทอดต่างกัน 4 ระดับ (0 , 6 , 9 และ 12 %) เพื่อใช้ในการทดลองหาสูตรที่มีระดับสาหร่ายไคแผ่นทอดเหมาะสมที่สุด

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรข้าวเม่า			
	A ₀	A ₆	A ₉	A ₁₂
ข้าวเม่าทอด	130	130	130	130
กุ้งแห้งทอด	40	40	40	40
ถั่วลิสงคั่ว	80	80	80	80
น้ำตาลทราย	50	50	50	50
เกลือป่น	2.5	2.5	2.5	2.5
กระเทียม	10	10	10	10
รากผักชี	1	1	1	1
พริกไทย	1	1	1	1
ใบมะกรูดอบแห้งบดละเอียด	2.5	2.5	2.5	2.5
น้ำมันพืช	10	10	10	10
สาหร่ายไคแผ่นทอด	-	19.02	28.53	38.04

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังจากได้นำสูตรข้าวเม่าที่มีส่วนผสมสาหร่ายไคแผ่นทอดทั้ง 4 สูตร ไปทำการปรับปรุงส่วนผสม ตามคำแนะนำของผู้ทดสอบชิม ที่แนะนำให้เพิ่มเกลือ ปรับลดกุ้งแห้ง ถั่วลิสง พริกไทยให้น้อยลง และใช้ใบมะกรูดอบแห้งแทนผักชี เพื่อความกลมกล่อมของข้าวเม่า และมีความหอมของสมุนไพรแล้ว จึงได้นำข้าวเม่าที่มีทั้ง 4 สูตร (A₀, A₆, A₉ และ A₁₂) ไปทำการประเมินการยอมรับด้วยวิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวเม่าที่มี 4 สูตร

ข้าวเม่าที่มีสูตร	ลักษณะปรากฏโดยรวม	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
A ₀ (0 %)	6.42 ^A	6.70 ^A	6.77 ^A	6.65 ^A	7.02 ^A	6.76 ^A
A ₆ (6 %)	6.86 ^A	6.97 ^A	6.81 ^A	6.78 ^A	7.01 ^A	6.70 ^A
A ₉ (9 %)	6.60 ^A	6.50 ^A	6.74 ^A	6.75 ^A	7.08 ^A	6.70 ^A
A ₁₂ (12 %)	6.49 ^A	6.55 ^A	6.40 ^A	6.05 ^A	6.90 ^A	6.59 ^A

อักษรเหมือนกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P > 0.05)

พบว่า ผู้ทดสอบชิมชอบลักษณะปรากฏโดยรวม สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของข้าวเม่าที่มีทั้ง 4 สูตร (A₀, A₆, A₉ และ A₁₂)ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลคะแนนของทุกคุณลักษณะออกมาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P > 0.05) ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใส่สาหร่ายไค

แผ่นทอดในข้าวเม่าหมีไม่ได้มีผลทำให้ผู้ทดสอบชิมรู้สึกว่ามีกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเม่าหมีเสียไป แต่กลับทำให้รสชาติของข้าวเม่าหมีดีขึ้น และดีกว่าข้าวเม่าหมีที่ไม่ได้ใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอด (A_0) ยกเว้นข้าวเม่าหมีที่ใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอดมากเกินไป (A_{12}) ที่อาจให้กลิ่นของสาหร่ายแรงจนทำให้ผู้ทดสอบชิมรู้สึกถึงความแตกต่างระหว่างข้าวเม่าหมีที่ใส่และไม่ใส่สาหร่าย จึงเป็นเหตุให้ผู้ทดสอบชิมชอบรสชาติของข้าวเม่าหมีที่ไม่ใส่สาหร่ายมากกว่า นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบอีกว่าคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวเม่าหมีทุกสูตรหลังจากทำการปรับปรุงสูตรแล้ว มีการเพิ่ม ขึ้นไปจากเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวเม่าหมีสูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 9% (A_9) จะเท่ากับคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวเม่าหมีสูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 6% (A_6) อีกด้วย ซึ่งผล การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ส่วนผสมของสูตรที่กลมกล่อมและกลิ่นสมุนไพรมีส่วนสำคัญที่ช่วยในการกลบกลิ่นของสาหร่าย ทำให้ผู้ทดสอบชิมสามารถยอมรับข้าวเม่าหมีที่ใส่สาหร่ายเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่มากจนเกินไปได้ และเนื่องจากผลการทดลองนี้พบว่า ทุกสูตรได้คะแนนการยอมรับโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นสูตรข้าวเม่าหมีที่ให้คุณค่าทางอาหารมากที่สุด จึงสมควรจะได้รับเลือกให้เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้น่าจะเป็นข้าวเม่าหมีสูตรใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอด 12% (A_{12}) แต่เมื่อพิจารณาคุณลักษณะอื่นประกอบ โดยเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ แล้ว พบว่า สูตร A_{12} ให้กลิ่นของสาหร่ายแรงกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งส่งผลให้รสชาติของข้าวเม่าหมีไม่ดีตามไปด้วย และลักษณะปรากฏก็ดูไม่สวยเพราะมีสาหร่ายไทดแผ่นทอดมากเกินไป และเมื่อกลับมาพิจารณาข้าวเม่าหมีสูตรใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอด 9% (A_9) แม้จะให้คุณค่าทางอาหารน้อยกว่า แต่ก็ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมดีกว่า และลักษณะที่ปรากฏก็ดูดีกว่าเพราะมีสาหร่ายไม่มากหรือน้อยจนเกินไป และเมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะโดยรวมในทุกด้านกับข้าวเม่าหมีสูตรใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอด 0% (A_0) และ 6 % (A_6) จะพบว่า ทุกคุณลักษณะได้คะแนนเฉลี่ยดีพอ ๆ กัน คือ อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง แต่ถ้าเปรียบเทียบทางด้านคุณค่าอาหาร ข้าวเม่าหมีสูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 9% (A_9) จะให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าเนื่องจากข้าวเม่าหมีแต่ละสูตรที่ทดลองจะมีส่วนผสมหลักทุกอย่างเหมือนกันและเท่ากันหมด ดังนั้นสูตรที่ใส่สาหร่ายมากกว่าก็ย่อมมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกข้าวเม่าหมีสูตรใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอด 9% (A_9) เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้บริโภคและการนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเม่าหมีสูตรพื้นฐาน หรือข้าวเม่าหมีสูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 0% (A_0) และข้าวเม่าหมีสูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 9% (A_9) ได้ผลดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเม่าหมีสูตรพื้นฐาน (A_0) และข้าวเม่าหมีสูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 9 % (A_9) ของน้ำหนักส่วนผสมที่เป็นของแข็งทั้งหมด

ข้าวเม่าหมี	องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (% โดยน้ำหนักแห้ง)					
	ปริมาณความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เส้นใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต
สูตรพื้นฐาน (A_0)	2.1 ^B	21.15 ^A	38.35 ^B	3.25 ^A	2.15 ^B	35.09 ^B
สูตรสาหร่ายไทดแผ่นทอด 9% (A_9)	3.08 ^A	21.98 ^A	42.29 ^A	3.4 ^A	3.17 ^A	29.15 ^A

อักษรเหมือนกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

พบว่า ข้าวเม่าหมีทั้ง 2 สูตร อุดมไปด้วยสารอาหารจำพวก โปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะไขมันจะมีปริมาณค่อนข้างสูงมาก และจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าส่วนผสมของข้าวเม่าหมีเป็นของทอดทั้งหมด ยกเว้นถั่วลิสงที่ใส่คั่ว และสูตรใดที่เพิ่มสาหร่ายไทดแผ่นทอดลงไป สูตรนั้นก็ย่อมมีปริมาณไขมันสูงกว่าสูตรที่ไม่ใส่สาหร่ายไทดแผ่นทอดตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ข้าวเม่าหมีสูตร

สำหรับไก่แผ่นทอด 9 % (A_9) ให้สารอาหารพวกโปรตีน และเส้นใยอาหารสูงกว่าข้าวเม้าที่มีสูตรพื้นฐาน (A_0) โดยเฉพาะเส้นใยอาหารจะให้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามแม้ว่าข้าวเม้าที่มีสูตรสำหรับไก่แผ่นทอด 9 % (A_9) จะให้สารอาหารประเภทไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง แต่หารับประทานแต่พอเหมาะ ก็ไม่น่าจะมีผลต่อน้ำหนักของผู้บริโภค กลับจะเป็นผลดีกับสุขภาพของผู้บริโภคมากกว่าเพราะข้าวเม้าที่มีสูตรสำหรับไก่แผ่นทอด 9 % (A_9) นอกจากให้สารอาหารประเภทไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ค่อนข้างสูงแล้ว ยังให้โปรตีน (21.98 %) และเส้นใยอาหาร (3.15 %) ที่ค่อนข้างสูงอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารว่างจำพวกขนมปังบางชนิดที่ขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นข้าวเม้าที่มีสูตรสำหรับไก่แผ่นทอด 9% (A_9) จึงเป็นอาหารว่างที่เหมาะสมกับคนทุกเพศทุกวัย เนื่องจากเป็นอาหารว่างที่ให้คุณค่าทางอาหารหลายอย่าง โดยให้ทั้งคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยเฉพาะโปรตีนจะได้ทั้งจากเนื้อสัตว์ และจากพืช (พลศรี, 2545) นอกจากนี้ยังให้เส้นใยอาหาร ซึ่งเป็นประโยชน์กับสุขภาพอีกด้วย

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาสูตรข้าวเม้าที่มีระดับสำหรับไก่แผ่นทอดต่างกัน 4 ระดับ คือ 0 (A_0), 6 (A_6), 9 (A_9) และ 12 % (A_{12}) ของน้ำหนักส่วนผสมที่เป็นของแข็งทั้งหมด พบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุด คือ สูตรข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่แผ่นทอด 9 % เนื่องจากเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏโดยรวม สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับสูตรข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่แผ่น 0, 6 และ 12% แต่ลักษณะการปรากฏโดยรวมจะมองดูดีกว่า เพราะมีสำหรับไก่แผ่นทอดในข้าวเม้าไม่มากหรือน้อยจนเกินไป นอกจากนี้ยังให้คุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวเม้าที่มีสูตรสำหรับไก่แผ่นทอด 0 และ 6 % อีกด้วย โดยคุณค่าทางอาหารที่วิเคราะห์ได้ประกอบด้วย โปรตีน 21.98 % ไขมัน 42.29 % เถ้า 3.4 % เส้นใยอาหาร 3.17 % คาร์โบไฮเดรต 29.15 % และความชื้น 3.08 % โดยน้ำหนักแห้ง

ผลจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การนำสำหรับไก่ไปใส่ในผลิตภัณฑ์อาหาร จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ทดลองใส่ปลาตัวเล็ก ๆ เช่น ปลาข้าวสารแทนกุ้งแห้ง นอกจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนลดลงแล้วยังได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์กับผู้บริโภคที่มีปัญหาไขมันในเลือดสูง เป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพและผู้บริโภคที่มีไขมันในเลือดสูงอีกด้วย

2. ถ้าต้องการเก็บข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่ทอดไว้รับประทานนานนับเป็นเดือน ให้นำข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่ทอดที่ทำเสร็จแล้ว และวางทิ้งไว้จนเย็นสนิท เก็บไว้ในตู้เย็นทันที

ควรส่งเสริมให้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่และการบริโภคข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่แทนขนมขบเคี้ยวที่ไม่มีประโยชน์ของเด็กไทยให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากข้าวเม้าในปัจจุบันหารับประทานได้ยาก ทำให้เด็กไทยรุ่นใหม่ไม่ค่อยรู้จักข้าวเม้า ถ้ามีการส่งเสริมให้มีการผลิตและการบริโภคข้าวเม้า โดยเฉพาะข้าวเม้าที่มีสำหรับไก่ให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น นอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์ขนมขบเคี้ยวของไทยแต่โบราณไม่ให้สูญหายไปอีกด้วย

22. แครกเกอร์หน้าไก่ (ภาพที่ 13)

สูตรการผลิต

ไก่ปิ้งปรุงรส

ขนมปังแครกเกอร์สจีด

เนยสดหรือมาร์การีน

หมายเหตุ ผลิตภัณฑ์ไก่ เป็นของกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

กระบวนการผลิต

นำขนมปังแครกเกอร์มาทาเนยให้ทั่วแผ่นแล้วโรยด้วยไถยี้ เกลี่ยให้ไถยี้กระจายไปทั่วแผ่นขนมปังนำไปอบในเตาอบอุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จะได้ขนมปังแครกเกอร์หน้าไถยี้ที่มีกลิ่นหอม นำไปบรรจุถุงจำหน่ายต่อไปได้

การทดสอบผู้บริโภค

ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประกอบด้วยชาวบ้าน 5 คน แม่ค้าขายอาหาร 5 คน นักศึกษา 10 คน ทุกคนอยู่ในภาวะที่ไม่หิวและไม่อิ่มจากอาหารจนเกินไป ทำการบ้านปาก เมื่อชิมอาหารอย่างหนึ่งเรียบร้อยแล้วจะไปชิมอาหารชนิดต่อไป

การให้คะแนนมีเกณฑ์ 9 เกณฑ์ โดย ชอบมากที่สุด 9 คะแนน และไม่ชอบมากที่สุด 1 คะแนน หาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard derivation) นอกจากนั้นยังให้ตอบคำถามปลายเปิดเรื่องของรสชาติ ความชอบ และไม่ชอบ และความคิดเห็นเพิ่มเติม

ผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์หน้าไถยี้ เป็นการพัฒนาเอาไถยี้ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ไปปรุงแต่งกับขนมปังกรอบที่มีจำหน่ายทั่วไป เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่อีกชนิดหนึ่ง เมื่อนำมาทดสอบความชอบของผู้ชิม ปรากฏว่าอยู่ในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ดังแสดงในตารางที่ 46

ผู้ชิมได้เสนอความคิดเห็นไว้ดังนี้:-

ความชอบ ชอบเพราะ มีรสชาติแปลกดี ความกรอบของขนมปังแครกเกอร์ และรสชาติของไถยี้ไปด้วยกันได้ กลิ่นคาวของสาหร่ายลดลง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ดูมีคุณค่ามากขึ้น เมื่อนำสาหร่ายไถยี้ (ไถยี้) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมาผสมขนมปังแครกเกอร์ซึ่งเป็นขนมปังกรอบธรรมดา

ความไม่ชอบ ไม่ชอบเพราะ มีรสขมจากสาหร่ายมากเกินไป และเค็มมากเกินไป ความเค็มมาจากขนมปังแครกเกอร์และความเค็มจากไถยี้ หน้าไถยี้ที่โรยขนมปังหลุดร่วงง่าย รับประทานไม่สะดวก

ความคิดเห็นเพิ่มเติม ควรจะมีรสหวานอีกนิด โดยอาจจะเติมน้ำผึ้งลงไป ส่วนการแก้ไขสาหร่ายที่ไม่ติดกับขนมปังน่าจะใช้น้ำมันมากกว่านี้แล้วควรรวกับน้ำตาลอีกนิดหน่อย เพื่อให้มีรสหวานเพิ่มขึ้น หยอดลงบนขนมปังแล้วนำไถยี้โรยทับลงไปอีกที น่าจะทำให้ไถยี้ติดกับขนมปังมากขึ้น หรืออาจประกบขนมปัง 2 แผ่น แล้วนำไถยี้อยู่ตรงกลางคล้ายแซนด์วิช

23. ทอดมันข้าวโพดผสมไถยี้ (ภาพที่ 13)

ได้ทอดมันข้าวโพดผสมไถยี้ที่ดูเนื้อแน่น และมีสีเขียวของสาหร่ายมากขึ้น มีความหอมของสาหร่ายมากขึ้น แต่บางคนจะไม่ชอบกลิ่นสาหร่าย ความชอบของผู้ชิมอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แสดงในตารางที่ 65

สูตรการผลิต

ข้าวโพด	7	ฝัก	แบ่งโกกิ	500	กรัม
ไข่ไก่	2	ฟอง	เกลือ	1	ช้อนโต๊ะ
น้ำตาล	1	ช้อนโต๊ะ	น้ำเปล่า	500	มิลลิลิตร
ไถยี้ปรุงรส	3	ซอง	น้ำหนักรวม	5	กรัม

หมายเหตุ ผลิตภัณฑ์ไถยี้ เป็นของกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลปาคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

กระบวนการผลิต

ข้าวโพดแกะเปลือกออก แล้วผ่านบาง ๆ เอาแต่เนื้อ ผสมแป้งโกกิ ไข่ไก่ เกลือ น้ำตาล น้ำเปล่า และ ไข่ปรุงรสเข้าด้วยกัน ปั้นเป็นก้อนกลมแบน นำไปทอดในน้ำมันที่ร้อนปานกลาง เมื่อสุกตักใส่จานโดยใช้กระดาษ ซับน้ำมันส่วนที่เกินออกบ้าง

การทดสอบผู้บริโภค

ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประกอบด้วยชาวบ้าน 5 คน แม่ค้าขายอาหาร 5 คน นักศึกษา 10 คน ทุกคนอยู่ในภาวะที่ไม่หิวและไม่อิ่มจากอาหารจนเกินไป ทำการบ้านปากเมื่อชิมอาหารอย่างหนึ่งเรียบร้อยแล้วจะไปชิมอาหารชนิดต่อไป

การให้คะแนนมีเกณฑ์ 9 เกณฑ์ โดย ชอบมากที่สุด 9 คะแนน และไม่ชอบมากที่สุด 1 คะแนน หาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard derivation) นอกจากนั้นยังให้ตอบคำถามปลายเปิดเรื่องของรสชาติ ความชอบ และไม่ชอบ และความคิดเห็นเพิ่มเติม

ความเห็นของผู้ชิมมีดังนี้

ความชอบ ชอบเพราะ รสชาติอร่อยกว่าทอดมันข้าวโพดธรรมดา ข้าวโพดกับสาหร่ายเข้ากันได้ดี รสกลมกล่อม และหอมฉ่ำรับประทาน เนื้อทอดมันข้าวโพดแน่นขึ้นจากการใส่สาหร่าย ทำให้มีเนื้อแน่นมากกว่าทอดมันข้าวโพดธรรมดา กลิ่นคาวจากไข่หายไป

ความไม่ชอบ ไม่ชอบเพราะ ไม่มีรสหวาน เป็นของทอดจากน้ำมัน ไม่รู้รสชาติของสาหร่ายเนื่องจากส่วนประกอบอื่นมีมากกว่า

ความคิดเห็นเพิ่มเติม น่าจะเติมเกลือและพริกไทยลงไปอีกนิดเพื่อให้รสชาติเข้มข้น ทอดอมน้ำมันไปควรจะซับน้ำมันออกบ้าง และควรทอดให้กรอบกว่านี้ อย่าทอดไว้นาน ๆ จะไม่อร่อย

24. ไก่แผ่นชุบแป้งทอด (ภาพที่ 13)

ได้ผลิตภัณฑ์ที่แปลกออกไปกว่าไก่น้ำเกลือซึ่งก็มีลักษณะเป็นแผ่นเช่นเดียวกัน แต่ผลิตภัณฑ์นี้จะมีแป้งมาเคลือบ จึงทำให้กรอบมากกว่า ผลิตภัณฑ์นี้ได้คะแนนนิยมสูงกว่า 2 ผลิตภัณฑ์แรก (ตารางที่ 65)

สูตรการผลิต

แผ่นไก่น้ำเกลือ

แป้งโกกิ	500	กรัม	ไข่ไก่	1	ฟอง
น้ำตาล	1	ช้อนโต๊ะ	น้ำเปล่า	500	กรัม

หมายเหตุ ผลิตภัณฑ์ไก่แผ่น เป็นของกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลปาดะ อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดน่าน

กระบวนการผลิต

นำแผ่นไก่น้ำเกลือมาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2x2 นิ้ว ผสมแป้งโกกิ ไข่ไก่ น้ำตาล และน้ำเปล่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำแผ่นไก่ที่ตัดแล้วมาชุบแป้งดังกล่าว แล้วนำไปทอดในน้ำมันที่ร้อนปานกลาง จนแป้งสุกกรอบ ตักลง ซับน้ำมันส่วนที่เกินออกบ้าง

การทดสอบผู้บริโภค

ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ประกอบด้วยชาวบ้าน 5 คน แม่ค้าขายอาหาร 5 คน นักศึกษา 10 คน ทุกคนอยู่ในภาวะที่ไม่หิวและไม่อิ่มจากอาหารจนเกินไป ทำการบ้านปาก เมื่อชิมอาหารอย่างหนึ่งเรียบร้อยแล้วจะไปชิมอาหารชนิดต่อไป การให้คะแนนมีเกณฑ์ 9 เกณฑ์ โดย ชอบมากที่สุด 9 คะแนน และไม่ชอบมากที่สุด 1

คะแนน หาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) นอกจากนั้นยังให้ตอบคำถาม ปลายเปิดเรื่องรสชาติ ความชอบ และไม่ชอบ และความคิดเห็นเพิ่มเติม

ความเห็นของผู้ชิมมีดังนี้

ความชอบ ชอบเพราะ ความอร่อย รสชาติเหมือนผักทอด มีกลิ่นหอมของแป้งและสาหร่าย กลิ่นคาวแทบ ไม่มีเลย กินแล้วรู้สึกว่าได้กินผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมากกว่า 2 ผลิตภัณฑ์แรก

ความไม่ชอบ ไม่ชอบเพราะ อมน้ำมันไป ควรใช้น้ำมันมากกว่านี้ แข็งเกินไป สาหร่ายค่อนข้างเหนียว ไป กัดไม่ขาด เส้นใยมากไป



ภาพที่ 13 ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายโก ประเภทขนมขบเคี้ยวและอาหารว่าง

ก) แครกเกอร์หน้าไถยี่

ข) ไถชุบแป้งทอด

ค) ทอดมันข้าวโพดผสมไถยี่

ตารางที่ 46 แสดงผลการทดสอบความชอบของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์ของภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คะแนน	ความถี่		
	แครกเกอร์หน้าไถยี่ (คน)	ทอดมันข้าวโพดผสมไถยี่ (คน)	ไถชุบแป้งทอด (คน)
ชอบมากที่สุด	-	1	3
ชอบมาก	3	7	6
ชอบปานกลาง	12	7	7
ชอบเล็กน้อย	4	3	6
เฉย ๆ	2	2	2
ไม่ชอบเล็กน้อย	4	2	1
ไม่ชอบปานกลาง	-	-	-
ไม่ชอบมาก	-	-	-
ไม่ชอบมากที่สุด	-	-	-
รวม	25	25	25
คะแนนเฉลี่ย	6.32	6.82	6.96
S.D.	3.86	2.78	2.82

4.1.3.2 การปรับปรุงและพัฒนาอาหาร จากสาหร่ายไถจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

การปรับปรุงและพัฒนาอาหารจากสาหร่ายไถจากภูมิปัญญาชาวบ้านมีอยู่ 3 ปัจจัยที่ควรนำมาศึกษา คือ

4.1.3.2.1 การศึกษากระบวนการทำแห้งสาหร่ายไถให้มีคุณภาพดี

4.1.3.2.2 การปรับปรุงรสชาติของไถยและการยืดอายุไถยให้มีคุณภาพดีและไม่เกิดกลิ่นหืน

4.1.3.2.3 การยืดอายุไถแผ่นให้มีคุณภาพดีและคงความกรอบไว้ได้นาน

4.1.3.2.1 การศึกษากระบวนการทำแห้งสาหร่ายไถให้มีคุณภาพดี

ได้ศึกษาเรื่องของกระบวนการทำแห้งสาหร่ายไถให้มีคุณภาพดี มี 2 ประการคือ ให้มีความชื้นน้อยที่สุด และสามารถรักษาสีเขียวไว้ได้มากที่สุด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สาหร่ายไถสามารถใช้ได้ตลอดปี ในฤดูกาลที่ไม่มีสาหร่ายเจริญในลำน้ำ โดยนำสาหร่ายไถสดมาจากจุดเก็บตัวอย่างในลำน้ำนาน บริเวณหลังโรงเรียนวัดหนองบัว ซึ่งเป็นจุดที่สาหร่ายไถเจริญมาก โดยนำมาศึกษาในเดือนเมษายน 2547 โดยศึกษาเปรียบเทียบการทำให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นวิธีการดั้งเดิมที่ชาวบ้านใช้ และการทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งพัฒนาโดยคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการศึกษา

นำสาหร่ายไถสด จำนวน 100 กรัม มาทำแห้งโดยใช้สภาวะการทำแห้ง 2 แบบ คือ

1. แบบทำให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์ (sun dried) เป็นการตากแห้งโดยตรงแบบเปิด ซึ่งเป็นสภาวะที่ชาวบ้านใช้กันทั่วไป

2. แบบอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (solar dried) เป็นตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีการใช้พัดลมเพื่อช่วยในการหมุนเวียนอากาศ

ใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 6 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่ 10.00 น. – 16.00 น.

อุณหภูมิของตู้อบประมาณ 47 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 32.7 %

อุณหภูมิของอากาศประมาณ 37.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 32.7 %

ผลการวิจัย

4.1.3.2.1. การศึกษากระบวนการทำแห้งสาหร่ายไถให้มีคุณภาพดี

ผลการศึกษากระบวนการทำแห้งสาหร่ายไถให้มีคุณภาพดี จากการศึกษพบว่า การทำแห้งสาหร่ายไถแบบทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์และแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้สาหร่ายไถแห้งมีความชื้นไม่แตกต่างกัน คือมีความชื้น 4.38 และ 3.61 % ตามลำดับ

ส่วนค่าสีที่ได้ พบว่า ความสว่าง (L) ของการทำแห้งทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกันนัก ส่วนค่าสีเขียว (a ; Greenness) พบว่าการทำแห้งแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้มีสีเขียวของสาหร่ายไถมากกว่าการตากแห้ง (P < 0.05) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ สาหร่ายจะไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง ทำให้ลดการเกิดออกซิเดชันจากแสงอัลตราไวโอเล็ตที่จะเกิดกับคลอโรฟิลล์ในสาหร่าย จึงทำให้สาหร่ายยังคงมีสีเขียวกว่า โดยมีค่าสี a เป็น -4.17 สำหรับการทำให้แห้งแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ และ -3.72 สำหรับการทำให้แห้งแบบตากแดด ส่วนค่าสีเหลือง (Yellowness) พบว่า ให้ให้ผลเช่นเดียวกันกับค่าสี a โดยมีค่าสี b เท่ากับ 12.46 และ 14.04 สำหรับการทำให้แห้งแบบตากแดดและใช้ตู้อบตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 47 ภาพที่ 14 และ 15

ตารางที่ 47 ผลของความชื้นและค่าสี ความสว่าง สีเขียวและสีเหลือง ในสาหร่ายไก่อที่ทำแห้งด้วยการใช้การตากด้วยแสงอาทิตย์ และใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

	ความชื้น (%)	สี L	สี a	สี b
ทำแห้งแบบตากด้วยแสงอาทิตย์	4.38* $\pm$ 0.41	48.79 $\pm$ 1.84	-3.72a $\pm$ 0.13	12.46a $\pm$ 0.87
ทำแห้งแบบใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	3.61 $\pm$ 0.25	48.58 $\pm$ 3.18	-4.17b $\pm$ 0.06	14.04b $\pm$ 2.04

ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่า การใช้ตู้อบอบสาหร่ายให้แห้งจะได้ผลดีกว่าการตากแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์โดยตรง ทั้งเรื่องของความชื้นและการรักษาสี ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับผู้มีอาชีพทำผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อจำหน่าย โดยเฉพาะเมื่อต้องเก็บสาหร่ายไก่อไว้นานๆ หลายเดือน ถ้าสาหร่ายแห้งมีสีไม่สดตั้งแต่แรกแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปสีก็จะจางลงไปอีก การใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของภาควิทยาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีข้อที่ดีมากที่สมควรส่งเสริมให้ชุมชนที่มีอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่อก็มีราคาถูกมาก โดยมีราคาเพียง 8,000-9,000 บาทต่อตู้ เนื่องจากเป็นการพัฒนาจากคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้เอง ซึ่งทางคณะผู้วิจัยในโครงการนี้ก็ได้นำผลการวิจัยและตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างจากภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน โดยมีจุดมุ่งหมายต้องการให้เกษตรกรหรือผู้มีอาชีพทางด้านการอบแห้งผลิตภัณฑ์สามารถซื้อหาได้ในราคาไม่แพง



ภาพที่ 14 ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 15 สาหร่ายไกอบแห้ง

(ซ้าย) อบแห้งจากการใช้แสงอาทิตย์ (sun dried)

(ขวา) อบแห้งจากการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ (solar dried)

4.1.3.2.2 การปรับปรุงรสชาติของไถยและการยืดอายุไถยให้มีคุณภาพดีและไม่เกิดกลิ่นหืน

1. การปรับปรุงรสชาติของไถย

จากการศึกษาสูตรการผลิตไถยเพื่อไม่ให้มีรสขม โดยการนำสาหร่ายไถมาต้มในน้ำเปล่า ก่อนนำไปแปรรูปเป็นไถย แฉให้เป็นแผ่นบาง นำไปอบจนแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 90 นาทีหรือจนแห้ง นำมาบดให้เป็นเกล็ดเล็ก ๆ ส่วนกระเทียมเจียว ใช้กระเทียมสดบด นำไปเจียวในน้ำมันรำข้าว อัตราส่วนกระเทียมบดต่อน้ำมันรำข้าวคือ 1 ต่อ 3 โดยใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที นำงาขาวไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทำการผัดแปรปริมาณกระเทียมเจียว งาขาวและผงปรุงรส ดังตารางที่ 48 และนำไปประเมินการยอมรับรวมเบื้องต้น

ตารางที่ 48 ศึกษาผลของกระเทียมเจียว งาขาวและผงปรุงรสต่อการยอมรับไถย

สิ่งทดลองที่	กระเทียมเจียว*	งาขาว*	ผงปรุงรส*
1	40	40	20
2	70	20	10
3	50	20	30
4	40	30	30
5	50	40	10
6	55	25	20

* ร้อยละของส่วนผสม (50 กรัม) ต่อกับน้ำหนักสาหร่ายไถแห้ง 100 กรัม

* โดยทุกสูตรใช้น้ำมันรำข้าว 10 กรัมเป็นส่วนผสม

* ผงปรุงรสที่ใช้ ยี่ห่อรสดี (รสไก่)

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกระเทียมเจียว งาขาวและผงปรุงรสต่อการยอมรับไถย พบว่าการยอมรับรวมมีความสัมพันธ์กับปริมาณกระเทียมเจียว งาขาวและผงปรุงรสตั้งสมการ

$$\text{การยอมรับรวม} = +6.51 * A + 4.53 * B + 1.10 * C + 5.93 * A * C + 9.18 * B * C$$

$$(P < 0.05 ; \text{adjusted } R^2 = 0.9972)$$

โดยที่ A = กระเทียมเจียว B = งาขาว C = ผงปรุงรส

พบว่า สามารถใช้กระเทียมเจียวในช่วง 33.5 – 35 กรัม งาขาว 10 กรัม และผงปรุงรส 5 - 6.5 กรัม น้ำมันรำข้าว 10 กรัม และไก่แห้ง 100 กรัม เพื่อให้มีค่าการยอมรับสูงที่สุด

4.1.3.2.2 การยืดอายุไก่ให้มีคุณภาพดีและไม่เกิดกลิ่นหืน

1. สภาวะการเก็บไก่

นำไก่ที่ผลิตได้ บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ใส่สารดูดซับออกซิเจน นำมาบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 0, 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ จากนั้น นำไปทดสอบความแตกต่างของระหว่างตัวอย่างโดยผู้ทดสอบชิม ของตัวอย่างที่เก็บไว้ที่ 0 (เป็นตัวอย่างควบคุม) และ 35 องศาเซลเซียส และ 45 องศาเซลเซียส โดยวิธี Difference from control แบบ categories (0 = ไม่แตกต่างเลย 1 = แตกต่างเล็กน้อยมากที่สุด 5 = แตกต่างพอควร 9 = แตกต่างมากที่สุด)

หมายเหตุ

ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดกลิ่นที่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิทั้งสอง อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บเป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ ทำให้เกิดความแตกต่างของกลิ่นไก่จากตัวอย่างควบคุม โดยที่การเก็บรักษาที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ส่งผลให้เกิดกลิ่นที่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมมากกว่าที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 49 – 52)

ตารางที่ 49 อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เก็บความแตกต่างของกลิ่นไก่จากตัวอย่างควบคุม

อุณหภูมิที่ใช้เก็บ	ระยะเวลาที่ใช้เก็บ (สัปดาห์)	
	2	4
35 C	0.70 ^a ± 0.48	1.10 ^b ± 0.56
45 C	0.80 ^{ab} ± 0.42	0.90 ^{ab} ± 0.56

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 50 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความแตกต่างของกลิ่นไก่จากตัวอย่างควบคุม

อุณหภูมิที่ใช้เก็บ	กลิ่น
35 C	0.90 ^{ns} ± 0.55
45 C	0.85 ^{ns} ± 0.49

ตารางที่ 51 อิทธิพลของระยะเวลาคือความแตกต่างของกลิ่นไก่จากตัวอย่างควบคุม

ระยะเวลาที่ใช้เก็บ	กลิ่น*
2 สัปดาห์	0.75 ^a ± 0.44
4 สัปดาห์	1.00 ^b ± 0.56

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 52 ความแตกต่างของกลิ่นไอยี่ในสภาวะต่าง ๆ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

อุณหภูมิที่ใช้เก็บ	ระยะเวลาที่ใช้เก็บ	ค่า P
35 C	2 สัปดาห์	< 0.01
45 C	2 สัปดาห์	< 0.01
35 C	4 สัปดาห์	< 0.01
45 C	4 สัปดาห์	< 0.01

2. บรรจุภัณฑ์สำหรับไอยี่

ปัญหาของผลิตภัณฑ์ไอยี่คือ เมื่อเก็บไว้นานจะเกิดกลิ่นหืน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ความหืนดังกล่าวเกิดจากการที่ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าไปในผลิตภัณฑ์ แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับไขมันในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ดังนั้นการจะยืดอายุไอยี่หรือเก็บไอยี่ไว้ได้นานโดยไม่เกิดกลิ่นหืนก็ต้องมีบรรจุภัณฑ์ที่ดีประกอบด้วยชนิดของถุงที่ใช้บรรจุ สภาวะการบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ชนิดของถุงที่ใช้บรรจุมี 3 แบบ คือ

PP = Polypropylene = ถุงพลาสติกธรรมดา

PET = Polyethylene terephthalate = ถุงพลาสติกหนา

Al-Foil = ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

2. สภาวะการบรรจุมี 3 แบบ คือ

Normal = บรรจุแบบธรรมดา

Vacuum = บรรจุแบบสุญญากาศ

O₂-absorber = บรรจุแบบใช้สารดูดซับออกซิเจน

3. อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์คือ 35 °C และ 45 °C

โดยวางแผนการทดลองแบบ 2*3*3 Factorial with one replication ซึ่งมีสิ่งทดลองต่าง ๆ ดังตารางที่ 53 นำสิ่งทดลองมาวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยการวัดค่า Thiobarbituric acid; TBA

ตารางที่ 53 สิ่งทดลองสำหรับการประเมินอายุการเก็บเบื้องต้นของไอยี่ในแต่ละสัปดาห์

	35 °C			45 °C		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	PPN35*	PETN35	ALN35	PPN45	PETN45	ALN45
Vacuum	PPV35	PETV35	ALV35	PPV45	PETV45	ALV45
O ₂ -absorber	PPA35	PETA35	ALA35	PPA45	PETA45	ALA45

* ตามด้วยสัปดาห์ที่เก็บรักษา: 1,3,5 และ 7

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ถึงชนิดของถุง สภาวะการบรรจุ และอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาที่มีต่อ TBA ซึ่งจะบ่งบอกถึงการเกิดการหืน (ตารางที่ 54 -65)

ตารางที่ 54 ปริมาณ TBA ในไถ่ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

	Week3			Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	3.35	3.03	2.97	3.05	3.45	3.00	4.04	3.55	2.88
Vacuum	3.57	3.85	3.28	3.80	3.97	3.22	4.03	4.01	2.46
O ₂ -absorber	3.34	3.16	2.89	3.27	2.92	2.96	3.94	2.44	1.95

ตารางที่ 55 ปริมาณ TBA ในไถ่ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

	Week3			Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	2.41	2.54	2.55	4.30	4.52	3.20	4.38	4.12	3.90
Vacuum	3.08	2.39	2.11	4.41	4.58	3.68	4.15	4.12	2.70
O ₂ -absorber	3.01	2.47	1.65	5.51	3.47	2.54	4.18	3.48	2.25

ตารางที่ 56 ค่าสี L ของไถ่ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

	Week1			Week3		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	38.63	37.61	37.86	37.02	37.43	36.73
Vacuum	38.67	38.68	38.02	37.48	37.69	36.59
O ₂ -absorber	39.12	38.11	38.38	37.30	36.67	36.46
	Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	36.14	37.05	36.36	38.84	36.64	36.31
Vacuum	37.26	36.81	37.24	39.36	39.15	37.52
O ₂ -absorber	37.75	37.27	37.05	38.99	36.87	38.56

ตารางที่ 57 ค่าสี L ของไถ่ที่สัปดาห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

	Week1			Week3		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	37.98	38.70	38.20	36.82	36.44	37.16
Vacuum	37.93	37.26	37.61	37.86	36.80	36.23
O ₂ -absorber	37.99	38.20	37.82	37.45	36.55	36.70
	Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	37.39	36.04	36.83	39.01	37.85	37.73
Vacuum	37.09	37.03	35.92	38.84	38.49	37.28
O ₂ -absorber	38.38	36.21	36.49	40.03	36.65	36.25

ตารางที่ 58 ค่าสี a ของไกย์ที่สับดาร์ห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

	Week1			Week3		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	-1.57	-1.88	-2.34	-1.05	-1.23	-1.60
Vacuum	-1.62	-1.66	-1.56	-0.90	-1.27	-1.35
O ₂ -absorber	-1.52	-1.42	-1.51	-0.95	-0.82	-0.79
	Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	-0.77	-0.84	-1.04	0.24	0.00	0.01
Vacuum	-0.67	-0.84	-0.85	-0.19	-0.13	0.08
O ₂ -absorber	-0.17	-0.06	0.24	0.15	0.47	0.51

ตารางที่ 59 ค่าสี a ของไกย์ที่สับดาร์ห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

	Week1			Week3		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	-1.33	-0.95	-1.83	-1.00	-1.12	-1.30
Vacuum	-1.34	-1.28	-1.40	-0.95	-1.12	-1.09
O ₂ -absorber	-1.24	-0.91	-0.69	-0.44	-0.66	0.09
	Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	-0.94	-1.15	-1.10	0.16	0.05	-0.62
Vacuum	-0.80	-0.77	-1.31	-0.07	-0.04	-0.48
O ₂ -absorber	-0.27	-0.73	-0.30	0.01	0.05	0.08

ตารางที่ 60 ค่าสี b ของไกย์ที่สับดาร์ห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

	Week1			Week3		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	8.70	7.88	8.32	8.20	9.21	8.64
Vacuum	8.51	8.13	8.24	8.90	8.94	8.38
O ₂ -absorber	9.00	8.37	8.75	9.01	8.67	8.52
	Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	8.38	8.63	8.72	9.77	8.11	8.93
Vacuum	8.82	8.73	9.16	8.84	9.11	7.97
O ₂ -absorber	9.33	9.04	9.04	9.85	8.54	8.59

ตารางที่ 61 ค่าสี b ของไก๊ยที่สัปดาห์ต่าง ๆ ของการเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

	Week1			Week3		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	8.14	8.40	8.27	8.33	8.31	8.85
Vacuum	8.54	7.68	7.85	9.17	8.72	8.01
O ₂ -absorber	8.56	8.57	8.30	8.91	8.13	8.25
	Week5			Week7		
	PP	PET	Al-Foil	PP	PET	Al-Foil
Normal	8.77	8.11	8.93	8.60	7.80	8.33
Vacuum	8.84	9.11	7.97	8.32	8.55	7.96
O ₂ -absorber	9.85	8.54	8.59	8.84	7.26	6.88

ตารางที่ 62 อิทธิพลของสภาวะการบรรจุต่อค่า TBA, L a b ของไก๊ย

สภาวะการบรรจุ	ค่าเฉลี่ย TBA	ค่าเฉลี่ย L	ค่าเฉลี่ย a	ค่าเฉลี่ย b
แบบปกติ	3.40 ^b	37.36 ^{ns}	-0.97 ^a	8.51 ^{ns}
แบบสุญญากาศ	3.52 ^b	37.62 ^{ns}	-0.90 ^a	8.52 ^{ns}
แบบเติมสารดูดซับออกซิเจน	3.08 ^a	37.55 ^{ns}	-0.45 ^b	8.64 ^{ns}

- ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 63 อิทธิพลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อค่า TBA, L a b ของไก๊ย

ชนิดบรรจุภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย TBA	ค่าเฉลี่ย L	ค่าเฉลี่ย a	ค่าเฉลี่ย b
PP	3.76 ^c	38.06 ^a	-0.72 ^{ns}	8.84 ^a
PET	3.45 ^b	37.34 ^b	-0.76 ^{ns}	8.44 ^b
Aluminum foil	2.79 ^a	37.14 ^b	-0.84 ^{ns}	8.39 ^b

- ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 64 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่า TBA, L a b ของไก๊ย

อุณหภูมิที่ใช้เก็บ	ค่าเฉลี่ย TBA	ค่าเฉลี่ย L	ค่าเฉลี่ย a	ค่าเฉลี่ย b
35 องศาเซลเซียส	3.27 ^{ns}	37.60 ^{ns}	-0.80 ^{ns}	8.72 ^a
45 องศาเซลเซียส	3.40 ^{ns}	37.42 ^{ns}	-0.74 ^{ns}	8.40 ^b

- ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางที่ 65 อิทธิพลของสภาวะการเก็บต่อค่า TBA, L a b ของไก๊ย

ระยะเวลาเก็บ	ค่าเฉลี่ย TBA	ค่าเฉลี่ย L	ค่าเฉลี่ย a	ค่าเฉลี่ย b
1 สัปดาห์	Missing	38.15 ^a	-1.45 ^a	8.34 ^a
3 สัปดาห์	2.87 ^a	36.97 ^b	-0.98 ^b	8.62 ^{ab}
5 สัปดาห์	3.66 ^b	36.91 ^b	-0.69 ^c	8.81 ^a
7 สัปดาห์	3.48 ^b	38.02 ^a	0.02 ^d	8.46 ^b

- ตัวอักษรยกหลังค่าเฉลี่ย ที่แตกต่างกันในแนวคอลัมน์แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

พบว่า สภาวะการบรรจุ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ ระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สภาวะการเก็บที่ใช้สารดูดซับออกซิเจน(O_2 -absorber) ส่งผลให้ค่า TBA ต่ำที่สุด (ตารางที่ 62) และต่ำกว่าอีกสองสภาวะการบรรจุ คือ แบบปกติ และแบบสูญญากาศ (ค่า TBA = 3.40 และ 3.52 ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่า การบรรจุโดยใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ ช่วยชะลอการเกิด TBA ได้ดีกว่าแบบ PET และ PP ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาที่ใช้เก็บ พบว่าการเก็บไว้เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ มีค่า TBA ต่ำกว่าการเก็บไว้ที่ 5-7 สัปดาห์ ($P < 0.05$) โดยที่การเก็บในระยะ 5 และ 7 สัปดาห์ให้ผลไม่แตกต่างกัน

การวัดค่าสี L a และ b โดยเฉพาะค่าสี a พบว่า เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น จาก 1-7 สัปดาห์ ค่า a (Redness กรณีมีค่าเป็นบวก และ Greenness กรณีมีค่าติดลบ) จะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า สีเขียวของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่า b (Yellowness) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากการประเมินเบื้องต้นนี้ ทำให้ทราบว่า ควรใช้สภาวะการบรรจุแบบใช้สารดูดซับออกซิเจน และการใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ จะช่วยให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ได้นาน

4.1.3.2.3 การยืดอายุไถ่แผ่นให้มีความคงทนและคงความกรอบไว้ได้นาน

ในการศึกษาสภาวะการทำให้สาหร่ายแผ่นคงความกรอบ จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่าในการแปรรูปสาหร่ายแผ่นของชาวบ้าน ทำโดยการนำสาหร่ายไถ่แผ่น มาแช่โดยใช้เตาไฟฟ้า ก่อนทำการย่าง พร้อมน้ำมันพืช ลงบนแผ่นสาหร่ายพอประมาณ จากนั้นนำไปย่างจนกรอบ และบรรจุในถุงพลาสติก เมื่อทิ้งไว้ข้ามวัน พบว่าสาหร่ายแผ่น ไม่มีลักษณะกรอบเหมือนกับตอนที่ย่างเสร็จใหม่ ๆ

ในการศึกษาเรื่องนี้มีการบวนการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาความชื้นในสาหร่ายไถ่แผ่นจากอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ภายใน 24 ชั่วโมงหลังการผลิต
2. ทำการอบสาหร่ายไถ่แผ่นจากอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ซึ่งเก็บเมื่อเดือน พ.ศ. ด้วยอุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 5 นาที โดยก่อนอบนำมานวดพ่นน้ำมันปาล์มโดยใช้อัตราส่วนสาหร่ายแห้ง 3 ส่วนต่อน้ำมันพืช 2 ส่วน (โดยน้ำหนัก) เพื่อศึกษาความชื้นหลังการอบ
3. นำสาหร่ายที่อบได้จากข้อ 2. ไปบรรจุในถุง 2 ชนิด คือ ถุงเมทัลไลซ์ (metalized) และถุงโพลีโพรพิลีน (polypropylene) ซึ่งเป็นถุงพลาสติกธรรมดา เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมาวัดความเหนียวของสาหร่ายไถ่แผ่น

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในสาหร่ายไถ่แผ่นที่ผ่านการย่างมาแล้วจาก อ.ท่าวังผา จ.น่าน (ตัวอย่างควบคุม) มาทำการวัดค่าความชื้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังการผลิต พบว่า มีความชื้นเฉลี่ย $4.72 \pm 1.27\%$ โดยมีค่าต่ำสุด 3.72 % และมีค่าสูงสุด 7.10 % โดยทำการวัดปริมาณความชื้นของแผ่นสาหร่ายไถ่แผ่นละ 3 ส่วน จำนวน 12 แผ่น คือ ซ้าย กลางและขวาของแผ่น

จากผลการสำรวจดังกล่าว การที่สาหร่ายไถ่แผ่นไม่มีความกรอบหลังจากเก็บไว้ข้ามวัน อาจเป็นเพราะมีปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่มากเกินไป จึงได้ศึกษานำสาหร่ายไถ่แผ่น (แห้ง) มาทำการนวดพ่นน้ำมันปาล์ม และนำมาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที พบว่าสาหร่ายไถ่แผ่นมีความชื้น $2.06 \pm 0.29\%$ นำสาหร่ายที่อบได้ไปบรรจุในถุงเมทัลไลซ์ (metalized) และถุงโพลีโพรพิลีน (polypropylene) และเก็บไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้น นำมาวัดความเหนียวของสาหร่ายไถ่แผ่น พบว่า สาหร่ายที่บรรจุในถุงเมทัลไลซ์ มีความเหนียวน้อยที่สุด คือ มีความเหนียว 2.56 ± 0.93 นิวตัน ซึ่งน้อยกว่าสาหร่ายควบคุม และสาหร่ายที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ($P < 0.05$) ที่มีความเหนียวเท่ากับ 4.93 ± 1.10 นิวตันและ 4.25 ± 0.73 นิวตันตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ถุงเมทัลไลซ์ ซึ่งมีคุณสมบัติการกั้นความชื้นได้ดี ทำให้อายุของสาหร่ายไถ่แผ่น มีความเหนียวน้อยกว่า ซึ่ง

หมายถึงมีความกรอบมากกว่าการบรรจุในถุงตัวอย่างควบคุมและถุงโพลีโพรพีลีน อย่างไรก็ตาม ถุงเมทัลไลซ์ มีข้อจำกัดที่มีลักษณะที่บวมไม่เห็นสาหร่ายแผ่นภายใน การประยุกต์ใช้ถุงที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับถุงเมทัลไลซ์ เช่น ถุงโพลีโพรพีลีนลามิเนตกับไนลอน แต่มีความใสของถุงเท่ากันหรือใกล้เคียงกับถุงตัวอย่างควบคุม ซึ่งคาดว่าอาจเป็นโพลีเอสเตอร์โพลีไสตีนหรือโอเรียลเต็ดโพลีโพรพีลีน น่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า ตลอดจนการอบให้ความร้อนต่ำกว่า 2% จะทำให้สามารถคงความกรอบของสาหร่ายไคแผ่นไว้ได้นานขึ้น

4.1.4 ช่วยชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไคทางด้านการออกแบบ ฉลากผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับและการทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์

งานด้านนี้เป็นงานที่ไม่ได้อยู่ในโครงการ แต่เมื่อทำงานวิจัยไปมากขึ้น ผู้ประกอบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไคทั้งที่ลำน้ำน่านและ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ได้ขอร้องให้ช่วยออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับและการทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์ จึงถือเป็นหน้าที่ที่จะต้องช่วยเหลือ เพราะการช่วยเหลือดังกล่าวได้ใช้องค์ความรู้จากการวิจัยในโครงการล้วน ๆ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน ผู้ประกอบการอย่างแท้จริง โดยไม่ต้องรอให้โครงการเสร็จสิ้น อย่างไรก็ตามการช่วยเหลือดังกล่าวกระทำในนามของโครงการวิจัยเรื่องนี้ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ซึ่งได้ประชาสัมพันธ์ในเรื่องนี้ไปทุกครั้ง รายละเอียดดังนี้

4.1.4.1 การออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์

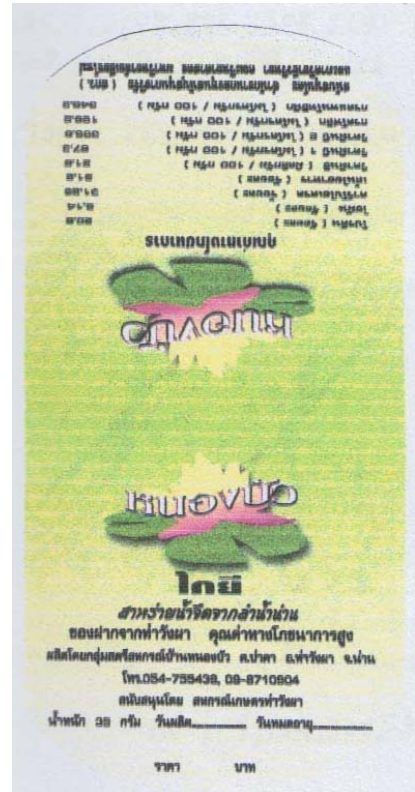
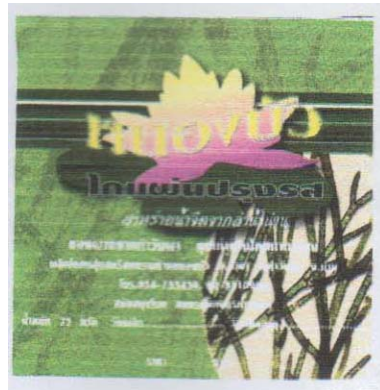
แต่เดิมฉลากผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการจะเป็นแบบง่าย ๆ โดยการพิมพ์ลงในกระดาษเป็นสีขาว-ดำ มีชื่อผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต สถานที่ติดต่อ และราคา แล้วติดลงบนถุงพลาสติกของผลิตภัณฑ์เลย ซึ่งไม่น่าดึงดูดใจสนใจ แต่ต้นทุนจะไม่สูงมากนัก ทางคณะวิจัยมีแนวความคิดว่าควรจะทำฉลากผลิตภัณฑ์ให้น่าสนใจกว่านี้โดยเพิ่มสีสันให้สวยงามพอสมควร เพิ่มสัญลักษณ์ของกลุ่มผลิต เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการซึ่งเป็นงานวิจัยของโครงการนี้อยู่แล้วซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจว่าได้บริโภคอาหารที่มีคุณค่า และประทับใจ. ถ้ากลุ่มผู้ประกอบการสามารถขอ อย.มาได้ ส่วนชื่อกลุ่มผู้ผลิต สถานที่ติดต่อ และผู้ให้การสนับสนุนเดิมก็จะคงไว้เช่นนั้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ออกแบบให้กับ

1. กลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน
ออกแบบสำหรับ 2 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 8 แบบ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ฉลากผลิตภัณฑ์ที่คณะวิจัยออกแบบให้แก่กลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน จำนวน 8 แบบ



ภาพที่ 16 (ต่อ) ฉลากผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบให้แก่กลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ตำบลปาดะ อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดน่าน จำนวน 8 แบบ

2. กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลปาดะ อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดน่าน
ออกแบบสำหรับ 7 ผลิตภัณฑ์ จำนวน 7 แบบ (ภาพที่ 16)

4.1.4.2 การออกแบบเอกสารพับ

คณะวิจัยพบว่าเอกสารพับของกลุ่มประกอบการทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ สมควรที่จะมีการพัฒนาให้สวยงาม และมีคุณค่าขึ้น จึงได้นำมาออกแบบใหม่ทั้งรูปลักษณ์ และข้อมูลต่าง ๆ จากโครงการวิจัยในโครงการนี้ เอกสารพับมีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถบรรจุข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสาหร่ายไถลงไปได้อย่างครบถ้วนประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับสาหร่ายไถทางด้านชีววิทยา ทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา อนุกรมวิธาน นิเวศวิทยา คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไถ ความรู้จากภูมิปัญญาดั้งเดิม ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มผู้ประกอบการ สถานที่ติดต่อโดยละเอียด โดยมีภาพประกอบทั้งภาพถ่ายปกติและภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ ในเอกสารพับนี้ใช้ภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย ผู้อ่านทุกเพศทุกวัยและทุกระดับการศึกษาสามารถเข้าใจได้ไม่ยาก หลังจากที่ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาโดยใช้กระดาษสีต่าง ๆ และพิมพ์ด้วยระบบไรโซกราฟ ซึ่งใช้ต้นทุนไม่มากนัก แล้วนำไปมอบให้ผู้ประกอบการทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อนำไปประชาสัมพันธ์ความรู้เกี่ยวกับสาหร่ายไถและอาหารจากสาหร่ายไถให้แก่ผู้บริโภค และผู้สนใจทั่วไป ปรากฏว่าได้รับการตอบรับด้วยดี ผู้บริโภคมีความมั่นใจในการบริโภคสาหร่ายไถมากขึ้น เอกสารพับเหล่านี้ได้ทราบว่ามีสถาบันการศึกษา และหน่วยงานที่ทำหน้าที่เผยแพร่ข่าวสารต่าง ๆ ของจังหวัดได้นำไปใช้ในการประชาสัมพันธ์สาหร่ายไถในลักษณะของดี ของจังหวัดน่านและจังหวัดเชียงราย ได้กว้างขวางมากขึ้น และเป็นข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้มากขึ้นเช่นกัน ตัวอย่างของเอกสารพับ ดังแสดงในเอกสารแนบ

4.1.4.3 การออกแบบโปสเตอร์

ด้วยตระหนักถึงองค์ความรู้จากงานวิจัยที่ทำในโครงการนี้ว่าควรที่จะมีการเผยแพร่ให้กับชุมชนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายไถทั้ง 2 จังหวัด จึงได้จัดทำโปสเตอร์ตัวอย่างและนำไปเผยแพร่เมื่อจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 และ 2 เรื่อง “ การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไถในลำน้ำน่านและแม่น้ำโขง ” ที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ในวันที่ 12 มิถุนายน 2547 และที่อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 10 กรกฎาคม 2547 โปสเตอร์ที่นำไปเผยแพร่ประกอบด้วยความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายไถในลำน้ำน่านและแม่น้ำโขงจากภูมิปัญญาชาวบ้าน ความรู้ทางด้านชีววิทยาของสาหร่ายไถ ทั้งทางด้าน อนุกรมวิธาน ชนิดของสาหร่ายไถที่พบทั้งหมด สัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา คุณค่าทางโภชนาการ ผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายไถทั้งภูมิปัญญาชาวบ้านและที่แปรรูปขึ้นในปัจจุบัน รวมถึงวิธีการปรุงอาหารพื้นบ้านที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง กลุ่มผู้ประกอบการ ภาพของสาหร่ายไถในธรรมชาติ และภาพเมื่อนำมาแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ โดยการจัดวางภาพ คำบรรยาย และการให้สีสน้อย่างเหมาะสม จึงทำให้เป็นโปสเตอร์ที่น่าอ่านและเหมาะสมที่จะประชาสัมพันธ์ให้ผู้สนใจได้รับรู้ในคุณค่าของทรัพยากรชีวภาพชนิดนี้ คณะวิจัยได้รับการร้องขอให้ช่วยทำโปสเตอร์ดังกล่าวทั้ง 2 จังหวัดราว 20 แผ่น ซึ่งขณะนี้โปสเตอร์ดังกล่าวได้ติดตั้งทั้งในกลุ่มผู้ประกอบการ และสถานที่ราชการที่มีหน้าที่ส่งเสริมอาชีพให้กับประชาชนรวมทั้งองค์การบริหารส่วนตำบล และองค์การบริหารส่วนจังหวัดทั้ง 2 จังหวัด ตัวอย่างโปสเตอร์ได้แสดงไว้ในภาพที่ 18

4.1.5 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชน ทั้งระดับชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และแวดวงวิชาการทางด้านสาหร่าย

การถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชนนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.5.1 การอบรมเชิงปฏิบัติการแก่ชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และบุคคลที่เกี่ยวข้องในชุมชนนั้นๆ

4.1.5.2 การถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่การประชุมวิชาการทางด้านสาหร่าย การตีพิมพ์ผลงาน การเขียนบทความ และการให้สัมภาษณ์สื่อต่างๆ

โก : สาหร่ายในลำน้ำน่าน

โครงการ สักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดเล็กที่ใช้เป็นอาหารและอาหารสัตว์
สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คณะผู้วิจัย

ภาวดี พิเศษพิศาล
อภิชัย นันทนิกุล
ประสิทธิ์พร สวัสดิ์ธาดา
พินิจา สอนิธิกุล
อติพรพร พงษ์พิทักษ์
ชัชวาลย์ พงษ์พิทักษ์
ศุภณัฐ แก้วสุภา
ณัฐพรพร ใสดี
สุภาวดี จางา
สุภาวดี พงษ์พิทักษ์
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล

วิทยานิพนธ์

อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล
อภิชัย สอนิธิกุล

หน่วยงานหลัก:
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
e-mail: scboi017@chiangmai.ac.th








สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

อาหารจากโกด้วยภูมิปัญญาชาวบ้าน

อาหารจากโกด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

อาหารจากโกด้วยภูมิปัญญาชาวบ้าน

อาหารจากโกด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

สาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่านมีลักษณะเป็นสีเขียว มีขนาดเล็ก มีลักษณะคล้ายสาหร่ายน้ำจืดในลำน้ำน่าน

ภาพที่ 18 ตัวอย่างโปสเตอร์ที่ออกแบบให้แก่กลุ่มผู้ประกอบการและสถานที่ราชการต่างๆ

4.1.5.1 การอบรมเชิงปฏิบัติการแก่ชุมชนที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และบุคคลที่เกี่ยวข้องในชุมชนนั้นๆ โดยจัดการอบรม 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลปาคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน
วันที่ 12 มิถุนายน 2547

ครั้งที่ 2 ชุมชนบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

วันที่ 10 กรกฎาคม 2547

ครั้งที่ 3 ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

วันที่ 18 มิถุนายน 2548

ครั้งที่ 4 ชุมชนบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

วันที่ 19 มิถุนายน 2548

ดังมีรายละเอียดของการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน ดังนี้

ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2

ชื่อเรื่อง ครั้งที่ 1 การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อในลำน้ำน่าน

ครั้งที่ 2 การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อในลำน้ำโขง

ในการถ่ายทอดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นี้จะนำองค์ความรู้เกี่ยวกับสาหร่ายไก่อทั้งหมดที่ศึกษาในช่วงก่อน กรกฎาคม 2547 และการแปรรูปอาหารชนิดต่างๆ เข้าสู่ชุมชนเป้าหมาย วิธีการดำเนินงาน มีดังนี้:-

1. กำหนดชุมชนเป้าหมาย ได้เลือกชุมชนเป้าหมายที่มีการประกอบอาชีพจากการแปรรูปสาหร่ายไก่อเป็นอาหารชนิดต่างๆ เพื่อการบริโภคและจำหน่าย รวมถึงมีการเจริญของสาหร่ายไก่ออยู่ในลำน้ำแถบชุมชนนั้น ขณะเดียวกันก็เชิญชุมชนอื่นๆ ที่มีสาหร่ายไก่อเจริญอยู่ในลำน้ำแต่ยังไม่ได้แปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ หรือมักจะนำสาหร่ายไก่อสดไปจำหน่ายกับชุมชนที่มีการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อแล้ว รวมถึงผู้บริหาร ข้าราชการ เจ้าหน้าที่ภาครัฐ และองค์กรเอกชน (NGO) ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสาหร่ายไก่อทั้งในแง่ภูมิปัญญาชาวบ้านและการแปรรูปเพื่อการจำหน่าย ชุมชนเป้าหมายประกอบไปด้วย 2 ชุมชน ดังนี้

1.1 ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน ประกอบไปด้วย กลุ่มสตรีสหกรณ์ หนองบัว และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว และกลุ่มอื่นๆ ดังที่กล่าวมา ได้จัดการถ่ายทอดความรู้ ณ ที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบลป่าคา (อบต.ป่าคา) ในวันเสาร์ที่ 12 มิถุนายน 2547

1.2 ชุมชนบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ประกอบไปด้วยกลุ่มแม่บ้าน เกษตรกรบ้านหาดไคร้ และกลุ่มอื่นๆ ดังที่กล่าวมา ได้จัดการถ่ายทอด ณ ที่ทำการกลุ่มแม่บ้าน เกษตรกรบ้านหาดไคร้ ในวันเสาร์ที่ 10 กรกฎาคม 2547

2. กำหนดเนื้อหาในการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อในลำน้ำน่าน และลำน้ำโขง ทั้งด้านนิเวศวิทยา การจัดจำแนก คุณค่าทางโภชนาการ และอื่นๆ ที่ทางคณะวิจัยได้ทำการศึกษา ส่วนการแปรรูปอาหารนั้น ได้นำผลิตภัณฑ์ที่เลือกแล้ว จำนวน 14 ผลิตภัณฑ์ ที่ทางคณะวิจัยในกลุ่มต่างๆ ทั้ง 3 กลุ่มได้ศึกษามา ไปแสดงให้ทางผู้เข้าชมได้เห็นรูปลักษณะและชิมอาหารต่างๆ ที่แปรรูปออกมาให้ทั่วถึงกัน และให้ทางกลุ่มกำหนดชนิดของอาหารที่ต้องการให้สาธิตให้ดู เนื่องจากมีระยะเวลาไม่มากนัก รายละเอียดของอาหารชนิดอื่นๆ แม้จะไม่ได้สาธิตให้ดูแต่ผู้เข้าชมสามารถศึกษาได้จากคู่มือที่ทางคณะวิจัยได้จัดทำขึ้น และแจกจ่ายให้ผู้เข้าชมทุกคน และถ้าทางกลุ่มทดลองทำแล้วยังไม่ประสบความสำเร็จ ทางคณะวิจัยยินดีจะมาสาธิตอาหารชนิดที่ทางกลุ่มสนใจหรือกลุ่มอาจจะเดินทางมาพบกับผู้วิจัยยังมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตน่าน และสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจในกระบวนการผลิตอย่างลึกซึ้ง สามารถทำได้โดยตนเอง อาหารที่นำไปเผยแพร่ทั้ง 14 ชนิด มีดังนี้

1. สาหร่ายไก่อแผ่นกรอบ
2. บะหมี่สาหร่ายไก่อสด
3. บะหมี่สาหร่ายไก่อแห้ง
4. โจ๊กสาหร่ายไก่อ

5. พิมพ์กรอบสาหร่ายไก่อ
6. ข้าวเม่าหมีสาหร่ายไก่อ
7. ข้าวแต่น้ำสาหร่ายไก่อ
8. ขนมปังสาหร่ายไก่อ
9. กรองแครงสาหร่ายไก่อ
10. กรอบเค็มสาหร่ายไก่อ
11. เค้กเนยสาหร่ายไก่อ
12. ข้าวเกรียบสาหร่ายไก่อ
13. คูกี้สาหร่ายไก่อ
14. ทองม้วนสาหร่ายไก่อ

ผลิตภัณฑ์ที่ทางชุมชนบ้านหนองบัว จังหวัดน่าน ต้องการให้ทางคณะวิจัยสาธิตการทำสาหร่ายไก่อแผ่นกรอบ บะหมี่โกสุด และแห้ง โจ๊กสาหร่ายไก่อ ขนมปังสาหร่ายไก่อ ส่วนชุมชนบ้านหาดไคร้ จังหวัดเชียงราย ได้เลือกผลิตภัณฑ์เหมือนกับชุมชนบ้านหนองบัว แต่เพิ่มกรองแครง และกรอบเค็มสาหร่ายไก่ออีก 2 ชนิด

3. การเตรียมเอกสารในการอบรม ได้เตรียมเอกสารสำหรับการอบรม ประกอบด้วยความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อทั้งภูมิปัญญาชาวบ้านและงานวิจัยที่คณะวิจัยได้ศึกษามา การแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อทั้ง 14 ชนิด อย่างละเอียด

4. การประเมินผลการอบรม ได้จัดแบบสอบถาม และการสอบถามโดยการสัมภาษณ์ร่วมกับการอภิปรายในช่วงท้ายการอบรม

ผลการอบรม

ชุมชนบ้านหนองบัว จังหวัดน่าน มีผู้เข้าอบรม 56 คน ประกอบด้วย นายอำเภอ องค์การบริหารส่วนตำบล ผู้ใหญ่บ้าน พัฒนาการจังหวัด นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัด ผู้อำนวยการโรงพยาบาล คณาจารย์จากโรงเรียนระดับชั้นประถม และชั้นมัธยม ประจำอำเภอท่าวังผา และวิทยาลัยการอาชีพเวียงสา สมาชิกกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว สมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว และชาวบ้านหมู่บ้านใกล้เคียง

ชุมชนบ้านหาดไคร้ จังหวัดเชียงราย มีผู้เข้าอบรม 45 คน ประกอบด้วย นายอำเภอ ผู้ใหญ่บ้าน พัฒนาการจังหวัด ผู้อำนวยการโรงพยาบาล คณาจารย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ และชาวบ้านจากชุมชนบ้านหาดไคร้

โดยทั่วไปแล้ว บรรยากาศของการอบรมทั้ง 2 แห่ง คล้ายกัน (ภาพที่ 19 และ 20) เจ้าของสถานที่ให้การต้อนรับดีมาก ทั้งการเตรียมสถานที่และอื่นๆ ผู้เข้าอบรมมีความตั้งใจสูง ทั้งผู้บริหาร เจ้าหน้าที่และชาวบ้านทั่วไป ผู้เข้าอบรมตั้งใจฟังการบรรยายพร้อมทั้งมีข้อซักถามตลอดเวลา ขณะสาธิตก็ให้ความสนใจและต้องการลองทำด้วยตนเอง รวมทั้งให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ จะสนใจเรื่องราวของสาหร่ายไก่อมากกว่าการแปรรูปอาหาร ส่วนชาวบ้านจะสนใจการแปรรูปมากกว่า ทุกคนแสดงความขอบคุณคณะผู้วิจัย รวมถึงสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ดำเนินงานวิจัยมาให้ความรู้ บางคนกล่าวว่า การได้รับความรู้ที่แท้จริงเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อเป็นสิ่งที่เขารอคอยมานาน และมีความยินดีที่ได้รับความรู้นี้ และทั้ง 2 แห่ง ได้มีนโยบายที่จะจัดทำแหล่งความรู้เกี่ยวกับสาหร่ายไก่อให้เป็นจริงเป็นจังขึ้นมาในอำเภอท่าวังผา และอำเภอเชียงของ โดยจัดให้เป็นแหล่งศึกษา ค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อ คล้ายพิพิธภัณฑ์ ที่อำเภอท่าวังผา ได้เตรียมสถานที่ไว้แล้ว และจะทำการของบประมาณในการดำเนินงานต่อไป ส่วนที่อำเภอเชียงของ นายกเทศมนตรีก็ให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่ง และจะดำเนินการต่อไป สำหรับคณะวิจัยเองยินดีที่จะช่วยเหลืออย่างเต็มที่เกี่ยวกับข้อมูล ภาพ และการจัดแสดง โดยจะจัดทำภายใต้โครงการวิจัย เรื่อง “ศักยภาพของสาหร่ายขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา” โดยการ

สนับสนุนของสกว. และทางคณะวิจัยมีความยินดีที่งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์โดยตรงกับชุมชนนั้นๆ อย่างมาก เกินการคาดคะเนก่อนการอบรม



ภาพที่ 19 บรรยากาศในการอบรมเชิงปฏิบัติการที่ชุมชนบ้านหนองบัว อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน



ภาพที่ 20 บรรยายภาคในการอบรมเชิงปฏิบัติการที่ชุมชนบ้านหัดไค อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

ส่วนด้านอื่นๆ ผู้เข้าอบรมให้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก (ตารางที่ 66 และ 67) ทั้งวันเวลา สถานที่ การบรรยาย การสาธิตของวิทยากร อาหารที่จัดเลี้ยง แต่ต้องการให้มีเวลามากกว่านี้ ผู้เข้าร่วมการอบรมต้องการได้ลงมือทำผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง และขอให้ช่วยส่งเสริมทางด้านการตลาดให้ด้วย

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามจากการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อในลำน้ำน่าน” ณ องค์การบริหารส่วนตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน มีดังนี้

จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 28 คน

เพศ	เพศชาย	จำนวน 2 คน	เพศหญิง	จำนวน 26 คน
อายุ	20-30 ปี	จำนวน 4 คน	30-40 ปี	จำนวน 7 คน
	40-50 ปี	จำนวน 7 คน	50-60 ปี	จำนวน 5 คน
	มากกว่า 60 ปี	จำนวน 5 คน		
อาชีพ	รับราชการ	จำนวน 4 คน	รัฐวิสาหกิจ	จำนวน 0 คน
	เกษตรกร	จำนวน 9 คน	อื่นๆ	จำนวน 9 คน
	ไม่ระบุอาชีพ	จำนวน 6 คน		

ตารางที่ 66 ผลการประเมินการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อในลำน้ำน่าน” ณ อบต. ป่าคา อ. ท่าวังผา จ. น่าน

หัวข้อ	ระดับความพอใจ (%)	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความเหมาะสมของสถานที่		7.14	10.71	75.01	7.14	-
วันและเวลาที่จัดการอบรม		35.71	46.43	14.29	3.57	-
พิธีเปิด		39.28	42.86	14.29	3.57	-
การบรรยายของวิทยากร						
อ. ยุวดี ฬิรพรพิศาล		57.14	42.86	-	-	-
อ. อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล		50.00	46.43	3.57	-	-
อ. นัตจุฑาภรณ์ เลิศลีลาภิจจา		42.86	50.00	7.14	-	-
อาหารกลางวันและอาหารว่าง		42.86	46.43	10.71	-	-

สำหรับข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามจากการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ” ณ ที่ทำการกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ อ. เชียงของ จ. เชียงราย มีดังต่อไปนี้

จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 28 คน

เพศ	เพศชาย	จำนวน 3 คน	เพศหญิง	จำนวน 25 คน
อายุ	20-30 ปี	จำนวน 3 คน	30-40 ปี	จำนวน 3 คน
	40-50 ปี	จำนวน 8 คน	50-60 ปี	จำนวน 6 คน

	มากกว่า 60 ปี	จำนวน 8 คน		
อาชีพ	รับราชการ	จำนวน 2 คน	รัฐวิสาหกิจ	จำนวน 0 คน
	เกษตรกร	จำนวน 10 คน	อื่นๆ ได้แก่	จำนวน 8 คน
	ไม่ระบุอาชีพ	จำนวน 8 คน		

ตารางที่ 67 ผลการประเมินการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ” ณ ที่ทำการกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้ อ. เชียงของ จ. เชียงราย

หัวข้อ	ระดับความพอใจ (%)	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความเหมาะสมของสถานที่		46.4	46.4	7.2	-	-
วันและเวลาที่จัดการอบรม		32.0	36.0	25.0	7.0	-
พิธีเปิด		25.0	57.1	17.9	-	-
การบรรยายของวิทยากร						
อ. ยุวดี พิรพรพิศาล		53.6	39.3	7.1	-	-
อ. อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล		50.0	43.0	7.1	-	-
อาหารกลางวันและอาหารว่าง		28.6	64.3	7.1	-	-

ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4

ชื่อเรื่อง ครั้งที่ 3 การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อในลำน้ำน่าน ครั้งที่ 2
ครั้งที่ 4 การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อในลำน้ำโขง ครั้งที่ 2

สำหรับการถ่ายทอดความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชนในครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 นี้ ได้ทำตามคำขอรับรองจากชุมชนทั้ง 3 แห่ง ชุมชนมีความต้องการให้คณะวิจัยไปอบรมดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ชุมชนต้องการให้คณะวิจัยอบรมเรื่อง การยืดอายุไก่อให้นานขึ้นโดยปราศจากกลิ่นเหม็นหืน และการยืดความกรอบของสาหร่ายไก่อแผ่นให้นานออกไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านมานานแล้ว และเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายได้ดีมาก แต่มีปัญหาตั้งที่กล่าวมา ซึ่งทางคณะวิจัยก็ได้ทำวิจัยในเรื่องนี้อย่างจริงจัง จึงยินดีที่จะถ่ายทอดองค์ความรู้เหล่านี้

2. ชุมชนมีความสนใจอยากจะทำบะหมี่ไก่อ ทั้งบะหมี่โกสัด และบะหมี่โกแห้งให้ได้ผลอย่างจริงจัง เพราะการอบรมครั้งที่ 1 และ 2 นั้น อาจจะอบรมผลิตภัณฑ์หลายอย่างในเวลาเดียวกัน จึงทำให้ไม่ได้รับความรู้อย่างเต็มที่ แต่ในครั้งนี้อยู่ร่วมอบรมอยากทดลองทำเองทุกขั้นตอน เพื่อให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้อย่างมีคุณภาพ และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้มีแนวโน้มสูงที่จะสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP และสามารถจำหน่ายได้กว้างขวางขึ้นทั้งในชุมชนเอง และตลาดอื่นๆ หรือแม้แต่ตลาดต่างประเทศ สำหรับบะหมี่โกแห้งนั้น มีแนวโน้มที่ดีมากในการแปรรูปเป็นบะหมี่สำเร็จรูปซึ่งมีคุณค่าสูงกว่าบะหมี่สำเร็จรูปที่ขายกันโดยทั่วไป

การดำเนินงานของการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน มีรายละเอียด ดังนี้

1. กำหนดชุมชนเป้าหมาย ประกอบด้วย 2 ชุมชน คือ ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอนาทม จังหวัดน่าน และชุมชนบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย รายละเอียดของกลุ่มที่เข้าประชุมเช่นเดียวกับการอบรมครั้งที่ 1

2. เนื้อหาในการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การอบรมเรื่องการยืดอายุไก่ให้นานขึ้นโดยปราศจากกลิ่นเหม็นหืน และการยืดความกรอบของสาหร่ายโกแผ่นให้นานออกไป

2.2 การสาธิตการทำบะหมี่โกสัดและโกแห้งอย่างละเอียดโดยผู้เข้าร่วมอบรมได้ปฏิบัติเองตามขั้นตอน

2.3 คณะผู้วิจัยนำตัวอย่างผลงานแสงอาทิตย์ ซึ่งคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นผู้ผลิต

2.4 เนื่องจากการอบรมครั้งนี้เป็นครั้งสุดท้ายในโครงการวิจัยนี้ ดังนั้นคณะวิจัยจึงมีความตั้งใจจะปรึกษาหารือและหาข้อสรุปร่วมกันในการจัดตั้งนิทรรศการเรื่องสาหร่ายโก ไว้ ณ อาคารที่จัดเตรียมไว้เพื่อให้เป็นแหล่งความรู้ต่อผู้ที่มาเยือนหรือเยาวชนและบุคคลภายในชุมชนเอง โดยจะประชุมกับชุมชนตั้งแต่หัวหน้าองค์กร ได้แก่ นายอำเภอ นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัด นายกองค์การบริหารส่วนตำบล และหัวหน้าส่วนราชการอื่นๆ รวมทั้งสมาชิกชุมชนทั้ง 2 แห่ง

ผลการอบรม

ครั้งที่ 3 ชุมชนบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอนาทม จังหวัดน่าน วันที่ 18 มิถุนายน 2548 มีจำนวน 70 คน ส่วนใหญ่เป็นผู้ที่เคยเข้าร่วมการอบรมครั้งแรก

ในการอบรมครั้งนี้คณะวิจัยได้รับความร่วมมือจากสหกรณ์จังหวัดน่านเป็นเจ้าภาพร่วม ซึ่งถือว่าเป็นความร่วมมือระหว่างคณะวิจัยและองค์กรส่วนท้องถิ่นที่ให้ความสำคัญต่องานวิจัยเรื่องนี้เป็นอย่างสูง และได้ตระหนักแล้วว่างานวิจัยเรื่องนี้เป็นประโยชน์ต่อประชากรในกลุ่มที่สหกรณ์ฯ ได้ดูแลอยู่ ทำให้บรรยากาศของการประชุมเป็นแบบถ้อยทีถ้อยอาศัย และเป็นกันเองมากขึ้น

ครั้งที่ 4 ชุมชนบ้านหาดไคร้ ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย วันที่ 19 มิถุนายน 2548 มีจำนวน 40 คน ส่วนใหญ่เป็นผู้ที่เคยเข้าร่วมการอบรมครั้งแรกเช่นกัน และสมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไคร้และชุมชนใกล้เคียง ในการอบรมครั้งนี้ก็มีความคล้ายคลึงกับครั้งที่ 3 และได้รับความร่วมมือจากคณะวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปอาหารและบรรจุภัณฑ์ ซึ่งแตกต่างจากการวิจัยในกลุ่มของเราได้ขอเป็นเจ้าภาพร่วมด้วย ซึ่งนับว่าเป็นความร่วมมือระหว่างนักวิจัยต่างสถาบันที่ทำงานวิจัยเพื่อชุมชนในกลุ่มเดียวกัน จึงคาดหวังได้ว่าการอบรมครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมอบรมอย่างแท้จริง (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 บรรยากาศงานอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การถ่ายทอดการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ ครั้งที่ 3 และ 4” ที่จังหวัดน่านและจังหวัดเชียงราย

4.1.6 การถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่การประชุมวิชาการทางด้านสาหร่าย การตีพิมพ์ผลงาน การเขียนบทความ และการให้สัมภาษณ์สื่อต่าง ๆ
 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การประชุมวิชาการ และการจัดนิทรรศการทางด้านสาหร่าย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.1 ในประเทศ

1.1.1 การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ครั้งที่ 28

- จัด ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตุลาคม 2545
- เสนอผลงานในรูปแบบปากเปล่าเรื่อง “นิเวศวิทยาและการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายไคและลอนในลำน้ำน่านและลำน้ำโขง”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.1.2 การประชุมวิชาการ “สาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 1”

- จัด ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีนาคม 2546
- เสนอผลงานวิจัยในรูปแบบปากเปล่า เรื่อง “ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.1.3 การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ครั้งที่ 29

- จัด ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตุลาคม 2546
- เสนอผลงานในรูปแบบปากเปล่าเรื่อง “ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา ปีที่ 1”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.1.4 การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ครั้งที่ 30

- จัด ณ อิมแพคอารีนา เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร ตุลาคม 2547
- เสนอผลงานในรูปแบบโปสเตอร์เรื่อง ““ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา ปีที่ 2”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.1.5 การประชุมวิชาการ “สาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 2”

- จัด ณ โรงแรมฮอลิเดย์การ์เดน จังหวัดเชียงใหม่ มีนาคม 2548
- เสนอผลงานในรูปแบบปากเปล่าเรื่อง ““ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา ปีที่ 2 และปีที่ 3”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.1.6 การประชุมวิชาการ “Asia-Pacific Phycological Forum”

- จัด ณ โรงแรมรามาร์คเดนม กรุงเทพมหานคร ตุลาคม 2548
- เสนอผลงานในรูปแบบปากเปล่า เรื่อง “Biodiversity of Endemic Algae in Northern Thailand and the Application in Their Traditional Food and Medicine”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.1.7 ร่วมจัดนิทรรศการในงานเทิดพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ (ภาพที่ 22)

- จัด ณ ที่ทำการอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน สิงหาคม 2547

- เสนอผลงานแบบโปสเตอร์และบรรยายเรื่อง “ไถ่: สาหร่ายในลำน้ำน่าน” และแสดงผลภัณฑ์จากสาหร่ายไถ่



ภาพที่ 22 กิจกรรมในงานเทศกาลเปิดพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ณ อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน

1.1.8 ร่วมจัดนิทรรศการในงานเฉลิมฉลองอาคาร 40 ปี คณะวิทยาศาสตร์ จัด ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มกราคม 2547 (ภาพที่ 23)

- เสนอผลงานแบบโปสเตอร์ เรื่อง “ไถ่: สาหร่ายในลำน้ำน่าน” พร้อมทั้งแสดงผลภัณฑ์จากสาหร่ายไถ่ และทูลเกล้าถวายผลิตภัณฑ์สาหร่ายไถ่แด่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา องค์ประธานในงาน

1.1.9 ร่วมจัดนิทรรศการในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- จัด ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สิงหาคม 2546 และ 2548
- เสนอผลงานแบบโปสเตอร์ เรื่อง “ไถ่: สาหร่ายเศรษฐกิจในลำน้ำน่านและลำน้ำโขง” รวมทั้งผลิตภัณฑ์ของสาหร่ายไถ่



ภาพที่ 23 นิทรรศการในงานเฉลิมฉลองอาคาร 40 ปี คณะวิทยาศาสตร์ จัด ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไถ่ที่หัวหน้าโครงการวิจัยฯ นำทูลเกล้าถวายแด่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา

1.2 ต่างประเทศ

1.2.1 การประชุมวิชาการ 10th International Culture Collection Congress

- จัด ณ Convention Centre เมือง Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น ตุลาคม 2547
- เสนอผลงานแบบโปสเตอร์ เรื่อง “Diversity and the Use of Macroalgae in the Nan River, Thailand”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.2.2 การประชุมวิชาการ 8th International Phycological Congress

- จัด ณ International Convention Centre เมือง Durban ประเทศแอฟริกาใต้ สิงหาคม 2548
- เสนอผลงานแบบโปสเตอร์ เรื่อง “Diversity and the Use of Macroalgae in the Nan River”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

1.2.3 ได้รับเชิญในฐานะผู้เชี่ยวชาญทางด้านสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำ และพร้อมกันนั้นได้พูดถึงเรื่องการศึกษาสาหร่ายไก่อในประเทศไทย จาก The International Cooperative Project on Mekong River Ecosystem and Monitoring (MeREM) ในการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง 2nd International Workshop for Mekong River Ecosystem Monitoring

- จัด ณ Kunming Hotel เมืองคุนหมิง ประเทศจีน กรกฎาคม 2547
- เสนอผลงานแบบปากเปล่า เรื่อง “Ecology and the Use of Macroalgae as a Food Source in Northern Thailand”
- จัดทำบทคัดย่อในเอกสารการประชุม (เอกสารแนบ)

2. การตีพิมพ์ผลงาน การเขียนบทความ และการให้สัมภาษณ์สื่อต่าง ๆ

2.1 การตีพิมพ์ผลงาน

วารสารวิชาการภายในประเทศ

- 2.1.1 ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง “ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน” ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ 1 เมษายน 2547 หน้า 84-94 (เอกสารแนบ)
- 2.1.2 ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง “สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เป็นอาหารในภาคเหนือของประเทศไทย” ในวารสารวิทยาศาสตร์ ปีที่ 58 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม – มิถุนายน 2547 หน้า 164-173 (เอกสารแนบ)
- 2.1.3 ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง “งานวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่” ในเอกสารครบรอบ 40 ปีของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มกราคม 2547 (เอกสารแนบ)
- 2.1.4 ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง “สาหร่ายไก่อ: อาหารพื้นบ้านที่กำลังพัฒนาสู่ตลาดระดับประเทศ” ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 10 ฉบับที่ 8 ประจำเดือนเมษายน – มิถุนายน 2547 หน้า 1-3 (เอกสารแนบ)

วารสารวิชาการนานาชาติ

- 2.1.5 ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง “Two Endemic Species of Macroalgae in Nan River, Northern Thailand as Therapeutic Agents” ในวารสาร Science Asia ปี 2006 ฉบับที่ 32 (1) supplement หน้า 71-76. (เอกสารแนบ)
- 2.1.6 ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่อง “Toxicological Evaluation of *Cladophora glomerata* Kützinger and *Microspora floccosa* Thuret in Albino rats” ในวารสาร Chiang Mai Journal of Science, 37(3) Supplement หน้า 206-210. (เอกสารแนบ)

2.2 การให้สัมภาษณ์สื่อต่าง ๆ

- 2.2.1 ให้สัมภาษณ์นิตยสาร Health and Cuisine ในคอลัมน์ Cuisine Feature เรื่อง “โลกมหัศจรรย์ของสาหร่าย” หน้า 110-114 นิตยสารปีที่ 5 ฉบับที่ 55 สิงหาคม 2548
- 2.2.2 ให้สัมภาษณ์หนังสือพิมพ์ของจังหวัดเชียงใหม่เกี่ยวกับการถ่ายทอดองค์ความรู้ของสาหร่ายไก่อสู่ชุมชน เรื่อง “แปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ” หนังสือพิมพ์ไทยนิวส์ ปีที่ 35 ฉบับที่ 12,690 ประจำวันพุธที่ 29 มิถุนายน 2548
- 2.2.3 ให้สัมภาษณ์สถานีวิทยุในจังหวัดเชียงใหม่หลายครั้ง ทั้งสถานีวิทยุภาคิวิสา สื่อสารมวลชน คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คลื่น FM100 และสถานีวิทยุชุมชนวัดโสภณาราม คลื่น FM97.5 โดยเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในแง่ต่าง ๆ รวมทั้งเรื่องราวของสาหร่ายไก่อซึ่งได้ให้ข้อมูลจากงานวิจัยของโครงการนี้และจากภูมิปัญญาชาวบ้าน
- 2.2.4 ร่วมถ่ายทำสารคดีเรื่อง “ไก่อ: สาหร่ายมหัศจรรย์ ตอนที่ 1 และ 2” โดยบริษัทป่าใหญ่ ครีเอชั่น เพื่อออกอากาศในรายการความรู้คือประทับใจ ทางสถานีโทรทัศน์ ช่อง 11 ในเดือนมีนาคม 2549

2.3 การจัดทำหนังสือเพื่อเผยแพร่ความรู้

- 2.3.1 ได้จัดทำหนังสือเรื่อง “สาหร่ายไก่อ: ความรู้ทั่วไปและการแปรรูป” ซึ่งเป็นหนังสือฉบับพกพา เนื้อหาภายในเล่มจะประกอบไปด้วยความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาหร่ายไก่อ คุณค่าทางโภชนาการ และวิธีการแปรรูปอาหารจากสาหร่ายไก่อ ซึ่งผู้อ่านจะได้รับความรู้ทั้งในด้านวิชาการ และสามารถนำวิธีการแปรรูปอาหารไปทำได้จริง (เอกสารแนบ)

3. สร้างบัณฑิตจากโครงการวิจัย

จากงานวิจัยในโครงการนี้สร้างบัณฑิตระดับปริญญาโท 1 คน คือ นางสาวภัสสรดา มุ่งหมาย ซึ่งได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การเพาะเลี้ยงและการหาลักษณะเฉพาะเชิงโมเลกุลด้วยเทคนิคอาร์เอฟดีของสาหร่ายกินได้บางชนิดจากแม่น้ำน่าน” และสำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา เมื่อเดือนพฤษภาคม 2549

4.2 ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญในลำน้ำน่าน โดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา

4.2.1 ศึกษากระบวนการนิเวศในลำน้ำน่านบริเวณที่สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เจริญ เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของการเจริญและสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อไป

4.2.1.1 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขา

วิธีการวิจัย

การศึกษาความหลากหลาย นิเวศวิทยา การแพร่กระจาย ฤดูกาลของการเจริญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน จึงได้ทำการศึกษาลำน้ำน่านในแต่ละปี ในช่วงปี 2544-2546

ผลการวิจัย

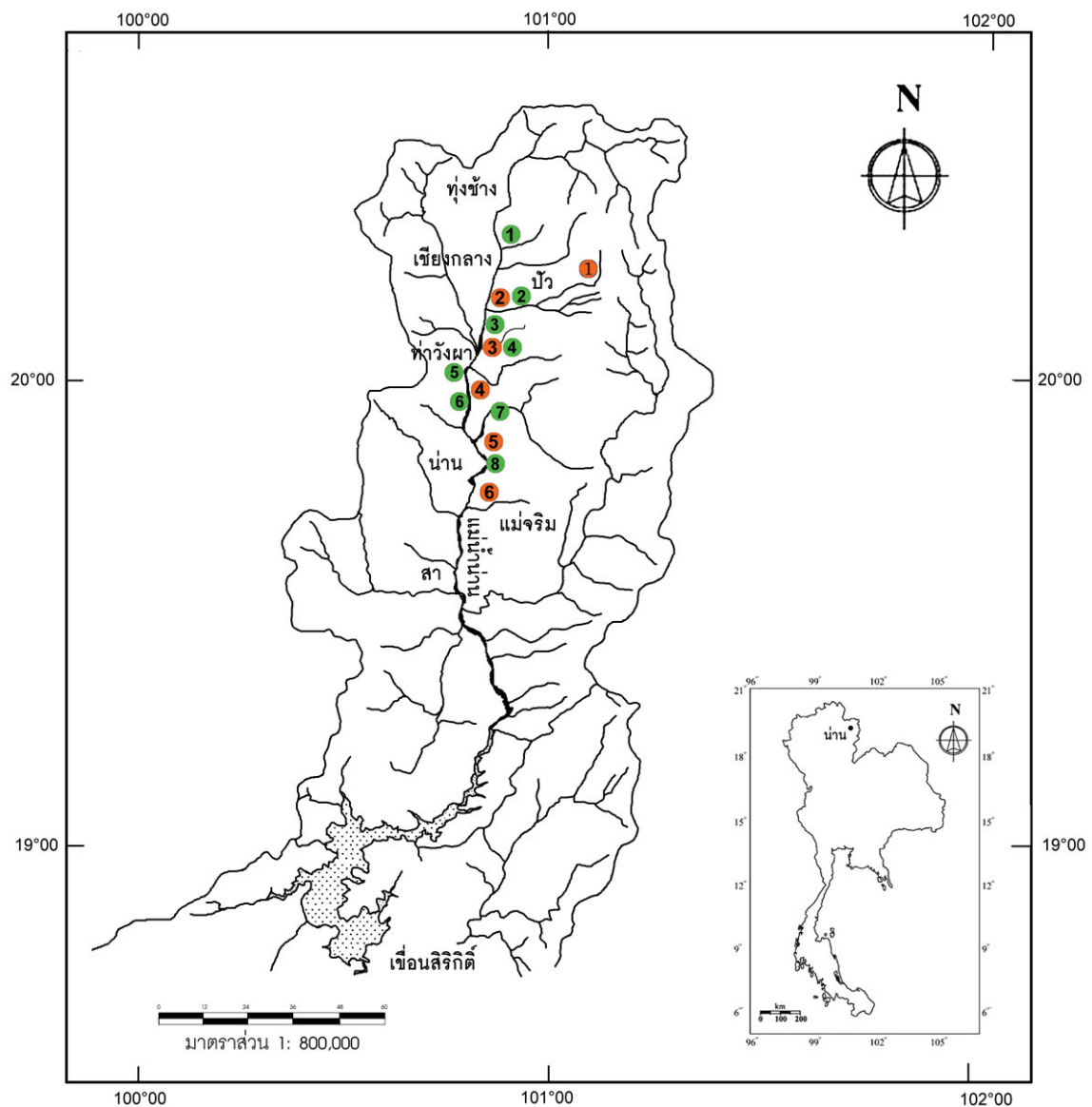
ในปี 2544-2545 ได้แบ่งจุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 6 จุด (ภาพที่ 24) ครอบคลุม ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงเขตอำเภอเมือง โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุดที่ 1	บ้านสันติสุข	อำเภอปัว
จุดที่ 2	บ้านสบบัว	อำเภอปัว
จุดที่ 3	บ้านสบยาว	อำเภอท่าวังผา
จุดที่ 4	บ้านนาเตา	อำเภอท่าวังผา
จุดที่ 5	บ้านหาดผาชน	อำเภอเมือง
จุดที่ 6	ตัวเมืองน่าน	อำเภอเมือง

จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 6 จุด ซึ่งทำการสำรวจในปี 2544-2545 ทำให้ทราบว่าสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มีการแพร่กระจายบริเวณใดมากที่สุดและรองลงไป เพื่อนำไปเป็นข้อมูลกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงการแพร่กระจายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขาให้ละเอียดและเฉพาะเจาะจงมากขึ้น

ในปี 2546 กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด (ภาพที่ 24) โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุดที่ 1	แก่งสะมะเ้าตั้ง อำเภอเชียงกลาง	เป็นหาดที่มีก้อนหินขนาดใหญ่มาก ระดับน้ำค่อนข้างลึก เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่ง
จุดที่ 2	วัดบ้านพาน ตำบลแง่ง อำเภอปัว	รอบจุดเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีการปลูกผักชนิดต่าง ๆ เป็นอาชีพหลัก
จุดที่ 3	วัดดอนแก้ว ตำบลเจดีย์ชัย อำเภอปัว	พื้นที่โดยรอบจะเป็นไร่ยาสูบและทำสวนกล้วย มีตลิ่งสูงชัน
จุดที่ 4	วัดบ้านสบยาว อำเภอท่าวังผา	พื้นที่โดยรอบเป็นไร่ยาสูบทั้งหมด
จุดที่ 5	บ้านนาเตา อำเภอท่าวังผา	บริเวณรอบจุดเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ปลูกผักเป็นระยะ ๆ ไม่มากนัก
จุดที่ 6	บ้านดอนแก้ว อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน	พื้นที่โดยรอบเป็นไร่ยาสูบและไร่พริก
จุดที่ 7	หาดผาขาว อำเภอท่าวังผา	พื้นที่โดยรอบเป็นชุมชนมีบ้านเรือนหลายสิบหลังคาเรือน มีถนนซีเมนต์บริเวณตลิ่งของริมแม่น้ำ ขณะทำการสำรวจมีการดูดทราย ทำให้ตลิ่งพังทลายลงมาและน้ำขุ่น
จุดที่ 8	หาดผาชน อำเภอเมือง	พื้นที่โดยรอบเป็นไร่ข้าวโพด ริมตลิ่งมีสาหร่ายเตาปริมาณมาก



ภาพที่ 24 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างในลำน่าน

จุดเก็บตัวอย่าง ปี 2544-2545

- | | | |
|------------|--------------|---------------|
| 1 จุดที่ 1 | บ้านสันติสุข | อำเภอปัว |
| 2 จุดที่ 2 | บ้านสบปัว | อำเภอปัว |
| 3 จุดที่ 3 | บ้านสบยาว | อำเภอท่าวังผา |
| 4 จุดที่ 4 | บ้านนาเตา | อำเภอท่าวังผา |
| 5 จุดที่ 5 | บ้านหาดผาชน | อำเภอเมือง |
| 6 จุดที่ 6 | ตัวเมืองน่าน | อำเภอเมือง |

จุดเก็บตัวอย่าง ปี 2546

- | | | |
|------------|-----------------|------------------------|
| 1 จุดที่ 1 | แก่งสะมะเ้าตั้ง | อำเภอเชียงกลาง |
| 2 จุดที่ 2 | วัดบ้านพาน | ตำบลแก่ง อำเภอปัว |
| 3 จุดที่ 3 | วัดดอนแก้ว | ตำบลเจดีย์ชัย อำเภอปัว |
| 4 จุดที่ 4 | วัดบ้านสบยาว | อำเภอท่าวังผา |
| 5 จุดที่ 5 | บ้านนาเตา | อำเภอท่าวังผา |
| 6 จุดที่ 6 | บ้านดอนแก้ว | อำเภอท่าวังผา |
| 7 จุดที่ 7 | หาดผาขวาง | อำเภอท่าวังผา |
| 8 จุดที่ 8 | หาดผาชน | อำเภอเมือง |

4.2.1.2 ศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่ศึกษา รวมถึงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิจัย

ทำการศึกษาทั้งคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

ทางด้านกายภาพ ได้แก่

ความลึกของแหล่งน้ำ โดยใช้ลูกตุ้มและสายวัด
ความเร็วของกระแสน้ำ โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ
ความขุ่น โดยใช้ Turbidity meter
อุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะบริเวณพื้นท้องน้ำ โดยใช้การสังเกตและการคำนวณ
สี กลิ่น และความใส โดยการใช้การสังเกต

ทางด้านเคมี ได้แก่

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยใช้ pH meter
ค่า DO (dissolved oxygen) โดยวิธี Azide modification
ค่า BOD (biochemical oxygen demand) โดยวิธี Azide modification
ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) โดยใช้ conductivity meter
ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) โดยวิธี Methyl orange indicator
ปริมาณสารอาหาร ได้แก่
ไนเตรท ไนโตรเจน โดยวิธี Cadmium reduction
แอมโมเนียม ไนโตรเจน โดยวิธี Nesslerization
ออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorus โดยวิธี Ascorbic acid
ฟอสฟอรัสรวม หรือ Total phosphorus โดยวิธี Acid persulfate digestion
และ Ascorbic acid

การตรวจวิเคราะห์ทางด้านเคมีที่กล่าวมาทั้งหมดใช้ตาม APHA, AWWA, WPCE (1998)

ผลการวิจัย

การศึกษารอบประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศ รวมถึงคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านที่สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เจริญอยู่ โดยเน้นสาหร่ายไวก และสาหร่ายลอน ได้ทำการวิจัยในช่วง 3 ปี คือปี 2544-2545 และปี 2546 โดยในปี 2544-2545 ได้ทำการศึกษา 8 ครั้ง ใน 6 จุดเก็บตัวอย่าง และในปี 2546 ได้ทำการศึกษา 1 ครั้ง ใน 8 จุดเก็บตัวอย่าง ดังจะแยกกล่าวแต่ละช่วง ดังนี้

1. ปี 2544-2545 (ตารางที่ 68 – 75)

ตารางที่ 68 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 วันที่ 26 ธันวาคม 2544

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.30	0.45	0.50	0.55	0.6	0.8
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	0.89	0.75	0.50	1.05	0.44	0.88

ตารางที่ 68 (ต่อ)

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความขุ่น (NTU)	28	32	40	43	23	10
อุณหภูมิ (°C)	22.0	22.5	24	22.3	22.4	25.4
ลักษณะของสิ่งยัิดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
pH	8.2	8.3	8.7	8.7	8.5	8.8
DO (mg.L ⁻¹)	9.1	8.9	8.7	9.3	9.0	9.3
BOD (mg.L ⁻¹)	0.5	0.7	0.8	0.3	1.2	1.0
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	150	165	109	103	197	197
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	85	76	90	94	88	89
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.2	1.6	1.8	1.9	1.4	1.8
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.06	0.05	0.03	0.02	0.04	ND
SRP (mg.L ⁻¹)	0.25	0.22	0.35	0.38	0.12	0.38

ตารางที่ 69 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.54	0.48	0.65	0.60	0.90	1.10
ความเร็วของกระแส น้ำ (m.s ⁻¹)	0.87	0.65	0.74	1.07	0.32	0.78
ความขุ่น (NTU)	15	20	18	16	4	6
อุณหภูมิ (°C)	24	23	25	25.4	26.2	25
ลักษณะของสิ่งยัิดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
pH	7.9	7.5	8.0	7.8	7.8	8.4
DO (mg.L ⁻¹)	9.5	8.9	9.0	10.6	9.6	10.4
BOD (mg.L ⁻¹)	0.6	0.3	0.7	1.1	0.5	1.2
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	189	192	201	218	213	219
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	78	65	85	70	91.5	92.5
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.0	0.9	1.2	1.2	0.9	0.9
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.02	0.04	0.09	ND	0.26	0.05
SRP (mg.L ⁻¹)	0.20	0.25	0.30	0.26	0.03	0.27

ตารางที่ 70 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านและ เดือนพฤศจิกายน
2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 วันที่ 10 มีนาคม 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.4	0.55	0.50	0.30	0.60	0.30
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	1.2	0.45	0.33	1	0.20	0.15
ความขุ่น (NTU)	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด	ไม่ได้วัด
อุณหภูมิ (°C)	24	25.0	25.6	24.3	25.6	26.9
ลักษณะของสิ่งยัติดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
pH	7.2	7.8	7.5	7.5	7.4	7.8
DO (mg.L ⁻¹)	9.1	9.2	8.9	9.5	9.6	8.5
BOD(mg.L ⁻¹)	0.5	0.4	0.7	1.0	0.8	1.2
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	102	106	110	120	187	201
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	78	87	74	68	90	96
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	0.6	1.0	1.3	1.4	1.6	1.2
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.02	0.05	0.07	0.04	0.08	0.08
SRP (mg.L ⁻¹)	0.23	0.12	0.42	0.38	0.28	1.00

ตารางที่ 71 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน
2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4 วันที่ 27 มีนาคม 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.45	0.39	0.50	0.35	0.60	1.00
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	0.86	0.92	1.00	1.12	0.25	1.10
ความขุ่น (NTU)	0.8	0.5	3.0	ND	ND	1.0
อุณหภูมิ (°C)	27.5	28.0	29.0	29.0	28.6	27.0
ลักษณะของสิ่งยัติดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
pH	7.8	8.1	8.0	8.2	8.1	8.4
DO (mg.L ⁻¹)	9.3	9.6	9.4	9.8	9.8	9.8
BOD(mg.L ⁻¹)	0.8	1.0	1.1	1.4	1.4	0.6
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	156	190	201	218	218	205
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	78	89	98	90	90	89

ตารางที่ 71 (ต่อ)

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.01.2	1.2	1.5	1.8	1.8	1.3
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.03	0.05	0.09	ND	ND	ND
SRP (mg.L ⁻¹)	0.22	0.29	0.48	0.46	0.46	0.3

ตารางที่ 72 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 5 วันที่ 4 เมษายน 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.25	0.3	0.9	0.4	1.0	1.2
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	0.9	0.85	0.76	1.1	0.25	1.1
ความขุ่น (NTU)	10	12	20	15	8	3
อุณหภูมิ (°C)	25	28	29	26.7	29.2	29.5
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
ความใส	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
pH	7.9	8.2	7.1	8.0	7.0	6.9
DO (mg.L ⁻¹)	9.8	9.7	9.0	9.5	9.5	8.0
BOD (mg.L ⁻¹)	0.5	0.7	0.6	1.1	1.1	1.2
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	150	180	199	197	197	189
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	89	95	98	100	100	87
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.2	1.0	1.5	1.6	1.6	1.4
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.01	0.01	0.02	ND	ND	0.02
SRP (mg.L ⁻¹)	0.03	0.05	0.10	0.08	0.08	0.17

ตารางที่ 73 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 6 วันที่ 12 กรกฎาคม 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.90	0.87	1.2	1.0	1.5	1.4
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	0.78	1.03	0.83	1.13	0.48	0.66
ความขุ่น (NTU)	19	21	36	16	4	6
อุณหภูมิ (°C)	17.0	17.8	18.2	18.5	28.6	30.5
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
ความใส	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล

ตารางที่ 73 (ต่อ)

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
pH	7.8	7.4	7.8	7.36	7.26	7.01
DO (mg.L ⁻¹)	8.3	8.2	8.0	8.1	7.1	5.6
BOD(mg.L ⁻¹)	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	152	190	210	223	187	208
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	103	91	98	110	98	105
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.0	0.9	2.1	1.8	2.3	1.2
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.02	0.03	0.05	0.05	0.08	0.1
SRP (mg.L ⁻¹)	0.25	0.21	0.22	0.18	0.20	0.38

ตารางที่ 74 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 7 วันที่ 30 พฤศจิกายน 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	1.1	0.8	1.0	0.8	1.4	1.9
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	2.1	1.5	1.8	1.9	3.2	2.8
ความขุ่น (NTU)	58	39	62	16	46	41
อุณหภูมิ (°C)	22.0	23.0	23.8	23.5	24.9	23.2
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
ความใส	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
pH	7.9	7.6	7.8	7.99	7.89	7.8
DO (mg.L ⁻¹)	8.1	8.0	7.8	7.9	7.2	7.6
BOD (mg.L ⁻¹)	0.8	0.9	1.5	1.8	1.7	1.1
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	167	185	196	193	178	180
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	78	83	89	90	69	81
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.0	1.2	1.3	1.4	1.7	1.9
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.02	0.03	0.04	0.01	0.07	0.06
SRP (mg.L ⁻¹)	0.42	0.35	1.05	1.01	0.27	0.17

ตารางที่ 75 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2544 – ธันวาคม 2545 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 8 วันที่ 29 ธันวาคม 2545

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)	0.36	0.56	0.69	0.5	1.4	1.8
ความเร็วของกระแสน้ำ	1.8	2.3	2.5	2.9	2.1	2.76
ความขุ่น (NTU)	198	251	298	273	759	940
อุณหภูมิ (°C)	21.0	21.1	21.7	21.6	21.2	21.3
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
ความใส	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	น้ำตาล
pH	7.20	7.38	7.12	7.28	6.76	6.96
DO (mg.L ⁻¹)	8.1	8.5	8.0	8.4	7.4	8.4
BOD(mg.L ⁻¹)	0.3	0.5	0.6	0.5	1.3	1.5
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	156	124	189	174	151	147
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	89	69	81	73	84	69
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	0.10	0.5	0.6	0.8	ND	0.6
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.19	0.21	0.15	0.24	0.16	0.06
SRP (mg.L ⁻¹)	0.13	0.11	0.21	0.15	0.18	0.13

หมายเหตุ: gravel คือก้อนหินขนาดกลาง อาจกลมหรือแบน มีผิวเรียบ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศรวมถึงคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขา ร่วมกับการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ นั้น ทำให้สามารถเข้าใจถึงระบบนิเวศในส่วนของคุณภาพน้ำที่มีผลต่อผู้ผลิตเบื้องต้นคือ สาหร่ายที่ศึกษา สำหรับในส่วนนี้จะกล่าวถึงคุณภาพของน้ำในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 6 จุด พบว่าคุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ห่างชุมชนเมืองมาก น้ำจะมีคุณภาพดีกว่าจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้ชุมชนเมือง โดยทั่วไปคุณภาพน้ำทั้ง 6 จุดเก็บตัวอย่างอยู่ในระดับปานกลาง ถ้าจัดตามระดับสารอาหาร (trophic level) (Wetzel, 2001) จะอยู่ในระดับสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status) และถ้าจัดตามมาตรฐานคุณภาพน้ำจืดผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) จะอยู่ในระดับ 3 ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำเสียจากบ้านเรือนชุมชนพอประมาณ สามารถใช้น้ำดังกล่าวเพื่อการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการบำบัดและปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อน อย่างไรก็ตามถึงแม้จะอยู่ในระดับเดียวกัน แต่คุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างก็ยังคงมีความแตกต่างกัน ที่เห็นได้ชัดคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างสุดท้าย น้ำจะมีคุณภาพไม่ดีขึ้นกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น ๆ เนื่องจากมีการปนเปื้อนจากชุมชนเมืองลงสู่แหล่งน้ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้คุณภาพน้ำไม่ดีขึ้น

เมื่อนำปริมาณความมากน้อยของสาหร่ายไก่อและลอนมาสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำจะพบว่า สาหร่ายทั้งสาม
จีนสามารถเจริญได้ในน้ำที่มีคุณภาพปานกลาง ตั้งแต่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถึง 5 แต่เมื่อถึงจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ซึ่ง
น้ำมีคุณภาพไม่ดีขึ้น จะพบสาหร่ายทั้งสามจีนน้อยมาก นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์กับสิ่งยึดเกาะอีกด้วย
โดยพบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บ้านสบยาว จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 บ้านนาเตา และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 บ้านหาดผา
ชน พบสาหร่ายไก่อและลอนมากกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากมีก้อนหินทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ซึ่งจะเป็น
สิ่งยึดเกาะของสาหร่ายทั้งสองดีกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 สาหร่ายไก่อในสภาพธรรมชาติเกาะอยู่กับก้อนหินในน้ำ

2. ปี 2546 ซึ่งทำการศึกษา 1 ครั้งใน 8 จุดเก็บตัวอย่าง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 76

ตารางที่ 76 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขาในวันที่ 25-28 กุมภาพันธ์ 2546

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่าง							
	1 แก่งสะเม็กตั้ง	2 วัดบ้านพาน	3 วัดดอนแก้ว	4 วัดบ้านสบยาว	5 บ้านนาเดา	6 บ้านดอนแก้ว	7 หาดผางวาง	8 หาดผางวน
ความกว้างของลำน้ำ (m)	7.8	7.0	7.3	10	10	14	6.8	8.8
ความลึกของแหล่งน้ำ (m)	1.4	0.9	0.6	0.4	0.4	0.7	0.6	0.8
อุณหภูมิน้ำ (°C)	24.7	20.9	23.5	25.5	26.0	27.0	26.6	28.9
Velocity (3 m/ sec)	2.32	3.35	3.98	5.33	2.53	3.75	3.21	2.65
Alkalinity (mg/l)	117	114	115	105	115	117	115	104
Conductivity (S/cm)	231	226	246	242	204	210	213	195
DO (mg/l)	9.0	7.5	7.4	6.2	8.0	9.0	8.25	10
BOD ₅ (mg/l)	1.2	0.5	0.1	0.8	0.5	0.8	1.45	1.5
pH	8.33	8.41	8.15	8.2	8.46	8.46	8.22	8.75
Turbidity (FTU)	3	11	13	17	6	9	19	13
Nitrate-nitrogen (mg/l)	1.3	1.2	1.0	2.1	0.2	0.2	2.9	1.3
SRP (mg/l)	0.11	0.11	0.10	0.16	0.11	0.10	0.08	0.08
Ammonium-nitrogen (mg/l)	0.12	0.15	0.12	0.19	0.04	0.11	0.16	0.16
ลักษณะ substrate (%)	20	20	20	-	10	30	20	20
ก้อนหิน (cobble)								
หินขนาดใหญ่ (rock)	50	-	-	-	20	-	-	-
กรวด (gravel)	30	80	70	80	70	50	40	80
ทราย (sand)	-	-	10	20	-	20	40	-
ปริมาณใบ (%)	38.47	76.66	72.22	64.99	72.44	77.77	66.39	72.22
ปริมาณเลน (%)	0	1.39	5.83	0.415	2.33	2.92	1.11	2.56

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จากภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทำให้ทราบว่าสาหร่ายไวกและลอน เจริญในลำน้ำน่าน เฉพาะในฤดูแล้ง คือฤดูหนาวและฤดูร้อน แต่จะไม่พบในฤดูฝน ในการนี้คณะวิจัยได้ทำการสำรวจระบบนิเวศในลำน้ำน่านในฤดูฝนในปี 2544 คือเดือนกรกฎาคม 2544 ก่อนที่จะเกิดสาหร่ายทั้ง 2 ประเภทในฤดูหนาวและฤดูร้อน ปี 2544 และ 2545 (ดังแสดงในตารางที่ 68-76) และในฤดูฝนปี 2545 เดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นระยะที่สาหร่ายทั้ง 2 ประเภท ไม่ปรากฏในลำน้ำน่าน ดังแสดงในตารางที่ 77 และ 78 รวมทั้งตารางแสดงปริมาณน้ำฝนในจังหวัดน่าน ปี 2544 และ 2545 ในตารางที่ 79 และ 80 พบว่าปริมาณฝนในจังหวัดน่าน เริ่มชุกในเดือนพฤษภาคม และมากขึ้นในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม และยังมีปริมาณฝนจนถึงเดือนตุลาคม ทั้งปี 2544 และ 2545 และเมื่อพิจารณาความชุ่มชื้นพบว่าในช่วงฤดูฝนของทั้ง 2 ปี จะมีความชุ่มชื้นสูงกว่าช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนอย่างชัดเจน (ตารางที่ 76 และ 77 เปรียบเทียบกับตารางที่ 68-75) นอกจากนั้นความเร็วของกระแสน้ำทั้ง 2 ฤดู ใน 2 ปี ก็เช่นเดียวกัน คือในฤดูฝน กระแสน้ำจะแรงกว่าในฤดูหนาวและฤดูร้อน ซึ่งปัจจัยทางกายภาพทั้ง 2 ประการนี้ จะส่งผลถึงการเจริญของสาหร่ายทั้ง 2 ประเภทนี้ โดยความชุ่มชื้นที่สูงขึ้นจะทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงจนถึงไม่สามารถทำการสังเคราะห์แสงได้ จึงทำให้สาหร่ายไวกและลอนไม่สามารถเจริญได้ในฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ Ajisaka (2005; ดัดต่อส่วนตัว) ซึ่งศึกษาสาหร่ายไวกในแม่น้ำโขงส่วนที่ผ่านประเทศลาว ส่วนความเร็วของกระแสน้ำที่แรงขึ้นจะมีผลต่อทลัสและเส้นสายของสาหร่ายทั้ง 2 ประเภท โดยมีผลให้หลุดออกจากสิ่งยึดเกาะ คือก้อนหินในพื้นที่ท้องน้ำจึงทำให้โอกาสของการเจริญของสาหร่ายเป็นไปได้น้อยลง สำหรับองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีอื่นๆ เช่น pH ค่าการนำไฟฟ้า และสารอาหารต่างๆ ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งอาจไม่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายทั้ง 2 ประเภทในฤดูกาลที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 77 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนกรกฎาคม 2545 (Kunpradid, 2005)

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5
ความลึกของแหล่งน้ำ (m)					
ความเร็วของกระแสน้ำ (m.s ⁻¹)	1.3	0.67	1.15	0.5	0.7
ความขุ่น (NTU)	10	18	25	30	30
อุณหภูมิ (°C)	18	23	24	23	27
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
ความใส	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว
pH	6.8	7.2	7.3	7.2	7.0
DO (mg.L ⁻¹)	7.2	6.8	8.0	7.0	5.5
BOD(mg.L ⁻¹)	1.3	1.0	0.8	1.3	1.4
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	430	215	230	185	202
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	230	125	112	90	100
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	2.12	2.0	1.8	2.3	2.2
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.03	0.01	0.05	0.08	0.1
SRP (mg.L ⁻¹)	0.12	0.27	0.18	0.4	0.12

หมายเหตุ: gravel คือก้อนหินขนาดกลาง อาจกลมหรือแบน มีผิวเรียบ

ตารางที่ 78 องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในระบบนิเวศและคุณภาพน้ำในลำน้ำน่านในช่วงเดือนกรกฎาคม 2546 (Kunpradid, 2005)

พารามิเตอร์	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5
ความลึกของแหล่งน้ำ (m.)					
ความเร็วของกระแสน้ำ(m.s ⁻¹)	1.6	1.4	1.8	1.9	1.3
ความขุ่น (NTU)	15	20	25	30	50
อุณหภูมิ (°C)	18	23	22	27	25
ลักษณะของสิ่งยึดเกาะ	gravel	gravel	gravel	gravel	gravel
สี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ใส	ใส	ใส	ใส	ใส
ความใส	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว	เขียว
pH	7.2	7.0	7.1	7.2	7.2
DO (mg.L ⁻¹)	7.2	6.8	8.0	7.0	5.7
BOD(mg.L ⁻¹)	1.1	1.5	1.2	1.6	1.8
ค่าการนำไฟฟ้า (μs.cm ⁻¹)	430	225	218	180	175
ค่าความเป็นด่าง (mg.L ⁻¹ as CaCO ₃)	210	100	97	98	96
NO ₃ ⁻ -N (mg.L ⁻¹)	1.8	1.6	1.75	1.65	2.0
NH ₄ ⁺ -N (mg.L ⁻¹)	0.1	0.18	0.18	0.15	0.2
SRP (mg.L ⁻¹)	0.12	0.28	0.3	0.18	0.5

หมายเหตุ: gravel คือก้อนหินขนาดกลาง อาจกลมหรือแบน มีผิวเรียบ

จุดที่ 1	บ้านสันเจริญ	อำเภอท่าวังผา
จุดที่ 2	สะพานปางสา	อำเภอท่าวังผา
จุดที่ 3	บ้านนาเตา	อำเภอท่าวังผา
จุดที่ 4	บ้านหาดผาชน	อำเภอเมือง
จุดที่ 5	สะพานพระยาบัว	อำเภอเมือง

ตารางที่ 79 ปริมาณน้ำฝนในลำน้ำน่าน ในปี 2544

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
มิลลิเมตร	0.6	0.0	100.0	60.4	147.4	194.2	377.7	413.3	330.9	115.7	1.9	t

ตารางที่ 80 ปริมาณน้ำฝนในลำน้ำน่าน ในปี 2545

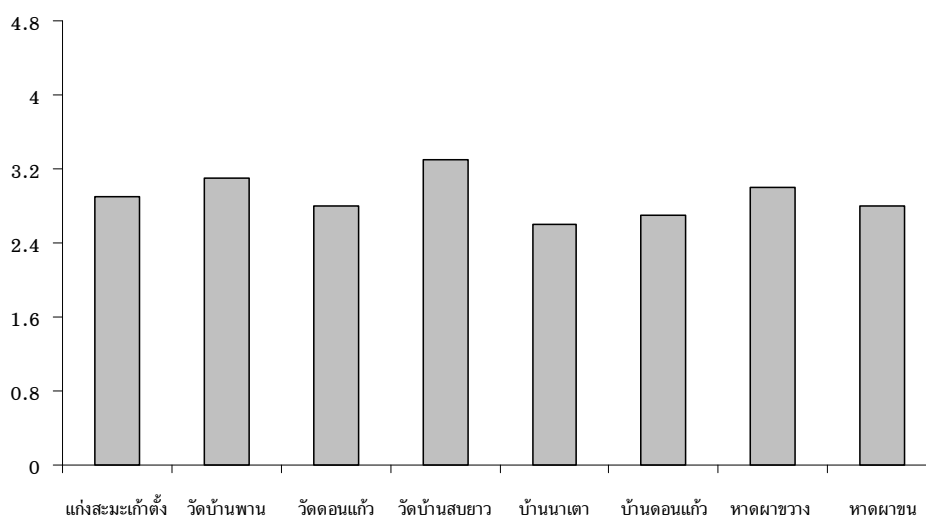
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
มิลลิเมตร	12.0	0.2	4.2	38.8	365	129.7	343.3	320.9	138.3	116.8	55.5	49.3

เมื่อนำพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ ค่า DO ค่า BOD ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสารอาหาร คือไนเตรด-ไนโตรเจน แอมโมเนียมไนโตรเจน soluble reactive phosphorus (SRP) มาคำนวณคุณภาพน้ำจาก Lorraine and Vollenweider (1981); Wetzel (2001) ซึ่งประยุกต์โดยห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Peerapornpisal *et al.*, 2002) โดยการนำค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นมาคำนวณ แล้วจัดชั้นคุณภาพน้ำตามลำดับคะแนน ดังตารางที่ 81

ตารางที่ 81 ลำดับคะแนนของชั้นคุณภาพน้ำทั่วไปและคุณภาพน้ำจากการดูปริมาณสารอาหาร ดัดแปลงจาก Lorraine and Vollenweider (1981); Wetzel (2001) โดยห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คะแนน	คุณภาพน้ำทั่วไป	คุณภาพน้ำพิจารณาจากปริมาณสารอาหาร
0.1-0.8	ดีมาก	Ultraoligotrophic
0.9-1.6	ดี	Oligotrophic
1.7-2.4	ดีปานกลาง	Oligotrophic-mesotrophic
2.5-3.2	ปานกลาง	Mesotrophic
3.3-4.0	ปานกลางค่อนข้างเสีย	Mesotrophic-eutrophic
4.1-4.8	เสีย	Eutrophic
มากกว่า 4.8	เสียมาก	Hypereutrophic

ผลการวิจัย พบว่าคุณภาพน้ำในทุกจุดเก็บตัวอย่างอยู่ในระดับปานกลางคือ อยู่ในช่วง 2.5-3.2 (ภาพที่ 26) ซึ่งถ้าดูปริมาณสารอาหารจะอยู่ในระดับ mesotrophic คือมีสารอาหารปานกลางเช่นเดียวกัน ยกเว้นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 คือ วัดบ้านสบยาวจะมีค่าเกิน 3.2 เล็กน้อย และความหนาแน่นของสาหร่ายไวกและลอนก็ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำชัดเจนนัก ส่วนความสัมพันธ์กับสิ่งยึดเกาะนั้น มีแนวโน้มว่าความสัมพันธ์กับสิ่งยึดเกาะที่เป็นก้อนหินโดยพบว่า บ้านดอนแก้ว ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบสาหร่ายไวกมากที่สุด จุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ (ตารางที่ 76) ซึ่งโดยรวมแล้ว เราก็มักพบสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนบนก้อนหินขนาดกลางมากกว่าสิ่งยึดเกาะประเภทอื่น ๆ



ภาพที่ 26 คะแนนคุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด ของลำน้ำน่าน กุมภาพันธ์ 2546

4.2.2 ศึกษาองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นอาหารและยาและประโยชน์ในด้านอื่น ๆ

4.2.2.1 ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทางด้านสัณฐานวิทยาในลำน้ำน่านวิธีการวิจัย

ในการเก็บตัวอย่างสาหร่ายแต่ละชนิด จะกำหนดจุดเก็บตัวอย่างสาหร่ายให้ครอบคลุมตลอดลำน้ำน่านที่มีการเจริญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ ในแต่ละจุดจะกำหนดพื้นที่ทำการศึกษาโดยความกำหนดความกว้างของลำน้ำให้ครอบคลุมบริเวณที่มีสาหร่ายให้มากที่สุดโดยมีความยาวราว 20 เมตร ส่วนความกว้างและความยาวจะเป็นความกว้างของลำน้ำน่านบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เป็นเส้นสายใช้ปากคีบดึงทลัสส์โดยพยายามให้ติดส่วนที่เป็นโฮลด์ฟาสต์ออกมาด้วย ส่วนสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นเมือกเกาะอยู่ตามหินดิน หรือสิ่งยึดเกาะ อื่น ๆ ให้ใช้ใบมีดแซะออกมาจากสิ่งยึดเกาะนั้น แล้วล้างน้ำให้สะอาด ใส่ลงในขวดหรือกล่องพลาสติก เก็บรักษาด้วยน้ำยา Formalin 4% หรือ Glutaraldehyde 2% แล้วนำมาศึกษาทางด้านอนุกรมวิธานที่ห้องปฏิบัติการต่อไป การวินิจฉัยสปีชีส์ของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เหล่านี้ ใช้หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้องหลายเล่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น Desikachary (1959), Prescott (1970), Huber-Pestalozzi (1983), Hoffmann (1988), Komarek and Anagnostidis (1989), Entwisle (1989) และ John *et al.* (2002)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขาในช่วงปี 2544 – 2546 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งหมด จำนวน 28 จีนัส 56 สปีชีส์ จัดอยู่ใน 4 ดิวิชัน คือ Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) จำนวน 30 สปีชีส์ Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว) จำนวน 18 สปีชีส์ Division Charophyta (สาหร่ายไฟ) จำนวน 3 สปีชีส์ และ Division Rhodophyta (สาหร่ายสีแดง) จำนวน 5 สปีชีส์ ดังแสดงในตารางที่ 82 เป็นต้น

ตารางที่ 82 ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน ช่วงปี 2544-2546

ดิวิชัน ออร์เดอร์และสปีชีส์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน

Division Cyanophyta

Order Chroococcales

Chamaesiphon polonicus (Rostafinski) Hansgirg

Chamaesiphon subglobosus (Rostafinski) Lemmermann

Xenococcus sp.

Order Oscillatoriales

Blennothrix ganeshii M. Watanabe

Homoeothrix sp. 1

Homoeothrix sp. 2

Homoeothrix sp. 3

Leibleinia sp.

Lyngbya martensiana Meneghini

Oscillatoria limosa Agardh

Oscillatoria splendida Greville

Oscillatoria sp.

Oscillatoria sp. 2

Phormidium cf. *favosum* Gomont

Phormidium retzii Gomont

Phormidium sp. 1

Phormidium sp. 2

Phormidium sp. 3

Order Nostocales

Anabaena sp.

Calothrix castellii (Massal) Bornet et Flah

Calothrix marchica Lemmermann

Calothrix sp. 1

Calothrix sp. 2

Cylindrospermum majus Kützting

Nostoc commune Vaucher

Nostoc verrucosum Vaucher

Nostoc sp. 1

Order Stigonematales

Hapalosiphon intricatus West and West

Nostochopsis hansgiri Schmidle*

Nostochopsis lobatus Wood em Guitler*

Division Chlorophyta

Order Chaetophorales

Chaetophora elegans C. Agardh

Stigeoclonium subsecundum Kützting

Stigeoclonium sp. 1

Order Oedogoniales

Oedogonium inclusum Wittrock

Oedogonium sp. 1

Oedogonium sp. 2

Order Siphonocladales

Cladophora glomerata Kützinger**

Cladophora sp. 1**

Spirogyra sp. 1

Spirogyra sp. 2

Spirogyra sp. 3

Order Tetrasporaceae

Tetraspora cylindrica C. Agardh

Order Tetrasporaceae

Tetraspora cylindrica C. Agardh

Order Ulotrichales

Microspora floccosa (Vaucher) Thuret**

Microspora pachyderma (Will) Lagerheim**

Microspora sp. 1**

Microspora sp. 2**

Ulothrix sp.

Order Zygnematales

Mougeotia scalaris Hassall

Division Charophyta

Order Charales

Chara sp.

Nitella sp.

Nitellopsis sp.

ติวิชัน ออร์เดอร์และสปีชีส์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน

Division Rhodophyta

Order Acrochaetiales

Audouiniella cylindrica Jao

Audouiniella glomerata Jao

Audouiniella sp. 1

Audouiniella sp. 2

Order Compsopogonales

Comsopogon coeruleus (Balbis) Montagne

หมายเหตุ:- * หมายถึง สาหร่ายลอน 2 สปีชีส์

** หมายถึงสาหร่ายไก่อ 6 สปีชีส์

ในช่วงที่ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านนั้นก็การศึกษาความหนาแน่นของสาหร่ายที่พบโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า (ส่วนการแพร่กระจายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ซึ่งวัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งจะกล่าวถึงในข้อ 4.2.1.3 ต่อไป) พบว่าความหนาแน่นของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขาในช่วงเวลาดังกล่าวมีความแตกต่างกันมากในแต่ละฤดูกาล โดยพบว่าฤดูฝน ชนิดและปริมาณของสาหร่ายไม่แตกต่างกันมากนักและพบไม่มาก อาจจะเป็นเพราะในฤดูฝนน้ำไหลแรง และขุ่นมาก จากตะกอนดิน จึงทำให้สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้มากนัก ในขณะที่ในฤดูแล้งและฤดูร้อน น้ำในลำน้ำน่าน และลำน้ำสาขาค่อนข้างใส และกระแสน้ำไม่แรงนัก จึงพบสาหร่ายหลายชนิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิษณุ (2545) ซึ่งได้ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินขนาดใหญ่ในลุ่มน้ำน่าน ในปี 2544 – 2545 และพบว่าในฤดูฝนจะพบจำนวนชนิดของสาหร่ายน้อยกว่าในฤดูแล้ง และมีค่าความขุ่นสูงกว่าฤดูอื่น ๆ อย่างชัดเจน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kunpradit (2005) ซึ่งได้ทำการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำน่าน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2543 จนถึงมกราคม 2547 พบว่าค่าความขุ่นจะสูงในฤดูฝน และจะพบสาหร่ายน้อยชนิด สาหร่ายชนิดเด่นจะเป็นไดอะตอมพื้นท้องน้ำ ในขณะที่ฤดูแล้งและฤดูร้อน สาหร่ายชนิดเด่นจะเป็นสาหร่าย *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าปริมาณหรือความหนาแน่นของสาหร่ายก็มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าสาหร่ายจีนัส *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. ซึ่งก็คือสาหร่ายไก่อ จะมีปริมาณมากเป็นชนิดเด่นเต็มลำน้ำ สาหร่ายอีกประเภทหนึ่ง คือสาหร่ายจีนัส *Nostochopsis* spp. หรือสาหร่ายลอน จะพบรองลงมาจากสาหร่ายไก่อ โดยจะเจริญอยู่บนก้อนหินในน้ำเช่นเดียวกับสาหร่ายไก่อ ด้วยปริมาณและความหนาแน่นที่มากมายของสาหร่ายทั้ง 3 จีนัส ซึ่งมากกว่าชนิดอื่นๆ หลายเท่า คณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นร่วมกันว่า คงมีสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ 3 จีนัสนี้เท่านั้น ที่มีความเหมาะสมในการนำมาศึกษาวิจัยในด้านการเป็นอาหารและยาต่อไป พร้อมกันนั้นจะได้กล่าวถึงชื่อวิทยาศาสตร์ ลักษณะสัณฐานวิทยา แหล่งที่พบและรายละเอียดอื่นๆ ของสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดนี้ ดังนี้:-

สาหร่ายไก่อ ประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวใน Division Chlorophyta 6 สปีชีส์ ดังนี้ (ภาพที่ 27)

1. *Cladophora glomerata* Kützting
2. *Cladophora* sp.
3. *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret
4. *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim

5. *Microspora* sp. 1

6. *Microspora* sp. 2

สาหร่ายลอนประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใน Division Cyanophyta 2 สปีชีส์ ดังนี้ (ภาพที่ 28)

1. *Nostochopsis hansgrig* Schmidle

2. *Nostochopsis lobatus* Wood em Guitler

ซึ่งแต่ละสปีชีส์มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

1. *Cladophora glomerata* Kützting

ลักษณะเส้นสายและแหล่งที่พบ: ลักษณะเส้นสายจะแตกแขนง เป็นพุ่มหนา มีโหนดฟาสต์ขนาดใหญ่ ยึดติดกับสิ่งยึดเกาะ สีของเซลล์จะเป็นสีเขียวเข้ม การเจริญจะเกาะติดกับสิ่งยึดเกาะ ที่มีลักษณะแข็ง เช่นก้อนหิน ขอบเจริญในแหล่งน้ำที่ไหลค่อนข้างเร็ว มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูง สามารถพบสาหร่ายชนิดนี้ได้ทั่วไปทั้งในน้ำใส และน้ำขุ่นเล็กน้อย คุณภาพน้ำดีจนถึงปานกลาง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เส้นสายแตกแขนง เป็นแบบ 2 ง่าม (dichotomous branching) เซลล์จะมีลักษณะทรงกระบอก มีความยาวมากกว่าความกว้าง คลอโรพลาสต์เป็นแบบร่างแหชัดเจน ผันเซลล์ค่อนข้างหนา

2. *Cladophora* sp.

ลักษณะเส้นสายและแหล่งที่พบ: ลักษณะเป็นเส้นสายแตกแขนง เจริญเป็นพุ่มเล็ก ๆ เส้นสายไม่แตกแขนงมากนัก มีไรซอยด์ยึดติดกับพื้น สีของเซลล์จะมีสีเขียวออกเหลือง พุ่มไม่ค่อยชัดเจนเหมือน *C. glomerata* ลักษณะหงิกงอ เจริญอยู่ได้ทั้งสภาพที่น้ำไหลเร็วและน้ำนิ่ง ในน้ำใสและค่อนข้างขุ่น คุณภาพน้ำดีจนถึงปานกลาง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เส้นสายแตกแขนงไม่มาก ถ้ามีการแตกแขนงจะเป็นแบบ 2 ง่าม เช่นเดียวกับสปีชีส์แรก เซลล์จะมีความกว้างมากกว่าความยาว คลอโรพลาสต์ในเซลล์ไม่หนาแน่นนัก พบเป็นแบบร่างแหและเป็นเกล็ดกระจายอยู่ทั่วไป ผันเซลล์ค่อนข้างหนา

3. *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret

ลักษณะเส้นสายและแหล่งที่พบ: เป็นเส้นสายยาว ค่อนข้างใหญ่ ไม่แตกแขนง เมื่อจับดูจะมีลักษณะคล้ายวุ้นเส้น เกาะติดกับสิ่งยึดเกาะ ที่เป็นของแข็ง เช่นก้อนหิน พื้นน้ำ กรวด รวมถึงวัสดุต่าง ๆ เจริญเกาะติดกับพื้นท้องน้ำ โดยใช้โหนดฟาสต์ พบในแหล่งน้ำที่ไหลค่อนข้างแรงและไม่ขุ่นมาก

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเส้นสายไม่แตกแขนง เซลล์แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ผันเซลล์แต่ละเซลล์มักจะหนา มีลักษณะเป็นตัว H ผันเซลล์ หนาประมาณ 2 μm เชื่อมต่อกันตลอดทั้งทาลัส คลอโรพลาสต์เต็มเซลล์ ไม่มีไพร์นอยด์

4. *Microspora pachyderma* (Will) Lagerheim

ลักษณะเส้นสายและแหล่งที่พบ: เจริญเป็นสายไม่ยาวมากนักและไม่แตกแขนง เมื่อจับดูจะมีลักษณะคล้ายเส้นผมสีเขียว เกาะติดกับ สิ่งยึดเกาะ ที่เป็นของแข็ง เช่นก้อนหิน พืชน้ำ รวมถึงวัสดุต่าง ๆ พบในแหล่งน้ำไหล ที่ไม่ขุ่นมากนัก เจริญเกาะติดกับพื้นท้องน้ำโดยใช้โหนดฟาสต์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เป็นเส้นสายไม่แตกแขนง ผันเซลล์ไม่หนา เซลล์กว้าง 5-10 μm เซลล์แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ผันเซลล์มีลักษณะเป็นรูปตัว H เรียงต่อกันโดยเซลล์จะหนาบริเวณกลางเซลล์ และค่อย ๆ เรียวลงในช่วงปลายเซลล์ ซึ่งจะมองเห็นเป็นรูป ตัว H ต่อกันอย่างชัดเจน

5. *Microspora* sp. 1

ลักษณะเส้นสายและแหล่งที่พบ: เป็นเส้นสายละเอียด สีเขียวอ่อน ไม่แตกแขนง เส้นสายไม่ยาวมากนัก จับดูจะลื่นคล้ายกับ *Spirogyra* sp. เกาะติดกับสิ่งยึดเกาะที่เป็นของแข็ง เช่น ก้อนหิน แต่ไม่พบในแหล่งน้ำที่มีความเร็วกระแสน้ำสูง เจริญเกาะติดกับพื้นท้องน้ำโดยใช้ไฮลด์ฟาสต์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายไม่แตกแขนง เซลล์แต่ละเซลล์เป็นรูปทรงกระบอก ผนังเซลล์ไม่หนา มีลักษณะต่อกัน คลอโรพลาสต์เป็นร่างแหอยู่ไม่เต็มเซลล์ พบไฟรีโนยด์กระจายจำนวนน้อย

6. *Microspora* sp. 2

ลักษณะเส้นสายและแหล่งที่พบ: เป็นเส้นสายละเอียด สีเขียวอ่อน ไม่แตกแขนง จับดูจะไม่ลื่น เส้นสายอาจจะยาวหรือสั้น ลักษณะหึงงอเล็กน้อย ไม่เหยียดตรง เกาะติดกับสิ่งยึดเกาะที่เป็นก้อนหินขนาดเล็ก พบในแหล่งน้ำที่ค่อนข้างนิ่งหรือไหลเอื่อย

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายไม่แตกแขนง ผนังเซลล์หนาไม่เท่ากันในแต่ละช่วงของเซลล์ ทำให้ลักษณะของทลัสต์คงอไปมา คลอโรพลาสต์เป็นร่างแหอยู่ไม่เต็มเซลล์ พบไฟรีโนยด์กระจายจำนวนน้อย

7. *Nostochopsis hansgrig* Schmidle

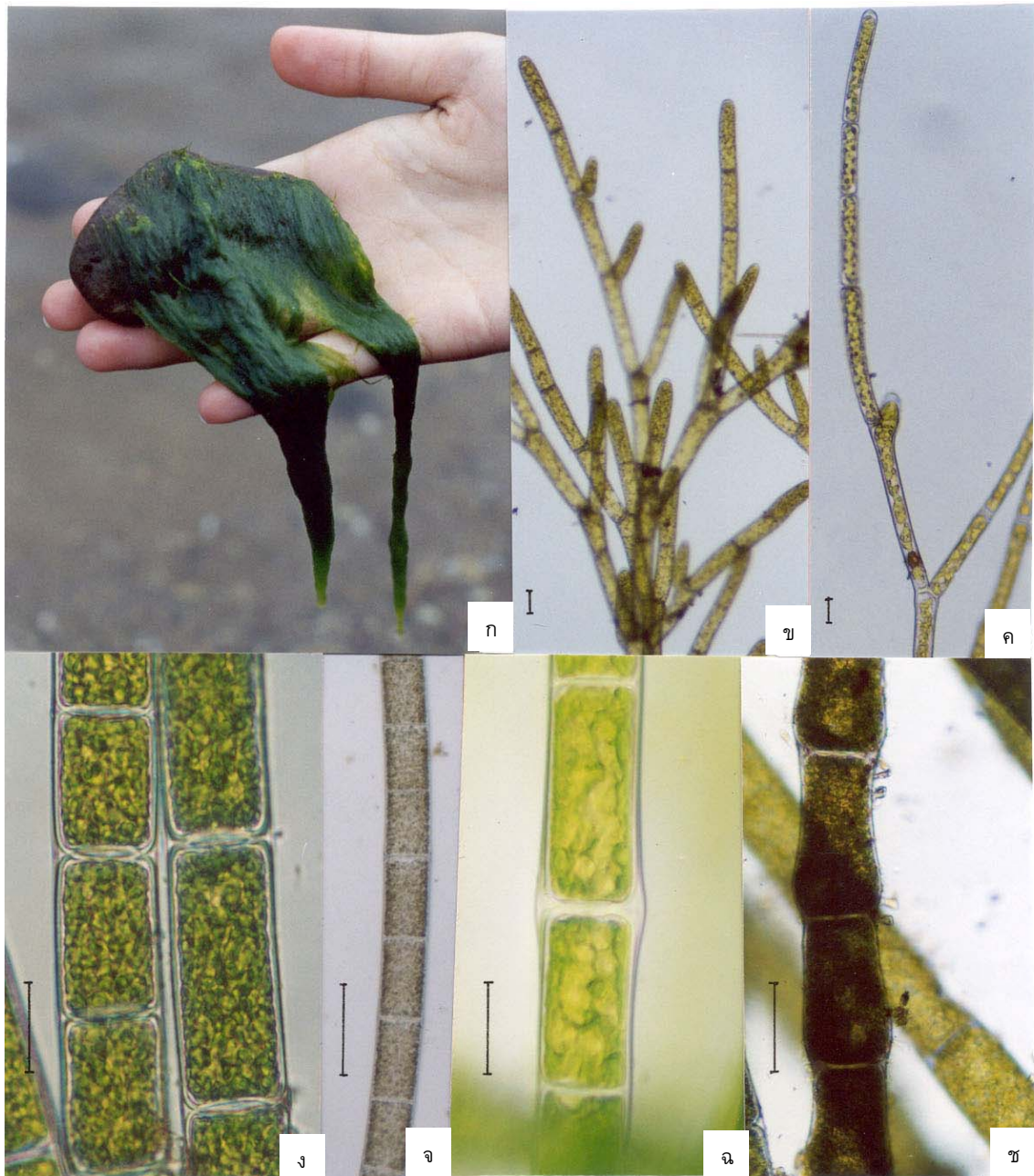
ลักษณะโคโลนีและแหล่งที่พบ: ลักษณะคล้ายก้อนวุ้นค่อนข้างกลม สีเหลืองใส มีจุดสีขาวเล็กกระจายในเนื้อวุ้น ขนาดของโคโลนีเล็กกว่า 0.5 ซม.

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เส้นสายฝังตัวในเมือก มีการแตกกิ่งแบบแท้จริง เส้นสายสีเขียวอ่อน กว้าง 3.9-5.4 μm ยาว 4.7-7.7 μm กิ่งสาขากว้าง 3.1-5.4 μm ยาว 4.7-10.8 μm พบเฮเทอโรซิสต์ทั้งแบบอยู่ระหว่างเส้นสายหลัก ซึ่งคือ intercalary heterocyst แตกออกจากเส้นสายหลักเรียกว่า lateral heterocyst และอยู่บริเวณปลายกิ่งสาขาเรียกว่า pedicellate heterocyst เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5.4-6.2 μm

8. *Nostochopsis lobatus* Wood em Gutlier

ลักษณะโคโลนีและแหล่งที่พบ: ลักษณะคล้ายก้อนวุ้นกลมสีเขียวเข้มเมื่ออายุน้อย ก้อนสีเขียวเข้มกลวง เมื่อโตขึ้นเส้นผ่าศูนย์กลางอาจมากถึง 10 ซม. ขึ้นกับสภาพแวดล้อม พบมากในบริเวณน้ำไหลมากกว่าน้ำนิ่ง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา: เส้นสายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือเหลือง ฝังอยู่ในเมือก ค่อนข้างหนาแน่น เซลล์ยาวมากกว่ากว้าง กว้าง 4-6 μm ยาว 4-10 μm มีการแตกกิ่งก้านแบบแท้จริง (true branching) ค่อนข้างหนาแน่น เฮเทอโรซิสต์เหลืองใส รูปร่างเกือบกลม หรือรี ขนาด (4)6-9 μm ตำแหน่งที่พบมาก ได้แก่ ตำแหน่งที่ติดกับเส้นสายที่เป็นเส้นหลัก (lateral heterocyst) และพบบ้างที่ปลายสุดของกิ่ง (pedicellate heterocyst) sheath ใส บาง สังเกตได้ง่ายที่ตำแหน่งโคนของเส้นกิ่งบริเวณที่ต่อกับเส้นหลัก



Scale bar = 20 μ m

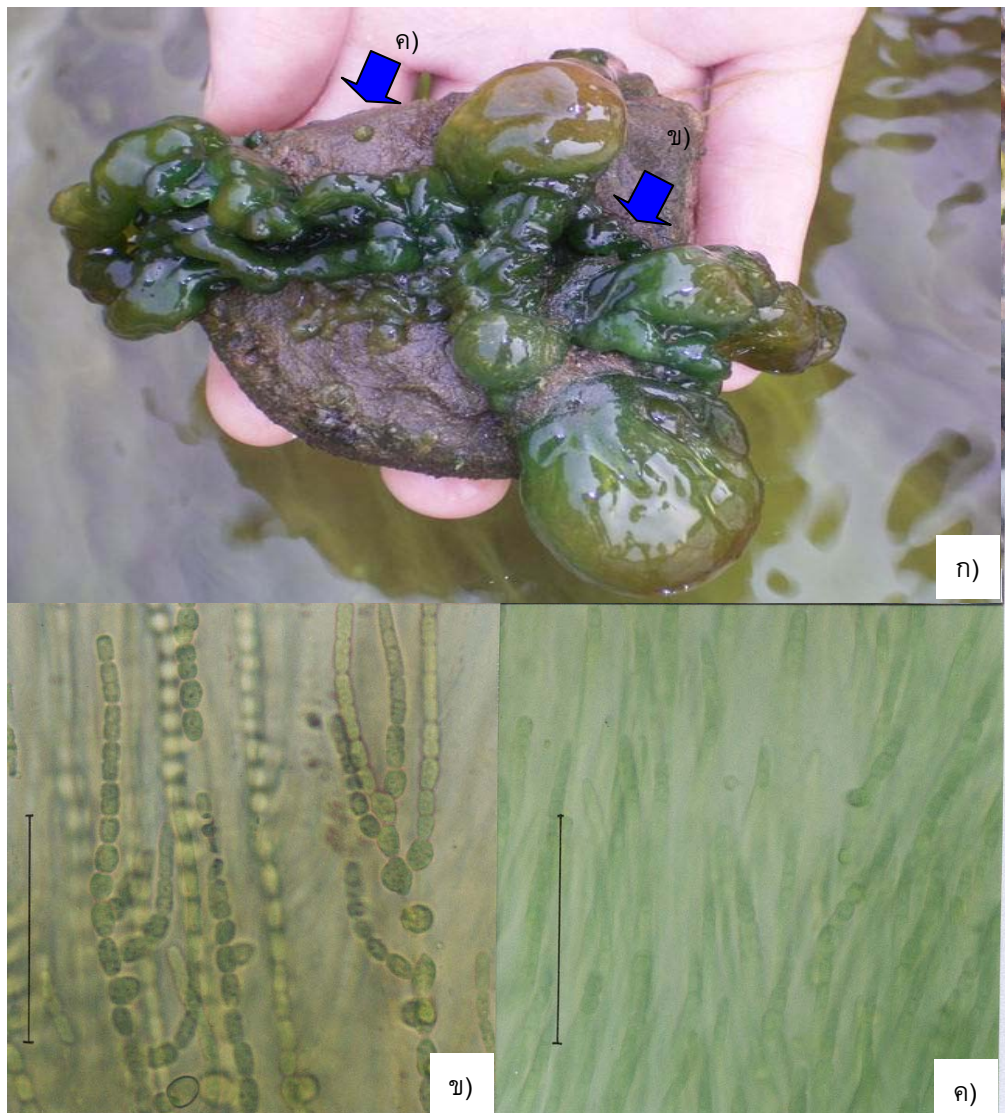
ภาพที่ 27 สาหร่ายไถในลำน้ำนาน

ก) สาหร่ายไถในสภาพธรรมชาติ ข) – ช) สาหร่ายไถศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ข) *Cladophora glomerata* Kützting ค) *Cladophora* sp. 1

ง) *Microspora floccosa* (Vaucher) Thuret จ) *M. pachyderma* (Will) Lagerheim

ฉ) *Microspora* sp. 1 ช) *Microspora* sp. 2



Scale bar = 20 μm

ภาพที่ 28 สาหร่ายลอนในลำน้ำน่าน

ก) สาหร่ายลอนในสภาพธรรมชาติ ข) – ค) สาหร่ายไคศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ข) *Nostochopsis lobatus* Wood em Guitler

ค) *N. hansgrig* Schmidle

4.2.2.2 การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ

ในการศึกษารั้วนี้พบว่าสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ คือ สาหร่ายไถ และสาหร่ายลอน ทั้ง 8 สปีชีส์ดังกล่าวมาแล้ว สามารถบ่งชี้ของคุณภาพน้ำปานกลาง (mesotrophic status) เนื่องจากพบเป็นสปีชีส์เด่นในลำน้ำน่านซึ่งมีคุณภาพปานกลาง นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ยังพบว่าสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่มีรายงานว่าบ่งบอกคุณภาพน้ำดี เช่น *Chamaesiphon* spp. และ *Calothrix* spp. (Palmer, 1977; Wetzel, 2001) ซึ่งในงานวิจัยนี้พบบ้างแต่ไม่มากนักจนเป็นสปีชีส์เด่น ในช่วงที่น้ำมีคุณภาพดี เช่นเดียวกับการพบ *Oscillatoria* spp., *Phormidium* spp. และ *Stigeoclonium* spp. ซึ่งมีรายงานจาก Palmer และ Wetzel เช่นกันว่ามักพบในน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี ซึ่งในงานวิจัยนี้ก็พบในจุดเก็บตัวอย่างและช่วงเวลาที่มีน้ำมีคุณภาพไม่ดีขึ้น แต่สาหร่ายดังกล่าวพบในลักษณะที่ไม่ใช่สปีชีส์เด่น ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นเพียงข้อมูลเสริมงานวิจัยที่มีรายงานมาก่อน

4.2.2.3 ศึกษาการแพร่กระจายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน

วิธีการวิจัย

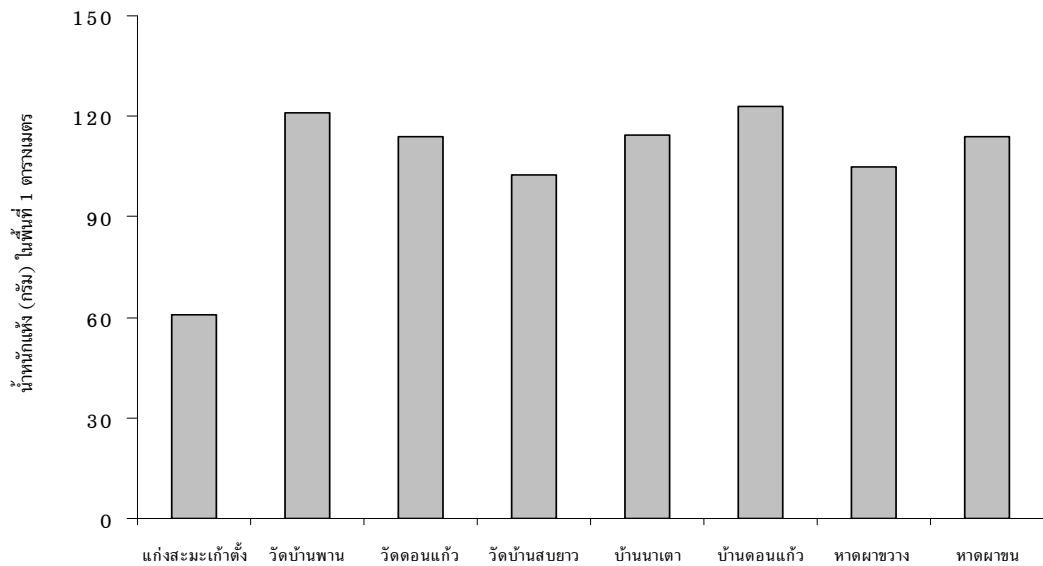
เนื่องจากการศึกษาในเรื่องความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านในครั้งนี้สามารถทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่าสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำแห่งนี้สมควรจะนำไปทำการศึกษาวิจัยต่อก็คือสาหร่ายไถและสาหร่ายลอนเท่านั้น เช่นเดียวกับภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีมาก่อน ดังนั้นจึงสมควรที่จะศึกษาถึงการแพร่กระจายของสาหร่าย 2 จินส์นี้ ว่ามีมากในช่วงใดและบริเวณใดของลำน้ำน่าน การศึกษาการแพร่กระจายนี้ได้จากความหนาแน่นของสาหร่ายแต่ละชนิดจากน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ที่ศึกษา ทำการหาความหนาแน่นหรือปริมาณสาหร่ายไถและลอนในลำน้ำน่านโดยใช้ quadrat และอุปกรณ์เสริมส่วนประกอบและวิธีการใช้เครื่องมือแสดงในภาคผนวก

บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในตารางบันทึกข้อมูล แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของสาหร่ายไถ และสาหร่ายลอนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยคิดจากน้ำหนักแห้งในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

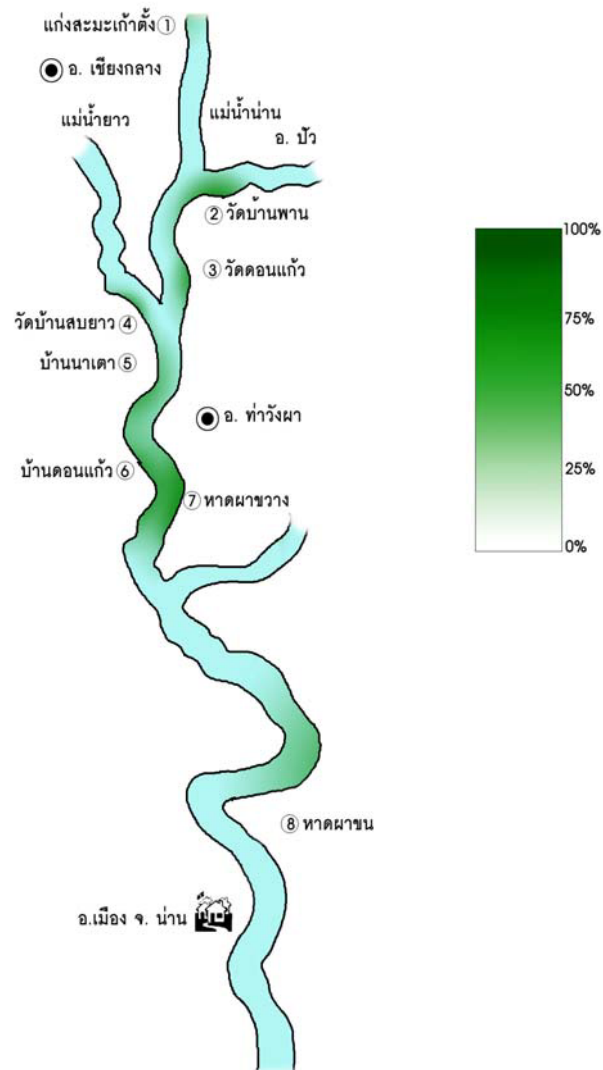
ผลการวิจัย

จากการศึกษาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2546 ซึ่งทำการศึกษาจาก 8 จุดสำรวจ พบการแพร่กระจายของสาหร่ายไถและสาหร่ายลอน ดังนี้

จากการสำรวจจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุด ในลำน้ำน่านระหว่างวันที่ 25-28 กุมภาพันธ์ 2546 ซึ่งเป็นช่วงที่พบสาหร่ายไถมากที่สุด พบว่าแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีความหนาแน่นของสาหร่ายไถไม่ต่างกันมากนัก โดยพบว่าที่บ้านดอนแก้ว (จุดเก็บตัวอย่างที่ 6) อำเภอกำแพงแสน มีความหนาแน่นของสาหร่ายไถมากที่สุด 77.77% คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 122.75 กรัม รองลงมาคือ วัดบ้านพาน ตำบลแวง อำเภอบัว (จุดเก็บตัวอย่างที่ 2) ซึ่งมีความหนาแน่นของสาหร่ายไถใกล้เคียงกัน คือ 76.66% หรือน้ำหนักแห้ง 121.0 กรัม อันดับ 3 บ้านนาเตา อำเภอกำแพงแสน (จุดเก็บตัวอย่างที่ 5) 72.44% หรือ 114.25 กรัม อันดับ 4 มี 2 จุดเก็บตัวอย่างคือ วัดดอนแก้ว อำเภอกำแพงแสน (จุดเก็บตัวอย่างที่ 3) และหาดผาขน อำเภอมือง (จุดเก็บตัวอย่างที่ 8) 72.22% หรือ 114.0 กรัม อันดับ 5 หาดผาขวาง อำเภอกำแพงแสน (จุดเก็บตัวอย่างที่ 7) 66.39% หรือ 104.5 กรัม อันดับ 6 วัดบ้านสบยาว อำเภอกำแพงแสน (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) 64.99% หรือ 102.5 กรัม อันดับ 7 แก่งสะมะเฝ้าตั้ง อำเภอยางตลาด (จุดเก็บตัวอย่างที่ 1) 38.47% หรือ 60.75 กรัม ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์และน้ำหนักโดยเฉลี่ยคิดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ภาพที่ 29 และ 30)

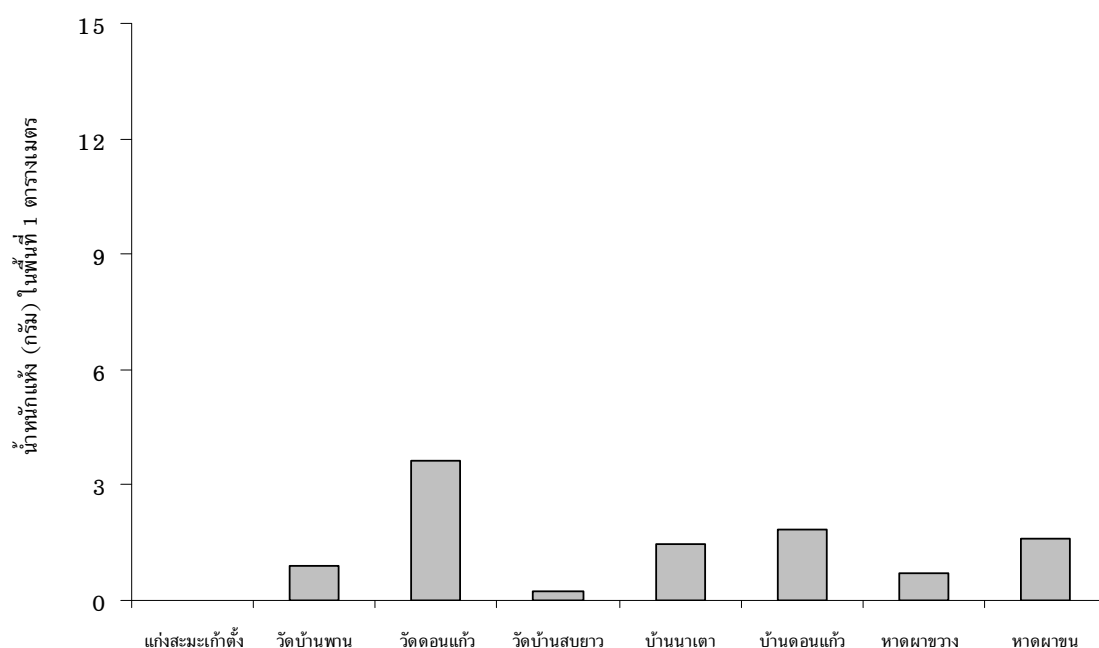


ภาพที่ 29 ความหนาแน่นของสารห่วยไค คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (กรัม) ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุดในลำน้ำน่าน กุมภาพันธ์ 2546

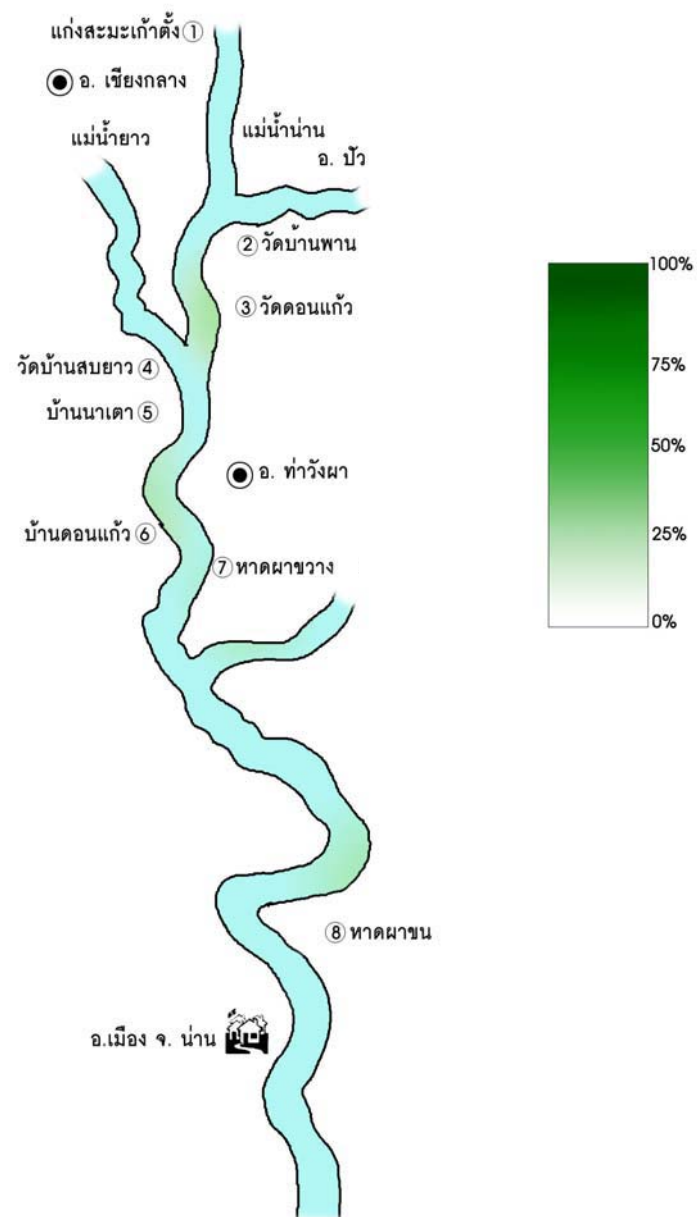


ภาพที่ 30 แผนที่ลำน้ำน่านแสดงการกระจายของสารห่วยไค กุมภาพันธ์ 2546

สำหรับสาหร่ายลอนจะพบมากที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างวัดดอนแก้ว อำเภอปัว (จุดเก็บตัวอย่างที่ 3) โดยพบ 8.53% หรือ 3.65 กรัม รองลงมาจะมีปริมาณน้อยลงไปมาก คือ บ้านดอนแก้ว อำเภอท่าวังผา (จุดเก็บตัวอย่างที่ 6) 2.92% หรือ 1.83 กรัม ที่พบเป็นอันดับ 3 คือ หาดผาชน อำเภอเมือง (จุดเก็บตัวอย่างที่ 8) 2.50% หรือ 1.60 กรัม อันดับ 4 บ้านนาเตา อำเภอท่าวังผา (จุดเก็บตัวอย่างที่ 5) 2.33% หรือ 1.45 กรัม อันดับ 5 วัดบ้านพาน อำเภอปัว (จุดเก็บตัวอย่างที่ 2) 1.39% หรือ 0.875 กรัม อันดับ 6 หาดผาขวาง (จุดเก็บตัวอย่างที่ 7) อำเภอท่าวังผา 1.11% หรือ 0.70 กรัม อันดับ 7 วัดบ้านสบยาว อำเภอท่าวังผา (จุดเก็บตัวอย่างที่ 4) 0.42% หรือ 0.25 กรัม และอันดับสุดท้ายคือ อันดับ 8 แก่งสะมะเ้าตั้ง อำเภอเชียงกลาง ซึ่งไม่พบสาหร่ายลอนเลย เปอร์เซ็นต์และน้ำหนักโดยเฉลี่ย คิดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ภาพที่ 31 และ 32)



ภาพที่ 31 ความหนาแน่นของสาหร่ายลอน คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (กรัม) ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ในจุดเก็บตัวอย่าง 8 จุดในลำน้ำน่าน กุมภาพันธ์ 2546



ภาพที่ 32 แผนที่ลำน้ำนันแสดงการกระจายของสาหร่ายลอน กุมภาพันธ์ 2546

4.2.3 ศึกษาการเพาะเลี้ยงและการเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่าย น้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหารและยา ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและภาคสนาม

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอน ซึ่งเป็นสาหร่ายที่ใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารและยาจากภูมิปัญญาชาวบ้าน นับว่าเป็นส่วนของงานวิจัยที่สำคัญยิ่ง เนื่องจากจะเป็นผลดีต่อชุมชนที่ประกอบอาชีพจากผลิตภัณฑ์ การแปรรูปอาหารที่ใช้สาหร่ายเหล่านี้เพื่อที่จะได้มีวัตถุดิบไว้ใช้ตลอดปี และจะเป็นผลดีต่อการนำมาใช้เป็นสารสกัดทางชีวภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการใช้เป็นตัวยา เนื่องจากว่าคุณภาพของสาหร่ายเหล่านี้ควรจะมาจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงจากสายพันธุ์เดียวกัน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ จากการศึกษาทางนิเวศวิทยาของสาหร่ายไวกและลอนในลำน้ำน่าน ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่สำคัญของการเจริญคือ แสง และ กระแสน้ำ ส่วนสารอาหารมีผลไม่มากนัก สามารถเจริญได้ในน้ำที่มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง จึงได้นำปัจจัยเหล่านี้มาใช้ในการเพาะเลี้ยงโดยการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ให้มีแสงที่ความเข้มสูง 3,000 ลักส์ มีการกวนให้น้ำไหลโดยใช้หัวทรายและ air pump ส่วนการเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยง ใช้บ่อเพาะเลี้ยงแบบน้ำวน (race way pond) การใช้ใบพัดให้น้ำเกิดการเคลื่อนที่ ส่วนสารอาหารใช้ทั้งความเข้มข้นเต็มสูตร และลดความเข้มข้นลงจากสูตรที่ใช้เพาะเลี้ยงทั่วไป

งานวิจัยดังกล่าว แยกออกเป็น 4 ส่วนย่อยดังนี้

4.2.3.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในระดับห้องปฏิบัติการ

4.2.3.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในภาคสนาม ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4.2.3.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในบ่อเพาะเลี้ยง ณ ลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน

4.2.3.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนเพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดให้เป็นการถาวร

4.2.3.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในระดับห้องปฏิบัติการ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในห้องปฏิบัติการ ความเข้มแสง 3,000 ลักส์ โดยใช้ขวดรูปชมพู่และ/หรือ โหลแก้วขนาดต่างๆ เพาะเลี้ยงในสภาพที่คล้ายธรรมชาติ ใช้แสงไฟจากตู้เพาะเลี้ยง อุณหภูมิเป็นไปตามธรรมชาติ โดยเฉลี่ย $25^{\circ}\text{C} \pm 10$ ทำการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงสาหร่ายซึ่งสภาพค่อนข้างปลอดภัยจากสิ่งมีชีวิตอื่น

รายละเอียดของการเพาะเลี้ยง มีดังนี้

1. เพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

เป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อดูว่าโอกาสของการเจริญของสาหร่ายไวกในอาหาร 2 สูตร จะมีความเป็นไปได้หรือไม่

สูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง มี 2 สูตร ดังนี้

1.1 สูตรอาหาร JM (ภาคผนวก)

1.2 สูตรอาหาร Soil Water Medium (ภาคผนวก)

2. เพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในระดับห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

จากการเพาะเลี้ยงในครั้งที่ 1 มีแนวโน้มว่าสูตรอาหาร JM สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ พร้อมกันนั้นก็ค้นคว้าได้สูตรอาหารใหม่สำหรับการเลี้ยงสาหร่ายไวกอีก 2 สูตร คือ สูตร C และสูตร CB จาก National Institute for Environmental Studies เมือง Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น (NIES, 1997) นอกจากนั้นยังได้ลองใช้

ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ N:P:K สูตร 16:16:16 ซึ่งมีรายงานว่าสามารถใช้เลี้ยงแพลงก์ตอนพืชในนาุ้งได้ จึงนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

การทดลองครั้งนี้ใช้สูตรอาหาร 4 สูตร ดังนี้

- 2.1 สูตรอาหาร C (ภาคผนวก)
- 2.2 สูตรอาหาร CB (ภาคผนวก)
- 2.3 สูตรอาหาร JM
- 2.4 สูตรอาหาร N:P:K =16:16:16

การวิจัยในครั้งนี้จะแปรผันความเข้มข้นของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง โดยใช้ความเข้มข้น 3 ความเข้มข้น คือใช้เต็มสูตร ใช้ครึ่งหนึ่งของสูตร (0.5 เท่า) และใช้หนึ่งในสี่ของสูตร (0.25 เท่า) โดยอาหารที่ใช้เลี้ยงมีปริมาตร 5 ลิตร รายละเอียดแสดงในตารางที่ 83

ตารางที่ 83 สูตรอาหารทั้ง 4 สูตร แสดงความเข้มข้นในแต่ละ dilution

	อาหารสูตร C, CB, JM (ลิตร) หรือ N:P:K (กรัม)	น้ำกลั่น (ลิตร)
อาหารสูตร C		
Dilution 1 (เต็มสูตร)	5	-
Dilution 2 (0.5 เท่า)	2.5	2.5
Dilution 3 (0.25 เท่า)	1.25	3.75
อาหารสูตร CB		
Dilution 1 (เต็มสูตร)	5	-
Dilution 2 (0.5 เท่า)	2.5	2.5
Dilution 3 (0.25 เท่า)	1.25	3.75
อาหารสูตร JM		
Dilution 1 (เต็มสูตร)	2.5	2.5
Dilution 2 (0.5 เท่า)	1.25	3.75
Dilution 3 (0.25 เท่า)	0.625	4.375
อาหารสูตร N:P:K		
Dilution 1 (เต็มสูตร)	5	5
Dilution 2 (0.5 เท่า)	2.5	5
Dilution 3 (0.25 เท่า)	1.5	5

ในแต่ละ dilution จะเตรียมการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นทำการทดลองดังนี้

1. นำสาหร่ายไคที่เกาะติดกับก้อนหินใส่ลงในโหลแก้วโดยตัดเส้นสายของสาหร่ายไคให้มีความยาวโดยวัดจากก้อนหินให้ได้ประมาณ 1 เซนติเมตรเพื่อให้สามารถวัดการเจริญของสาหร่ายไคได้จากเส้นสายที่ยาวขึ้น
2. ทำการต่อ air pump ลงในโหลแก้วเพื่อให้ออกซิเจนแก่สาหร่ายไค
3. ปิดปากโหลแก้วด้วยผ้าขาวบางเพื่อป้องกันการรบกวนของแมลง
4. อุณหภูมิที่ทำการทดลองเท่ากับ 22.0 °C
5. ทำการเปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 2 สัปดาห์

ผลการทดลอง

4.2.3.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในระดับห้องปฏิบัติการ

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 1

1.1 สูตรอาหาร JM ผลปรากฏว่าในอาทิตย์แรกเส้นสายของสาหร่ายไถจะเน่าตายไปและงอกขึ้นมาในอาทิตย์ต่อไป การทดลองในครั้งนี้ไม่ได้ทำการวัดความยาว แต่ต้องการเป็น preliminary culture เท่านั้น การทดลองครั้งนี้มีแนวโน้มว่าอาหารสูตร JM น่าจะได้รับผลสำเร็จในการเพาะเลี้ยง

1.2 สูตรอาหาร Soil water medium ผลปรากฏว่าสาหร่ายไถไม่สามารถเจริญได้และตายไปในที่สุด อาจเป็นเพราะว่าในอาหาร Soil water medium มีแต่แร่ธาตุ แต่ไม่มีวิตามิน ซึ่งสาหร่ายไถจำเป็นต้องใช้ในการเจริญ ในขณะที่สูตรอาหาร JM มีวิตามินอย่างเพียงพอ สอดคล้องกับ Whitton (2005, ติดต่อบุคคล) ซึ่งกล่าวว่าการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ใน artificial culture วิตามินจะมีความสำคัญกว่าแร่ธาตุ

2. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในระดับห้องปฏิบัติการครั้งที่ 2

ใช้สูตรอาหาร 4 สูตร คือ สูตรอาหาร C, CB, JM และ N:P:K จากการทดลองทำการตัดเส้นสายของสาหร่ายไถให้เหลือความยาวจากกอนหินที่ยึดเกาะประมาณ 1 เซนติเมตร ทำการวัดความยาวของเส้นสายทุก 1 สัปดาห์ พบว่าความยาวของเส้นสายสาหร่ายไถเพิ่มขึ้น แสดงในภาพที่ 33 ตารางที่ 84 และตารางที่ 85

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไถในอาหารเหลวแล้วทำการวัดความยาวทุก 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ การเจริญของสาหร่ายไถไม่ดีขึ้น เนื่องจากสาหร่ายเกิดการตายขึ้น อันอาจมีสาเหตุมาจากสภาวะที่เลี้ยงไม่เหมาะสม การให้อากาศน้อยเกินไป เพราะขวดมีขนาดเล็ก การเลี้ยงในสภาพที่ให้อาหารเหลวในขวดขนาดเล็กนี้จึงไม่ประสบความสำเร็จ

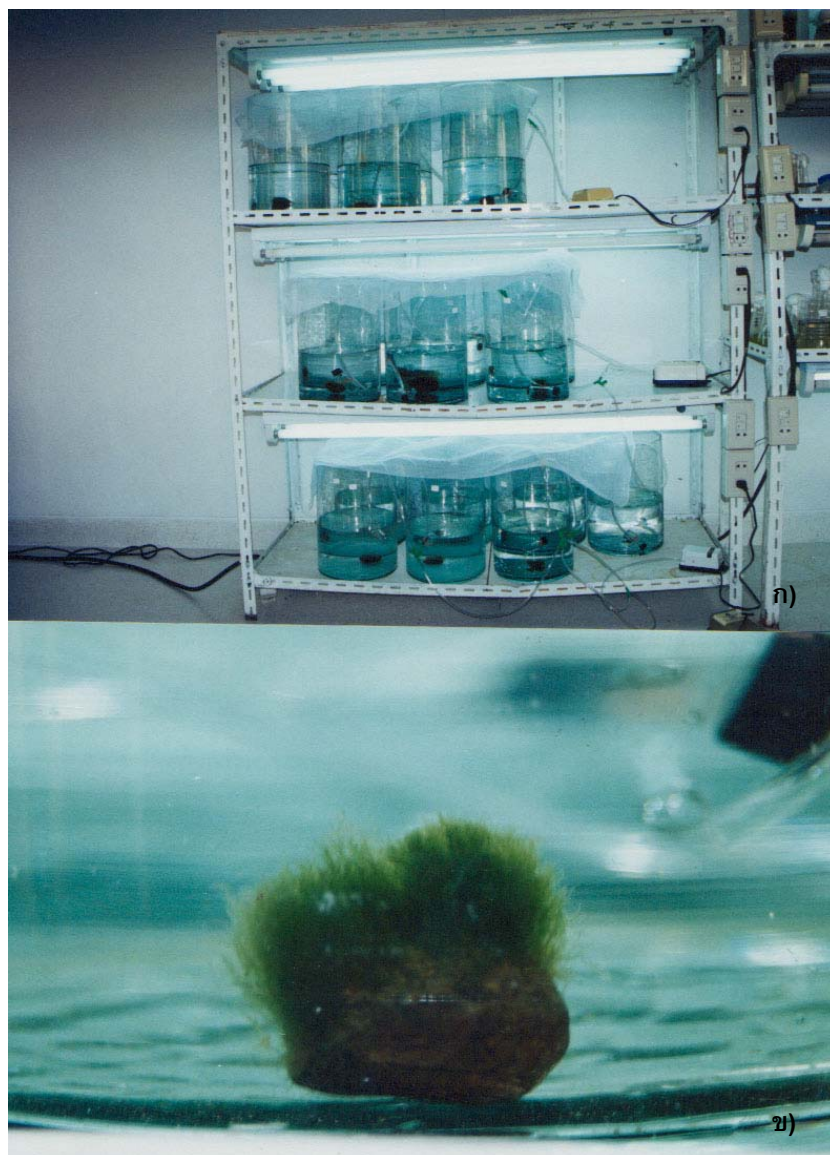
หมายเหตุ: เมื่อทำการเพาะเลี้ยงหลายๆ สภาวะ จึงทราบว่าเมื่อนำมาเพาะเลี้ยง สาหร่ายไถมักจะเน่าตาย ไม่ค่อยงอกจากเส้นสายเดิม แต่จะงอกจากชูโอสปอร์ หรือไซโกสปอร์ที่เกิดจากเส้นสายเดิม หรือติดมากับกอนหินนั้นก่อนนำมาเลี้ยง

ตารางที่ 84 การเจริญของสาหร่ายไถที่เลี้ยงโดยอาหารทั้ง 4 สูตร แต่ละสูตรประกอบด้วย 3 dilution

อาหาร	ความยาวเริ่มต้น (เซนติเมตร)	สัปดาห์ที่ 1 (เซนติเมตร)	สัปดาห์ที่ 2 (เซนติเมตร)	สัปดาห์ที่ 3 (เซนติเมตร)	สัปดาห์ที่ 4 (เซนติเมตร)
C dilution 1	1.0	1.3	0.1	0.2	0.8
dilution 2	1.0	1.8	0.4	0.4	1.0
dilution 3	1.0	1.7	0.2	0.3	0.9
CB dilution 1	1.0	1.2	0.2	0.2	-
dilution 2	1.0	1.4	0.3	0.3	-
dilution 3	1.0	1.0	0.2	0.3	0.3
JM dilution 1	1.0	1.0	0.1	0.1	0.3
dilution 2	1.0	1.2	0.1	0.1	0.4
dilution 3	1.0	1.0	0.1	0.1	0.3
NPK dilution 1	1.0	1.0	0.1	-	-
dilution 2	1.0	1.0	0.1	-	-
dilution 3	1.0	1.0	0.1	-	-

หมายเหตุ: ความยาวในสัปดาห์ที่ 1 นั้น คือความยาวจากเส้นสายเดิม แต่ระหว่างสัปดาห์ที่ 1-2 สาหร่ายทั้งหมดจะเน่าตายลง และเกิดการงอกขึ้นมาใหม่จากกอนหิน จึงเป็นความยาวเริ่มต้นในสัปดาห์ที่ 2 และอาจจะมีการเจริญหรือไม่เจริญในสัปดาห์ที่ 3 และ 4

จากการทดลองพบว่าอาหารสูตร C สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคได้ดีที่สุด รองลงมาคืออาหารสูตร JM อาหารสูตร CB ความเข้มข้นต่ำสามารถเลี้ยงได้ ในขณะที่อาหารสูตร N:P:K ไม่สามารถเลี้ยงได้ ทั้งนี้เหตุผลอาจจะคล้ายคลึงกับที่กล่าวมาแล้วคือ ในอาหารทั้ง 3 สูตรที่เลี้ยงได้มีเกลือแร่และวิตามินครบถ้วน ในขณะที่อาหารสูตร N:P:K ไม่มีวิตามินเลย ส่วนอาหารสูตร CB ความเข้มข้นสูงไม่สามารถเลี้ยงได้เนื่องจากมีการเติมสาร Bicine ลงไปด้วย มีผลทำให้ pH สูงขึ้นถึง 9 จึงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายไค เป็นที่น่าสังเกตว่าในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในระดับห้องปฏิบัติการทั้ง 2 ครั้ง เส้นสายของสาหร่ายไคจะเน่าตายลงในสัปดาห์ที่ 1 แล้วจึงมีเส้นสายใหม่เจริญขึ้นมาในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งคาดว่าจะเจริญมาจากซูโอสปอร์หรือไซโกสปอร์ที่เกิดจากเส้นสายเดิมหรือติดมากับหินซึ่งเป็นสิ่งยึดเกาะ อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการโดยเลียนแบบธรรมชาติและไม่ปลอดเชื้อ ไม่ประสบความสำเร็จมากนัก เนื่องจากการปนเปื้อนของสาหร่ายประเภทแพลงก์ตอนพืชซึ่งสามารถเจริญในอาหารที่เพาะเลี้ยงได้ดีกว่าสาหร่ายไค



ภาพที่ 33 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในระดับห้องปฏิบัติการ

ก) ชั้นเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค

ข) สาหร่ายไคบางส่วนนอกจากเส้นสายเดิม และบางส่วนนอกจากสปอร์

ตารางที่ 85 ลักษณะของเส้นสายสำหรับไก่ที่เลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร แต่ละสูตรประกอบด้วย 3 dilution โดยสังเกตด้วยตาเปล่าและดูใต้กล้องจุลทรรศน์

อาหาร	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
C dilution 1	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาดมากและรังควันส์ชัดเจน	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่เกิดเป็นกระจุกบนก้อนหิน	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
dilution 2	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาด	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่เกิดเป็นกระจุกบนก้อนหิน	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
dilution 3	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาดแต่ไม่มาก	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่เกิดเป็นกระจุกบนก้อนหิน	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
CB dilution 1	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาดมากและรังควันส์ชัดเจน	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สำหรับเกิดการเน่าตาย
dilution 2	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาดและรังควันส์ชัดเจน	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สำหรับเกิดการเน่าตาย
dilution 3	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาด	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	สำหรับมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
JM dilution 1	เกิดการงอกของสำหรับขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสำหรับเส้นเก่ามีการแตกขาดและรังควันส์ชัดเจน	สำหรับนำและหลุดออกจากก้อนหินและมีสำหรับไก่เจริญขึ้นมาใหม่	ความยาวของสำหรับไม่เพิ่มขึ้นและสำหรับยังคงสภาพสมบูรณ์	ความยาวของสำหรับไม่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 85 (ต่อ)

dilution 2	เกิดการงอกของสาหร่ายขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสาหร่ายเส้นเก่ามีการแตกขาดและรังควาญสีซีดจางลง	สาหร่ายนำและหลุดออกจากรากก่อน หินและมีสาหร่ายไเกเจริญขึ้นมาใหม่	ความยาวของสาหร่ายไม่เพิ่มขึ้น และสาหร่ายยังคงสภาพสมบูรณ์	สาหร่ายมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
dilution 3	เกิดการงอกของสาหร่ายขึ้นใหม่จากเส้นเดิม, ลักษณะของเส้นสาหร่ายเส้นเก่ามีการแตกขาดและรังควาญสีซีดจางลง	สาหร่ายนำและหลุดออกจากรากก่อน หินและมีสาหร่ายไเกเจริญขึ้นมาใหม่	ความยาวของสาหร่ายไม่เพิ่มขึ้น และสาหร่ายยังคงสภาพสมบูรณ์	ความยาวของสาหร่ายไม่เพิ่มขึ้น
NPK dilution 1	ลักษณะของเส้นสาหร่ายมีการแตกขาด ปล่อยรังควาญออกมา, สาหร่ายเริ่มนำและหลุดออกจากรากก่อน	สาหร่ายนำและหลุดออกจากรากก่อน หินและมีสาหร่ายไเกเจริญขึ้นมาใหม่	สาหร่ายเกิดการเน่าตาย	-
dilution 2	ลักษณะของเส้นสาหร่ายมีการแตกขาด ปล่อยรังควาญออกมา, สาหร่ายเริ่มนำ	สาหร่ายนำและหลุดออกจากรากก่อน หินและมีสาหร่ายไเกเจริญขึ้นมาใหม่	สาหร่ายเกิดการเน่าตาย	-
dilution 3	ลักษณะของเส้นสาหร่ายมีการแตกขาด ปล่อยรังควาญออกมา	สาหร่ายนำและหลุดออกจากรากก่อน หินและมีสาหร่ายไเกเจริญขึ้นมาใหม่	สาหร่ายเกิดการเน่าตาย	-

4.2.3.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในภาคสนาม ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสาหร่ายไวกในภาคสนามนั้น ขั้นแรกจะรอผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกจากห้องปฏิบัติการแล้วจึงเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสมนำมาเพาะเลี้ยงในภาคสนามต่อไป แต่ผลการทดลองระดับห้องปฏิบัติการไม่ได้ผลตามที่คาดหวังไว้ คณะวิจัยจึงคาดว่าองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในโหลแก้วอาจมีการเปลี่ยนแปลงเร็ว โดยเฉพาะในเรื่องของอุณหภูมิ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงแบบน้ำวน ของภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นบ่อที่มีความยาว 3 เมตร กว้าง 1 เมตร สูง 0.6 เมตร มีความจุประมาณ 2,200 ลิตร และมีใบพัดหมุนด้วยความเร็ว 18 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นการเลียนแบบธรรมชาติคล้ายลักษณะน้ำไหลในแม่น้ำ สำหรับสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการถึงแม้ว่าสูตรอาหาร C และ JM จะให้ผลดีกว่าสูตรอาหารอื่น แต่ผลที่ได้ยังถือว่าน้อยเกินไป ประกอบกับต้นทุนของสูตรอาหารสองสูตรดังกล่าวมีราคาสูง คณะวิจัยจึงนำสูตรอาหารดังกล่าวไปใช้เฉพาะกับการเพาะเลี้ยงเพื่อเก็บสารพันธุกรรม นอกถิ่นกำเนิด

ส่วนสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงในภาคสนาม ในครั้งนี้ใช้สูตรอาหาร AARL-CMU1 ซึ่งพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Applied Algal Research Laboratory) ซึ่งเคยใช้ได้ผลมาแล้ว จากการเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการนี้ พร้อมกันนั้นได้นำ Soil water medium มาใช้อีกครั้ง ซึ่งแม้ว่าจะให้ผลจากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการไม่ดัดนัก แต่เป็นสูตรอาหารที่มีต้นทุนต่ำกว่าสูตรอาหารอื่นๆ และหวังว่าจะได้ trace elements และวิตามินจาก Soil water medium ซึ่งในสูตรอาหาร AARL-CMU1 ไม่มี

สูตรอาหาร AARL-CMU1 (ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

NaHCO ₃	8.5	กรัมต่อลิตร
NaNO ₃	1.5	กรัมต่อลิตร
K ₂ HPO ₄	0.5	กรัมต่อลิตร
ปุ๋ย N:P:K สูตร 16:16:16	0.6	กรัมต่อลิตร

ในการเพาะเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงแบบน้ำวนนี้มีการทดลอง 2 ลักษณะ คือ

1. การเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติโดยใช้สาหร่ายไวกที่เจริญอยู่บนก้อนหินมาเพาะเลี้ยงในอาหารที่เตรียมขึ้นมา
2. การเพาะเลี้ยงแบบกระตุ้นสาหร่ายไวกให้สร้างซูโอสปอร์ โดยนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 12 °C (Lee, 1999)

1. การเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ ใช้อาหาร 2 สูตร คือ สูตรอาหาร AARL-CMU1 ซึ่งลดความเข้มข้นลง 10 เท่า สลับกับอาหารสูตร Soil water medium

ทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไวก 3 แบบดังนี้คือ

1. นำสาหร่ายไวกในสภาพธรรมชาติ (เกาะกับก้อนหิน) มาเลี้ยงในบ่อ
2. ใช้ตาข่ายในลอนหุ้มสาหร่ายไวกให้ติดกับหิน
3. ปลอ่ยสาหร่ายไวกให้ลอยตามกระแสน้ำ

2. การเพาะเลี้ยงแบบกระตุ้นให้สร้างซูโอสปอร์ เป็นการกระตุ้นโดยใช้แสงและอุณหภูมิ เพื่อให้เกิดการสร้างซูโอสปอร์ ซึ่งได้แนวคิดมาจาก Lee (1999) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงทำการทดลองโดยนำสาหร่ายไวกและน้ำตัวอย่างที่เก็บมาจากลำน้ำน่าน บ่มไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 12 °C ในที่มืด 16 ชั่วโมง แล้วนำไปไว้ในที่มีแสงอุณหภูมิห้อง 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นจึงนำมาเลี้ยงในบ่อน้ำวนโดยใช้สูตรอาหาร AARL-CMU1 ซึ่งลด

ความเข้มข้นลง 10 เท่า เนื่องจากการใช้ สูตรอาหาร AARL-CMU1 มีความเข้มข้นสูงเกินไปกว่าความต้องการของ สาหร่ายโกดังได้กล่าวมาแล้ว

ภายในบ่อน้ำวนมีก้อนหินวางเรียงที่พื้นบ่อเพื่อใช้เป็นสิ่งยึดเกาะของสปอร์ ทำการเพาะเลี้ยงแบบ semi-continuous culture เติบโตอาหารเฉลี่ย 3-4 วันต่อครั้ง pH ให้อยู่ในช่วง 7 ± 1.0 ระดับน้ำสูง 20 เซนติเมตร ความเร็ว กระแสน้ำ 0.12 m.s^{-1} อุณหภูมิอากาศ $25.0 \pm 5.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ความเข้มแสง $9,000 \pm 3,000$ ลักส์ ในเวลากลางวัน

การบันทึกผล

สังเกตการเจริญของสาหร่ายโก ทุก 2 สัปดาห์ โดยทำการวัดความหนาแน่น และความยาวของเส้นสาย สาหร่ายโก รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่เกิดขึ้น

การศึกษาความหนาแน่นของสาหร่ายโกที่เจริญบนก้อนหิน

ทำการหาความหนาแน่นของสาหร่ายโก โดยใช้แผ่นพลาสติกทำเป็น quadrat ขนาด 4×4 เซนติเมตร ขนาดตารางย่อย 1×1 เซนติเมตร ทาบแผ่นพลาสติกดังกล่าวบนก้อนหินด้านที่ไม่ได้สัมผัสกับพื้นบ่อ จากนั้น คำนวณความหนาแน่นของสาหร่ายโกซึ่งขึ้นในพื้นที่ quadrat เป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงแบบธรรมดา

ใช้สูตรอาหาร AARL-CMU1 สลับกับ Soil water medium เพาะเลี้ยงสาหร่ายโกใน 3 สภาพ คือแบบที่เกาะกับก้อนหิน แบบที่ใช้ตาข่ายในลอนหุ้มสาหร่ายโกให้ติดกับหิน และแบบปล่อยให้สาหร่ายโกลอย ตามกระแสน้ำ (ภาพที่ 34 และ 35) มีผลการทดลองดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 (วันที่ 1- 7)

หลังจากที่ใช้สูตรอาหาร AARL-CMU1 เป็นอาหารเลี้ยงนั้นได้ทำการตรวจวัด pH ของน้ำพบว่า pH อยู่ในช่วง 7-8 อุณหภูมิปล่อยให้ไปตามธรรมชาติ น้ำที่ใช้เลี้ยงในบ่อเริ่มมีสีเขียวขึ้นเนื่องจากมีแพลงก์ตอน พืชชนิดอื่นเจริญขึ้นมาแต่น้ำยังใสอยู่

สาหร่ายโกที่ทำการเลี้ยงทั้งสามแบบเมื่อดูด้วยตาเปล่าพบว่ายังคงมีสีเขียวสดปกติอยู่แต่เมื่อนำไปตรวจดู ด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าคลอโรพลาสต์เริ่มสลายไปซึ่งสาหร่ายโกพวกที่ลอยอิสระตามน้ำสลายไปมากที่สุด รองลงมาคือพวกที่เกาะติดหิน ส่วนพวกที่ถูกหุ้มด้วยตาข่ายในลอนพบว่าคลอโรพลาสต์สลายน้อยที่สุด

สัปดาห์ที่ 2 (วันที่ 8-14)

น้ำในบ่อมีสีเขียวเข้มขึ้นเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นเจริญมาก จึงได้ทำการถ่ายน้ำเก่าออกครึ่งหนึ่ง แล้วเติมน้ำใหม่ให้มีปริมาณเท่าเดิม เติม Soil water medium ในสัดส่วนที่เติมน้ำลงไป

การเปลี่ยนแปลงของสาหร่ายโกที่ทำการเลี้ยงทั้งสามแบบ เมื่อดูด้วยตาเปล่าพบว่าสียังคงเขียวปกติ แต่ เมื่อนำมาตรวจดูได้กล้อง พบว่าสาหร่ายโกที่เลี้ยงไว้ทั้งสามแบบคลอโรพลาสต์เริ่มสลายมากขึ้น เส้นสายเริ่มตาย โดยพวกที่ลอยตามน้ำพบว่าคลอโรพลาสต์สลายมากที่สุด ส่วนพวกที่ใช้ตาข่ายในลอนหุ้มสาหร่ายโกให้ติดกับก้อน หินคลอโรพลาสต์สลายน้อยที่สุด

สัปดาห์ที่ 3 (วันที่ 15-21)

น้ำมีสีเขียวเนื่องจากการเจริญของแพลงก์ตอนพืช จึงถ่ายน้ำออกครึ่งหนึ่งแล้วเติมน้ำอาหารลงไป ใน สัดส่วนที่เติมน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของสาหร่ายโกเมื่อดูด้วยตาเปล่าพบว่าพวกที่ลอยปกติตายหมด ส่วนพวกที่เกาะตาม หินพบว่ามีสีเขียวเล็กน้อย ส่วนพวกที่ถูกหุ้มด้วยตาข่ายในลอนสียังคงเขียวอยู่ เมื่อนำมาตรวจดูได้กล้องพบว่า

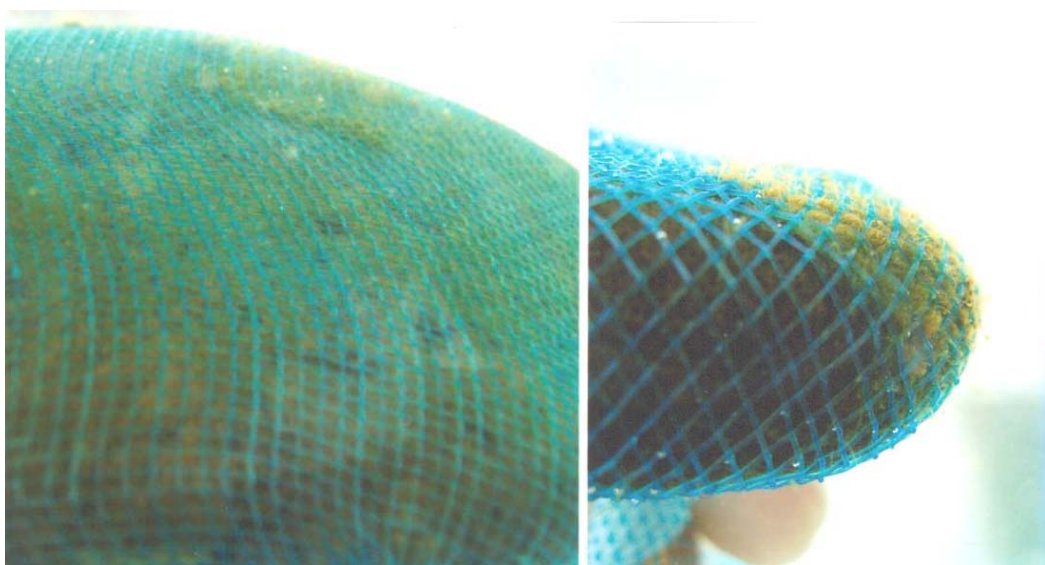
พวกที่เกาะอยู่บนหินคลอโรพลาสต์สลายไปแทบจะทุกเซลล์ พวกที่ถูกหุ้มด้วยตาข่ายไนลอน คลอโรพลาสต์สลายไปบ้างแต่ก็พบว่ายังมีอยู่และเส้นสายที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ยังมีปรากฏให้เห็น

สัปดาห์ที่ 4 (วันที่ 22-28)

ได้ทำการถ่ายเทน้ำออกครึ่งหนึ่งแล้วเติมน้ำใหม่ให้มีปริมาณเท่าเดิมส่วน แล้วเติมสารอาหาร Soil water medium ลงไปในสัดส่วนที่เติมน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของสาหร่ายไก่อื่อดูด้วยตาเปล่าพบว่าพวกที่เกาะตามหิน เส้นสายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมื่อนำมาตรวจดูใต้กล้องพบว่าคลอโรพลาสต์สลายไปหมด ส่วนพวกที่ถูกหุ้มด้วยตาข่ายไนลอนเริ่มมีเส้นสายงอกออกมาจนสังเกตเห็นได้ยาวประมาณ 1-2 มิลลิเมตร

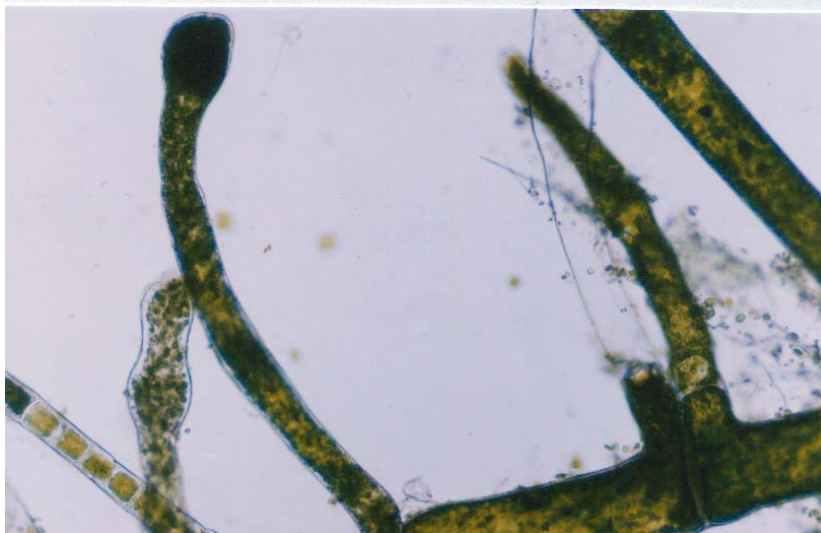
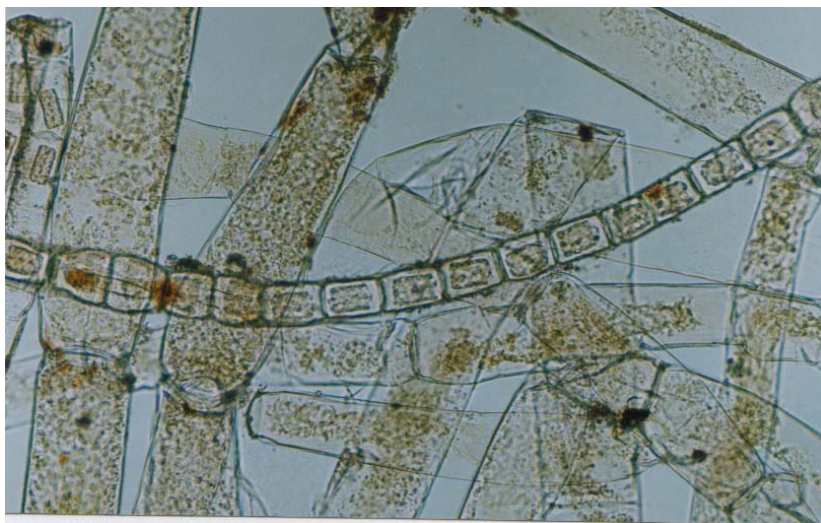
การเพาะเลี้ยงโดยใช้บ่อน้ำวนสามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อได้แต่ต้องนำสาหร่ายไก่อไปติดกับก้อนหินซึ่งจะใช้ตาข่ายไนลอนหุ้มเอาไว้ วิธีการนี้จะเจริญดีกว่าวิธีอื่น ๆ อาจเนื่องมาจากเมื่อสาหร่ายไก่อถูกยึดติดกับหินนั้นจะค่อย ๆ สร้างไฮลด์ฟาสต์ยึดเกาะกับก้อนหิน และลักษณะที่มีตาข่ายไนลอนหุ้มไว้นี้จะช่วยไม่ให้ทลัสส์สัมผัสกับน้ำที่ไหลตลอดเวลาซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งแวดล้อมใหม่ ถึงแม้สาหร่ายจะเคยเจริญในน้ำไหลก่อนที่จะนำมาทดลอง แต่การเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากลำน้ำนานมาเลี้ยงที่เชิงใหม่ใช้เวลาในการเดินทางนาน ถึงแม้จะพยายามเก็บตัวอย่างอย่างดี แต่สาหร่ายก็บอบช้ำไปบ้าง เมื่อมาสัมผัสกับน้ำไหลโดยตรงจึงอาจเกิดการช็อค จึงทำให้สาหร่ายที่เลี้ยงโดยวิธีห่อหุ้มด้วยตาข่ายกลับเจริญได้ดีกว่าที่ปล่อยไปตามธรรมชาติ



ภาพที่ 34 สาหร่ายไก่อที่ถูกหุ้มด้วยตาข่ายไนลอน

(ซ้าย) เมื่อเพาะเลี้ยง 1 สัปดาห์

(ขวา) เมื่อเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์จะมีเส้นสายงอกออกมาจากหิน



ภาพที่ 35 ลักษณะเส้นสายของสาหร่ายไถที่เพาะเลี้ยงในบ่อน้ำวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์
 (บน) สาหร่ายไถที่เกาะก้อนหิน คลอโรพลาสต์บางส่วนยังติดอยู่
 (กลาง) สาหร่ายที่ลอยตามกระแสน้ำ คลอโรพลาสต์สลายไปเกือบหมด
 (ล่าง) สาหร่ายไถที่หุ้มด้วยตาข่ายไนลอน ยังมีคลอโรพลาสต์เห็นชัด

2. การเพาะเลี้ยงแบบกระตุ้นให้สร้างซูโอสปอร์

จากการที่ได้นำสาหร่ายไถไปทำการกระตุ้นให้เกิดการสร้างซูโอสปอร์จากนั้นนำไปเลี้ยงในบ่อน้ำวน โดยใช้สูตรอาหาร AARL-CMU1 โดยมีก้อนหินวางที่พื้นบ่อ จากการสังเกตผลการทดลองในระยะเวลา 7 เดือน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 86 ภาพที่ 36

ตารางที่ 86 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถในภาศสนาแบบกระตุ้นให้สร้างซูโอสปอร์ ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สัปดาห์ที่		ความหนาแน่น ของสาหร่ายไถ (%)	ความยาวของเส้นสาย ของสาหร่ายไถ (เซนติเมตร)	การสังเกตการเจริญด้วยตาเปล่า
เม.ย. 47	2	20	0.2 ± 0.1	เริ่มเห็นการงอกของสาหร่ายไถเป็นเส้นเล็กๆ บน ก้อนหิน
	4	30	0.3 ± 0.1	
พ.ค. 47	6	35	0.5 ± 0.1	สาหร่ายมีความยาวเพิ่มขึ้น เริ่มสังเกตเห็นความ แตกต่างของสาหร่ายไถทั้งสองชนิด โดย <i>Microspora</i> spp. จะเป็นเส้นสายเล็กๆ ไม่แตก แขนง แตกต่างจาก <i>Cladophora</i> spp. ที่เป็นเส้น สายหยาบ มีการแตกแขนง
	8	38	0.7 ± 0.1	
มิ.ย. 47	10	40	1.0 ± 0.2	มีการขาดหลุดของสาหร่ายไถ <i>Microspora</i> spp. และไปเกาะติดกับตาข่ายในลอนที่หุ้มก้อนหินบาง ก้อนไว้ แล้วเส้นสายมีความยาวขึ้น ส่วนสาหร่ายไถ <i>Cladophora</i> spp. ไม่มีการเจริญเพิ่มขึ้น
	12	40	1.0 ± 0.2	
ก.ค. 47	14	40	1.1 ± 0.3	
	16	38	1.1 ± 0.3	
ส.ค. 47	18	37	3.0 ± 1.2	สาหร่ายไถ <i>Microspora</i> spp. เส้นสายมีความยาว ขึ้นอย่างชัดเจน สาหร่ายบางส่วนมีเส้นสายยาวกว่า 30 เซนติเมตร
	20	30	5.2 ± 1.1	
ก.ย. 47	22	33	8.1 ± 2.3	
	24	35	12.5 ± 3.6	
ต.ค. 47	26	33	18.2 ± 3.4	
	28	35	24.8 ± 4.2	
พ.ย. 47	30	35	23.2 ± 1.2	สาหร่ายไถ <i>Microspora</i> spp. เจริญช้าลง มีบางส่วนเริ่มตาย
	32	33	22.8 ± 0.5	
ธ.ค. 47	30	30	22.2 ± 0.4	สาหร่ายไถ <i>Microspora</i> spp. ส่วนใหญ่เริ่มตายลง มีเส้นสายใหม่เริ่มเจริญขึ้นจากก้อนหิน
	32	30	21.8 ± 0.3	

ในช่วงเวลาทำการเพาะเลี้ยงพบว่าเมื่อผ่านไปสองสัปดาห์แรกก็สังเกตเห็นการเจริญขึ้นในบ่อเพาะเลี้ยง ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายอาหารเพาะเลี้ยงเป็นประจำ ทำให้น้ำมีความใส สาหร่ายได้รับแสงมากขึ้น แต่กลับพบว่าสาหร่ายไถบางส่วนตาย จึงอาจทำให้การเจริญของสาหร่ายไถไม่เพิ่มขึ้นมากเท่าที่ควร

ในเดือนที่ 1 (เมษายน 2547) พบว่าสาหร่ายไถ *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. มีการยึดเกาะกับก้อนหินและมีการงอกออกมาเล็กน้อย ยังไม่สามารถจำแนกสาหร่ายทั้งสองชนิดจากการมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เนื่องจากเส้นสายมีขนาดเล็กมาก

ในเดือนที่ 2 (พฤษภาคม 2547) พบว่าสาหร่ายไถ *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. มีความยาวใกล้เคียงกัน คือประมาณ 1 เซนติเมตร สามารถจำแนกสาหร่ายทั้งสองชนิดจากการมองเห็นด้วยตาเปล่า

นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่าสาหร่าย *Microspora* spp. บางส่วนเกิดการขาดหลุดเป็นท่อนๆ ในระหว่างที่ทำการถ่ายอาหารเลี้ยงเชื้อเก่า และเติมอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ และสาหร่ายที่ขาดหลุดเหล่านี้ได้ลอยไปติดกับก้อนหินที่มีตาข่ายในลอนหุ้มไว้ ซึ่งเป็นก้อนหินที่เคยใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกลบ่อน้ำวนในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 แต่ไม่ประสบความสำเร็จ และยังคงวางไว้ที่พื้นบ่อน้ำวน เส้นสายของสาหร่ายไกล *Microspora* spp. ที่เกิดการขาดหลุดไป และได้งอกเป็นกระจุกติดกับตาข่ายในลอนที่หุ้มก้อนหิน ไม่ได้งอกโดยตรงจากพื้นที่ผิวบนก้อนหิน ทำให้ยากต่อการวัดความยาว และรายงานผล

ในเดือนที่ 3 (มิถุนายน 2547) พบว่าสาหร่ายไกล *Cladophora* spp. มีการเจริญบนก้อนหินหนาแน่นขึ้น แต่มีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่สาหร่ายไกล *Microspora* spp. ที่เกิดการขาดหลุดและไปเกาะกับก้อนหินที่มีตาข่ายในลอนหุ้มไว้ มีการงอกของเส้นสายเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ในช่วงเดือนที่ 4 (กรกฎาคม 2547) การเจริญของสาหร่ายคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากในช่วงเดือนนี้เป็นฤดูฝน และมีฝนตกหนักต่อเนื่องอยู่เสมอ ทำให้ปริมาณแสงในช่วงวันสั้น การเจริญของสาหร่ายไกล *Cladophora* spp. หยุดชะงักลง แต่สาหร่ายไกล *Microspora* spp. มีการเจริญเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

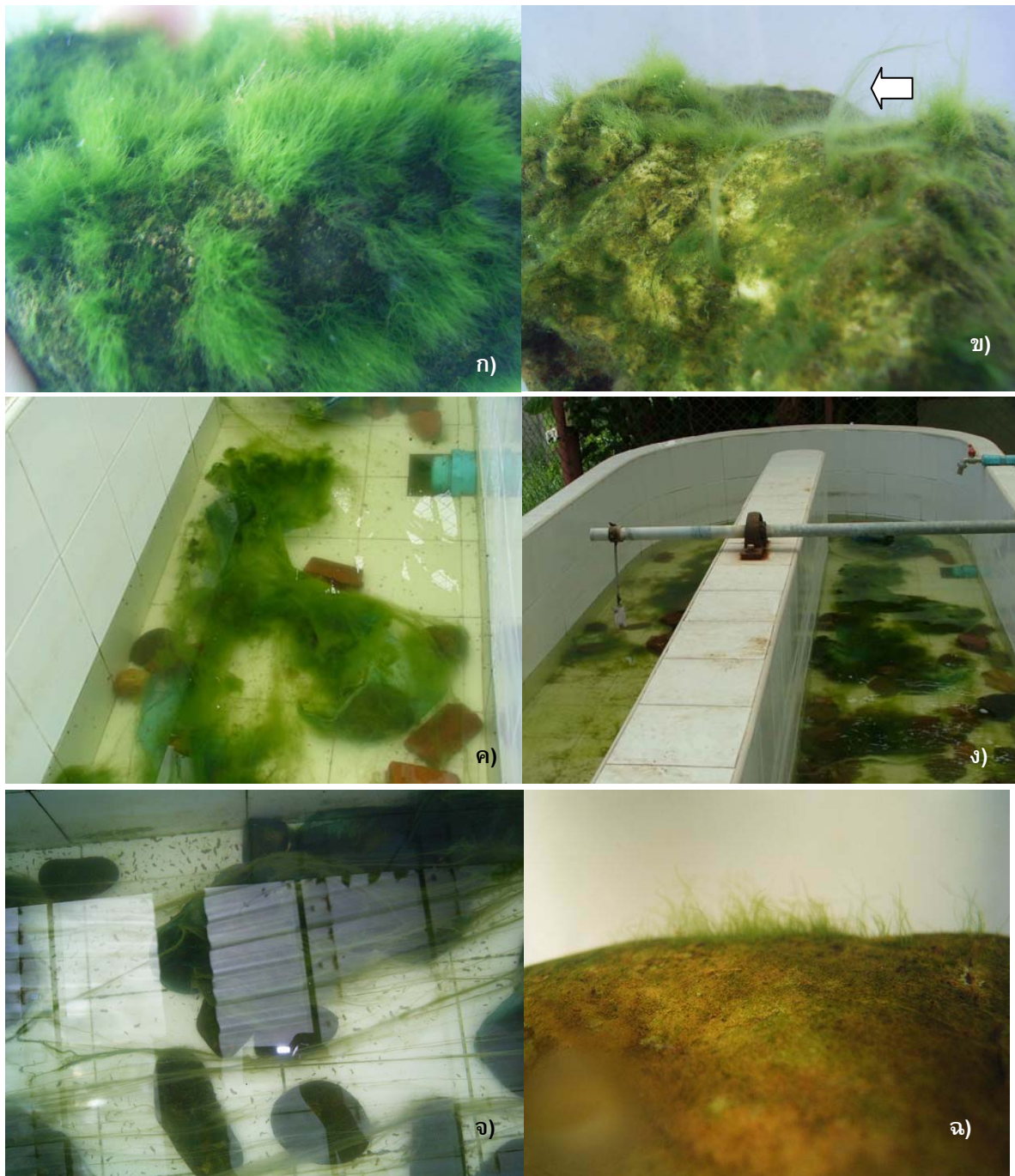
ในช่วงเดือนที่ 5-6 (สิงหาคมถึงกันยายน 2547) ฝนเริ่มตกทั้งช่วง ปริมาณแสงในช่วงกลางวันเริ่มเข้าสู่ภาวะปกติ สาหร่ายไกล *Microspora* spp. มีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จนถึงปลายเดือนกันยายนเข้าสู่เดือนตุลาคม (เดือนที่ 7) อุณหภูมิน้ำ และอุณหภูมิอากาศลดลง สาหร่ายไกล *Microspora* spp. มีความยาวกว่า 30 เซนติเมตร และความยาวของเส้นสายเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งเข้าสู่เดือนที่ 8 และเดือนที่ 9 (พฤศจิกายนถึงธันวาคม 2547) สาหร่ายส่วนใหญ่เริ่มตายลง แต่ก็ยังพบว่ามีเส้นสายสาหร่ายไกล *Microspora* spp. เส้นสั้นๆ งอกจากก้อนหินที่วางเรียงไว้ที่พื้นบ่อเพาะเลี้ยง และสังเกตได้ว่าเส้นสายมีการเจริญอย่างช้าๆ เหมือนในช่วงเดือนที่ 1-3 ของการทดลอง คล้ายกับการเริ่มวงจรชีวิตใหม่ โดยเส้นสายเดิมสร้างซูโอสปอร์ หรือไซโกสปอร์ แล้วงอกเป็นเส้นสายใหม่

4.2.3.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกลในบ่อเพาะเลี้ยง ณ ลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน

จากแนวความคิดที่ว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกลเป็นงานวิจัยที่มีความสำคัญมาก สำหรับโครงการวิจัยเรื่องนี้ และสมควรที่จะนำองค์ความรู้ดังกล่าวนี้ถ่ายทอดให้กับชุมชนริมลำน้ำน่านที่มีอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากสาหร่ายไกล คณะผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการสร้างบ่อเพาะเลี้ยงแบบน้ำวนเพื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกลบริเวณริมลำน้ำน่านไปยัง สกว. ซึ่งได้สร้างขึ้นที่โรงเรียนบ้านหนองบัว โดยผู้อำนวยการโรงเรียนอนุมัติให้สร้างขึ้นในเวลาต่อมา

ลักษณะของบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไกล (ภาพที่ 37) มีรายละเอียด ดังนี้

1. พัฒนาจากบ่อเพาะเลี้ยงต้นแบบที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นบ่อน้ำวนที่มีความยาว 3 เมตร กว้าง 1 เมตร สูง 0.6 เมตร มีความจุประมาณ 2,200 ลิตร มุมทั้งสี่โค้งเพื่อให้กระแสไหลเวียนไปได้โดยไม่ปะทะกับมุมของบ่อ
2. ภายในบ่อมีใบพัดติดกับมอเตอร์ เพื่อให้น้ำไหลเวียน สามารถควบคุมความเร็วกระแสได้
3. หลังคาเป็นกระเบื้องใส เพื่อรับแสง และป้องกันน้ำฝนซึ่งจะทำให้องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีในบ่อเพาะเลี้ยงเปลี่ยนแปลงไป
4. มีท่อน้ำเข้าซึ่งสูบน้ำมาจากลำน้ำน่านเข้าสู่บ่อเพาะเลี้ยง
5. มีท่อระบายน้ำออกจากบ่อเพาะเลี้ยง
6. มีจำนวน 3 บ่อ เพื่อสามารถทำการทดลองซ้ำในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 36 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ในภาคสนาม ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ก) สาหร่ายไถ่ *Cladophora* spp.

ข) สาหร่ายไถ่ *Microspora* spp. (สรชี) และ *Cladophora* spp.

ค), ง) สาหร่ายไถ่ที่เจริญในบ่อน้ำวน ในเดือนที่ 6 มีเส้นสายยาวกว่า 30 เซนติเมตร

จ) สาหร่ายไถ่ *Microspora* spp. บางส่วนเริ่มตายลง

ฉ) เส้นสายสาหร่ายไถ่ *Microspora* spp. ที่ออกมาใหม่เมื่อบางส่วนตายลง



ภาพที่ 37 บ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค ณ โรงเรียนบ้านหนองบัว ตำบลท่าวังผา อำเภوتاวังผา จังหวัดน่าน

วิธีการเพาะเลี้ยง

บ่อที่ 1 นำก้อนหินขนาด $6 \times 6 \pm 2$ ซม. ซึ่งเป็นก้อนหินที่มาจากโรงโม่หินและไม่มีสารเคมีของสาหร่ายไคมาเรียงไว้ที่พื้นบ่อ จากนั้นได้ทำการสูบน้ำจากแม่น้ำน่านซึ่งคาดว่าจะมีสปอร์ของสาหร่ายไคลอยมา พักน้ำไว้ในบ่อเพาะเลี้ยงประมาณ 2 วันเพื่อให้สปอร์ของสาหร่ายไคได้เกาะติดอยู่บนก้อนหินแล้วจึงปล่อยน้ำทิ้ง ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยคาดว่าจะได้จำนวนสปอร์ของสาหร่ายไคมากพอ แล้วจึงปล่อยให้สปอร์งอกโดยเปิดใบพัดให้น้ำวนในบ่อเพาะเลี้ยง น้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงใช้น้ำจากแม่น้ำน่านโดยตรง

บ่อที่ 2 นำก้อนหินจากแม่น้ำน่านที่มีสาหร่ายไคเจริญยาวประมาณ 12 ± 2 เซนติเมตร ขึ้นมาเรียงไว้ที่พื้นบ่อ แล้วปล่อยให้เจริญตามธรรมชาติโดยใช้น้ำจากแม่น้ำน่าน โดยไม่เติมสารอาหารใดๆ เพิ่มเติม เปลี่ยนน้ำในกรณีที่น้ำขุ่นและเติมน้ำในกรณีที่น้ำแห้ง โดยเฉลี่ย 7 วันต่อครั้ง

บ่อที่ 3 นำก้อนหินจากแม่น้ำน่านที่มีสาหร่ายไคเจริญตัดให้เหลือความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เพื่อให้ศึกษาความยาวที่อาจงอกออกมาได้ชัดเจนแล้วนำมาเรียงไว้ที่พื้นบ่อ จากนั้นปล่อยให้เจริญในบ่อน้ำวน โดยเปลี่ยนน้ำเมื่อน้ำขุ่น และเติมน้ำเมื่อน้ำแห้ง

ปล่อยให้เจริญตามธรรมชาติ บันทึกผลการเจริญทุก 7 วัน ความเข้มแสงอยู่ในช่วง $10,000 \pm 2,000$ lux ในเวลากลางวัน อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 25.0 ± 5.0 °C ความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 7 ± 1.0 อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 27.0 ± 3.0 °C ในเวลากลางวัน

ผลการทดลอง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อเพาะเลี้ยงที่ลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน

เนื่องจากการสร้างบ่อสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในลำน้ำน่านได้แล้วเสร็จในราวปลายเดือนเมษายน จึงได้เริ่มต้นทำการทดลองในเดือนพฤษภาคม คณะวิจัยจึงได้ผลการวิจัยเพียงส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าระยะเวลาการวิจัยตามโครงการจะสิ้นสุดลง แต่คณะวิจัยยังมีความตั้งใจที่จะติดตามผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคในบ่อเพาะเลี้ยงที่ลำน้ำน่านต่อไปจนกว่าจะได้ผลการวิจัยที่เป็นที่น่าพอใจ ผลการวิจัยในช่วงเวลาที่ผ่านมาแสดงในตารางที่ 87 ภาพที่ 38

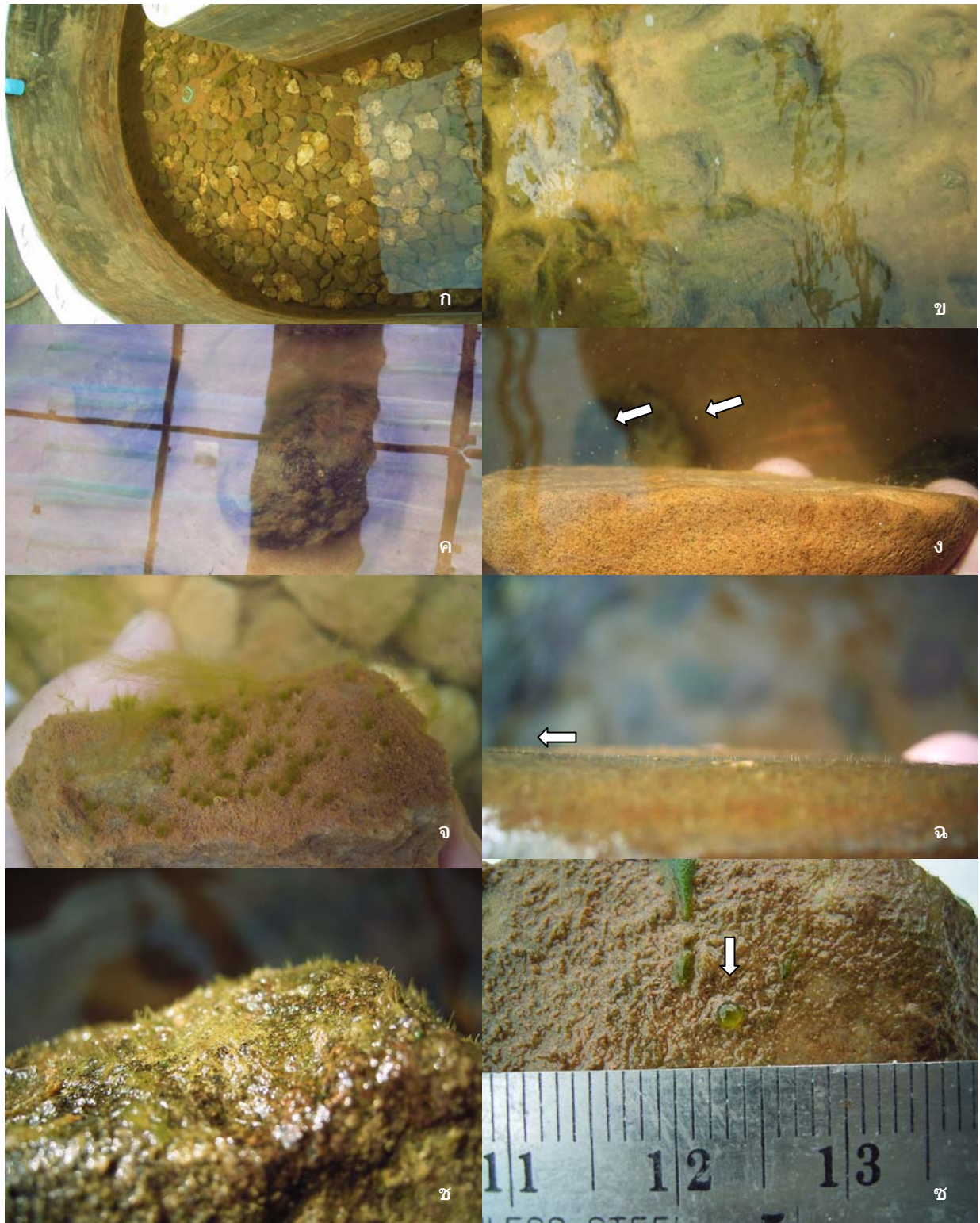
ตารางที่ 87 ผลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ในบ่อเพาะเลี้ยงที่ลำน้ำน่าน จังหวัดน่าน

สัปดาห์ที่	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3
พ.ค. 48			
2	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	สีของสาหร่ายเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 2 ของการวิจัย	สีของสาหร่ายเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 2 ของการวิจัย
4	สาหร่ายมีการออกเป็นเส้นสายสั้นๆ	เส้นสายของสาหร่ายไถ่ส่วนใหญ่มีสีเหลือง และเริ่มมีการหลุดเป็นท่อนสั้นๆ แต่ส่วนใหญ่ยังเป็นเส้นสายยาว	สาหร่ายไถ่ส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง เส้นสายเริ่มขาดหลุดจากก้อนหิน
มิ.ย. 48			
6	เริ่มสังเกตเห็นเส้นสายของสาหร่ายไถ่ที่ออกมาได้แต่ยังไม่ชัดเจนนัก	สาหร่ายหลุดจากก้อนหินและตกตะกอนที่พื้นบ่อ	สาหร่ายหลุดจากก้อนหินและตกตะกอนที่พื้นบ่อ
8	ที่ก้อนหินพบเส้นสายสาหร่ายไถ่ยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ส่วนก้อนหินบางก้อนโดยเฉพาะบริเวณขอบบ่อมีสาหร่ายเจริญยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร เมื่อนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าเป็นสาหร่ายจีนัส <i>Draparnaldia</i> sp.	เส้นสายส่วนใหญ่ของสาหร่ายหลุดลอย และตกตะกอนที่พื้นบ่อ	เส้นสายส่วนใหญ่ของสาหร่ายหลุดลอย และตกตะกอนที่พื้นบ่อ
ก.ค. 48			
10	สาหร่ายไถ่ไม่มีการเจริญเพิ่มขึ้น และพบ	สาหร่ายไถ่ตายและเริ่มสังเกตเห็น	ก้อนหินบางส่วนมีการงอกใหม่ของ
12	การเจริญของสาหร่ายลอย <i>Nostochopsis</i> sp.	ก้อนหินบางส่วนมีสาหร่ายไถ่งอกขึ้นมาใหม่	สาหร่ายไถ่เป็นเส้นสายสั้นๆ ยาวประมาณ 4-5 มิลลิเมตร
ส.ค.-ก.ย. 48			
13-20	เนื่องจากมีฝนตกหนักในช่วงกลางเดือนสิงหาคม จนถึงกันยายน บ่อเพาะเลี้ยงถูกน้ำท่วม ทำให้ไม่สามารถบันทึกผลการทดลองได้ จึงต้องหยุดการวิจัยชั่วคราว		
ต.ค. 48			
22	ถ่ายน้ำออก โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายก้อนหินเดิม จากนั้นทำการสูบน้ำจากแม่น้ำน่านเข้าสู่บ่อเพาะเลี้ยงทั้ง 3 บ่อ		
24	มีการเจริญของแพลงก์ตอนพืชเล็กน้อย	สังเกตเห็นก้อนหินบางส่วนมีสาหร่ายไถ่งอกขึ้นมาใหม่	
พ.ย. 48			
26	ไม่มีการเจริญของสาหร่ายไถ่	สาหร่ายไถ่มีความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร	
28		สาหร่ายไถ่มีความยาวประมาณ 8-10 เซนติเมตร	

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนามพบว่า การเลี้ยงในภาคสนามประสบความสำเร็จดีกว่า ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากระบบนิเวศในบ่อเลี้ยงสาหร่ายในภาคสนามมีขนาดใหญ่กว่าโหลแก้วที่ใช้เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ จึงไม่ไว (sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพเท่าในโหลแก้ว หรืออาจจะพูดได้ว่าบ่อเลี้ยงสาหร่ายที่มีขนาดใหญ่มีความคล้ายคลึงสภาพธรรมชาติมากกว่าโหลแก้ว

ในด้านสูตรอาหาร พบว่าน้ำจากลำน้ำน่านเพียงอย่างเดียวก็มีสารอาหารพอจะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ได้ เนื่องจากมีสารอาหารรวมถึง trace elements ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญของสาหร่ายไถ่อยู่พอเพียง แต่ถ้าจะให้สาหร่ายโตเร็วยิ่งขึ้นควรเติมสารอาหารราคาถูก เช่น สูตร AARL-CMU1 ลงไปเพียง 1 ใน 10 ของสูตรก็จะเร่งให้สาหร่ายเจริญได้เร็วขึ้น แต่ถ้าเป็นสาหร่ายไถ่ที่เจริญในลำน้ำอื่นก็มีแนวโน้มสามารถนำน้ำจากลำน้ำนั้นมาเลี้ยงได้เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 38 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกในบ่อเพาะเลี้ยงที่ลำนานาน

- | | |
|---|---|
| ก) บ่อเพาะเลี้ยงที่ 1 | ข) สาหร่ายไวกที่เส้นสายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในบ่อเพาะเลี้ยงที่ 2 |
| ค) สาหร่ายไวกที่เส้นสายเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในบ่อเพาะเลี้ยงที่ 3 | ง) สาหร่ายที่หลุดลอยจากก้อนหิน (ศรีษี) |
| จ) สาหร่าย <i>Draparnaldia</i> sp. ที่งอกในบ่อเพาะเลี้ยง | ฉ) สาหร่ายไวกที่เจริญในบ่อเพาะเลี้ยงที่ 2 |
| ช) สาหร่ายไวกที่เจริญในบ่อเพาะเลี้ยงที่ 3 | ซ) สาหร่ายลอนที่เจริญในบ่อเพาะเลี้ยงที่ 1 |

สำหรับก้อนหินที่เป็นสิ่งยึดเกาะ ซึ่งซูโอสปอร์หรือไซโกสปอร์จะยึดเกาะอยู่นั้น ถ้าเป็นก้อนหินจากแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายไคเจริเนียมอยู่แล้วย่อมมีโอกาสที่ซูโอสปอร์และไซโกสปอร์จะสามารถงอกออกมาได้เร็ว เมื่อนำมาเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยง แต่ถ้าจะใช้ก้อนหินจากที่อื่นซึ่งไม่มีเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายเหล่านี้เจือปนอยู่ก็สามารถใช้เป็นสิ่งยึดเกาะได้ โดยการใส่ลงในบ่อเพาะเลี้ยงแล้ว เมื่อระบายน้ำจากแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายไคเจริเนียมอยู่ลงมา สปอร์ของสาหร่ายไคที่ปะปนมากับน้ำจากลำน้ำนั้นก็ยึดเกาะกับก้อนหินแล้วงอกเส้นสายออกมาใหม่แต่ต้องใช้เวลาานกว่าก้อนหินที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้นอยู่แล้ว

สาหร่ายไคซึ่งมีอยู่ 2 จินส์คือ *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. พบว่าการเพาะเลี้ยง *Microspora* spp. ประสบความสำเร็จมากกว่า *Cladophora* spp. อาจจะเป็นเพราะว่า *Microspora* spp. เป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนงในขณะที่ *Cladophora* spp. เป็นเส้นสายที่แตกแขนงจึงใช้เวลานานกว่าในการแตกแขนงและเพิ่มจำนวนเซลล์เพื่อให้เส้นสายยืดยาวออกไป ในขณะที่ *Microspora* spp. ไม่ต้องใช้เวลาในการแตกแขนง เพียงแต่แบ่งเซลล์เพื่อให้เส้นสายยืดยาวออกไปเท่านั้น เราจึงพบว่าแม้ในธรรมชาติเอง สาหร่ายไคก็ประกอบไปด้วย *Microspora* spp. มากกว่า *Cladophora* spp. ราว 2 ใน 3 ส่วน

4.2.3.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคและสาหร่ายลอนเพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดให้เป็นการถาวร

งานส่วนนี้เป็นงานที่เพิ่มเติมจากโครงร่างเดิม เนื่องจากทางสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มีความต้องการให้คณะวิจัยพยายามเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายไคและสาหร่ายลอนไว้เป็นการถาวร เพื่ออาจนำไปใช้ในโอกาสข้างหน้า ถ้าเกิดปรากฏการณ์ที่ทำให้สาหร่ายเหล่านี้สูญพันธุ์ไปจากประเทศไทย หรืออาจนำไปศึกษาชีวโมเลกุล หรือศาสตร์ด้านอื่นๆที่จำเป็นต้องใช้สาหร่ายที่มีความบริสุทธิ์สูง

สูตรอาหาร การศึกษาครั้งนี้ สำหรับสาหร่ายไคใช้อาหาร 4 สูตร (ภาคผนวก) ได้แก่ สูตรอาหาร JM, BG-11, C และ CB

ส่วนสาหร่ายลอนจะใช้อาหารเพียงชนิดเดียวคือ BG-11 เนื่องจากเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคและลอนเพื่อเก็บสารพันธุกรรม มีวิธีการที่แตกต่างกันดังนี้คือ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคครั้งนี้จะแยกเลี้ยงระหว่าง *Cladophora glomerata* Kützinger และ *Microspora* sp. เนื่องจากเป็นการทดลองในลักษณะ microenvironment จึงสามารถแยกเส้นสายของสาหร่ายทั้ง 2 จินส์ได้

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค

วิธีการ

เตรียมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายไค 4 สูตร โดยเตรียมอาหารที่ความเข้มข้นต่างๆ ทั้งในอาหารเหลวและอาหารกึ่งแข็ง

การเตรียมอาหารเหลว

เตรียมอาหารทั้ง 4 สูตรให้มีความเข้มข้นเป็น 3 dilution ดังนี้

	อาหารสูตร JM, BG-11, C และ CB	น้ำกลั่น
Dilution 1 (เต็มสูตร)	100%	-
Dilution 2 (0.5 เท่า)	50%	50%
Dilution 3 (0.25 เท่า)	25%	75%

จากนั้นใส่อาหารแต่ละ dilution ลงในขวดฝาเกลียวขนาด 30 ml ปริมาตรขวดละ 10 ml ในแต่ละ dilution เตรียมการทดลอง 10 ข้าง นำไปนิ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 1.5 ปอนด์ อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการทดลองต่อดังนี้

1. นำสาหร่ายไคแช่ใน 10 % ethyl alcohol เป็นเวลา 1 นาทีแล้วล้างน้ำกลั่นหลายๆครั้ง เพื่อฆ่าเชื้อและสิ่งสกปรกที่ติดมากับเส้นสาหร่าย (ในขั้นตอนนี้จะทำในตู้ laminar flow)

2. นำสาหร่ายไวก 1 เส้น ใส่ลงไปในเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร ที่ dilution ที่ 1, 2 และ 3 รวม 12 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ข้ว ปิดฝาขวดให้แน่น และวัดความยาวของเส้นสาหร่ายไวก ทำการจดบันทึก (ในขั้นตอนนี้จะทำในตู้ laminar flow)

3. นำไปวางบนเครื่องเขย่า ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 °C แสงจากหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ 10 ชั่วโมงต่อวัน ให้เหมือนกับอยู่ในสภาพธรรมชาติ ทำการเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยบันทึกผลทุกสัปดาห์

การบันทึกผล

บันทึกการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสาหร่ายไวก โดยดูการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และการชั่งน้ำหนักแห้งของสาหร่ายไวก

การเตรียมอาหารแข็ง

เตรียมอาหารทั้ง 4 สูตรให้มีความเข้มข้นเป็น 3 dilution เหมือนกับเตรียมอาหารเหลว จากนั้นเติมวุ้น(agar) 7 % ลงในอาหารทั้ง 4 สูตร นำไปต้มจนวุ้นใส เทลงในขวดขนาด 4 ออนซ์ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 1.5 ปอนด์ อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที ในแต่ละ dilution จะเตรียมการทดลอง 10 ข้ว จากนั้นทำการทดลองดังนี้ (กิตติศักดิ์, 2546)

1. นำสาหร่ายไวกแช่ใน 10% ethyl alcohol เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างน้ำกลั่นหลายๆครั้ง เพื่อฆ่าเชื้อและสิ่งสกปรกที่ติดมากับเส้นสาหร่ายออกให้หมด (ในขั้นตอนนี้จะทำในตู้ laminar flow)

2. นำสาหร่ายไวก 1 เส้น วางใส่ลงไปในเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร ที่ dilution ที่ 1, 2 และ 3 รวม 12 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ข้ว ปิดฝาขวดให้แน่น และวัดความยาวของเส้นสาหร่ายไวก ทำการจดบันทึก (ในขั้นตอนนี้จะทำในตู้ laminar flow)

3. เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 °C นำไปวางบนชั้นที่มีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ 10 ชั่วโมงต่อวัน ทำการเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยบันทึกผลทุกสัปดาห์

การบันทึกผล

บันทึกการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสาหร่ายไวก โดยดูการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และการชั่งน้ำหนักแห้งของสาหร่ายไวก

2. วิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอน

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอนโดยใช้อาหารเหลวและอาหารกึ่งแข็ง BG-11 ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 1, 0.5 และ 0.25 เท่า

	อาหารสูตร BG-11	น้ำกลั่น
Dilution 1 (เต็มสูตร)	100%	-
Dilution 2 (0.5 เท่า)	50%	50%
Dilution 3 (0.25 เท่า)	25%	75%

จากนั้นใส่อาหารแต่ละ dilution ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 30 ml ปริมาตรขวดละ 50 ml ในแต่ละ dilution เตรียมการทดลอง 10 ข้ว นำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ 1.5 ปอนด์ อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการทดลองต่อไปนี้

1. นำสาหร่ายลอนแช่ใน 10 % ethyl alcohol เป็นเวลา 1 นาทีแล้วล้างน้ำกลั่นหลายๆครั้ง เพื่อฆ่าเชื้อและสิ่งสกปรกที่ติดมากับ สาหร่าย (ในขั้นตอนนี้จะทำในตู้ laminar flow)

2. นำสาหร่ายลอนประมาณ 0.1 กรัม ใส่ลงไปในเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร ที่ dilution ที่ 1, 2 และ 3 รวม 3 ชุด การทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ข้ำ ปิดฝาขวดให้แน่น

3. นำไปวางบนเครื่องเขย่า ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 °C แสงจากหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ 10 ชั่วโมงต่อวัน ให้เหมือนกับอยู่ในสภาพธรรมชาติ ทำการเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยบันทึกผลทุกสัปดาห์

วัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายลอนโดยการชั่งน้ำหนัก

การบันทึกผล

บันทึกการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสาหร่ายลอน โดยดูการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และการชั่งน้ำหนักแห้งของสาหร่ายลอน ทุก 2 สัปดาห์ โดยนำสาหร่ายลอนอบในตู้อุณหภูมิประมาณ 50 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การเตรียมอาหารแข็ง

เตรียมอาหารทั้ง 4 สูตรให้มีความเข้มข้นเป็น 3 dilution เหมือนกับเตรียมอาหารเหลว

จากนั้นเติมวัน 7 % ลงในอาหารทั้ง 4 สูตร นำไปต้มจนวันใส เทลงในขวดขนาด 4 ออนซ์ นำไปนิ่งฆ่าเชื้อในหม้อน้ำความดันไอน้ำ 1.5 ปอนด์ อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที ในแต่ละ dilution จะเตรียมการทดลอง 10 ข้ำ จากนั้นทำการทดลองดังนี้ (กิตติศักดิ์, 2546)

1. นำสาหร่ายลอนแช่ใน 10% ethyl alcohol เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างน้ำกลั่นหลายๆครั้ง เพื่อฆ่าเชื้อและสิ่งสกปรกที่ติดมากับเส้นสาหร่ายออกให้หมด (ในขั้นตอนนี้จะทำในตู้ laminar flow)

2. นำสาหร่ายลอนประมาณ 0.1 กรัมวางใส่ลงไปในเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร ที่ dilution ที่ 1, 2 และ 3 รวม 12 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ข้ำ ปิดฝาขวดให้แน่น

3. เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 °C นำไปวางบนชั้นที่มีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ 10 ชั่วโมงต่อวัน ทำการเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยบันทึกผลทุกสัปดาห์

การบันทึกผล

บันทึกการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสาหร่ายลอน โดยดูการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และการชั่งน้ำหนักแห้งของสาหร่ายลอน ทุก 2 สัปดาห์ โดยอบในตู้อุณหภูมิประมาณ 50 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ผลการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อ

1.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในอาหารเหลว

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไก่อในอาหารเหลวแล้วทำการวัดความยาวทุก 1 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ การเจริญของสาหร่ายไก่อไม่ค่อยดีนัก ต้องทำการลงเชื้อสาหร่ายใหม่ทุกสัปดาห์เนื่องจากสาหร่ายเกิดการตายขึ้น อันอาจมีสาเหตุมาจากสภาวะที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากออกซิเจนไม่เพียงพอเพราะขวดมีขนาดเล็กเกินไป และสาหร่ายไก่อต้องการสิ่งยึดเกาะ แต่ในอาหารเหลวนี้อาจไม่มีสิ่งยึดเกาะ ดังนั้นการเลี้ยงในสภาพที่ให้อาหารเหลวในขวดขนาดเล็กนี้จึงไม่ประสบความสำเร็จ

1.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อในอาหารแข็ง

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไก่อในอาหารแข็ง พบว่าสามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อได้ 2 สปีชีส์ คือ *Cladophora glomerata* และ *Microspora* sp. พบว่า *Cladophora glomerata* สามารถเจริญได้ดีในอาหารแข็ง สูตร JM ความเข้มข้น 0.5 เท่าได้ดีกว่าอาหารแข็งสูตรอื่นๆ ส่วน *Microspora* sp. สามารถเจริญได้ดีในอาหาร

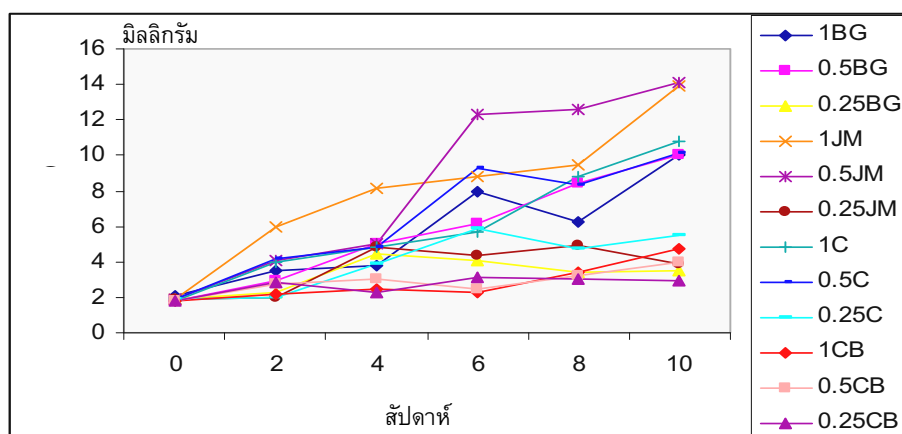
เชื้อสูตร JM ความเข้มข้น 0.5 เท่าได้ดีกว่าอาหารเชื้อสูตรอื่นๆ เปรียบเทียบโดยการชั่งน้ำหนักแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 88 – 89 ภาพที่ 39 และ 40

ตารางที่ 88 การเจริญของสาหร่ายไก่อ *Cladophora glomerata* ในอาหารแข็งความเข้มข้นต่างๆ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)

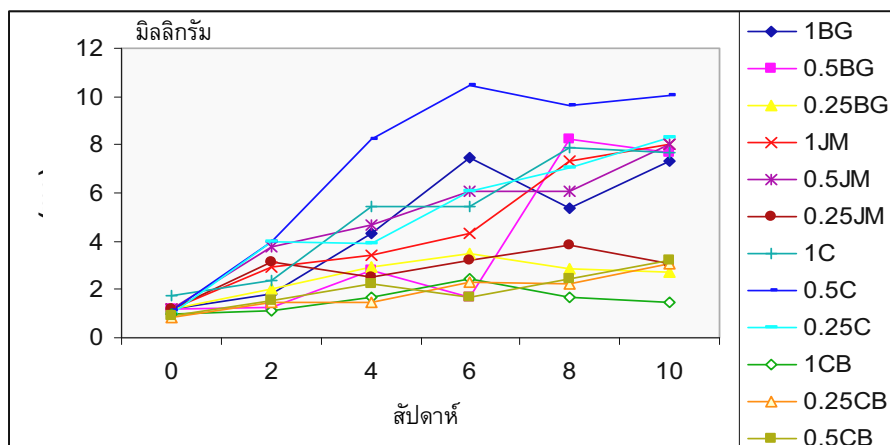
สัปดาห์ที่	สูตรอาหาร											
	BG ความเข้มข้น (เท่า)			JM ความเข้มข้น (เท่า)			C ความเข้มข้น (เท่า)			CB ความเข้มข้น (เท่า)		
	1	0.5	0.25	1	0.5	0.25	1	0.5	0.25	1	0.5	0.25
0	2.05	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8
2	3.55	2.9	2.3	6	4.05	2	4	4.15	1.95	2.2	2.7	2.8
4	3.75	5.05	4.45	8.1	5	4.8	4.8	4.8	3.9	2.45	3	2.25
6	7.91	6.15	4.05	8.8	12.3	4.4	5.65	9.25	5.9	2.25	2.45	3.1
8	6.25	8.45	3.45	9.45	12.6	4.9	8.85	8.3	4.7	3.45	3.25	3
10	10	10	3.55	13.95	14.15	3.9	10.8	10.15	5.5	4.75	4	2.9

ตารางที่ 89 การเจริญของสาหร่ายไก่อ *Microspora* sp. ในอาหารแข็งความเข้มข้นต่างๆ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)

สูตรอาหาร	BG ความเข้มข้น (เท่า)			JM ความเข้มข้น (เท่า)			C ความเข้มข้น (เท่า)			CB ความเข้มข้น (เท่า)		
	1	0.5	0.25	1	0.5	0.25	1	0.5	0.25	1	0.5	0.25
0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.75	1.15	1	1	0.9	0.805
2	1.8	1.25	2	2.9	3.75	3.15	2.4	3.95	4	1.1	1.55	1.5
4	4.3	2.8	2.95	3.45	4.65	2.5	5.41	8.2	3.9	1.65	2.2	1.45
6	7.5	1.65	3.5	4.3	6.05	3.2	5.42	10.45	6.1	2.45	1.65	2.3
8	5.35	8.25	2.85	7.3	6.05	3.85	7.85	9.6	7.05	1.65	2.45	2.2
10	7.35	7.7	2.75	8.05	8.05	3.1	7.65	10.05	8.3	1.45	3.2	3.1



ภาพที่ 39 การเจริญของสาหร่ายไก่อ *Cladophora glomerata* ในสูตรอาหารความเข้มข้นต่างๆ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)



ภาพที่ 40 กราฟแสดงการเจริญของสาหร่ายไวก *Microspora* sp. ในสูตรอาหารความเข้มข้นต่างๆ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)

2. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอน

2.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอนในอาหารเหลว

จากการทดลองพบว่าสาหร่ายลอนสามารถเจริญได้ดีในอาหารเหลวสูตร BG-11 ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เท่า ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 90 โดยลักษณะการเจริญจะฟอร์มตัวเป็นเมือกก่อนกลม

ตารางที่ 90 การเจริญของสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* ในอาหารแข็งสูตรอาหาร BG ความเข้มข้นต่างๆ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)

สัปดาห์ที่	ความเข้มข้น (เท่า)		
	1	0.5	0.25
0	2.05	2.33	1.9
2	2.67	2.9	2.3
4	4.56	5.05	3.11
6	6.23	6.15	3.76
8	6.77	8.45	4.23
10	7.86	11.14	5.05

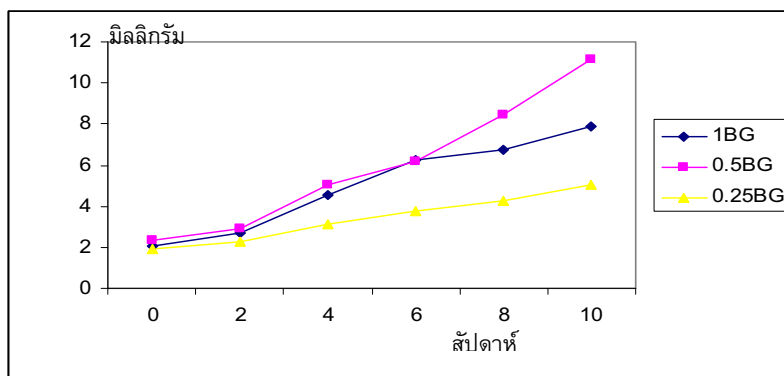
4.2.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอนในอาหารแข็ง

จากการทดลองพบว่าสาหร่ายลอนสามารถเจริญได้ดีในอาหารแข็งสูตร BG-11 ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เท่า ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 41 เช่นเดียวกับในอาหารเหลว โดยลักษณะการเจริญจะฟอร์มตัวเป็นเมือกและสร้างเมือกมากกว่าการเลี้ยงในอาหารเหลว

การทดสอบการรอดชีวิตของสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนที่เก็บรักษาด้วยวิธี Lyophilization

การทดสอบการรอดชีวิตของสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอน โดยการเก็บรักษาสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอน ด้วยวิธี Lyophilization (Jennings, 1989) และตรวจสอบความสามารถในการรอดชีวิต ทุก 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี โดยนำสาหร่ายมาเลี้ยงในอาหารสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือในสาหร่ายไวก *Cladophora glomerata* เลี้ยงในอาหารแข็งสูตร JM ความเข้มข้น 0.5 เท่า *Microspora* sp. เลี้ยงในอาหารแข็งสูตร C ความเข้มข้น 0.5 เท่า และสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* เลี้ยงในอาหารแข็งสูตร BG-11 ความเข้มข้น 0.5 เท่า ภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 2 °C นำไปวางบนชั้นที่มีหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงประมาณ 2,000 ลักซ์ 16 ชั่วโมงต่อวัน จากการ

ทดสอบการรอดชีวิตของสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนที่เก็บรักษาด้วย Lyophilization สาหร่ายไวกและลอนยังสามารถเจริญได้ในอาหารสูตรที่เหมาะสมเมื่อเก็บรักษาด้วยวิธี Lyophilization แล้ว 6 เดือน

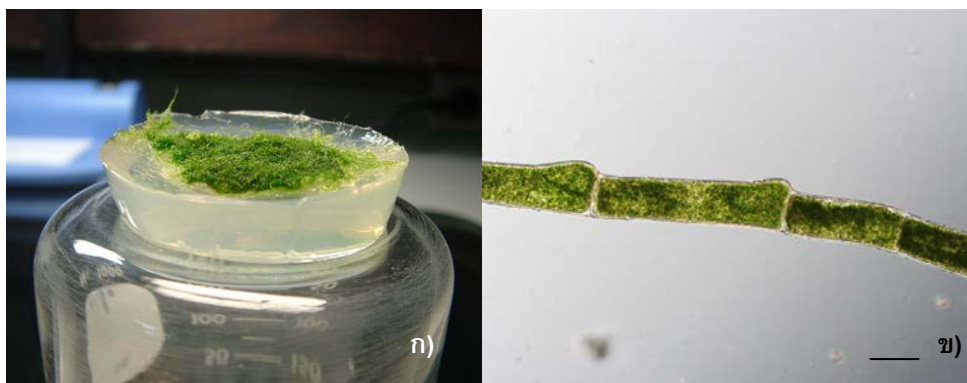


ภาพที่ 41 กราฟแสดงการเจริญของสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* ในสูตรอาหารความเข้มข้นต่างๆ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนเพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดให้เป็นการถาวรพบว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี โดยเฉพาะในอาหารแข็ง ในสาหร่ายไวก *Cladophora glomerata* สามารถเจริญได้ดีในสูตรอาหาร JM ความเข้มข้น 0.5 เท่า (ภาพที่ 42 และ 43) รองลงมาคือ JM ความเข้มข้น 1 เท่า และสูตรอาหาร C ความเข้มข้น 0.5 เท่า โดยพบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ระหว่าง JM ความเข้มข้น 0.5 เท่า กับอาหารสูตรอื่นๆ ส่วนการเจริญของ *Microspora* sp. พบว่าสามารถเจริญได้ดีในสูตรอาหาร C ความเข้มข้น 0.5 เท่า (ภาพที่ 44) รองลงมาคือ JM ความเข้มข้น 0.5 เท่า, BG-11 และ C ความเข้มข้น 1 เท่า โดยพบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ระหว่าง C และ JM ความเข้มข้น 0.5 เท่ากับอาหารสูตรอื่นๆ และพบว่าทั้ง *Cladophora glomerata* และ *Microspora* sp. จะเจริญได้น้อยมากในอาหารสูตร CB ทั้ง 3 ความเข้มข้นคือ 1, 0.5 และ 0.25 เท่า เนื่องมาจากค่า pH ที่สูงเกินไป และที่ความเข้มข้น 0.25 เท่าของอาหารทั้ง 4 สูตร การเจริญของ *Cladophora glomerata* และ *Microspora* sp. พบว่ามีการเจริญน้อยเช่นกัน เพราะสารอาหารถูกเจือจางลงมากเกินไป ทำให้สารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญ ส่วนสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* เจริญได้ดีในสูตรอาหาร BG-11 ทั้งใน ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เท่า (ภาพที่ 45) โดยใน ความเข้มข้น 1 เท่า เจริญได้รวดเร็วกว่า แต่ใน ความเข้มข้น 0.5 เท่าเจริญช้ากว่าก็จริงแต่ยังคงความมีชีวิตได้นานกว่า สังเกตได้จากความเขียวของสาหร่ายลอนใน สูตรอาหาร BG-11 ความเข้มข้น 0.5 เท่า จะเขียวนานกว่า ความเข้มข้น 1 เท่า ในการเจริญ สาหร่ายลอนฟอร์มตัวเป็นเมือกคล้ายในธรรมชาติ

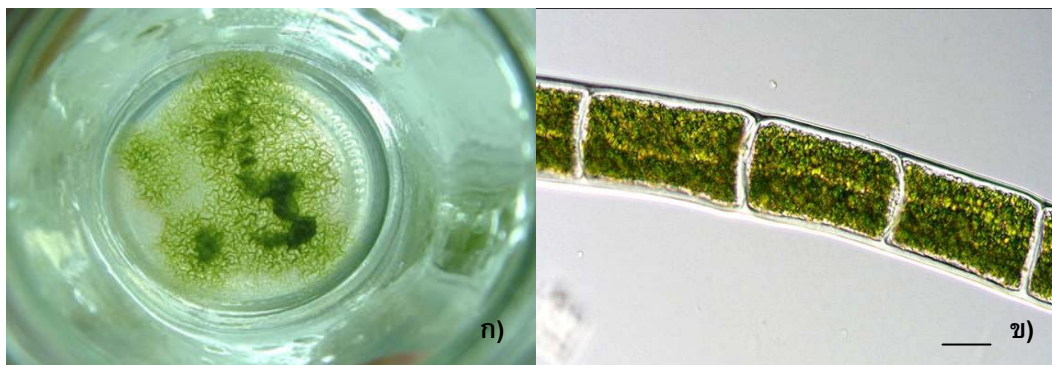


ภาพที่ 42 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารแข็งสูตรต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ



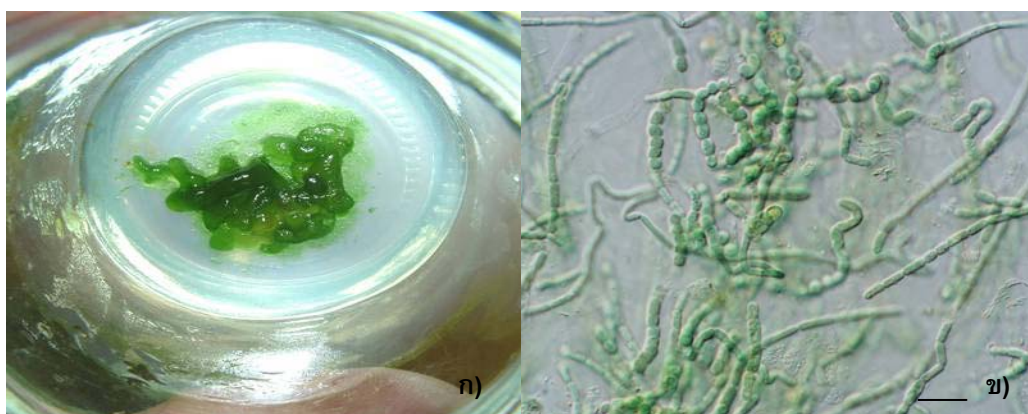
Scale bar = 10 μ m

ภาพที่ 43 ก) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ *Cladophora glomerata* ในอาหารแข็งสูตร JM 0.5 เท่า
ข) เส้นสายของสาหร่ายไถ่ *Cladophora glomerata* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์



Scale bar = 10 μ m

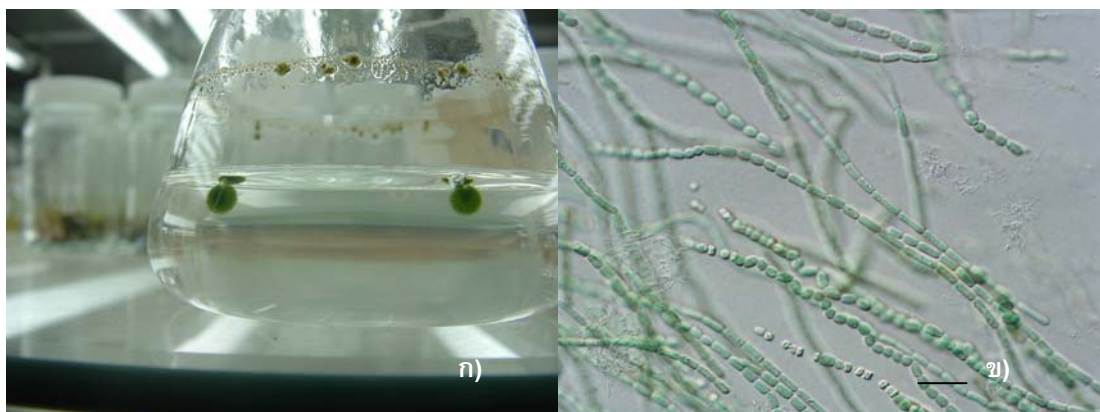
ภาพที่ 44 ก) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไถ่ *Microspora* sp. ในอาหารแข็งสูตร C 0.5 เท่า
ข) เส้นสายของสาหร่ายไถ่ *Microspora* sp. ภายใต้กล้องจุลทรรศน์



Scale bar = 10 μ m

ภาพที่ 45 ก) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* ในอาหารกึ่งแข็งสูตร BG-11
ความเข้มข้น 0.5 เท่า
ข) เส้นสายของสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ในอาหารเหล่านั้นพบว่าสาหร่ายลอนสามารถเจริญได้ในสูตรอาหาร BG-11 ทั้งในความเข้มข้น 0.5 และ 1 เท่า โดยฟอร์มเป็นเมือกคล้ายกับในธรรมชาติ (ภาพที่ 46) และเนื่องจากว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอนในอาหารเหลวทำใน ฟลาสขนาดเล็ก จึงทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตและฟอร์มตัวเป็นก้อนข้นๆ ซึ่ง Lui (2005, ติดต่อบุคคล) ได้แนะนำว่าควรใช้ bioreactor ขนาดใหญ่ ความจุราว 10 ลิตร ให้อากาศอย่างสม่ำเสมอ และเลี้ยงแบบปราศจากเชื้อจะสามารถเลี้ยง *Nostochopsis* sp. จนสามารถฟอร์มโคโลนีเป็นวัฒนธรรมชนิดได้ ส่วนสาหร่ายไก่อเจริญได้ไม่ดีในสูตรอาหารทุกสูตร ซึ่งอาจเป็นเพราะสาหร่ายไก่อต้องการ สิ่งยึดเกาะในการยึดเกาะ ซึ่งในอาหารเหลวไม่มีสิ่งยึดเกาะใดๆ สาหร่ายไก่อจึงเจริญได้ไม่ดี



Scale bar = 10 μ m

ภาพที่ 46 ก) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* ในอาหารกึ่งแข็งสูตร BG-11 ความเข้มข้น 0.5 เท่า
ข) เส้นสายของสาหร่ายลอน *Nostochopsis lobatus* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การเปลี่ยนอาหารใหม่นั้นพบว่าระยะเวลานานสุดที่ควรเปลี่ยนคือ 1 เดือน แต่การเปลี่ยนอาหารทุก 2 สัปดาห์จะช่วยให้สาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนคงความมีชีวิตที่ดีมาก คณะวิจัยมั่นใจว่าสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนที่ได้ทำการเก็บสารพันธุกรรมไว้นี้จะสามารถนำไปศึกษาต่อไปได้ทั้งทางด้านพันธุกรรม ชีววิทยาโมเลกุล รวมถึงการขยายพันธุ์เพื่อให้เกิดการเจริญต่อไปคล้ายธรรมชาติ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนในงานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จพอสมควร โดยเฉพาะในระดับห้องปฏิบัติการและการเพาะเลี้ยงเพื่อเก็บสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิด แต่การเลี้ยงเลียนแบบธรรมชาติเพื่อให้ได้ปริมาณในการนำมาใช้แปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารในช่วงที่ไม่มีสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนในลำน้ำนั้น ยังได้สาหร่ายน้อยและใช้เวลานานเกินไป จึงยังไม่สมควรที่จะเผยแพร่สู่ชุมชน อย่างไรก็ตามสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้มีปริมาณมากพอสำหรับการศึกษาทางด้านการใช้เป็นตัวยา การสกัดสารชีวภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ หรือการศึกษาทางด้านชีวโมเลกุล คณะวิจัยได้รับองค์ความรู้สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนมากพอสมควร และมีแนวคิดว่าจะมีการศึกษาต่อยอดในเรื่องนี้ต่อไป เพื่อให้ได้รับความสำเร็จมากกว่างานวิจัยนี้ ความรู้พื้นฐานจากงานวิจัยนี้จะเป็นรากฐานในการศึกษาให้ประสบความสำเร็จต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่จะให้ชุมชนมีสาหร่ายใช้เพื่อการแปรรูปอาหารหรือการใช้เป็นตัวยาในอนาคตในช่วงเวลาที่ไม่ได้มีสาหร่ายในลำน้ำเดิม

4.3 ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นตัวยารักษาโรค และการผลิตสารชีวภาพ

4.3.1 ศึกษาการใช้สาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นตัวยารักษาโรคจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

จากการสัมภาษณ์และสอบถามผู้นำชุมชนและชาวบ้านทั่วไปได้ทราบว่า มีเฉพาะสาหร่ายลอน หรือองลอน หรือดอกหินที่ชาวบ้านนำมารับประทานแก้ร้อนในหรือแก้ไข้ วิธีรับประทานก็ทำได้ไม่ยากโดยการเก็บสาหร่ายลอนมาจากธรรมชาติล้างน้ำให้สะอาดแล้วใส่เกลือลงไปเล็กน้อยคนให้เข้ากันแล้วดื่ม ซึ่งความเป็นเมือกหรือวุ้นของสาหร่ายประเภทนี้จะทำให้สามารถกลืนได้ง่าย

มีการกล่าวถึงสาหร่ายไถ่กว่าช่วยให้โรคกระเพาะอาหารทุเลาลงได้มาก โดยนายสุธี สนิทพจน์ ผู้อำนวยการโรงเรียนหนองบัวพิทยาคม ได้กล่าวถึงเรื่องนี้ว่าตนเองเป็นโรคกระเพาะอาหารมานาน เมื่อย้ายมาเป็นผู้อำนวยการโรงเรียนดังกล่าว ได้มีโอกาสรับประทานสาหร่ายไถ่ เกือบทุกวันในฤดูที่ไถ่เจริญในลำน้ำนาน โดยทานไถ่สด ในรูปแบบต่างๆ เช่น ยำไถ่ และห่อหนึ่งไถ่ มีความรู้สึกว่ารโรคกระเพาะอาหารดีขึ้นอย่างมากโดยไม่ต้องใช้ยาแผนปัจจุบัน (สุธี, 2544; ติดต่อบุคคล)

4.3.2 ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันและสารสกัดทางชีวภาพจากสาหร่ายไถ่และสาหร่ายลอน

4.3.2.1 ศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันจากสาหร่ายไถ่และสาหร่ายลอน

ทำการตรวจสอบสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสาหร่ายไถ่และสาหร่ายลอน โดยตรวจสอบสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันทั้งระบบภูมิคุ้มกันสารน้ำ (Humoral Mediated Immunity; HMI or antibody) และระบบภูมิคุ้มกันฟั้งเซลล์ (Cell Mediated Immunity; CMI or mainly lymphocytes) โดยใช้ crude extract จาก methanol โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. หลักการและวิธีการตรวจสอบสารมีฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกัน

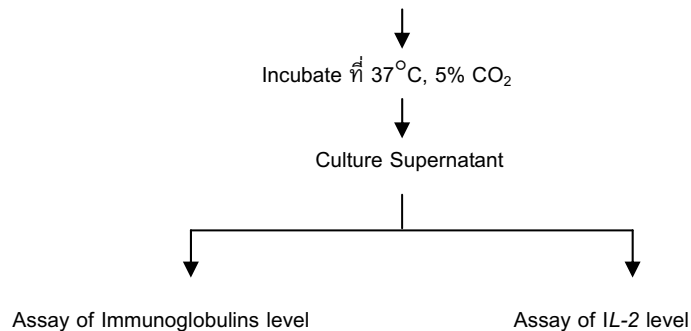
นำ crude extract จาก methanol มาผสมกับ human peripheral blood mononuclear leukocytes (human PBML) โดยใช้ความเข้มข้นขนาดต่าง ๆ ของ crude extract เติมสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในระดับ suboptimal concentration ทำการอบเซลล์ดังกล่าวที่ 37°C, 5% CO₂ incubator ในระยะเวลาที่กำหนด นำสารละลายที่ได้มาตรวจหาระดับ immunoglobulins ถ้าเป็นภูมิคุ้มกันระบบ HMI หรือตรวจหาระดับ IL-2 ถ้าเป็นภูมิคุ้มกันระบบ CMI

1.1 การเตรียม Crude methanol extract



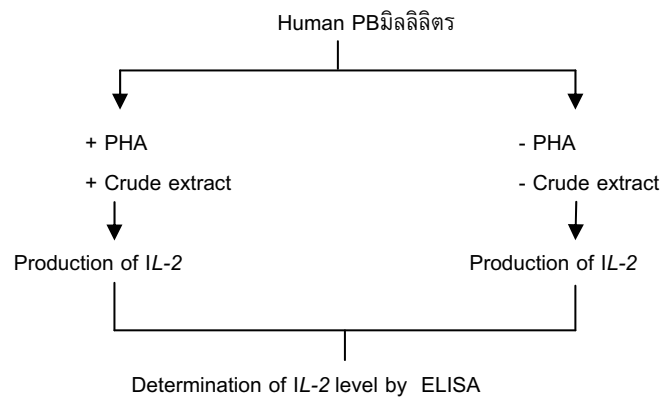
1.2 การตรวจสอบฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกัน

Human PB มิลลิลิตร + Crude extract ในความเข้มข้นต่าง ๆ + Sub-optimal dose ของตัวกระตุ้น



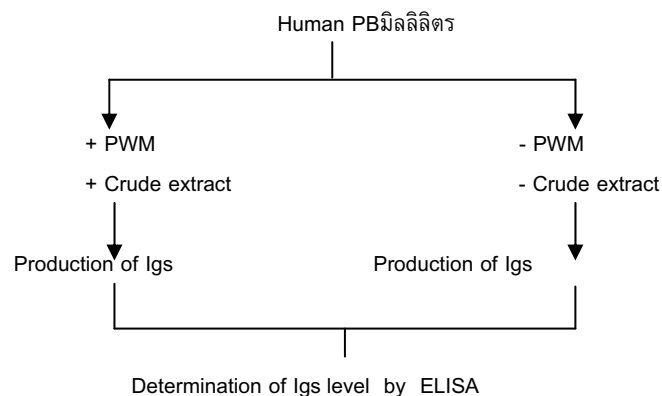
2. การตรวจสอบฤทธิ์กระตุ้นระบบ CMI

ใช้ระดับของ interleukin 2 (IL-2) เป็นตัวบ่งบอกถึงภาวะการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิด CMI ทำโดยใช้ human PB มิลลิลิตร ผสมกับ crude extract ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ และ suboptimal dose ของ PHA หลังจากบ่มไว้ที่ 37 °C, 5% CO₂ นาน 24 ชั่วโมง นำมาปั่นแยก culture supernatant นำไป assay หาระดับ IL-2 โดยวิธี ELISA



3. การตรวจสอบฤทธิ์กระตุ้นระบบ HMI

ใช้ระดับของ immunoglobulins (Igs) เป็นตัวบ่งบอกถึงภาวะการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันชนิด HMI ทำโดยใช้ human PB มิลลิลิตร ผสมกับ crude extract ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กับ suboptimal dose ของ PWM หลังจากบ่มที่ 37 °C, 5% CO₂ นาน 7 วัน นำมาปั่นแยก culture supernatant เพื่อนำไป assay หาระดับ Igs โดยวิธี ELISA



ผลการวิจัย

จากการศึกษาการสกัดสารจากสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนเพื่อใช้เป็นสารเพิ่มภูมิคุ้มกัน ได้ทำการศึกษาฤทธิ์การกระตุ้นภูมิคุ้มกันทั้งระบบ HMI และ CMI ของคน โดยใช้สาหร่ายไวก สาหร่ายลอน และสาหร่ายทะเลบางชนิด ได้ผลดังนี้

- ในสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนไม่พบว่ามีฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันทั้งชนิด HMI และ CMI
- ในสาหร่ายทะเล *Sargassum* (สาหร่ายทุ่น) นำไปศึกษา 8 ชนิด มี 1 ชนิดที่ crude extract มีฤทธิ์ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของคนในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งสมควรที่จะมีการศึกษาต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยทางด้านการสกัดสารจากสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนในโครงการนี้จึงต้องยุติเพียงเท่านี้ เนื่องจากไม่พบฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันดังกล่าว ส่วนในสาหร่าย *Sargassum* spp. นั้นไม่ได้อยู่ในโครงการวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างที่ลองนำมาศึกษาเปรียบเทียบ ฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกันเท่านั้น

4.3.2.2 ศึกษาสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่

ในการศึกษาสารสกัดทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายไวกและ/หรือสาหร่ายลอน ประกอบไปกับการศึกษาดังต่อไปนี้

1. รงควัตถุ
2. สารฟีนอลิกหรือสารเพิ่มภูมิคุ้มกัน
3. สารปฏิชีวนะ
4. สารกลุ่ม Catechin
5. สารต้านอนุมูลอิสระ

1. รงควัตถุ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุพวก คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิโปรตีน ซึ่งประกอบไปด้วย ไฟโคไซยานิน อัลโลไฟโคไซยานิน และไฟโคเออร์ทริน ในสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (Becker, 1994)

นำสาหร่ายไวกและลอนที่อบแห้งมาบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักแห้งประมาณ 0.5 กรัม นำสาหร่ายที่บดได้ มาเติมเมทานอล 90% v/v ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปล่อยให้สารละลายให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ด้วย 90% v/v เมทานอล หลังจากนั้นนำไปปั่นแยกกากเซลล์ด้วยความเร็ว 3500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที และวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 และ 665 nm แล้วคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ดังสูตรต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัม.ลิตร}^{-1}\text{)} &= (16.5 \times A_{665}) - (8.3 \times A_{650}) \\ \text{คลอโรฟิลล์ บี (มิลลิกรัม.ลิตร}^{-1}\text{)} &= (33.8 \times A_{650}) - (12.5 \times A_{665}) \\ \text{คลอโรฟิลล์ รวม (มิลลิกรัม.ลิตร}^{-1}\text{)} &= (4.0 \times A_{665}) - (25.5 \times A_{650})\end{aligned}$$

1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ (Kmitt, 1996)

เติม 95% v/v เมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่มีสาหร่ายแห้งบด ที่ทราบน้ำหนักแห้ง และเติม 60% โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 1 มิลลิลิตร เพื่อตรึงเซลล์สาหร่าย หลังจากนั้นนำไปทำให้เซลล์แตกด้วยคลื่นความถี่สูงนาน 5 นาที นำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้รงควัตถุถูกสกัดออกมาจากเซลล์ จากนั้นทิ้งสารละลายให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วปั่นแยกกากเซลล์ด้วยความเร็ว

3,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เก็บสารละลายที่ได้ไว้ นำกากเซลล์ที่ยังมีสีเขียวอยู่มาเติม 95% v/v เมทานอล อีก 5 มิลลิลิตร (แล้วทำซ้ำขั้นตอนแรกอีก) รวมสารละลายที่ได้ (supernatant) ในกรวยแยก แล้วเติมไดเอทิล อีเทอร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร และ 9% โซเดียมคลอไรด์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้นสีเขียว และเหลือง ปลอยชั้นสีเขียวยของคลอโรฟิลล์ทิ้ง เหลือชั้นสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ไว้ เติม 9% โซเดียมคลอไรด์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร เขย่าตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นสีขาวและสีเหลือง ปลอยชั้นสีขาวทิ้ง เก็บสารละลายสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ ลงในกระบอกตวงปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรแคโรทีนอยด์เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยไดเอทิล อีเทอร์ เติสารละลายที่ได้ในหลอดทดลองซึ่งมีไดโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสอยู่เพื่อกำจัดน้ำ แล้วนำไปวัดที่ความยาวคลื่น 450 nm คำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม.กรัม}^{-1}\text{ น้ำหนักเซลล์แห้ง)} = \frac{A_{450} \times 25 \times 1000}{260 \times \text{มิลลิกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง}}$$

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณไฟโคบิลิโปรตีน (Becker, 1994)

นำสาหร่ายลอนแห้งที่บดละเอียด ซึ่งน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม เติม 0.15 M โซเดียม คลอไรด์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วทำให้เซลล์แตกเพื่อสกัดไฟโคบิลิโปรตีนออกจากเซลล์ โดยนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 24 ชั่วโมง แล้วปลอยสารละลายให้อยู่ในอุณหภูมิห้อง (freeze-thaw method) หลังจากนั้นนำเซลล์สาหร่ายที่ทำให้แตกแล้วให้แตกดีขึ้นด้วยคลื่นความถี่สูงนาน 5 นาที ซึ่งจะทำให้ไฟโคบิลิโปรตีนถูกสกัดออกมาปริมาณมากขึ้น บั่นแยกกากเซลล์โดยใช้ความเร็ว 3500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เก็บสาหร่ายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 565, 620 และ 650 nm คำนวณหาปริมาณรงควัตถุตามสูตร

$$\begin{aligned} \text{ไฟโคไซยานิน (PC)} &= \frac{A_{620} - 0.7 \times A_{650}}{7.38 \times 10^{-3}} \\ \text{อัลโลไฟโคไซยานิน (APC)} &= \frac{A_{650} - 0.19 \times A_{620}}{5.65 \times 10^{-3}} \\ \text{ไฟโคเออร์ทริน (PE)} &= \frac{A_{565} - 2.8 \times \text{PC (g)} - 1.34 \times \text{APC (g)}}{12.7 \times 10^{-3}} \end{aligned}$$

หมายเหตุ: การหาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ทำทั้งในสาหร่ายไวกและลอน แต่ปริมาณไฟโคบิลิโปรตีนทำเฉพาะสาหร่ายลอนเพราะสาหร่ายไวกไม่มีรงควัตถุชนิดนี้

ผลการวิจัย

จากการศึกษารงควัตถุ 5 ชนิด คือ คลอโรฟิลล์เอ และบี แคโรทีนอยด์ ไฟโคไซยานิน อัลโลไฟโคไซยานิน พบปริมาณรงควัตถุทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 91

ตารางที่ 91 ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายไวกและลอนจากลำน้ำน่าน (พฤศจิกายน 2544-ธันวาคม 2545)

ปริมาณรงควัตถุ (มิลลิกรัม.กรัม ⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง)	สาหร่ายไวก	สาหร่ายลอน
คลอโรฟิลล์เอ	3.75	0.17
คลอโรฟิลล์บี	18.45	1.36
แคโรทีนอยด์	1.84	1.36
ไฟโคไซยานิน	ไม่มี	25.07
อัลโลไฟโคไซยานิน	ไม่มี	35.00
ไฟโคเออร์ทริน	ไม่มี	16.70

จากการศึกษาปริมาณรงควัตถุจากสาหร่ายไคและลอนที่ผ่านมา พบว่าปริมาณไฟโคไซยานินและอัลโลไฟโคไซยานินในสาหร่ายลอนให้ปริมาณที่มากพอสมควร คือ ในไฟโคไซยานินให้ถึง 25.07 มิลลิกรัม.กรัม⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง และอัลโลไฟโคไซยานินให้ถึง 35 มิลลิกรัม.กรัม⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง ซึ่งมากกว่ารงควัตถุชนิดดังกล่าวซึ่งสกัดจากสาหร่ายชนิดอื่น *Synechococcus* ซึ่งให้ไฟโคไซยานิน 9.91 มิลลิกรัม.กรัม⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง และอัลโลไฟโคไซยานิน มิลลิกรัม.กรัม⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายสไปรูลินา พบว่าสาหร่ายลอนมีไฟโคไซยานิน 25.07 มิลลิกรัม.กรัม⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง โดยสาหร่าย สไปรูลินาให้ไฟโคไซยานิน 79.52 มิลลิกรัม.กรัม⁻¹ น้ำหนักเซลล์แห้ง (ข้อมูลรงควัตถุของสาหร่าย *Synechococcus* sp. และสาหร่ายสไปรูลินาจากห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณและการเจริญของสาหร่ายลอนแล้วนับว่าน่าสนใจมาก โดยสาหร่ายชนิดนี้เจริญได้เองตามธรรมชาติและมีปริมาณมากมายในแต่ละฤดูกาล ไม่ต้องเพาะเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารต่าง ๆ ดังนั้นการจะนำสาหร่ายลอนมาเป็นประโยชน์ทางด้านรงควัตถุน่าจะเป็นไปได้สูง อีกทั้งรงควัตถุประเภทไฟโคไซยานินและอัลโลไฟโคไซยานินนี้ ประเทศเรามีความต้องการสูงโดยนำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร ผสมแคปซูลยา นำมาทำเป็นเครื่องสำอางและนำมาใช้ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์คือ ใช้เป็นสารเรืองแสงเพื่อติดตามในงานวิเคราะห์ภูมิคุ้มกันทางด้านเนื้อเยื่อและจุลทรรศน์วิทยา ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยต้องสั่งซื้อรงควัตถุประเภทนี้จากต่างประเทศ โดยเฉพาะจากประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นจำนวนเงินถึงหลายล้านบาทในแต่ละปี ดังนั้นการประยุกต์เอารงควัตถุจากสาหร่ายชนิดนี้มาเป็นประโยชน์จึงเป็นเรื่องน่าสนใจอย่างยิ่ง ทางคณะผู้วิจัยได้ติดต่ออาจารย์ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง คืออาจารย์สมชัย อวเกียรติ ให้มาช่วยวิจัยร่วมกันโดยจะทำการศึกษารงควัตถุดังกล่าวให้ละเอียดอีกครั้ง โดยใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำมากขึ้นและถ้าเป็นไปได้จะพยายามใช้เทคนิคที่ชาวบ้านทั่วไปสามารถทำได้โดยไม่ยากนัก เพื่อจะเป็นผลประโยชน์ต่อชาวบ้านในลุ่มน้ำน่านโดยตรง

สมชัย (2546, ติดต่อบุคคล) ได้สกัดรงควัตถุพวกไฟโคไซยานินและไฟโคเออร์ทรินจากสาหร่ายลอนซึ่งเป็น 2 ชนิดที่น่าสนใจด้วยวิธีสกัดด้วยแอลกอฮอล์ แล้วตกตะกอนรงควัตถุด้วยเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว ซึ่งเคยใช้ได้ผลในสาหร่ายสไปรูลินา แต่ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ประสบผลสำเร็จในการสกัดมากนัก เนื่องจากเมือกที่หุ้มโคโลนีของสาหร่ายลอนหนามาก ต้องใช้เวลามากเพื่อนำเอาพวกเมือกหุ้มออกจากโคโลนีของสาหร่าย แม้จะใช้สาหร่ายสดหรือสาหร่ายแห้งก็ตาม คณะผู้วิจัยได้พิจารณาร่วมกันแล้วว่าในเรื่องของรงควัตถุนี้ ยากที่จะนำมาสกัดใช้ประโยชน์ทั้งในห้องปฏิบัติการและโดยเฉพาะในชุมชน ซึ่งคาดว่าจะต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ต้องใช้ความชำนาญและมีราคาแพงจึงจะสามารถทำได้ ซึ่งก็คงเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า จึงได้ยุติการถ่ายทอดในเรื่องของการสกัดรงควัตถุสู่ชุมชน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้นำมาศึกษาในระยะหนึ่ง จนสามารถสกัดรงควัตถุทั้งสองได้ปริมาณมากพอสมควร ดังแสดงในภาพที่ 47 ซึ่งนับว่าได้รงควัตถุปริมาณมากมีสีสดใส ในอนาคตถ้าสามารถแยกสารรึ้นออกจากสาหร่ายลอนได้ง่ายขึ้น ก็สมควรถ่ายทอดสู่ชุมชนนั้นต่อไป



ภาพที่ 47 รงควัตถุจากสาหร่ายลอน

ก. ไฟโคเออร์ทริน

ข. ไฟโคไซยานิน

2. สารพรีไบโอติก และ/หรือ สารเพิ่มภูมิคุ้มกัน

การศึกษาสารพรีไบโอติก และ/หรือ สารเพิ่มภูมิคุ้มกันในสาหร่ายลอนเป็นงานวิจัยล่าสุดของโครงการวิจัยนี้ ผลการวิจัยจึงยังไม่เสร็จเรียบร้อย แต่สามารถเห็นแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์โดยอาจสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากทรัพยากรท้องถิ่นที่มีอยู่มาก เป็นการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพ ของท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงขึ้น

การวิจัยในโครงการนี้ ใช้สาหร่ายในลำน้ำนาน และมีสมมติฐานว่าสารวุ้นของสาหร่ายลอนน่าจะเป็นพวกโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งประกอบไปด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายชนิด ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นโพลิแซคคาไรด์ โดยการใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งโพลิแซคคาไรด์บางชนิดสามารถเป็นสารพรีไบโอติก และ/หรือ สารเพิ่มภูมิคุ้มกันในมนุษย์ได้ ซึ่งถือว่าการประยุกต์ใช้ในด้านเภสัชโภชนาการ ในการศึกษาวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ทดลองสกัดแยกสารวุ้นและทดสอบสมบัติทางประการของสารวุ้น ซึ่งทำได้ดังนี้

2.2.1 การสกัดสารวุ้น ทำได้โดยการต้มสาหร่ายลอนสดให้เดือด ประมาณ 30 นาที

ทดสอบสมบัติทางประการของสารวุ้น ดังนี้

- ทดสอบเชิงคุณภาพโปรตีนโดยใช้สารละลายนินไฮดรินและไบยูเรต
 - การทดสอบนินไฮดริน
 - การทดสอบไบยูเรต
- ทดสอบโดยใช้สารละลายไอโอดีน
- ทดสอบการตกตะกอนโดยใช้ 95% Ethanol, สารละลาย 3M NaCl, KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$ และ $MgSO_4$
- ทดสอบน้ำตาลรีดิวซ์โดยไฮโดรไลส์สารวุ้นด้วยวิธีฟลักซ์ใน 3 M HCl เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สะเทินด้วย NaOH ให้ pH เป็นกลาง ทดสอบน้ำตาลรีดิวซ์ โดยใช้สารละลายเบเนดิกต์และสารละลายเฟห์ลิง

2.2 ตรวจสอบชนิดขององค์ประกอบโมโนแซคคาไรด์

โดยวิธี TLC โดยใช้สารละลายชะ ประกอบด้วย n- butanol: acetic: H₂O อัตราส่วน 3 :1 :1 ทดสอบปฏิกิริยาโดยใช้ 3,5 - dinitrosalicylate ฉีดพ่นเปรียบเทียบกับ น้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ 5 ชนิด คือ ฟรุคโทส กลูโคส แกล็กโทส แมนโนสและไซโลส

ผลการวิจัย

1. ทดสอบสกัดแยกสารวุ้นและทดสอบสมบัติบางประการของสารวุ้น

เมื่อต้มสหารวุ้นจนสลดตามวิธีการจะได้สารวุ้นมีลักษณะคล้ายแป้งเปียกจากนั้นกรองเศษเซลล์และตะกอนทิ้งไป แล้วทำการทดสอบสมบัติบางประการของสารวุ้น ได้ผลดังนี้

1. ทดสอบเชิงคุณภาพโปรตีนโดยสารละลายนินไฮดรินและไบยูเรต ปรากฏว่าเมื่อทดสอบด้วยนินไฮดริน สารละลายไม่เปลี่ยนเป็นสีม่วง แสดงว่าไม่มีกรดอะมิโนอิสระ และเมื่อทดสอบ ไบยูเรต สารละลายไม่เปลี่ยนเป็นสีม่วงแสดงว่าไม่มีเปปไทด์หรือโปรตีน

2. ทดสอบแป้งโดยใช้สารละลายไอโอดีน ปรากฏว่าไม่เปลี่ยนสีเป็นสีม่วงหรือสีน้ำเงิน แสดงว่าไม่มีแป้ง

3. ทดสอบการตกตะกอนโดยใช้ 95% เอทานอล สารละลาย 3M NaCl, KCl, MgCl₂ CaCl₂ และ MgSO₄ พบว่า สารวุ้นตกตะกอนเฉพาะเมื่อทดสอบกับ KCl

4. ทดสอบน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดง แสดงว่ามีน้ำตาลรีดิวซ์ สรุปได้ว่าสารวุ้นเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์

2. ตรวจสอบชนิดขององค์ประกอบโมโนแซคคาไรด์ ตามวิธีในข้อ 2 พบว่า สารละลายที่ได้จากการไฮโดรไลส์สารวุ้นจากสหารวุ้น ไม่แยกเป็นจุดเด่นชัดและเกิดหางยาว (tailing) แต่น้ำตาลที่เป็นสารมาตรฐานเคลื่อนที่ไปได้ดี (ค่า R_f ของน้ำตาลมาตรฐานทุกชนิดประมาณ 0.8-0.9) การที่สารสกัดเคลื่อนที่ไปได้ไม่ดี อาจเนื่องมาจากในสารละลายมีเกลือ NaCl ที่เกิดจากปฏิกิริยาการสะเทินกรด

3. งานวิจัยที่จะทำต่อไป

ทดสอบแยกเกลือ (desalting) โดยใช้วิธี gel filtration แล้วตรวจสอบชนิดของโมโนแซคคาไรด์องค์ประกอบโดยใช้วิธี TLC และ HPLC และทดสอบย่อยโพลีแซคคาไรด์บางส่วนโดยเอนไซม์ เพื่อให้ได้โอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลตามต้องการ

ในการวิจัยเรื่องนี้มีแบบแผนการทดลอง (research design) ดังต่อไปนี้

1. โดยการย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ให้สมบูรณ์ แยกบริสุทธิ์สารละลายโมโนแซคคาไรด์แล้ววิเคราะห์ชนิดและปริมาณโมโนแซคคาไรด์ด้วย HPCL

2. วิเคราะห์โครงสร้างของโพลีแซคคาไรด์โดยวิธี O- methyl และ/หรือ Periodic acid

3. ศึกษาวิธีการผลิตโอลิโกแซคคาไรด์จำเพาะ โดยการย่อยด้วยเอนไซม์ และ/หรือ การหมักโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากแหล่งท้องถิ่น

4. วิเคราะห์ชนิดโอลิโกแซคคาไรด์ และประเมินศักยภาพของโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ ใน การเป็นสารพรีไบโอติก โดยการหมักกับโพรไบโอติกที่คัดแยกได้ และ/ หรือ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์ทดลอง เพื่อการศึกษาศักยภาพของความสามารถในการเป็นสารพรีไบโอติก และ/หรือ

ในการศึกษาช่วงที่ผ่านมาพบว่าสารวุ้นเป็นพวกโพลีแซคคาไรด์และใกล้จะทราบถึงชนิดของโมโนแซคคาไรด์แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาให้เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ โดยการใชเอนไซม์ และ/หรือ การหมักโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากท้องถิ่นตามธรรมชาติ จนได้โอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งอาจจะเป็นสารพรีไบโอติก และ/หรือ

สารเพิ่มภูมิคุ้มกันในสิ่งมีชีวิต ถ้าพบว่าสารจากสาหร่ายลอนสามารถมีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก และ/หรือ สารเพิ่มภูมิคุ้มกันก็จะมีคุณค่าอย่างยิ่งที่จะนำสารจากสาหร่ายลอนมาใช้ประโยชน์ต่อไป

3. สารปฏิชีวนะ

ทำการศึกษาทั้งในสาหร่ายไคและสาหร่ายลอน โดยทดสอบกับ แบคทีเรีย 5 ชนิด ซึ่งมีทั้ง ก่อโรคและไม่ก่อโรค และยีสต์ก่อโรค 1 ชนิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

การเพาะเลี้ยงและเตรียมแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบมี 5 ชนิด คือ

1.1 *Bacillus subtilis* เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อโรค พบได้ทั่วไป

1.2 *Escherichia coli* เป็นแบคทีเรียก่อโรคเกิดโรคท้องร่วง

1.3 *Klebsiella pneumoniae* เป็นแบคทีเรียก่อโรคก่อให้เกิดโรคปอดบวม

1.4 *Micrococcus luteus* เป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรค

1.5 *Proteus vulgaris* เป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรค

ใช้หัวถ่ายเชื้อซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และแบคทีเรียทดสอบแต่ละ ชนิดมาเลี้ยงในอาหาร nutrient broth (NB) ปริมาตร 50 มิลลิเมตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิประมาณ 37 °C ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าความขุ่น (OD = optical density) ด้วยเครื่อง spectrophotometer UV 1600 ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 650 nm ปรับให้ค่า OD เท่ากับ 0.8-1.0 จากนั้นดูดเชื้อปริมาตร 0.1 มิลลิเมตร ใส่ในจานเพาะเชื้อที่เทอาหาร nutrient agar (NA) ไว้แล้ว ใช้ spreader เกลี่ยเชื้อทดสอบให้ทั่ว

2. การเพาะเลี้ยงและเตรียมยีสต์ทดสอบ

ยีสต์ที่ใช้ในการทดสอบมี 1 ชนิด คือ *Candida albicans* เป็นยีสต์ที่ก่อโรคทางเพศสัมพันธ์ ใช้หัวและเชื้อถ่ายเชื้อ *Candida albicans* แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในอาหาร potato dextrose broth (PDB) ปริมาตร 50 มิลลิเมตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิประมาณ 37 °C ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวัดค่าความขุ่น (OD) ด้วยเครื่อง spectrophotometer UV 1600 ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 650 nm ปรับให้ค่า OD เท่ากับ 0.8-1.0 จากนั้นดูดเชื้อปริมาตร 0.1 มิลลิเมตร ใส่ในจานเพาะเชื้อที่เทอาหาร potato dextrose broth (PDB) ไว้แล้ว ใช้ spreader เกลี่ยเชื้อทดสอบให้ทั่ว

3. การสกัดสารปฏิชีวนะจากสาหร่ายไคและลอน

นำสาหร่ายไคและลอนแห้ง มาบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักอย่างละ 1 กรัม ใส่ในสารสกัด 99.8% เมทานอล ปริมาตร 20 มิลลิเมตร และทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง sonicator นำมาปั่นแยกเซลล์ที่ความเร็วรอบ เท่ากับ 6,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนที่เป็นกากเซลล์ทิ้ง เก็บสารละลายที่ได้ไว้ในขวด universal ดูดสารละลายใสส่วนบนมาระเหยตัวสกัดเมทานอลออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุน ที่ อุณหภูมิ 55-60 °C จนสารละลายเกือบแห้ง เก็บไว้ในขวด universal ปรุจากเชื้อเพื่อนำไปทดสอบต่อไป

4. การทดสอบเบื้องต้นในการผลิตสารปฏิชีวนะ โดยวิธี disc diffusion method

นำแผ่น paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ชุบสารสกัดที่ได้จากข้อ 4.3 จากนั้น ใช้ปากคีบคีบไปวางบนจานอาหารที่เพาะเชื้อทดสอบไว้แล้ว จานละ 3 แผ่น และมีแผ่นควบคุม 2 แผ่น คือ น้ำกลั่น ปรุจากเชื้อและ 99.8% methanol นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 12-18 ชั่วโมง ตรวจสอบการผลิตสาร

ปฏิชีวนะโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส (clear zone) ที่เกิดรอบแผ่น paper disc เปรียบเทียบกับแผ่นควบคุม

ผลการวิจัย

ผลการทดลองพบว่า สารสกัดที่ได้จากสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนไม่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 6 ชนิดได้ จึงสรุปได้ว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดไม่ได้สร้างสารปฏิชีวนะเพื่อต่อต้านกับจุลินทรีย์ ทั้งที่ก่อโรคและไม่ก่อโรค ซึ่งก็คล้ายสาหร่ายส่วนใหญ่ที่ไม่สร้างสารปฏิชีวนะ อาจจะเนื่องมาจากสาหร่ายดังกล่าวสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยตัวเอง ไม่ต้องแก่งแย่งกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงไม่สร้างสารที่มีฤทธิ์ทำลายสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งโดยความเป็นจริงช่วงที่สาหร่ายทั้งสองประเภทเจริญอยู่ในท้องน้ำก็มีการเจริญในลักษณะที่เป็นชนิดเด่นอย่างชัดเจน

4. สารกลุ่ม Catechin

สารกลุ่ม Catechin เป็นสารที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย คณะผู้วิจัยได้รับการเชิญชวนจากภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตภัณฑการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ซึ่งทำการวิจัยในสารกลุ่ม Catechin โดยคาดหวังว่าในสาหร่ายไก่อจะมีสารกลุ่มนี้ และอาจนำไปเป็นอาหารเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งปกติ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ใช้สารมาตรฐาน Catechin จากบริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยใช้ปริมาณสาร Catechin เริ่มต้น 230 ppm ตรวจวัดด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Hewlett-Packard 1100 Series ใช้คอลัมน์ Hypersil ODS 5 μ m ความยาว 4.0 x 250 มิลลิเมตร ใช้ UV detector ที่ 210 nm

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าไม่พบสารกลุ่ม Catechin ในสาหร่ายไก่อ เหตุผลคล้ายกับสารปฏิชีวนะดังกล่าวมาแล้ว

5. สารต้านอนุมูลอิสระ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าสาหร่ายไก่อมีรงควัตถุประเภทเบต้าแคโรทีนในปริมาณมาก และยังมีซีลีเนียมซึ่งทั้งสองเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดังเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว คณะผู้วิจัย จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระโดยตรงในสาหร่ายไก่อ ซึ่งต้องการเปรียบเทียบกับสาหร่ายสไปรูลินาซึ่งเชื่อกันว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระมากอยู่แล้ว ดังมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการศึกษา

ใช้วิธีการตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH method [DPPH= 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radicals (nitrogen-center radicals)] ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. นำสาหร่ายบด 1 มิลลิกรัม ใส่ eppendorf เติมด้วย antioxidant solution 200 μ L
2. เติม 100 mM Tris-HCl buffer pH 7.4 ปริมาณ 800 μ L
3. เติม 500 μ M DPPH ใน ethanol (ความเข้มข้นสุดท้าย 250 μ M) แล้วเขย่า
4. บ่มในสภาวะไร้แสง ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที
5. นำไปอ่านผลที่ความยาวคลื่น 517 nm

หมายเหตุ: สาหร่ายไก่อที่นำมาศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระครั้งนี้ ได้นำมาจากลำน้ำน่าน

เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2547

ผลการวิจัย

พบว่าค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายไก่อและสาหร่ายสไปรูลินาอยู่ในปริมาณสูง โดยเมื่อคิดในหน่วย TEAC [Trolox Equivalent Antioxidant Activity หรือปริมาณของ trolox (μmole)] ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับสารสกัด 1 mg หรือ ต่อ น้ำหนักแห้งของสารสกัด หรือตัวอย่าง (ซึ่งในที่นี้คือ น้ำหนักแห้งของสาหร่ายไก่อและสาหร่ายสไปรูลินา) โดยผลการศึกษามีดังนี้

TEAC ของสาหร่ายไก่อ เท่ากับ 49.04 ไมโครโมลของ trolox /1 มิลลิกรัมของน้ำหนักแห้งของสาหร่ายไก่อ

TEAC ของสาหร่ายสไปรูลินา เท่ากับ 50.04 ไมโครโมลของ trolox /1 มิลลิกรัมของน้ำหนักแห้งของสาหร่าย สไปรูลินา

นับได้ว่าสาหร่ายสไปรูลินามีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสาหร่ายไก่อเล็กน้อย

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 92 ซึ่งเป็นค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักและผลไม้ต่างๆ พบว่าสาหร่ายไก่อและสาหร่ายสไปรูลินามีค่าสูงกว่ามาก ในตารางที่ 92 หน่วยของ TEAC คิดจากผักและผลไม้ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ในขณะที่การศึกษาในโครงการนี้คิดจากสาหร่ายไก่อ และสาหร่ายสไปรูลินาเพียง 1 มิลลิกรัม น้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 92 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักและผลไม้

Scientific and common name		TEAC ($\mu\text{mole trolox /100 g DW}$)
<i>Actinada chinensis</i>	Kiwi fruit	48.9
<i>Allium jistulosum</i>	Spring onion	43.4
<i>Allium sativum</i>	Garlic	55.0
<i>Brassica oleracea</i>	Broccoli	101.4
<i>Citrus sinensis</i>	Orange	67.2
<i>Curcumis sativus</i>	Cucumber	28.7
<i>Daucus carota</i>	Carrot	38.7
<i>Lactuca sativa</i>	Chinese lettuce	128.4
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomato	149.4
<i>Malus pumila</i>	Fuji apple	92.7
<i>Malus pumila</i>	Washington red apple	133.2
<i>Pyrus communis</i>	Pear	21.5
<i>Solanum melongena</i>	Egg-plant	166.9
<i>Spinacia oleracca</i>	Spinach	1617.

จึงนับได้ว่าสาหร่ายไก่อ และสาหร่ายสไปรูลินามีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผักและผลไม้ต่างๆ ไป ไม่ว่าจะเป็นผักโขม (spinach) มะเขือ (egg-plant) ผักกาดขาว (chinese lettuce) บรอกคอลลี (broccoli) หรือแม้แต่แครอท เมื่อคิดจากการบริโภคจากน้ำหนักแห้งเท่าๆ กัน ถือได้ว่าเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สมควรเผยแพร่ให้ชุมชนได้รับทราบกัน เพื่อว่าประชาชนจะได้หันมานิยมบริโภคสาหร่ายไก่อมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายไก่อในครั้งนี้ได้กระทำเพียง 1 model ซึ่งความน่าเชื่อถืออาจน้อยเกินไปทางคณะวิจัย มีจุดประสงค์ที่จะทำการวิจัยต่อยอดในเรื่องสารต้านอนุมูลอิสระจากสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนต่อไปอีกโดยใช้ตัวอย่างหลากหลายขึ้น และศึกษามากกว่า 1 ฤดูกาล คาดว่าจะได้ผลที่น่าเชื่อถือขึ้น

4.3.3 การทดสอบความเป็นพิษและฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายไก่อ

4.3.3.1 การศึกษาความเป็นพิษของสาหร่ายไก่อ

โดยความเป็นจริงแล้ว การที่สาหร่ายไก่อเป็นอาหารพื้นบ้านของชุมชนบริเวณริมลำน้ำน่านและแม่น้ำโขง เป็นระยะเวลาอันยาวนาน ก็น่าจะเชื่อได้ว่าสาหร่ายดังกล่าวไม่มีพิษภัยแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามโครงการนี้ก็จะพิสูจน์ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะนำไปประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคทราบอย่างแน่ชัดว่าสาหร่ายดังกล่าวไม่มีความเป็นพิษแต่อย่างใด ได้ศึกษาความเป็นพิษโดยการทดลองกับหนูขาว และหาค่า Lethal dose 50 (LD₅₀) ของสาหร่ายไก่อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 95% จากสาหร่ายไก่อ

นำสาหร่ายไก่อตากแห้งที่บดบั่นแล้วหนัก 200 กรัมมาหมักด้วยแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 2 ลิตร นาน 1 สัปดาห์ แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองได้สารสีเขียวเข้ม นำสารที่สกัดได้นี้ไปทำการระเหยแห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบหมุน (Rotary evaporator) โดยใช้อุณหภูมิ 60 °C ความดัน 100-200 มิลลิบาร์ จนกระทั่งได้สารสกัดเข้มข้น หลังจากนั้นก็นำสารสกัดดังกล่าวไปผสมกับ maltodextrin ในอัตราส่วน 1:2 ในโกร่ง ทำการผสมสารดังกล่าวให้เข้ากันแล้วนำไปอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิ 50 °C จนสารสกัดแห้ง นำไปบดด้วยโกร่งอีกครั้งแล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่ได้เก็บไว้เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณที่จะใช้ในการละลายน้ำเพื่อป้อนให้แก่สัตว์ทดลอง สารสกัดที่ได้นี้จะทำการเก็บรักษาไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันแสงแดดและความชื้น

วิธีป้อนสารให้กับหนู

การป้อนน้ำกลั่นและสารสกัดจะใช้เข็มสำหรับป้อนต่อเข้ากับกระบอกฉีดยาขนาด 3 มิลลิลิตร ดูดสารขึ้นมา 0.5 มิลลิลิตร ใช้ฉีดยาและนิ้วชี้ของมือซ้ายรวบบริเวณต้นคอของหนูไว้ ส่วนนิ้วที่เหลือให้รวบหนังบริเวณด้านหลังพร้อมกับพุงและบังคับหนูให้อยู่นิ่ง ซึ่งจะทำให้หนูอยู่ในลักษณะอ้าปากเล็กน้อย ทำการสอดเข็มเข้าไปทางมุมปากด้านซ้ายซึ่งเป็นหลอดอาหาร โดยสอดให้ลึกพอประมาณแล้วจึงกดปลายกระบอกฉีดยาเพื่อป้อนสารเข้าไปอย่างรวดเร็วและต้องระมัดระวังไม่ให้สอดเข็มผิดเข้าไปในหลอดลมซึ่งอาจทำให้หนูสำลักจนตายได้

2. การตรวจสอบผลของสารสกัด จากสาหร่ายไก่อที่มีต่อร่างกายของหนู

หนูที่ใช้สำหรับทดสอบการได้รับสารสกัดสาหร่ายไก่อติดต่อกันเป็นเวลา 60 วัน แบ่งหนูเพศผู้ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว เพื่อทำการป้อนสารสกัดดังนี้

กลุ่ม 1 เป็นกลุ่มควบคุม ป้อนน้ำกลั่นปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร/ตัว/วัน

กลุ่ม 2 ป้อนสารสกัดสาหร่ายไก่อขนาด 0.5 กรัม/กิโลกรัม/วัน ซึ่งเป็นปริมาณเท่ากับปริมาณที่คนหนัก 60 กิโลกรัมกินต่อวัน

กลุ่ม 3 ป้อนสารสกัดสาหร่ายไก่อขนาด 1.0 กรัม/กิโลกรัม/วัน ซึ่งเป็นปริมาณ 2 เท่าของปริมาณที่คนหนัก 60 กิโลกรัมกินต่อวัน

ส่วนหนูเพศเมียแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัวแล้วทำการป้อนสารในปริมาณเดียวกัน

เมื่อครบกำหนด 60 วันของการให้สารสกัด นำหนูออกมาผ่าตัดเพื่อบันทึกผลดังนี้

สับหนูด้วย chloroform ผ่าตัดเพื่อทำการเจาะเลือดจากหัวใจส่วน ventricle ซ้าย ให้ได้ปริมาณมากที่สุด โดยแบ่งเลือดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะใช้ในการตรวจหาปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (hematocrit) ปริมาณเม็ดเลือดขาวทั้งหมด (Total white blood cell count) และปริมาณเม็ดเลือดขาวแยกชนิด (Differential cell

count) ซึ่งจะทำให้ EDTA ปริมาณเล็กน้อย เขย่าให้เข้ากับเลือดเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C รอการส่งตรวจที่ภาควิชาเคมีคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ส่วนเลือดส่วนที่ 2 ไม่ต้องใส่ EDTA ทั้งไว้ให้เลือดแข็งตัว ซึ่งเลือดส่วนนี้จะใช้ในการตรวจสอบการทำงานของตับและไต โดยจะทำการส่งตรวจที่ภาควิชาเคมีคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เช่นกัน โดยตรวจหาค่าดังนี้

1. Blood urea nitrogen (BUN)
2. Creatinine (Cre)
3. alanine aminotransferease (ALT)
4. aspartate aminotransferase (AST)

3. การใช้สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การทดสอบ parametric แบบ t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และการทดสอบ non-parametric แบบ Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance test ในโปรแกรม SPSS For windows version 6.0 ในการแสดงผลจะแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ standard deviation)

ผลการวิจัย

4.3.3.1 การศึกษาความเป็นพิษของสาหร่ายไก่อ

ในเรื่องการศึกษาความเป็นพิษนั้น ได้ทำการศึกษาในสาหร่ายไก่อชนิดเดียว ไม่ได้ศึกษาในสาหร่ายลอน เนื่องจากว่าในความเป็นจริงแล้ว ชาวบ้านรับประทานสาหร่ายไก่อมากกว่าสาหร่ายลอนหลายเท่า และนอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่ออกจำหน่ายก็ใช้สาหร่ายไก่อเป็นวัตถุดิบทั้งหมด ดังนั้นโดยภาพรวมจะเห็นว่าเกือบ 100% ที่ชาวบ้านใช้สาหร่ายไก่อเป็นอาหาร ผลการศึกษาความเป็นพิษจากสาหร่ายไก่อมีรายละเอียดดังนี้:-

1. การให้สารสกัดสาหร่ายไก่อติดต่อกันเป็นระยะเวลา 60 วัน

1.1 ผลต่อน้ำหนักตัว

จากการชั่งน้ำหนักตัวหนูทุกสัปดาห์ตลอดระยะเวลาของการทดลองพบว่าน้ำหนักตัวของหนูเพศเมียในกลุ่มควบคุมไม่ต่างจากหนูเพศเมียในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 93) โดยคิดที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p \leq 0.05$ ส่วนในหนูเพศผู้พบว่าในสัปดาห์ที่ 5 หนูในกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไก่อปริมาณ 1.0 g/kg ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p \leq 0.05$ แต่ในครั้งสุดท้ายที่ทำการชั่งน้ำหนักพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของน้ำหนักในทั้งสามกลุ่ม โดยมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 93)

ตารางที่ 93 น้ำหนักตัว (กรัม) ของหนูที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไกปริมาณ 0.5 กรัม/กิโลกรัมและ 1.0 กรัม/กิโลกรัม ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน 60 วันเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Mean $\pm$ SD)

เพศ	สัปดาห์ที่ บันทึก	กลุ่มควบคุม	สารสกัดสาหร่ายไก 0.5 g/kg	สารสกัดสาหร่ายไก 1.0 g/kg
เมีย	1	169.00 $\pm$ 18.655 ^a	166.00 $\pm$ 13.928 ^a	163.60 $\pm$ 7.536 ^a
	2	189.40 $\pm$ 18.460 ^a	187.00 $\pm$ 12.980 ^a	181.00 $\pm$ 6.403 ^a
	3	203.80 $\pm$ 23.274 ^a	206.20 $\pm$ 15.990 ^a	190.20 $\pm$ 7.190 ^a
	4	211.80 $\pm$ 20.413 ^a	213.80 $\pm$ 14.532 ^a	201.60 $\pm$ 9.208 ^a
	5	225.00 $\pm$ 22.271 ^a	228.80 $\pm$ 7.852 ^a	217.60 $\pm$ 9.099 ^a
	6	235.20 $\pm$ 26.892 ^a	234.80 $\pm$ 19.980 ^a	232.00 $\pm$ 7.615 ^a
	7	244.40 $\pm$ 26.130 ^a	240.60 $\pm$ 17.458 ^a	233.60 $\pm$ 8.173 ^a
	8	242.80 $\pm$ 24.913 ^a	245.80 $\pm$ 16.589 ^a	232.40 $\pm$ 7.829 ^a
	9	251.40 $\pm$ 25.422 ^a	249.00 $\pm$ 19.078 ^a	236.60 $\pm$ 5.683 ^a
	10	252.60 $\pm$ 28.649 ^a	251.00 $\pm$ 19.261 ^a	242.60 $\pm$ 6.024 ^a
ผู้	1	202.50 $\pm$ 15.524 ^a	227.00 $\pm$ 12.490 ^a	221.00 $\pm$ 17.397 ^a
	2	262.25 $\pm$ 13.598 ^a	267.00 $\pm$ 14.899 ^a	261.00 $\pm$ 16.062 ^a
	3	283.50 $\pm$ 16.542 ^a	292.00 $\pm$ 14.899 ^a	291.75 $\pm$ 12.919 ^a
	4	306.00 $\pm$ 18.672 ^a	322.25 $\pm$ 12.0934 ^a	322.75 $\pm$ 11.5289 ^a
	5	331.75 $\pm$ 25.721 ^a	344.75 $\pm$ 9.979 ^{a,b}	367.50 $\pm$ 17.311 ^b
	6	347.25 $\pm$ 27.657 ^a	365.00 $\pm$ 8.981 ^a	362.25 $\pm$ 37.295 ^a
	7	359.50 $\pm$ 33.768 ^a	375.75 $\pm$ 17.764 ^a	379.00 $\pm$ 38.453 ^a
	8	368.25 $\pm$ 34.702 ^a	393.25 $\pm$ 11.644 ^a	373.75 $\pm$ 39.635 ^a
	9	386.00 $\pm$ 42.669 ^a	392.50 $\pm$ 24.637 ^a	387.75 $\pm$ 41.516 ^a
	10	401.50 $\pm$ 44.215 ^a	400.75 $\pm$ 22.911 ^a	403.00 $\pm$ 42.724 ^a

อักษรที่เห็นต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าที่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ $p \leq 0.05$

1.2 ผลทางโลหิตวิทยา

1.2.1 ผลต่อจำนวนเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จำนวนเม็ดเลือดขาวโดยรวมและจำนวนเม็ดเลือดขาวแยกชนิด

จากตารางที่ 94 พบว่าในหนูเพศเมียมีจำนวนเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของกลุ่มทดลองไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p \leq 0.05$ ส่วนในหนูเพศผู้พบว่าจำนวนเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไกปริมาณ 1.0 g/kg มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไกปริมาณ 0.5 g/kg แต่ถึงอย่างไรก็เป็นค่าที่อยู่ในช่วงมาตรฐาน

1.2.2 ผลต่อจำนวนเม็ดเลือดขาวโดยรวมและจำนวนเม็ดเลือดขาวแยกชนิด

จากตารางที่ 94 พบว่าทั้งในหนูเพศเมียและเพศผู้มีจำนวนเม็ดเลือดขาวโดยรวมและจำนวนเม็ดเลือดขาวแยกชนิดในกลุ่มทดลองไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p \leq 0.05$

ตารางที่ 94 จำนวนเม็ดเลือดแดงอัดแน่น, จำนวนเม็ดเลือดขาวโดยรวมและจำนวนเม็ดเลือดขาวแยกชนิดของหนูที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไcoxขนาด 0.5 กรัม/กิโลกรัมและ1.0 กรัม/กิโลกรัม ติดต่อกันเป็นเวลานาน 60 วันเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Mean $\pm$ SD)

เพศ	กลุ่ม	เม็ดเลือดแดงอัดแน่น(%)	Total white blood cell count (cell/mm ³)	ชนิดเม็ดเลือดขาว (%)				
				neutrophil	eosinophil	basophil	lymphocyte	monocyte
เมีย	ควบคุม	43.00 $\pm$ 1.73 ^a	3266.67 $\pm$ 153.81 ^a	8.40 $\pm$ 4.28 ^a	1.80 $\pm$ 0.45 ^a	0.20 $\pm$ 0.45 ^a	87.20 $\pm$ 4.55 ^a	2.40 $\pm$ 0.55 ^a
	0.5 g/kg	40.80 $\pm$ 3.96 ^a	2300.00 $\pm$ 916.52 ^a	15.00 $\pm$ 8.37 ^a	2.20 $\pm$ 1.30 ^a	0.20 $\pm$ 0.45 ^a	80.80 $\pm$ 8.47 ^a	2.20 $\pm$ 1.64 ^a
	1.0 g/kg.	42.00 $\pm$ 3.08 ^a	3333.33 $\pm$ 1184.62 ^a	11.80 $\pm$ 9.12 ^a	1.60 $\pm$ 0.89 ^a	0.40 $\pm$ 0.55 ^a	80.80 $\pm$ 8.47 ^a	2.40 $\pm$ 1.95 ^a
ผู้	ควบคุม	46.00 $\pm$ 2.16 ^a	5033.33 $\pm$ 1300.50 ^a	11.75 $\pm$ 3.10 ^a	0.75 $\pm$ 0.50 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^a	85.50 $\pm$ 3.11 ^a	2.00 $\pm$ 0.45 ^a
	0.5 g/kg	43.50 $\pm$ 1.29 ^{a,b}	5300.00 $\pm$ 500.00 ^a	11.25 $\pm$ 5.85 ^a	1.25 $\pm$ 0.50 ^a	1.25 $\pm$ 2.50 ^a	84.25 $\pm$ 5.56 ^a	2.00 $\pm$ 3.37 ^a
	1.0 g/kg	40.75 $\pm$ 3.86 ^b	2800.00 $\pm$ 916.51 ^a	13.25 $\pm$ 2.36 ^a	0.75 $\pm$ 0.50 ^a	1.25 $\pm$ 2.50 ^a	81.75 $\pm$ 5.85 ^a	3.00 $\pm$ 2.71 ^a

อักษรที่เห็นต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าที่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ $p \leq 0.05$

1.3 ผลต่อการทำงานของตับและไต

จากตารางที่ 95 ซึ่งเป็นผลการตรวจค่า AST และ ALT เพื่อทดสอบการทำงานของตับ และค่า BUN และ creatinine เพื่อทดสอบการทำงานของไตพบว่าทั้งในหนูเพศเมียและหนูเพศผู้ของกลุ่มทดลองที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไcoxปริมาณ 0.5 g/kg และ 1.0 g/kg มีค่าต่างๆเหล่านี้ไม่แตกต่างไปจากกลุ่มควบคุมโดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p \leq 0.05$

ตารางที่ 95 ผลการตรวจทางชีวเคมีของซีรัมของหนูที่ได้รับสกัดสาหร่ายไcoxติดต่อกันเป็นเวลานานติดต่อกัน 60 วัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Mean $\pm$ SD)

เพศ	กลุ่ม	ผลทางเคมีเทคนิค			
		AST(IU/L)	ALT(IU/L)	BUN(mg/dl)	Creatinine(mg/dl)
เมีย	ควบคุม	169.00 $\pm$ 59.189 ^a	39.00 $\pm$ 9.695 ^a	35.20 $\pm$ 5.704 ^a	0.70 $\pm$ 0.071 ^a
	0.5 g/kg	165.00 $\pm$ 46.138 ^a	40.00 $\pm$ 9.557 ^a	34.60 $\pm$ 3.787 ^a	0.70 $\pm$ 0.100 ^a
	0.1 g/kg	186.00 $\pm$ 46.804 ^a	39.00 $\pm$ 5.620 ^a	32.80 $\pm$ 11.732 ^a	0.72 $\pm$ 0.178 ^a
ผู้	ควบคุม	137.00 $\pm$ 28.355 ^a	32.50 $\pm$ 4.950 ^a	29.00 $\pm$ 2.000 ^a	0.60 $\pm$ 0.081 ^a
	0.5 g/kg	121.00 $\pm$ 32.078 ^a	33.50 $\pm$ 3.536 ^a	27.67 $\pm$ 3.055 ^a	0.58 $\pm$ 0.050 ^a
	1.0 g/kg	116.00 $\pm$ 23.643 ^a	32.50 $\pm$ 0.707 ^a	25.67 $\pm$ 3.786 ^a	0.60 $\pm$ 0.082 ^a

อักษรที่เห็นต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าที่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ $p \leq 0.05$

สรุปผลการทดลอง

การให้สารสกัดสาหร่ายไวกปริมาณ 1.0 กรัม/กิโลกรัมและ 0.5 กรัม/กิโลกรัม ต่อเนื้อ กุ้งทุกวัน เป็นเวลา 60 วัน ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษใดๆในหนูขาวทั้งสองเพศ ถึงแม้ว่าปริมาณของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของหนูเพศผู้ที่ได้รับสารสกัดสาหร่ายไวกปริมาณ 1.0 กรัม/กิโลกรัมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ $p \leq 0.05$ แต่ค่านี้ก็อยู่ในช่วงของค่ามาตรฐาน

จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การบริโภคสาหร่ายสาหร่ายไวกจะไม่มีพิษภัยแต่อย่างใด ถึงแม้จะบริโภคเป็นปริมาณมากในแต่ละวัน หรือบริโภคติดต่อกันทุกวัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความเหมาะสมที่จะเผยแพร่หรือประชาสัมพันธ์ให้กับชุมชนและบุคคลทั่วไปได้รับทราบต่อไป เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการบริโภคสาหร่ายไวก

4.3.3.2 การทดสอบฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายไวก

สาหร่ายไวก ในการทดสอบใช้สาหร่ายไวก *Cladophora glomerata* ในรูปส่วนสกัดอัลกอฮอล์ ซึ่งเตรียมโดยนำไวกแห้งมาหมักในอัลกอฮอล์เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำมารองและระเหยเอาอัลกอฮอล์ออกแล้วทำให้แห้ง คิดเป็น % yield เท่ากับ 10.33

หมายเหตุ: สาหร่ายไวกที่นำมาทดสอบเก็บมาจากลำน้ำยาว ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาของลำน้ำน่าน

โดยเก็บช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

สัตว์ทดลอง หนูขาว และ หนูถีบจักร สั่งซื้อจาก สำนักสัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล จัดส่งโดยทางเครื่องบิน หนูตะเภาหาซื้อที่จังหวัดเชียงใหม่ อาหารสัตว์ทดลองสั่งซื้อจาก บริษัทเพอร์เฟคคอมพาเนียน กรุงเทพมหานคร

แบ่งสัตว์ทดลองออกเป็น 5-6 กลุ่มๆละ 6-8 ตัว ได้แก่ กลุ่มได้รับยามาตรฐาน 1-2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม ได้รับสารทดสอบ 2-3 ขนาด และกลุ่มควบคุมได้รับสารที่เป็นตัวทำละลาย (vehicle) ของสารทดสอบ

แบ่งการศึกษาออกเป็น 6 ส่วนดังนี้

4.3.3.2.1 การทดสอบฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร

ศึกษาฤทธิ์ของสาหร่ายไวกในการต้านการให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดความเครียดโดยการขังกรงและแช่น้ำ (Takagi *et al.*, 1963) ประเมินแผลในกระเพาะอาหารโดยการวัดความยาวของแผลโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า คำนวณหา ulcer index และ % ยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร

4.3.3.2.2 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ

ศึกษาฤทธิ์ของสาหร่ายไวกในการยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ โดยทดสอบฤทธิ์ในการต้านการหดตัวของลำไส้เล็กของหนูตะเภาที่แยกออกจากตัว ซึ่งการหดเกร็งกระตุ้นโดย acetylcholine (Blattner *et al.*, 1987)

4.3.3.2.3 การทดสอบฤทธิ์ขยายหลอดลม

ศึกษาฤทธิ์ขยายหลอดลมของสาหร่ายไวก โดยทดสอบฤทธิ์ในการต้านการหดตัวของหลอดลมของหนูตะเภาที่แยกออกจากตัว ซึ่งการหดเกร็งกระตุ้นโดย histamine (Castillo and De beer, 1947)

4.3.3.2.4 การทดสอบฤทธิ์ระงับปวด

ศึกษาฤทธิ์ระงับปวดของสารห่วยไกโดยใช้การทดลอง writhing response โดยวัดผลระดับความเจ็บปวดของหนูถีบจักรที่เกิดจากการฉีด acetic acid เข้าช่องท้อง (Koster *et al.*, 1959)

4.3.3.2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ

ศึกษาฤทธิ์การต้านการอักเสบของสารห่วยไก ทำโดยการวัดผลระดับการบวมของหูหนู ซึ่งการบวมกระตุ้นโดยสาร ethyl phenylpropiolate (Brattsand *et al.*, 1982)

4.3.3.2.6 การทดสอบผลต่อความดันโลหิต

ศึกษาฤทธิ์ของสารห่วยไกต่อความดันโลหิต โดยศึกษาผลของสารห่วยไกเมื่อให้ทางหลอดเลือดดำ ต่อความดันโลหิตและการเต้นของหัวใจของหนูขาวที่สลบ (Mc. Loed, 1970)

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ANOVA และ Newman-Keul Test หรือ Mann Whitney Test เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มสัตว์ทดลอง

ผลการวิจัย

4.3.3.2.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร

ผลการทดลองพบว่า สารห่วยไกมีฤทธิ์ต้านการเกิดแผลกระเพาะอาหารของหนูขาวที่ถูกกระตุ้นให้เกิดแผลด้วยความเครียดจากการขังกรงและแช่น้ำ ดังแสดงในตารางที่ 96 ภาพที่ 48 สารห่วยไกขนาด 100 และ 500 มก./กก. มีผลยับยั้งการเกิดแผล 27.4 และ 58.5% ตามลำดับ ส่วน Cimetidine (เป็นยาในกลุ่ม H₂-antagonist ใช้รักษาโรคแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ โดยไปมีผลต่อการยับยั้งการหลั่งกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร) ซึ่งใช้เป็นยามาตรฐานมีผลยับยั้งการเกิดแผล 72.4%

ตารางที่ 96 ผลของไกในการต้านการเกิดแผลกระเพาะอาหารของหนูขาวที่ถูกกระตุ้นให้เกิดแผลโดยความเครียดจากการขังกรงและแช่น้ำ (อุณหภูมิ 22± 2 °C นาน 5 ชม.)

กลุ่ม	ความยาวของแผลในกระเพาะอาหาร (มม.)	%การยับยั้งการเกิดแผล
ควบคุม(น้ำกลั่น)	16.4 ± 3.3	-
Cimetidine 100 มก/กก.	3.7 ± 1.0***	72.4
ไก 100 มก/กก.	11.9 ± 1.1	27.4
500 มก/กก.	6.8 ± 1.5**	58.5

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± S.E.M)

** : มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.01

***: มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.001



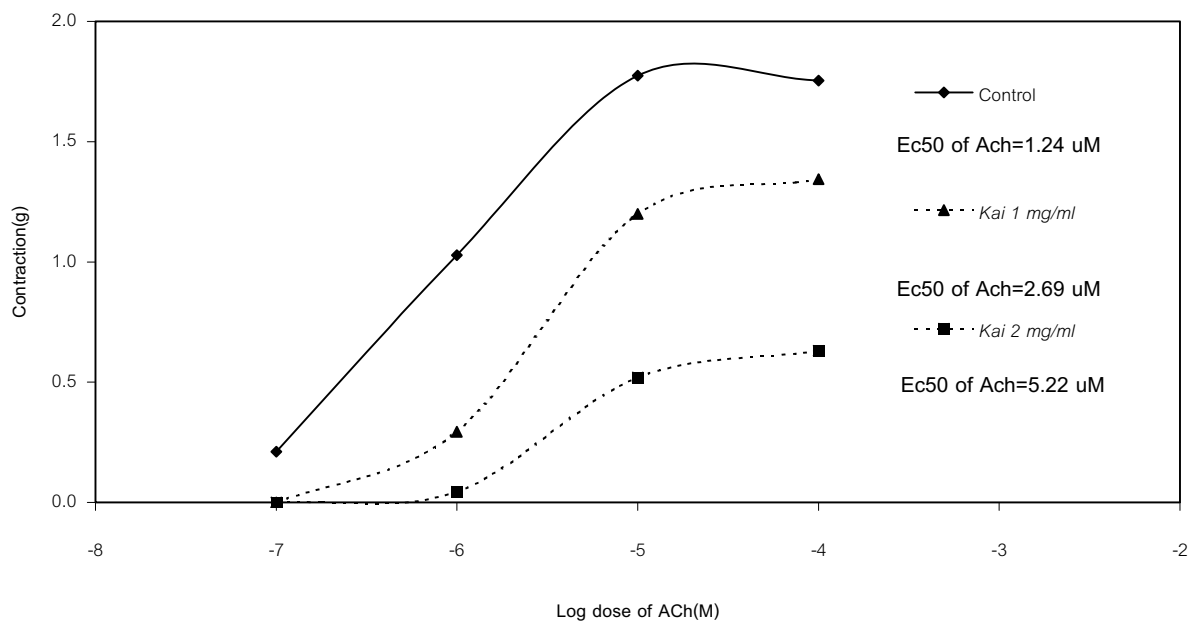
กระเพาะหนูกลุ่มควบคุม

กระเพาะหนูกลุ่มที่ได้รับไก
(500 มก/กก.)

ภาพที่ 48 ตัวอย่างแผลกระเพาะอาหารของหนูขาวที่ถูกกระตุ้นให้เกิดแผลโดยความเครียดจากการขังกรงและแช่น้ำในหนูกลุ่มควบคุมและหนูกลุ่มที่ได้รับไก 500 มก/กก

4.3.3.2.2 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารห่วยไกมีฤทธิ์ต้านการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ เมื่อทดสอบกับลำไส้เล็กของหนูตะเภาที่แยกออกจากตัว ซึ่งการหดเกร็งกระตุ้นโดย Acetylcholine (ACh) ดังแสดงในภาพที่ 49 เห็นได้จากในสภาวะที่มีสารห่วยไกจะต้องใช้ความเข้มข้นของ ACh ในขนาดสูงขึ้นเพื่อกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของลำไส้เล็ก โดยพิจารณาจากค่า EC_{50} (ขนาดความเข้มข้นของ ACh ที่กระตุ้นการหดตัวของลำไส้เล็กได้ 50%) จากผลการทดลอง ค่า EC_{50} ของ ACh เมื่อไม่มีสารห่วยไกมีค่าเป็น 1.24 ไมโครโมลาร์ ส่วนในสภาวะที่มีสารห่วยไกขนาด 1 และ 2 มก./มล. ค่า EC_{50} ของ ACh เพิ่มขึ้นเป็น 2.69 และ 5.22 ไมโครโมลาร์ตามลำดับ



ภาพที่ 49 แสดงผลของไกในขนาด 1 และ 2 มก./มล. ในการต้านการหดเกร็งของลำไส้เล็กของหนูตะเภาที่แยกออกจากตัว ซึ่งการหดเกร็งกระตุ้นโดย acetylcholine

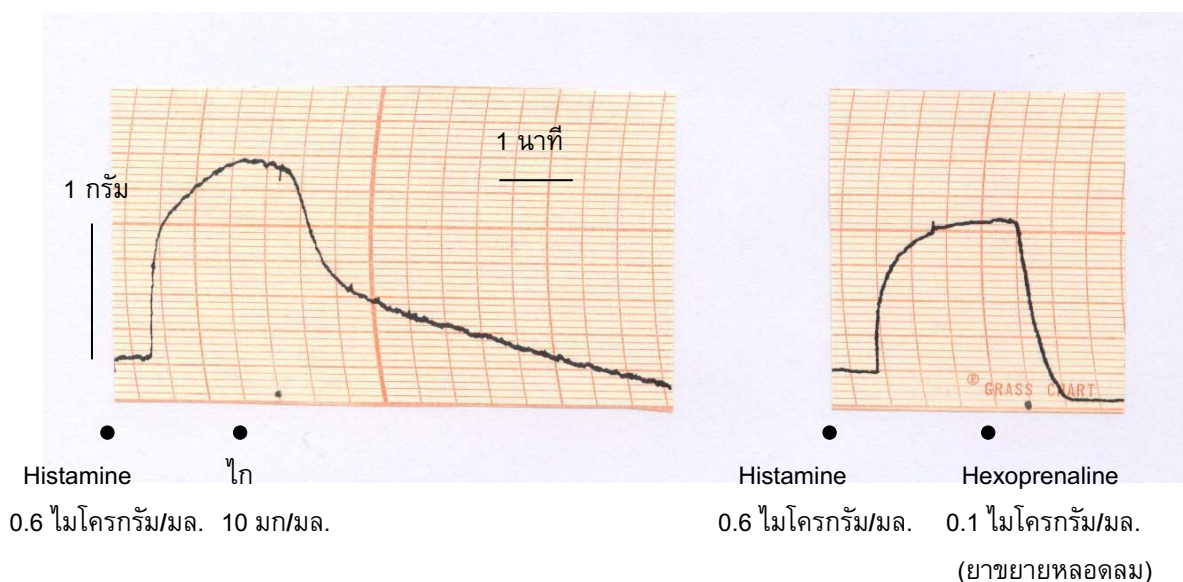
4.3.3.2.3 การทดสอบฤทธิ์ขยายหลอดลม

ผลการทดลองพบว่า สารร้ายไกสามารถต้านทานการหดตัวของหลอดลมหนูตะเภาที่แยกออกจากตัว ซึ่งการหดตัวกระตุ้นโดยสาร Histamine ดังแสดงในตารางที่ 97 ภาพที่ 50 โภชนาความเข้มข้น 1.25, 2.50, 5.0 และ 10 มก/กก. สามารถต้านการหดตัวของหลอดลม ได้ 5.42, 14.99, 50.86 และ 100% ตามลำดับ

ตารางที่ 97 ผลของสารร้ายไกต่อการต้านการหดตัวของหลอดลมของหนูตะเภาที่ถูกแยกออกจากตัวซึ่งการหดเกร็งกระตุ้นโดย histamine

ความเข้มข้นของไก(มก/มล.)	% ยับยั้งการหดเกร็ง
1.25	5.42 $\pm$ 2.20
2.50	14.99 $\pm$ 2.46
5.00	50.86 $\pm$ 8.06
10.00	100 $\pm$ 0

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean $\pm$ S.E.M)



ภาพที่ 50 แสดงผลของไกต่อการต้านการหดตัวของหลอดลมของหนูตะเภาที่ถูกแยกออกจากตัวซึ่งการหดเกร็งกระตุ้นโดย histamine

4.3.3.2.4 การทดสอบฤทธิ์ระงับปวด

ผลการทดลองพบว่า สารร้ายไกมีฤทธิ์ระงับปวด โดยที่สามารถลดจำนวนครั้งของการบิดตัวของหนูถีบจักร จากการฉีด Acetic acid ได้ สารร้ายไกขนาด 100 และ 500 มก./กก. สามารถยับยั้งความเจ็บปวดได้ 34.7 และ 84.5% ตามลำดับ ส่วน Aspirin (เป็นยาระงับปวดลดไข้ ชนิด non-narcotic) ซึ่งใช้เป็นยามาตรฐาน ยับยั้งได้ 72.6% ดังแสดงผลในตารางที่ 98

ตารางที่ 98 ผลของไเกในการยับยั้งความเจ็บปวดของหนูถีบจักรจากการฉีด acetic acid

กลุ่ม	จำนวนครั้งของการบิดตัว (No. of writhes)	%ยับยั้งความเจ็บปวด
ควบคุม	27.7 ± 2.0	-
Aspirin		
150 มก./กก.	7.6 ± 2.1***	72.6
ไเก		
100 มก./กก.	18.1 ± 2.4**	34.7
500 มก./กก.	4.3 ± 1.2***	84.5

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± S.E.M)

** : มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.01

***: มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.001

4.3.3.2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบ

ผลการทดลองพบว่าสารห่วยไเกมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ โดยสามารถยับยั้งการบวมของหูหนูขาว ซึ่งกระตุ้นโดยสาร Ethyl phenylpropionate ดังแสดงในตารางที่ 99 ผลของไเกในขนาด 3 มก./หู ใกล้เคียงกับยา มาตรฐาน Phenylbutazone (เป็นยาในกลุ่ม NSAID ใช้รักษาการปวด บวม และอักเสบ) ในขนาด 1 มก./หู

ตารางที่ 99 ผลของไเกในการยับยั้งการบวมของหูหนู ซึ่งการบวมกระตุ้นโดยสาร Ethyl phenylpropionate

กลุ่ม	% ยับยั้งการบวมของหูหนู			
	15 นาที	30 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
ควบคุม(Acetone)	-	-	-	-
Phenylbutazone				
1 มก./หู	83	72	63	60
ไเก				
3 มก./หู	87	79	50	56

4.3.3.2.6 การทดสอบผลต่อความดันโลหิต

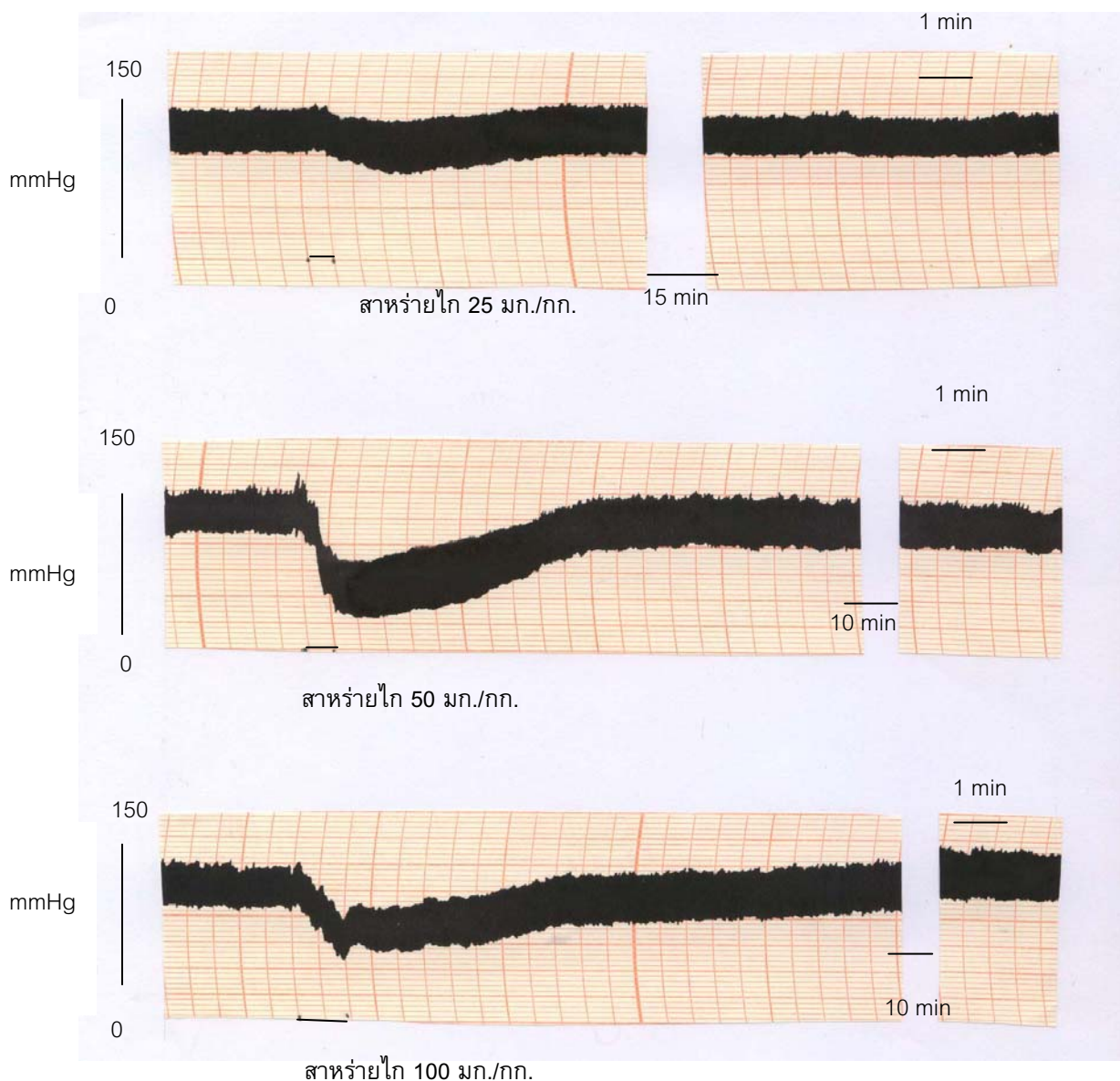
ผลการทดลองพบว่าสารห่วยไเกมีฤทธิ์ลดความดันโลหิต เมื่อทดสอบในหนูขาวที่สลบด้วยยา Pentobarbital พบว่าไเกขนาด 25, 50 และ 100 มก./กก. สามารถลดความดันโลหิต ได้ 26, 15, 45.00 และ 63.78% ตามลำดับ ดังแสดงผลในตารางที่ 100 ภาพที่ 51

ตารางที่ 100 ผลของไเกต่อการลดความดันโลหิตในหนูขาวที่สลบด้วยยา pentobarbital

ขนาดของไเก(มก./กก.)	%การลดลงของความดันโลหิต
25	26.15 ± 6.64
50	45.00 ± 5.91
100	63.78 ± 5.15

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ± S.E.M)

Data are expressed as mean ± S.E.M. n = 8



ภาพที่ 51 แสดงผลการลดความดันโลหิตของสารร้ายไก่ในหนูขาวที่สลบ pentobarbital

วิจารณ์ผลการทดลอง

สารร้ายไก่มีฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ขยายหลอดลม ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ด้านการอักเสบ ระงับปวดและลดความดันโลหิต

การทดสอบเพื่อตรวจหาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่ใช้ในรายงานนี้เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้น ดังนั้นจะต้องมีการศึกษาต่อไปในเชิงลึกเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

โรคแผลในกระเพาะอาหารเป็นโรคเรื้อรัง ซึ่งสาเหตุเกิดจากความไม่สมดุลระหว่าง aggressive factors และ defensive factors ซึ่งมีส่วนในการ maintain mucosal integrity และกลไกป้องกันของกระเพาะอาหารเอง ในการตรวจสอบเบื้องต้นได้ใช้การทดลองในหนูขาวโดยการกระตุ้นให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารด้วยความเครียดจากการขังกรงและแซ่หน้า พบว่าสารร้ายไก่มีฤทธิ์ด้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร การทดสอบฤทธิ์ด้านการเกิด

แผลกระเพาะอาหารมีการทดลองที่กระตุ้นให้เกิดแผลโดยวิธีการต่างๆ กัน เช่น การทดลองเพื่อทดสอบฤทธิ์ต้านการเกิดแผลกระเพาะอาหารที่กระตุ้นโดยยา NSAID โดยการให้สาร ethanol และ กรดเกลือ การประเมินผลในการยับยั้งการหลั่งกรด การประเมินผลในการป้องกันเยื่อเมือกของกระเพาะอาหารถูกทำลาย การตรวจหาฤทธิ์เป็น H_2 antagonist ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่ออธิบายฤทธิ์และกลไกการออกฤทธิ์ได้

การทดสอบฤทธิ์ระงับการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ใช้การทดสอบในลำไส้เล็กที่แยกออกจากตัวของหนูตะเภา พบว่าสาหร่ายไกมีฤทธิ์ต้านการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นยาสำหรับบรรเทาอาการปวดของอวัยวะภายใน เช่น การปวดท้อง เป็นที่น่าสนใจว่าสาหร่ายไก่อาจจะมีฤทธิ์ระงับการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะอื่นๆ เช่น มดลูก หลอดเลือด (ฤทธิ์ขยายหลอดเลือด) และหลอดลม

สาหร่ายไก่อสามารถต้านทานการหดตัวของหลอดลมหนูตะเภาที่แยกออกจากตัว ซึ่งกระตุ้นโดยสาร histamine แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายไกมีฤทธิ์ขยายหลอดลม ควรจะต้องมีการศึกษาต่อไป โดยทำการทดสอบฤทธิ์ต้านการหดตัวของหลอดลมซึ่งกระตุ้นให้เกิดโดยสารอื่นๆ เช่น Acetylcholine, Prostaglandin, Leukotriene ฯลฯ เนื่องจากสารเหล่านี้มีผลทำให้หลอดลมตีบหรือหดตัว และเป็นหลักฐานสนับสนุนการใช้ประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นยาขยายหลอดลมสำหรับรักษาโรคหอบหืด

การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบในรายงานนี้เป็นการทดสอบที่ไบฮูหนูขาวซึ่งเป็นการให้ยาเฉพาะที่ และเป็นการทดลองเพื่อคัดกรองฤทธิ์ ในการศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบควรจะต้องมีการศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบเฉียบพลันและฤทธิ์ต้านการอักเสบแบบเรื้อรัง การใช้สารกระตุ้นให้เกิดการอักเสบเช่น carrageenin และ arachidonic acid จะสามารถบอกกลไกการออกฤทธิ์ผ่านการยับยั้ง arachidonic acid metabolism ทางด้าน cyclooxygenase หรือ lipoxygenase pathway

การทดสอบฤทธิ์ระงับปวด โดยใช้การทดลอง writhing response เป็นการทดสอบเบื้องต้น ควรจะต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมในการทดลองอื่น เพื่อที่จะสามารถแยกได้ว่า ฤทธิ์ระงับปวดนั้นเป็นการออกฤทธิ์คล้ายกับยากลุ่ม NSAIDs หรือออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางคล้ายยากลุ่ม opioids

การทดสอบฤทธิ์ลดความดันโลหิตของไก่อ ควรจะต้องมีการศึกษาหัวใจเพิ่มเติม โดยทำการทดสอบฤทธิ์ต่อหัวใจและหลอดเลือดแดง เพื่อหากลไกการออกฤทธิ์ และศึกษาฤทธิ์ลดความดันโลหิตในหนูที่อยู่ในภาวะความดันโลหิตสูง

เนื่องจากการศึกษาการทดสอบฤทธิ์ทางยาของสาหร่ายไกนี้เป็นการศึกษาในช่วงสุดท้ายของโครงการวิจัย ซึ่งทางคณะวิจัยได้พยายามหาทีมวิจัยซึ่งมีความสามารถทางด้านการศึกษาฤทธิ์ทางยาทดแทนการศึกษาทางด้านการใช้เป็นภูมิคุ้มกัน ซึ่งไม่ประสบผลสำเร็จตามที่กล่าวมาในข้อ 4.3.2 ดังนั้นในช่วงเวลาที่จำกัดจึงทำให้การศึกษาฤทธิ์ทางการใช้เป็นตัวยายังไม่สมบูรณ์ ยังเป็นเพียง Preliminary test ซึ่งเชื่อถือได้ และนับว่าเป็นความโชคดีที่ได้พบฤทธิ์ทางยาหลายประการจากสาหร่ายไก่อ ส่วนสาหร่ายลอนยังไม่ได้ทำการศึกษา ทางคณะวิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาฤทธิ์ทางยาทางสาหร่ายไก่อ และสาหร่ายลอน รวมทั้งความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่อไปอีก เพื่อให้มีความสมบูรณ์และเชื่อถือได้ ซึ่งถ้าผลการวิจัยได้รับการสนับสนุนจนกระทั่งได้รับผลสำเร็จสมบูรณ์ทุกด้าน ย่อมจะส่งผลดีทั้งการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาเป็นตัวยารักษาโรค และผลดีต่อผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก่ออกจำหน่าย รวมถึงผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เหล่านั้นและชุมชนที่บริโภคสาหร่ายไก่อเป็นอาหารจากภูมิปัญญาชาวบ้านอย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนภาสน์ ลีวโนมนต์. 2527. สหรัย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กิตติศักดิ์ โชติเดชานรงค์. 2546. การขยายพันธุ์ต้นหนอนตายหายาก (*Stemona* sp.) ในสภาพปลอดเชื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537). กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จงจินต์ ศิวศิลป์. 2525. สหรัยวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จิตพัต แยมแพ. 2541. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูบไซกิ้งสำเร็จรูปโดยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- เจียมจิตต์ บุญสม. 2532. ความลับของสหรัยเกลียวทอง: ผลทางการรักษาโรคที่นายแพทย์ชาญี่ปันค้นพบ. งานแปลฉบับที่ 105 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ทนายภูมิ ปริญญาพัฒนบุตร. 2547. ไก่ซูบแปงทอด. อาหาร 34(1): 46 – 48.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2540. สหรัยตอนที่ 1: ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสหรัย สหรัยสีเขียวกวนน้ำเงิน และ สหรัยสีเขียว. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2542. เรื่องดีๆ ของสหรัย. จดหมายข่าวนานาชาติ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 หน้า 13-15.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2545. สหรัยวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สรวิศ เผ่าทองสุข. 2543. สหรัย: ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสหรัยในประเทศไทย. เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการ “อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ” สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ชุดที่ 2.
- อาภารัตน์ มหาพันธ์. 2540. สายพันธุ์จุลสหรัย ณ ศูนย์เก็บรักษาและรวบรวมข้อมูลจุลินทรีย์ วท. วิทยาศาสตร์ สำหรับเยาวชน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เล่มที่ 10 สิงหาคม 2540. หน้า 131-134.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemist, Gaithersburg.Maryland, U.S.A.
- APHA, AWWA, WPCE. 1992. Standard method for examination of water and waste water. Washington DC., American Public Health Association.
- Becker, E.W. 1994. Microalgae: Biotechnology & Microbiology. Great Britain. Cambridge University Press.
- Brattsand R, Thalen A, Roempke K, Kallstrom L, Gruvstad E. Influence of 16 α , 17 α -acetal substitution and steroid nucleus fluorination on the topical to systemic activity ratio of glucocorticoids. J steroid Biochem 1982; 16(6): 779-786.
- Bushuk, W. and Wrigley, E. W. 1974. Protein: Composition, Structure and function. In Wheat: production and utilization. Nglett. G.E (editor). The AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut. P. 119 – 145.
- Castillo, J.C. and De Beer E.J. The tracheal chain, a preparation for the study of antispasmodics with particular reference to bronchodilator drugs. J pharmacology and experimental therapeutics 1947; 90: 104-109.

- Desikachary T.V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Dehi.
- Dey B., Lerher D. L., Lusso P., Boyd M.R., Elder J.H., Berger E. A. 2000. Multiple Antiviral of Cyanovirin-N: Blocking of Human Immunodeficiency Virus Type 1 gp 120 Interaction with CD4 and Coreceptor and Inhibition of Diverse Envelope Viruses. *Journal of Virology*, 74, 4502-4509.
- Entwisle T. J. 1989. Macroalgae in Yarra River basin: Flora and distribution. *Proc. R. Soc. Victoria*. 101: 1-79
- Fish S.A., Codd G.A. 1994. Bioactive Compound Production by Thermophilic and Thermotolerant Cyanobacteria (Blue-Green Algae). *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 10, 338-341.
- Haynes J.D. 1975. Botany: An introduction to Plant Kingdom. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Hoffmann L. 1988. Criteria for classification of blue-green algae (cyanobacteria) at the genus and at the species level. *Arch. Hydrobiol.*, 80, (1-4): 50-53.
- Huber-Pestalozzi G. 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers: Chlorophyceae Grünalgen Ordnung Chlorococcales. 7. Teil. 1. Hälfte. Stuttgart, E. Schweizerbart sche Verlagsbuchhandlung.
- Jenning T.A. 1989. The value of lyophilization data. *Parenteral Science and Technology*, 43, 150-161.
- John D.M., Whitton B.A., Brook A.J. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Katrien M.J., Van L., Ralf H., Margaret B., Henk A.S., Alphons G.J.V. 2000. Fermentation of Plant Cell Wall Derived Polysaccharides and Their Corresponding Oligosaccharides by Intestinal Bacteria. *J. Agri. Food. Chem.*, 48: 1644-1652.
- Kmitt. 1996. Laboratory document, A regional workshop on mass cultivation of microalgal. King Mongkut's Institute of technology thonburi, Bangkok.
- Knorr, D. 1998. Technology Aspects Related to Microorganisms in Functional Foods. *Trends Food Sci. Technol.*, 9: 295-306.
- Komarek J. and Anagnostidis K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes.4-Nostocales. *Arch. Hydrobiol.*, 82, 247-345.
- Koster R, Anderson M, De Beer E.J. Acetic acid for analgesic screening. *Fed Proc* 1959; 18: 412.
- Lee R.E. 1999. Phycology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lorraine L.J., Vollenweider R.A. 1981. Summary report, the OECD cooperative programme on eutrophication. National Water Research Institute, Burlington.
- NIES. 1997. NIES-Collection: List of strains Microalgae and Protozoa. National Institute for Environmental Studies Environment Agency. Japan.
- Patterson G.M.L., Moore R., Cameli S., Smith C., Kimura L.H. 1996. Scytophycin Compounds, Composition and Method for their Production and Use. *Journal of Biotechnology Advance*, 14: 580-581.
- Peerapornpisal Y., C. Chaiubol, H. Kraibut, M. Chorum, P. Wannathong. N. Ngernpat, K. Jusakul, A. Thammathiwat, J. Chuananta and T. Inthasotti. 2003. The Monitoring of Water Quality in Ang Kaew Reservoir of Chiang Mai University by Using Phytoplankton as Bioindicator from 1995-2002. *Chiang Mai Journal of Science*, 2004; 31(1): 85-94.

- Peerapornpisal Y., Proengkarn S., Kasantikul K. 1997. Nutritional Value and Cultivation of *Spirogyra* spp. Proceeding on 2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference and 2nd Asia-Pacific Conference on Algal Biotechnology, 7-10 May 1997, Phuket Arcadia Hotel & Resort, Karon Beach, Phuket, p. 157-162.
- Precott G.W. 1970. How to know the freshwater algae. Iowa, W.M.C. Brown Company Publishers Dubuque.
- Rippka R., Duruelles J., Waterbury J.B., Herdmann M., and Stainer R.Y. 1979. Generic assignment, strain history and properties of pure cultures of cyanobacteria. Gen. Microbiol., 1, 1-61.
- Takagi, T., Kasuya, Y., and Watanabe, K. Studies on the drug for peptic ulcer. A reliable method for producing stress ulcer in rats. Chem Pharm Bull (Tokyo) 1963; 12: 465-472.
- Tanticharoen M., Ruengjitchatchawalya M. 2001. High Value Chemicals from *Spirulina*. Proceeding on the Workshop on Mass Cultivation of *Spirulina*, 8-11 January 2001, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, p. (4-1)-(4-12).
- Vercellotti J.R., Salyers A.A., Bullard W.S., Wilkins T.D. 1997. Breakdown of Mucin and Plant Polysaccharides in the Human Colon. Can. J. Biochem., 55: 1190 -1196.
- Voragen, A.G.J. 1998. Technological Aspects of Functional Food-Related Carbohydrates. Trends Food Sci. Technol., 9: 328-335
- Wetzel R.E. 1983. Limnology. Philadelphia, Saunders College Publishing.

ภาคผนวก

- ตารางสรุปผลการดำเนินงาน
- อุปกรณ์สำหรับศึกษาสาหร่ายในระบบนิเวศน้ำไหล
- สูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายไคและสาหร่ายลอน

รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป

ตารางสรุปรายงานตามแผนงาน กิจกรรมและผลการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทางด้านรูปร่าง โครงสร้างโดยมุ่งเน้นชนิดที่สามารถนำมาเป็นอาหารและยา รวมถึงนิเวศวิทยา การแพร่กระจายฤดูกาลของการเจริญของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดนั้นๆ ในลำน้ำน่าน	1. สำรวจความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านในจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ รวมทั้งศึกษากุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกี่ยวข้องทุกฤดูเป็นเวลา 2 ปี เพื่อหาชนิดที่มีศักยภาพในการใช้เป็นอาหารและยา รวมถึงการปรากฏของสาหร่ายชนิดนั้นๆ ตามจุดต่างๆ	1. ได้ดำเนินการสำรวจความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านในจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ ได้ศึกษากุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกี่ยวข้อง เป็นเวลา 2 ปี	1. ได้พบว่าในลำน้ำน่านมีความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ถึง 56 สปีชีส์ นับว่ามีความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดที่มีศักยภาพ แต่ชนิดที่มีความหนาแน่นมากและมีศักยภาพในการนำมาเป็นอาหารและยาได้มี 3 ชนิด คือ <i>Cladophora</i> spp. และ <i>Microspora</i> spp. ซึ่งคือสาหร่ายไก่อ <i>Nostochopsis</i> spp. ซึ่งคือสาหร่ายลอน สาหร่ายทั้ง 3 ชนิดพบในลำน้ำน่านมากในช่วงฤดูแล้ง ตั้งแต่พฤศจิกายนถึงเมษายน เมื่อถึงฤดูฝนความขุ่นของน้ำมีมาก ปริมาณแสงส่องผ่านลงไปใต้น้ำน้อย ทำให้ไม่สามารถเจริญได้ คุณภาพน้ำที่สาหร่ายทั้ง 3 ชนิด เจริญได้อยู่ในช่วงตื้นถึงปานกลาง และสิ่งยึดเกาะที่สำคัญคือก้อนหิน บริเวณพื้นท้องน้ำ
2. ศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น ปรับปรุงผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งเป็นที่ยอมรับอยู่แล้วให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องตลาดเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชนนั้นๆ	2.1 สำรวจการนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านและลำน้ำสาขาเข้ามาเป็นอาหารและยาด้วยภูมิปัญญาชาวบ้าน	2.1 ได้สัมภาษณ์บุคคลในชุมชนริมแม่น้ำน่านและแม่น้ำสาขาผู้ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของประชากรในบริเวณดังกล่าวเกี่ยวกับการนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาเป็นอาหารและยา	2.1 ประชากรแถบลำน้ำน่านนิยมนำสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนมาประกอบอาหารพื้นบ้านมาเป็นเวลานาน ไม่สามารถทราบถึงจุดเริ่มต้นได้แน่ชัด อาหารพื้นบ้านได้แก่ ยำ ไก่ ย่า ลอน ไก่ และห่อหนึ่งไก ต่อมามีการพัฒนาเป็นอาหารประเภทอื่นจำหน่ายภายในหมู่บ้านและภายในจังหวัด มีการใช้สาหร่ายลอนเป็นยาแก้อ่อนใน และมีผู้บอกเล่าว่าบริโภคสาหร่ายไก่อแล้วช่วยให้โรคกระเพาะอาหารทุเลาลง
2.2 แปลงอาหารจากสาหร่ายไก่อให้เป็นอาหารประเภทต่างๆ เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งมีรสขาคิดและการปรุงแต่งที่ถูกต้องผู้บริโภค	2.2 แปลงอาหารจากสาหร่ายไก่อให้เป็นอาหารประเภทต่างๆ เพื่อให้มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งมีรสขาคิดและการปรุงแต่งที่ถูกต้องผู้บริโภค	2.2 ได้มีหน่วยงาน 4 แห่งคือ ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตน่านและสถาบันคันควัวและพัฒนาผลิตภัณฑ์ อ า ห า ร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกันแปรรูปอาหารประเภทต่างๆ	2.2 จากการแปรรูปอาหารต่างๆ ของหน่วยงาน 3 แห่ง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นขนมอบ ขนมอบกรอบ ขนมไทย อาหารสำเร็จรูป อาหารว่าง น้ำพริก และเส้นมะหมี รวม 24 ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ทำขายนำไปใช้แปรรูปเพื่อการจำหน่ายแล้วคือ ขนมอบกรอบ ขนมไทย อาหารว่าง น้ำพริก และเส้นมะหมี ซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายนี้จะมีการศึกษาสูตรบสูตรอาหารที่ได้ถ้ามีวัตถุดิบเพียงพอและมีการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างจริงจัง

ตารางสรุป (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
	2.3 ปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารของภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งเป็นที่ยอมรับกันคือไก่ไข่ให้มีความห็นน้อยลงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน และยืดอายุความกรอมของไก่แผ่นให้นานขึ้น	2.3 ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้าผลิตไก่ไข่ ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ไข่และไก่แผ่นให้มีคุณภาพดีขึ้น	2.3 สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ไข่ และไก่แผ่นให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยลดความชื้นของสาหร่ายไก่อเมื่อนำมาผลิต พัฒนาการบรรจุภัณฑ์โดยใช้ถุงพลาสติกที่มีคุณภาพในการลดการรั่วไหลของอากาศได้ดีขึ้น รวมถึงการใช้สารดูดความชื้น
3. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ชนิดที่นำมาเป็นอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคและผู้ผลิตรู้จักคุณค่าเหล่านี้ อันจะนำมาซึ่งความมั่นใจ ในการบริโภค รวมถึงความเป็นพิษว่ามีหรือไม่ ซึ่งมี ความสำคัญในการส่งเสริมเพื่อใช้เป็นอาหาร และยาต่อไป	3.1 ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน 3.2 ทำการศึกษาความเป็นพิษในสาหร่ายไก่อ	3.1 ได้ส่งตัวอย่างสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน จากลำน้ำน่านและแม่น้ำโขง ไปวิเคราะห์ที่โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3.2 ได้ทำการวิเคราะห์ความเป็นพิษในสาหร่ายไก่อที่หน่วยวิจัยพิษวิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	3.1 ได้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน โดยพบว่าสาหร่ายทั้ง 2 ประเภท มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับปลาน้ำจืด มีวิตามินหลายชนิด โดยเฉพาะกลุ่มวิตามินบี มีเกลือแร่หลายชนิด ที่มีมากคือแคลเซียม ในสาหร่ายลอน และซีลีเนียมในสาหร่ายไก่อ ซึ่งถือว่าเป็นคุณลักษณะพิเศษของสาหร่ายทั้งสองที่ควรจะประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคได้รับรู้ทีเดียว 3.2 จากการศึกษาความเป็นพิษ ไม่พบความเป็นพิษในสาหร่ายไก่อ ค่า LD ₅₀ สูงกว่า 25 กรัมต่อกิโลกรัม จึงสามารถรับประทานได้อย่างปลอดภัย
4. ศึกษาศักยภาพในการนำสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาเป็นตัวยารักษาโรคโดยอิงภูมิปัญญาชาวบ้าน และความก้าวหน้าทางเภสัชวิทยาทั้งการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และแนวโน้มในการพัฒนาเป็นตัวยาลดไปในอนาคต	4. ศึกษาศักยภาพในการเป็นตัวยารักษาโรคจากสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอนโดยศึกษาทั้งทางด้านการศึกษาเพิ่ม Immune System และการเป็นตัวยารักษาโรคอื่นๆ	4.1 ได้ทำการศึกษาสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน ทางด้านการเป็นสารเพิ่ม Immune System ที่ภาควิชา จุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 4.2 ได้ทำการศึกษาความสามารถในการเป็นตัวยารักษาโรคทางด้านเภสัชวิทยาจากสาหร่ายไก่อที่สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ศูนย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	4.1 โดยวิธีการจากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไม่พบสารเพิ่ม Immune System ในสาหร่ายไก่อและสาหร่ายลอน แต่กลับพบในสาหร่ายทะเลบางประเภท 4.2 ผลการศึกษาจากสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ศูนย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าสาหร่ายไก่อมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร การหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ขยายหลอดลม ต้านการอักเสบ ระงับปวด และลดความดันโลหิต ซึ่งนับว่าเป็นสารเร่งที่ดีมาก ขณะนี้กำลังศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ด้านอื่นๆ เพิ่มเติม อย่างไรก็ตามการศึกษาในช่วงนี้ยังเป็น Preliminary test อยู่ จึงสมควรทำการวิจัยต่อยอดต่อไปให้ถึง mechanism

ตารางสรุป (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ และศักยภาพในการนำมาเป็นตัวอย่างแท้จริง
5. ศึกษาสารสกัดทางชีวภาพ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่เพื่อนำสารที่มีแนวโน้มว่าสามารถจะนำมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ และทำการศึกษาวิจัยต่อยอดออกไป	5.1 ทางด้านสารสกัดทางชีวภาพทำการวิเคราะห์ปริมาณ รงควัตถุในสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอน และศึกษาสารโพลีแซคคาไรด์ในสาหร่ายลอน 5.2 ทางด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทำการศึกษาความเป็นปฏิกิริยาระหว่างสารและสาร Catechin ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียบางชนิด	5.1 ได้ทำการวิเคราะห์รงควัตถุหลายชนิดคือ คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ในสาหร่ายไวก คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ ไฟโคไซยานิน และไฟโคเออร์ทรินในสาหร่ายลอน และศึกษาสารโพลีแซคคาไรด์ในสาหร่ายลอน 5.2 ได้ทำการศึกษาความเป็นปฏิกิริยาระหว่างสารสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอน และสาร Catechin ในสาหร่ายไวก	5.1 พบปริมาณรงควัตถุทุกชนิดที่ศึกษาเต็มปริมาณปานกลาง ไม่มากทำสาหร่าย <i>Spirulina</i> แต่พบสารโพลีแซคคาไรด์ปริมาณมากในสาหร่ายลอน ซึ่งอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่เป็นสารเพิ่ม Immune System ขณะนี้ยังเป็น Preliminary test อยู่เช่นกัน 5.2 ไม่พบปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายทั้งสองประเภท และไม่พบสาร Catechin ในสาหร่ายไวก
6. ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดของสาหร่ายเหล่านี้ และเพาะเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตนอกฤดูกาล อันจะมีผลให้สามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ตลอดปี	6.1 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวก และสาหร่ายลอนในห้องปฏิบัติการ โดยใช้อาหารหลายสูตร และเพาะเลี้ยงทั้งอาหารเหลวและอาหารแข็ง 6.2 ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวก ในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม โดยเลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตของสาหร่ายไวกได้ทั้งปี	6.1 ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกและสาหร่ายลอนในห้องปฏิบัติการโดยใช้อาหารหลายสูตร และเพาะเลี้ยงทั้งอาหารเหลวและอาหารแข็ง 6.2 ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไวกทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนามโดยใช้สูตรอาหารหลายชนิด เลี้ยงในบ่อเพาะเลี้ยงของภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และบ่อเพาะเลี้ยงที่สร้างขึ้นโดยทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่โรงเรียนวัดหนองบัว ซึ่งตั้งอยู่ใกล้ริมแม่น้ำน่าน จังหวัดน่าน	6.1 สามารถเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 ประเภท ทั้งในอาหารเหลวและอาหารแข็งได้อย่างเป็นที่น่าสนใจ จึงสามารถเก็บรวบรวมสารพันธุกรรมของสาหร่ายทั้งสองประเภทได้ และเมื่อทำการตรวจสอบความสามารถในการเจริญหลังจากเพาะเลี้ยงและเก็บหัวเชื้อไว้ทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 12 ครั้ง ปรากฏว่าสาหร่ายสามารถเจริญได้ 6.2 สาหร่ายไวกสามารถเจริญในบ่อเพาะเลี้ยงได้พอสมควร โดยเฉพาะในจีนัส <i>Microspora</i> spp จะเจริญดีกว่า <i>Cladophora</i> spp. สาหร่ายจะเจริญจากซูโอสปอร์หรือไซโกสปอร์ ซึ่งยี่ดติดกับสิ่งยึดเกาะ ซึ่งคือก้อนหินมากกว่าการที่เส้นสายเดิมจะงอกยาวออกมา แต่อัตราการเจริญเติบโตไม่เท่าในธรรมชาติ

ตารางสรุป (ต่อ)

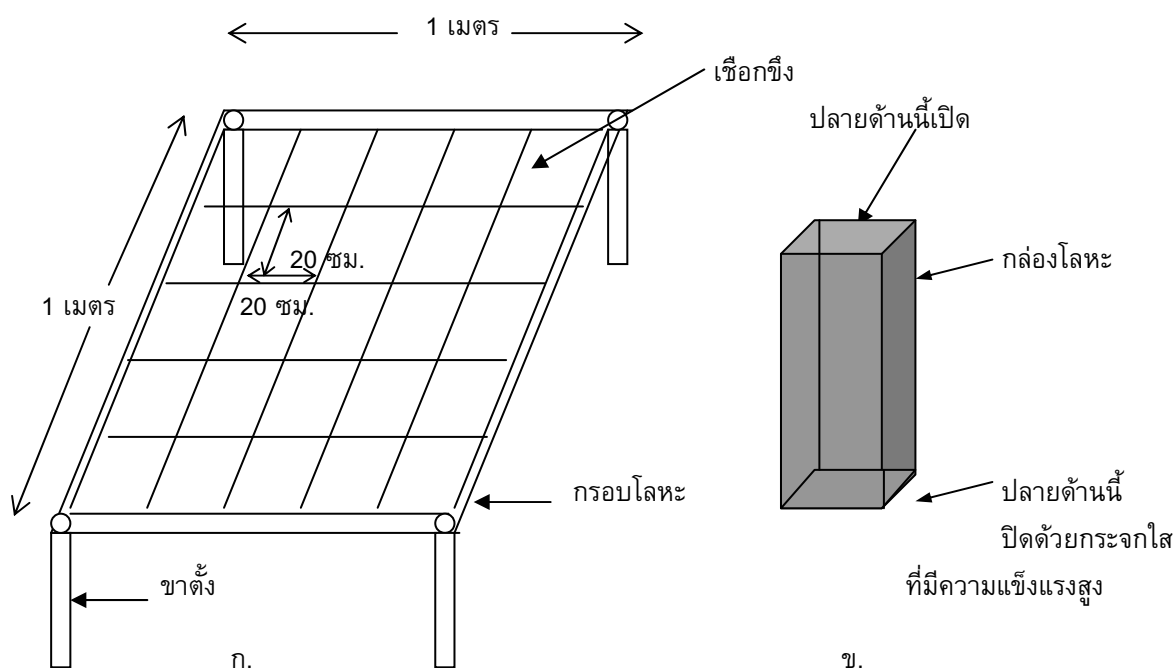
วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ได้ดำเนินการมา	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
7. ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชนซึ่งมีอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ และถ่ายทอดสู่แวดวงวิชาการ โดยการพัฒนาผลงานและร่วมประชุมในการประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ รวมถึงสื่อต่างๆ	7.1 ถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชนที่ประกอบอาชีพจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่	7.1 ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับ การแปรรูปสาหร่ายเป็นอาหารชนิดต่างๆ และความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวของสาหร่ายไปในทุกๆ ด้านสู่ชุมชน จำนวน 4 ครั้ง	7.1 ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านการแปรรูปสาหร่าย 14 ชนิด และให้ความรู้เกี่ยวกับสาขาการของสาหร่ายน้ำจืด โดยเฉพาะคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายและสาหร่ายลอย การมีศักยภาพใช้เป็นการวางแผนเพื่อจัดทำโครงการเกี่ยวกับสาหร่ายไปในจังหวัดน่านและเชียงราย โดยได้ทำการอบรมเชิงปฏิบัติการรวม 4 ครั้ง ให้กับกลุ่มสตรีสหกรณ์หนองบัว กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองบัว ตำบลป่าคา อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน และกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหาดไร่ศรี ตำบลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย
	7.2 ช่วยชุมชนทางด้านการวิชาการ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวของสาหร่าย และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าสูงขึ้น	7.2 ได้ช่วยชุมชนที่ประกอบอาชีพทางการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไปในทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ การทำเอกสารพับ และการทำโปสเตอร์เพื่อการประชาสัมพันธ์	7.2 ได้ออกแบบผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไปให้แก่ชุมชนกลุ่มแม่บ้านในข้อ 7.1 รวม 24 ผลิตภัณฑ์ ได้จัดทำเอกสารพับและโปสเตอร์ให้กับกลุ่มสตรีและแม่บ้านดังกล่าว โดยเป็นเอกสารพับจำนวน 4,500 แผ่น และโปสเตอร์จำนวน 12 แผ่น ซึ่งได้มอบให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและมีประสงค์ที่จะนำไปเพื่อการประชาสัมพันธ์
	7.3 ตีพิมพ์ผลงานวิจัย เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงเรื่องราวที่ได้ทำการวิจัย	7.3 ได้ตีพิมพ์ผลงานวิจัย	7.3 ได้ตีพิมพ์ผลงานการวิจัยในวารสารวิชาการในประเทศ รวม 4 ครั้ง วารสารวิชาการนานาชาติ 2 ครั้ง และตีพิมพ์หนังสือ "สาหร่ายไทย: ความรู้ทั่วไปและการแปรรูปอาหาร" จำนวน 1,000 เล่ม
	7.4 เสนอผลงานในที่ประชุมทางวิชาการทางด้านสาหร่ายหรือเทคโนโลยีชีวภาพอื่นๆ ในประเทศและนานาชาติ	7.4 ได้เสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการทางด้านสาหร่ายและเทคโนโลยีชีวภาพทั้งในประเทศและนานาชาติ	7.4 เสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการในประเทศ 9 ครั้ง และนานาชาติ 3 ครั้ง
	7.5 ให้สัมภาษณ์สื่อต่างๆ ที่มีความสนใจเกี่ยวกับสาหร่ายที่ทำการวิจัย เพื่อให้องค์ความรู้ทางด้านนี้เปิดกว้างขึ้น	7.5 ได้ให้สัมภาษณ์หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วิทยุ และโทรทัศน์ เกี่ยวกับองค์ความรู้จากงานวิจัยในเรื่องนี้	7.5 ได้เขียนบทความลงในวารสาร นิตยสาร และจดหมายข่าว รวม 5 ครั้ง ให้สัมภาษณ์หนังสือพิมพ์ 1 ครั้ง และสัมภาษณ์ทางสถานีวิทยุ รวม 3 ครั้ง ออกรายการโทรทัศน์ 2 ครั้ง

การศึกษาการแพร่กระจายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่าน

คณะผู้วิจัยได้พยายามหาวิธีการที่จะหาความหนาแน่นหรือปริมาณสาหร่ายไวกและลอนในลำน้ำน่านออกมาเป็นรูปธรรม ให้ได้เป็นตัวเลข ซึ่งอาจจะเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อหน่วยพื้นที่ หรือ น้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ จึงได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ที่จะใช้ศึกษา ร่วมกับ Prof. Dr. Eugen Rott แห่งมหาวิทยาลัย อินสบรุคส์ ประเทศออสเตรีย ซึ่งมีประสบการณ์ในการศึกษาสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำต่าง ๆ ในเขตบ่อน้ำมาพอสมควร ในที่สุดได้เครื่องมือที่สามารถหาความหนาแน่นของสาหร่ายขนาดใหญ่ในน้ำไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องมือประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ส่วนที่เป็น Quadrate ประกอบด้วยกรอบโลหะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ภายในกรอบโลหะนี้แบ่งความยาวตามแนวขวาง 5 ช่อง ช่องละ 20 เซนติเมตร ความยาวตามแนว ยาว 5 ช่อง ช่องละ 20 เซนติเมตร นำเชือกที่มีความแข็งแรงมาผูกขึ้นในแต่ละช่องทั้งแนวขวางและแนวยาว จะได้ Quadrate เล็กๆ จำนวน 25 ช่อง มีพื้นที่ช่องละ 400 ตารางเซนติเมตร ที่มุมของ Quadrate ใหญ่ ทั้ง 4 มุม จะมีขายื่นออกมา เพื่อไว้ตั้งในบริเวณที่จะศึกษาในลำน้ำได้ (ภาพที่ 52 และ 53)

ส่วนที่ 2 ส่วนที่เป็นอุปกรณ์เสริม สำหรับศึกษาสาหร่ายขนาดใหญ่ในน้ำ ประกอบด้วยกล่องโลหะ สี่เหลี่ยม ความสูง 30 เซนติเมตร ความกว้าง 20 เซนติเมตร และความยาว 20 เซนติเมตร ปลายด้านหนึ่งเปิด อีกด้านหนึ่งปิดด้วยกระจกใสเรียบที่มีความแข็งแรงสูง



ภาพที่ 52 Quadrate กรอบโลหะพร้อมขาตั้ง และอุปกรณ์เสริมสำหรับศึกษาสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่

ก. Quadrate กรอบโลหะพร้อมขาตั้ง

ข. อุปกรณ์เสริม กล่องโลหะสี่เหลี่ยมปลายเปิด ปลายด้านหนึ่ง ปิดด้วยกระจกใส (ออกแบบโดย ดร. ทัดพร คุณประดิษฐ์ อดีตนักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ออกแบบในนามห้องปฏิบัติการวิจัย สาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่)



ก.

ข.

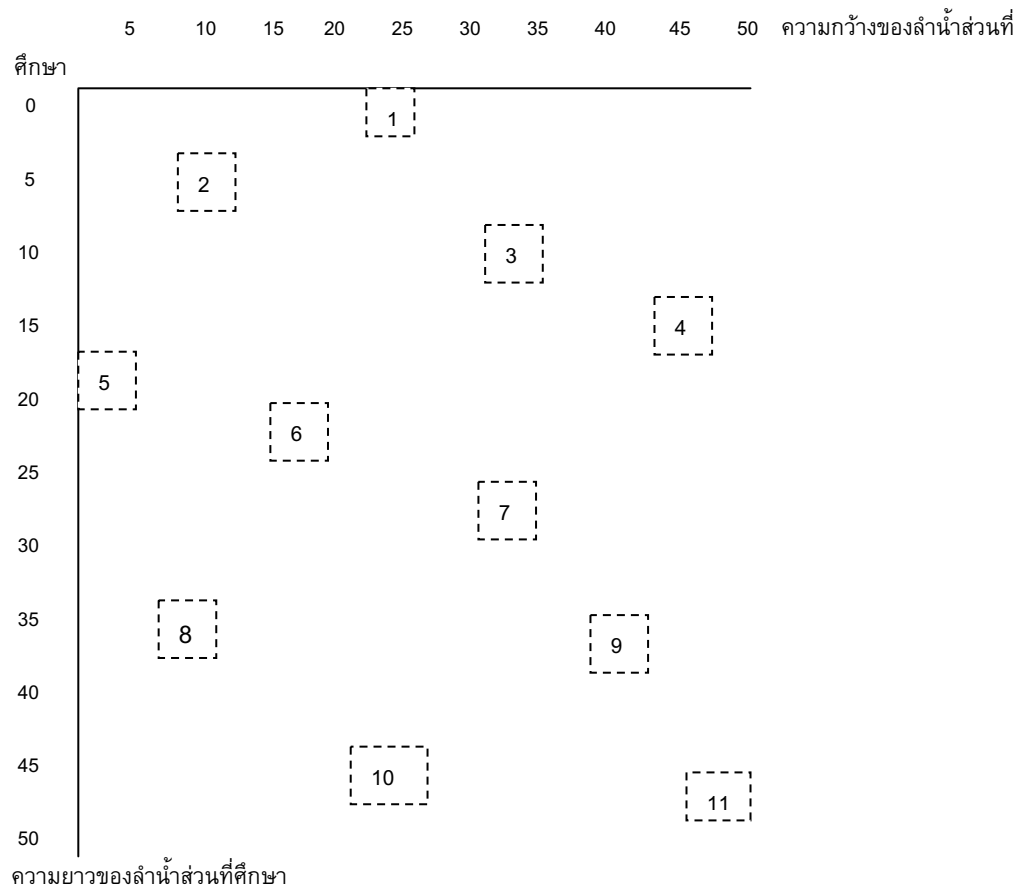
ภาพที่ 53 รูปถ่าย Quadrate กรอบโลหะพร้อมขาตั้งและอุปกรณ์เสริมสำหรับศึกษาสาหร่ายขนาดใหญ่

ก. Quadrate กรอบโลหะพร้อมขาตั้ง

ข. อุปกรณ์เสริม กล่องโลหะสี่เหลี่ยมปลายเปิด ปลายด้านหนึ่งปิดด้วยกระจกลใส

วิธีการศึกษา

ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง กำหนดพื้นที่ที่จะศึกษาความหนาแน่นของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่โดยให้ความยาวของลำน้ำ 50 เมตรและความกว้างของลำน้ำ 50 เมตร และสุ่มศึกษาตามความยาวของลำน้ำทุก 5 เมตร (ภาพที่ 54) เริ่มต้นที่ 0 เมตร โดยจับสลากความกว้างของลำน้ำทุก 5 เมตร (5, 10, 15,.....,50) สมมติว่าจับได้ 25 จากนั้นนำ Quadrate โลหะที่ทำไว้ไปศึกษาในเมตรที่ 25 ตามความกว้างลำน้ำ เป็นครั้งที่ 1 เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะเริ่มจุดที่ 5 เมตร ตามความยาวของลำน้ำ แล้วจับสลาก สมมติว่าได้ 10 ก็นำ Quadrate โลหะที่ทำไว้ไปศึกษาในเมตรที่ 10 ตามความกว้างลำน้ำเป็นครั้งที่ 2 ทำเช่นนี้ เรื่อยไป จนครบ 11 ครั้ง (ในภาพกรอบสี่เหลี่ยมเส้นประเป็นการสมมติ) แล้วนำค่าความหนาแน่นที่คิดเป็น % ของสาหร่ายแต่ละชนิดมาเฉลี่ยและคิดเป็นน้ำหนักแห้งต่อไป



ภาพที่ 54 พื้นที่ที่จะศึกษาความหนาแน่นของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่และการสุมเก็บตัวอย่างในพื้นที่นี้

วิธีการใช้ Quadrate โลหะ

เมื่อสุมจุดศึกษาได้แล้ว เอา Quadrate ตั้งลงในน้ำ ขาทั้งสี่ของ Quadrate จะยึดกับก้อนหินในน้ำทำให้ไม่ลอยไปตามน้ำ จากนั้นสุมอย่างมีระเบียบโดยเลือกช่อง Quadrate เล็กตามแนวทแยงเป็นเครื่องหมายคุณ ดังภาพที่ 55 โดยเริ่มจากช่อง 1, 2,..... เรื่อยไปจนครบ 9 ช่อง

1				6
	2		7	
		3		
	8		4	
9				5

ก.

ภาพที่ 70 วิธีการใช้ Quadrate โลหะ

ก. การเลือกสุม Quadrate เล็ก อย่างเป็นระเบียบจำนวน 9 ช่อง ใน Quadrate โลหะ



ข.



ค.

ภาพที่ 55 (ต่อ) วิธีการใช้ Quadrata โลหะ

- ข. การวาง Quadrata และกล่องโลหะลงในบริเวณที่จะศึกษาสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำนาน
- ค. เมื่อมองจากด้านบนของกล่องโลหะผ่านลงไปบนกระจกจะมองเห็นสาหร่ายขนาดใหญ่ชัดเจนจนสามารถบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของสาหร่ายแต่ละชนิดที่พบในช่องสี่เหลี่ยมนี้ได้

เมื่อจะศึกษาให้เอากล่องโลหะปลายเปิดสวมลงไปบนช่อง Quadrata เล็กที่เลือกแล้ว จะสวมกันได้พอดี โดยเอาด้านปลายเปิดที่มีกระจกใสติดอยู่ กดลงไปบนน้ำ ดัชนีความหักเหของกระจกใสจะทำให้เห็นสาหร่ายน้ำ

จิตขนาดใหญ่ที่เจริญอยู่ในน้ำได้อย่างชัดเจน ไม่มีลักษณะเคลื่อนไปตามกระแสน้ำเหมือนใช้ตาเปล่า ซึ่งจะทำให้สามารถศึกษาสาหร่ายได้นานเท่าที่ต้องการ (ในการศึกษาด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ ผู้ศึกษาควรระวังจักสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่มาก่อนว่าชนิดใดมีลักษณะทลัสเป็นเช่นใด แต่ถ้ายังไม่แน่ใจก็ให้เก็บตัวอย่างใส่กล่องพลาสติกมาศึกษาด้านอนุกรมวิธานในห้องปฏิบัติการต่อไป) วิธีหาความหนาแน่นของสาหร่ายขนาดใหญ่ทำได้ดังนี้ ประเมินความมากน้อยของชนิดที่ศึกษาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยคิดว่าในช่อง Quadrate เล็กทั้งช่อง มีพื้นที่ 100% สมมติว่ามองเห็นสาหร่ายไวก 7 ส่วน ใน 10 ส่วน และมองเห็นสาหร่ายลอนเป็น 1 ส่วน ใน 10 ส่วนของ Quadrate เล็ก ก็ให้ความหนาแน่นของสาหร่ายไวกเป็น 70% ของสาหร่ายลอนเป็น 10%

ส่วนการคือน้ำหนักแห้ง ทำได้โดยเลือกช่อง Quadrate เล็กที่พบสาหร่ายไวกเต็มช่อง โดยคิดเป็น 100% แล้วค่อยๆ ดึงทลัสของสาหร่ายไวกทั้งหมดมาห่าน้ำหนักแห้งในห้องปฏิบัติการ เมื่อดำน้ำหนักแห้งสุดท้ายแล้วคิดเป็น 100% ดังนั้นจึงสามารถเทียบกลับจากเปอร์เซ็นต์สาหร่ายไวกที่พบในลำน้ำมาเป็นน้ำหนักแห้งได้ ส่วนสาหร่ายลอนก็ทำเช่นเดียวกัน

บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในตารางบันทึกข้อมูล แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของสาหร่ายไวก และสาหร่ายลอนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยคิดจากน้ำหนักแห้งในพื้นที่ 1 ตารางเมตร