

หอสมุดคณะเกษตรศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *Aspergillus oryzae*
ในสถานะอาหารเหลว
(Saccharification of Job's Tear Flour by *Aspergillus oryzae*
in Liquid Culture)



นางสาววิดา เขียวระน้อย รหัส 45040807 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
นายศิวทัต โฆษะ รหัส 45040816 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ป.พ.
๑169๓
2549

สาขา.....
เลขทะเบียน..... 96803
วันเดือนปี..... 4 Jun 2009

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง
การย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *Aspergillus oryzae*
ในสถานะอาหารเหลว
(Saccharification of Job's Tear Flour by *Aspergillus oryzae*
in Liquid Culture)

นางสาวนิตา เขียรระน้อย รหัสนักศึกษา 45040807
นายศิวทัต โฆษะเกษมเกล้า รหัสนักศึกษา 45040816

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....
(ดร.ศศิวิมล ชื่นอิม อาเหม็ด)

31/ 3 / 49 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วนิดา เขียรสรระน้อย และ ศิวทัต โฆษะ. 2548.: การย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ในสภาวะอาหารเหลว (Saccharification of Job's Tear Flour by *Aspergillus oryzae* in Liquid Culture).ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำลูกเดือยมาใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตอาหารหมักได้ เนื่องจากลูกเดือยมีประโยชน์ทั้งในด้านการแพทย์ และทางด้านคุณค่า ทางโภชนาการ โดยมีปริมาณ โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน และกรดอะมิโนที่จำเป็นสูงกว่า ัญพืชชนิดอื่นๆ จากการวิเคราะห์ทางด้านคุณค่าทางโภชนาการของแป้งลูกเดือยพบว่า มีปริมาณ โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, เยื่อใย, เถ้า, ความชื้น ร้อยละ 11.67, 3.48, 62.7, 6.57, 1.88 และ 13.7 ตามลำดับ และจากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็น น้ำตาลโดยเชื้อรา *A. oryzae* คือ pH 5 ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือยเริ่มต้น คือ 15% (w/v) และการเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ไม่มีผลต่ออัตราการย่อยแป้งลูกเดือยโดยเชื้อรา *A. oryzae*

วนิดา เขียรสรระน้อย

ศิวทัต โฆษะ

3/8/49

ศิวทัต โฆษะ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วัน เดือน ปี

ตาสมีชชื่อนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวเรื่องการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ในสถานะอาหารเหลว ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.ศศิวิมล ชื่นอ้อม อาเหม็ด ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษเป็นอย่างสูง ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าคอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และชี้แนะทางการแก้ไขปัญหาในการทำปัญหาพิเศษ รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง และอาจารย์สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา ซึ่งให้ความกรุณาเป็นอาจารย์กรรมการในการจัดทำปัญหาพิเศษ และคอยให้คำแนะนำในการนำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบคุณเพื่อนๆ สาขาเทคโนโลยีการหมัก รุ่น 9 อุตสาหกรรมเกษตรรุ่นที่ 22 ทุกคนที่ให้กำลังใจเสมอ รวมทั้งพี่ๆ เจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์และสารเคมี

วนิดา เชียรสรน้อย

ศิวทัต โฆษะ

23 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	2
ลูกเคี้ยว	2
การใช้ประโยชน์จากลูกเคี้ยว	7
เชื้อรา <i>Aspergillus oryzae</i>	10
กระบวนการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล	12
ผลของเอนไซม์อะไมเลสที่มีต่อแป้ง	14
สภาพการเลี้ยงเชื้อราผลิตเอนไซม์ย่อยแป้ง	14
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอนแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	45
ภาคผนวก ค	51
ภาคผนวก ง	62
ประวัติผู้เขียน	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดลูกเดือยและธัญพืชอื่นๆ	4
ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของแป้งลูกเดือย	5
ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้จากแป้งลูกเดือย	6
ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณแร่ธาตุของแป้งลูกเดือย	7
ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดือย	21
ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 2 % (w/v)	24
ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 5 % (w/v)	24
ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 10 % (w/v)	24
ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 2.5% 5% 10% 12.5% และ 15 % (w/v)	26
ตารางที่ 4.6 แสดงอัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 5	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา <i>Aspergillus oryzae</i>	11
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ย โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5 % (w/v)	22
รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ย โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 5 % (w/v)	23
รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ย โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10 % (w/v)	23
รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ย ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5%, 5%, 10 %, 12.5% และ 15% (w/v) โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ pH 5 อุณหภูมิห้อง	26
รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ย โดยเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่สถานะที่มีการเติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์และไม่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิห้องและที่ pH 5	28
รูปที่ 4.6 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 8 ชั่วโมง	29
รูปที่ 4.7 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 12.5 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 8 ชั่วโมง	29
รูปที่ 4.8 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 15 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 8 ชั่วโมง	29
รูปที่ 4.9 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 24 ชั่วโมง	30
รูปที่ 4.10 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 12.5 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 24 ชั่วโมง	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.11 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 15 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 24 ชั่วโมง	30
รูปที่ 4.12 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 10 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 28 ชั่วโมง	31
รูปที่ 4.13 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 12.5 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 28 ชั่วโมง	31
รูปที่ 4.14 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 15 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 28 ชั่วโมง	31
รูปที่ 4.15 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 10 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 32 ชั่วโมง	32
รูปที่ 4.16 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 12.5 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 32 ชั่วโมง	32
รูปที่ 4.17 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 15 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 32 ชั่วโมง	32
รูปที่ 4.18 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 10 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 36 ชั่วโมง	33
รูปที่ 4.19 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเคี้ยว 12.5 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 36 ชั่วโมง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.20 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเด็ย 15 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 36 ชั่วโมง	33
รูปที่ 4.21 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเด็ย 10 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 40 ชั่วโมง	34
รูปที่ 4.22 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเด็ย 12.5 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 40 ชั่วโมง	34
รูปที่ 4.23 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ <i>A. oryzae</i> ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเด็ย 15 % ที่เติมเกล็ดโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกล็ด โซเดียมคลอไรด์ 0.001% ที่เวลาการหมัก 40 ชั่วโมง	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ

ลูกเดือยเป็นธัญพืชที่มีประโยชน์มากนอกเหนือจากคาร์โบไฮเดรต ลูกเดือยมีโปรตีนร้อยละ 13-17 ไขมันร้อยละ 5.9-9.8 และวิตามินบี 1,330 มิลลิกรัม/100 กรัม ชนิดของโปรตีนคล้ายกับโปรตีนในข้าวสาลี สามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ ถ้านำลูกเดือยมาผลิตเป็นแป้งและตัดแปลงเป็นอาหาร คุณค่าของสารอาหารนั้นมีมากกว่าแป้งข้าวสาลี (ทัศนีย์,2530) ส่วนผลทางเภสัชวิทยามีรายงานว่า สารโคอิกโซโนไลด์ (coixonolide) หรือ 1-methyl-2 (cis-9-hexadecenyloxy) propyl-trans-11-octadecenoate ซึ่งสกัดได้จากลูกเดือยมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก (ชัยโยและคณะ, 2524) นอกจากนั้นยังพบว่าสารที่สกัดได้จากลูกเดือยสามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น เหน็บชา, ชักกระตุก, สตรีตกขาวมากกว่าปกติ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากลูกเดือย เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทน จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพและเพิ่มทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค

ในการทดลองนี้ เป็นการศึกษาการผลิตแป้งลูกเดือยและสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *Aspergillus oryzae* เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารหมัก เช่น โยเกิร์ต ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการเตรียมแป้งลูกเดือย
- 2) เพื่อศึกษาผลของ pH และความเข้มข้นของน้ำแป้งเริ่มต้น และการเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ต่อการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อรา *Aspergillus oryzae*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ลูกเดือย (วีรศักดิ์, 2527)

ลูกเดือยเป็นธัญพืชชนิดหนึ่ง อยู่ในวงศ์ (family) Gramineae เหล่า (tribe) Maydeae สกุล (genus) *Coix* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *C. lacryma – jobi* L. มีชื่อสามัญว่า Job's tears

2.1.1 ลักษณะของลูกเดือย

ตามสันฐานวิทยาของพืช สามารถแบ่งลักษณะของลูกเดือย (*C. lacryma – jobi* L.) ใหญ่ๆ ได้ 4 ชนิด คือ

- 1) *C. lacryma – jobi* L. var. typical เมล็ดมีรูปร่างกลมรีคล้ายรูปไข่ เปลือกเมล็ดมีสีฟ้าอมขาว ผิวเมล็ดเรียบและแข็ง
- 2) *C. lacryma – jobi* L. var. stenocarpa Stapf. เมล็ดมีรูปร่างกลมยาว เปลือกมีสีฟ้าอมขาว
- 3) *C. lacryma – jobi* L. var. monilifer Stapf. เมล็ดมีรูปร่างกลมแบน และมีส่วนกว้างมากกว่าส่วนยาว เปลือกมีสีขาวนูนเหมือนน้ำมัน สีชมพู สีน้ำตาล สีดำ ขนาดเมล็ดมีตั้งแต่เล็กจนใหญ่สุด เมล็ดชนิดนี้ไม่นิยมมารับประทาน แต่นำมาร้อยเป็นสร้อยคอ
- 4) *C. lacryma – jobi* L. var. ma-yuen Stapf. เมล็ดมีลักษณะเป็นร่างตามแนวยาว เปลือกบางมาก สีขาวนูนถึงน้ำตาล เมล็ดชนิดนี้นิยมปลูกเพื่อนำมาบริโภค

นอกจากสายพันธุ์ทั้ง 4 ที่กล่าวมาแล้วนี้ ยังมีสายพันธุ์ที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ stenocarpa กับ monilifer และ stenocarpa กับ typical ซึ่งเป็นสายพันธุ์ผสมที่ให้ลักษณะเกี่ยวข้อยกันอีกหลายชนิด

ส่วนในประเทศไทยนั้น มีการเพาะปลูกลูกเดือยเป็น 3 ประเภท

(http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard3/duay/body.html)

- 1) ลูกเดือยพื้นเมือง (Native Job's tears) ชื่อเป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ เดือยหิน หรือ เดือยลูกปัด ลูกเดือยชนิดนี้พบอยู่ทั่วไปตามริมทุ่งหญ้า ริมนา และริมบ้าน ผลของลูกเดือยมีรูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดเล็กประมาณ 7 x 7 มิลลิเมตร และเปลือกมีสีต่างๆ โดยเฉพาะสีขาว มีความเลื่อมมันและแข็งมาก ใช้ทำเครื่องประดับ ภายในเมล็ดมีเนื้อของเมล็ด (endosperm) น้อยและแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้บริโภคไม่ได้ จึงไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ลูกเดี่ยวประเภทนี้ได้แก่ *C. lacryma – jobi* L. var. typical Watt และ *C. lacryma – jobi* L. var. stenocarpa Stapf.

2) ลูกเดี่ยวเพาะปลูก (Cultivated Job's tears) เป็นลูกเดี่ยวที่มีการเพาะปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้เพื่อรับประทานในท้องถิ่นเท่านั้น และรูปร่างของผลลูกเดี่ยวประเภทนี้มีลักษณะกลมขนาดใหญ่ ประมาณ 10 x 12 มิลลิเมตร เปลือกมีสีน้ำตาลเทาและแข็งแต่ไม่แข็งเท่าเดือยหิน เมล็ดที่นำมารับประทานจะเป็นเมล็ดอ่อนสีเขียวเนื้อในเมล็ดยังไม่แข็งมาก อาจจะต้องรับประทานหรือรับประทานสด โดยการใช้พินหน้าขบแล้วบิบให้แตกชาวบ้านจึงเรียกว่าเดือยขบ ลูกเดี่ยวประเภทนี้ได้แก่ *C. lacryma – jobi* L. var. major Mineur

3) ลูกเดี่ยวการค้า (Commercial Job's tears) เป็นลูกเดี่ยวที่ไม่ใช่พันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทย แต่มีการปลูกทั่วไปในปริมาณมากพอที่จะขายเป็นการค้าเช่นเดียวกับข้าวโพดและข้าวฟ่าง ผลของเมล็ดมีรูปร่างกลมและรี ขนาด 10 x 7 มิลลิเมตร เปลือกมีสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเทา สามารถบิบแตกง่ายด้วยนิ้วมือ ลูกเดี่ยวชนิดนี้เป็นลูกเดี่ยวพันธุ์ *C. lacryma – jobi* L. var. mayun ซึ่งคำรี (2530) แบ่งลูกเดี่ยวการค้านี้ได้เป็น 2 ลักษณะ ตามรูปร่าง เมล็ด ลำต้น และชนิดของสสารภายในเมล็ดคือ

(1) ลูกเดี่ยวข้าวเหนียว (glutinous type)

ซึ่งลูกเดี่ยวข้าวเหนียวนั้น เมล็ดจะมีลักษณะกลม ตัน มีขนาดใหญ่กว่าลูกเดี่ยวข้าวเจ้า และ ปริมาณอะมิโลเพกตินสูง

(2) ลูกเดี่ยวข้าวเจ้า (non - glutinous type)

ลูกเดี่ยวข้าวเจ้า เมล็ดมีลักษณะค่อนข้างยาว เล็ก และมีปริมาณอะมิโลเพกตินต่ำ

ลูกเดี่ยวในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นลูกเดี่ยวข้าวเหนียว ซึ่งปลูกกันมากในภาคเหนือและภาคอีสาน (<http://thaibreeder.tripod.com/agrinews-1.htm>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของลูกเคี้ยว

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดลูกเคี้ยวและธัญพืชอื่นๆ (Matz, 1959)

ธัญพืช	ผลการวิเคราะห์เฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ลูกเคี้ยว	10.8	13.6	6.1	8.4	58.5	2.6
ข้าวฟ่าง	10.6	11.3	2.9	2.2	71.3	1.7
ข้าวเจ้า	11.2	7.9	1.8	9	64.9	5.2
ข้าวโอ๊ต	8.9	12	4.7	10.6	60.2	3.6
ข้าวฟ่าง	11.5	9.7	4	2.3	71.1	1.4
ข้าวสาลี	10.5	13.2	1.9	2.6	69.9	1.9

ทศนีย์ (2530) ได้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของลูกเคี้ยวกับธัญพืชอื่นดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าลูกเคี้ยวเป็นธัญพืชที่มีปริมาณ โปรตีนและ ไขมันสูง ชนิดของโปรตีนคล้ายกับข้าวสาลี แต่มีปริมาณ Biological Value สูงกว่าข้าวสาลี ถ้านำลูกเคี้ยวมาผลิตเป็นแป้งและตัดแปลงเป็นอาหารจะมีคุณค่าอาหารมากกว่าแป้งสาลีและแป้งข้าวเจ้า (นิรนาม,2528) (กองโภชนาการ, 2527)

2.1.2.1 ปริมาณกรดอะมิโน

ลูกเคี้ยวมีกรดอะมิโนทุกชนิดที่สูงกว่าความต้องการมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ยกเว้น เมไทโอนีนและไลซีน เช่น มีกรดกลูตามิกในปริมาณมาก ตามด้วยลิวซีน, อะลานีน, โปรลีน, วาลีน, เบนิลอะลานีน, ไอโซลิวซีน, และอาร์จินีน ดลหั่น ลงมา (<http://www.prohosting.com/biotik/news6.html#n61.html>)

ทศนีย์ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน (amino acid) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของแป้งลูกเคี้ยวตามตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของแป้งลูกเดี๋ย

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (เปอร์เซ็นต์)
กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย	
ลิวซีน	14.90
วาเลีน	7.41
เมไทโอนีน	0.73
ไอโซลิวซีน	5.03
ทรีโอนีน	3.23
เฟนิลอะลานีน	5.98
ไลซีน	1.5
ทรีโพรทีน ¹	-
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย	
ฮิสทีดีน	1.83
กรดกลูตามิก	25.74
โปรลีน	7.46
อะลานีน	10.03
กรดแอสปาร์ติก	0.33
ไทโรซีน	4.67
ไกลซีน	2.72
เซอริน	4.50
อาร์จินีน	4.64

หมายเหตุ : ¹ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ที่มา : ทศนีย์ (2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 ปริมาณกรดไขมัน

ลูกเคี้ยวมีกรดไขมันจำเป็นชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิก รวมแล้วถึง 84% และมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว คือ พัลมิติก และสเตียริก เพียง 16% เท่านั้น ดังนั้นลูกเคี้ยวจึงเป็นอาหารที่ให้ทั้งพลังงาน กรดอะมิโน และไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย

(<http://www.prohosting.com/biotik/news6.html#n61.html>)

ทัศนีย์ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้จากแป้งลูกเคี้ยว พร้อมทั้งได้รายงานไว้ตามตารางที่ 3 เป็นกรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิด คือ กรดพัลมิติก 14.24% กรดสเตียริก 1.98 % และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว 2 ชนิด คือ กรดโอเลอิก 57.08% และกรดลิโนเลอิก

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้จากแป้งลูกเคี้ยว

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน(เปอร์เซ็นต์)
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว	
กรดพัลมิติก	14.24
กรดสเตียริก	1.98
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว	
กรดโอเลอิก	57.08
กรดลิโนเลอิก	26.70

ที่มา : ทัศนีย์ (2530)

2.1.2.3 ปริมาณวิตามิน

ทัศนีย์ (2530) ได้วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินในแป้งลูกเคี้ยวพบว่า แป้งลูกเคี้ยว 100% มีวิตามินบีหนึ่ง 754.7 ไมโครกรัม มีวิตามินบีสอง 28.8 ไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 ปริมาณแร่ธาตุ

ทัศนีย์ (2530) ได้นำเข้าของแป้งลูกเดี๋ยไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุบางชนิด ปรากฏผล ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณแร่ธาตุของแป้งลูกเดี๋ย

ตัวอย่าง	ปริมาณแร่ธาตุ (ppm) ²								
	P	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Zn	Fe
แป้งลูกเดี๋ย	2,516	1,512.2	180.8	18.1	4.8	1,103.5	20.3	29.5	47.4

หมายเหตุ : ² ตัวเลขที่รายงานเป็นผลเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ที่มา : ทัศนีย์ (2530)

2.1.3 คุณสมบัติแป้งลูกเดี๋ย

ลูกเดี๋ยเมื่อนำมาทำแป้งจะมีขนาดใหญ่กว่าแป้งชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะใหญ่กว่าอนุภาคของแป้งข้าวเจ้าประมาณ 2 เท่า แป้งลูกเดี๋ยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 และ 80 mesh ได้ยากมาก สามารถผ่านได้เพียงตะแกรงขนาด 60 mesh ดังนั้นแป้งลูกเดี๋ยจึงหยาบกว่าแป้งทั่วไป ซึ่งมีอนุภาคเล็กกว่าและสามารถผ่านตะแกรง 100 mesh ได้ ซึ่งเป็นมาตรฐานในการผลิตแป้งในอุตสาหกรรม ส่วนประกอบของลูกเดี๋ยมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ร้อยละ 12.07, 13.10, 9.93, 3.56, และ 2.67 ตามลำดับ (พรรณา, 2526)

2.2 การใช้ประโยชน์จากลูกเดี๋ย (ทัศนีย์, 2530)

1) อาหาร

ลูกเดี๋ยที่นำมาใช้เป็นอาหารเป็นพันธุ์ที่มีชื่อว่า *Coix lacryma-jobi var* หรือพันธุ์ Ma Yuen ซึ่งมีเปลือกนุ่ม สามารถสีเปลือกออกมาได้ง่าย เนื้อเมล็ดมีขนาดใหญ่ มีรสหวาน สามารถนำมารับประทานแบบเดียวกันกับข้าวโดยหุงปนกับข้าวหรือหุงเฉพาะเมล็ดเดี๋ย ใช้แทนข้าวในการปรุงอาหารแทนข้าวได้ทุกประเภท ในมาเลเซียทำการคั่วเมล็ดก่อนนำไปกะเทาะเปลือก ใช้ประโยชน์ในการต้มรับประทานหรือทำเค้ก ในประเทศพม่าและที่รัฐฉานใช้ลูกเดี๋ยเป็นอาหาร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการคว่ำทิ้งเปลือก หรือทำให้เกรียมคล้ายกับข้าวโพด หรือใช้วิธีการต้มเช่นเดียวกันกับข้าวเจ้าก็ได้

ชาวจีนใช้ลูกเดี๋ยที่มีเปลือกออกซัดมันต้มปรุงรสเป็นซูป น้ำเต้าหู้ ขนมหวาน นอกจากนั้นยังใช้ลูกเดี๋ยเป็นเครื่องต้ม โดยการนำไปคว่ำแล้วผสมลงในน้ำเดือดเช่นเดียวกับการชงชา ใช้ต้มแก้อาการกระหายน้ำ (วีรศักดิ์, 2527) ในประเทศจีนปริมาณการบริโภคลูกเดี๋ยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ในการผลิตจะพบว่ามีผลิตภัณฑ์จากลูกเดี๋ยเพิ่มขึ้นจากเดิมทุกปี

ในประเทศญี่ปุ่นจะนำลูกเดี๋ยทิ้งเปลือกไปล้างสำหรับชงดื่มแทนน้ำชา กาแฟ เพื่อให้ความสดชื่น หรือปรุงเป็นซูปลูกเดี๋ย ใช้ลูกเดี๋ยทำเป็นเครื่องต้มประเภทหมัก เรียกว่า dzu (Anonymous, 1950) นอกจากนี้ยังใช้ลูกเดี๋ยในการผลิตมิโซ (miso) ซีอิ๊ว (soy sauce) แครกเกอร์ ขนมห้าง บิสกิต ในประเทศญี่ปุ่นมีแนวโน้มที่จะใช้ลูกเดี๋ยเป็นอาหารประเภท Health Food มากขึ้น เพราะลูกเดี๋ยมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพมากกว่าข้าวเจ้าและข้าวลาลี เนื่องจากมีส่วนประกอบของ ไบโตนินที่เป็นชนิดไม่อิ่มตัว และโปรตีนอยู่มาก

2) ยารักษาโรค

เมล็ดเดี๋ยและแป้งสามารถย่อยได้ง่าย ต้มรับประทานจะเป็นอาหารที่มีคุณค่าสำหรับผู้ป่วยที่กำลังพักฟื้น นำมาทำเป็นยาดองหรือยาต้ม แก่น้ำมูกไหล รักษาอาการบวมแดงของท่อน้ำลาย ใช้รักษาโรคนี้ในกระเพาะปัสสาวะ

เมล็ดนำมาชงเป็นชาเย็น ช่วยขับปัสสาวะ บำบัดอาการหลอดลมอักเสบ ปอดอักเสบ ขับพยาธิในเด็ก แก้อ่อนใน บำรุงไต, กระเพาะอาหาร, ม้าม รวมทั้งบำรุงเลือดลมในสตรีหลังคลอด รักษาอาการคลื่นไส้อาเจียน ท้องร่วง

ในตำราจีนกล่าวว่า ลูกเดี๋ยรสขมขื่น เย็น บำรุงม้าม ปอด แก้ไข้ แก้ท้องเสีย เหน็บชา ชักกระตุก บวมน้ำ ปวดอ่อนแอ ฝึหลายหัวที่ล้างได้ สตรีตกขาวมากกว่าปกติ ในตำราจีนจึงมักใช้ลูกเดี๋ยบดผสมข้าว ต้มเป็นข้าวต้มกินทุกวันเพื่อบำรุงกำลัง หล่อเย็นกระเพาะอาหารและล้างไส้ แก้อ่อนน้ำ ปวดข้อเรื้อรัง ทั้งยังเชื่อว่าการรับประทานลูกเดี๋ยต้มน้ำตาลสามารถที่จะแก้อ่อนในได้ ทางกรมแพทย์ญี่ปุ่นพบว่า สามารถช่วยบำรุงเลือดให้บริสุทธิ์ และช่วยขับปัสสาวะ (วีรศักดิ์, 2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรรพคุณในตำราไทย ลูกเดือยเป็นยาเย็น แก้ปวดเข่า ปวดข้อ ไช้ข้ออักเสบ บำรุงกำลัง ไช้ข้อ บำรุงม้าม และตับ แก้ไข้ แก้ท้องเสีย เหน็บชา ขับยั้งการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหาร มะเร็งมดลูก แก้กษัยกระดูก ปอดอ่อนแอ ไอเป็นเลือด ตกขาว ป้องกันการเกิดฝีที่ลำไส้ หูด ร้อนใน กระหายน้ำ แก้ทางเดินหายใจหรือทางเดินปัสสาวะอักเสบ ขับเสมหะ ช่วยย่อยอาหาร บำรุงเส้นผมและผิวหนัง ทำให้ผิวพรรณสวยงาม ลูกเดือยยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคหูดที่มักจะเป็นเรื้อรัง โดยมีการทดลองในคนไข้ 23 ราย ให้กินลูกเดือย 60 กรัม ต้มรวมกับข้าว รับประทานวันละ 1 ครั้ง ติดต่อกันจนกว่าจะหาย หลังจากกินลูกเดือยติดต่อกัน 7 - 76 วัน ได้ผลหายขาด 11 ราย อาการดีขึ้น 8 ราย ไม่ได้ผล 6 ราย ซึ่งอาจเป็นเพราะสารจากลูกเดือยมีฤทธิ์ทำให้เลือดมาเลี้ยงที่ผิวหนังดีขึ้นหรือจากฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก

(http://www.kalathai.com/abstract/view_news.php?article_id=139.)

เมล็ดเดือยมีสาร Coixans A, B และ C ซึ่งมีงานวิจัยว่าสามารถลดน้ำตาลในหนูปกติ Coixans A มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดหนูที่เป็นเบาหวานได้ น้ำมันเดือย (Coix oil) มีประมาณ 5.9-9.8 % ซึ่งประกอบไปด้วยสารสำคัญคือ กรดโคอิก(Coix acid) และ กรดพาลมิติก (Palmitic acid) น้ำมันจากลูกเดือย มีฤทธิ์กระตุ้นศูนย์การหายใจ ลดความอ่อนเปลี้ยของร่างกายลดความดันโลหิต และขับปัสสาวะ (<http://www.thaivegetarian.com/document/seed.htm>)

ส่วนผลทางเภสัชวิทยามีรายงานว่า ลูกเดือยมีสารที่มีคุณสมบัติทางยาหลายชนิด ได้แก่ สารที่ไม่ใช่ไขมันในลูกเดือย สามารถลดคลอเรสเตอรอล น้ำตาลจากลูกเดือย ช่วยลดความดันเลือด ช่วยทำให้นอนหลับ และระงับปวดได้ในสัตว์ทดลอง แอลฟาโมโนโนไลโนเลอีน (α -monolinolien) เป็นสารสกัดแอลกอฮอล์ของลูกเดือย สามารถยับยั้งการก่อมะเร็งไม่ให้ทำร้ายร่างกายเซลล์ในสัตว์ทดลอง สรุปลแล้วลูกเดือยเป็นทั้งยาลดน้ำตาลและไขมันในเลือด ลดความดันในเลือดได้ด้วย สามารถใช้เพิ่มภูมิคุ้มกัน ป้องกันหวัด นอกจากนี้ยังช่วยให้หลับง่าย และอาจจะป้องกันมะเร็งได้ด้วย (http://www.kalathai.com/abstract/view_news.php?article_id=139.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เชื้อรา *Aspergillus oryzae*

2.3.1 ลักษณะที่สำคัญของเชื้อ *A. oryzae* (บัญญัติ , 2538)

1. เส้นใยมีผนังกัน
2. สปอร์ไม่เคลื่อนที่
3. sexual spore สร้างภายใน ascus มีจำนวน 8 ascospores
4. asexual spore ไม่สร้างภายใน ascus
5. ไม่ต้องการความชื้นมากในการเจริญ

การเจริญของเชื้อ *A. oryzae* เส้นใยมีการเจริญได้สองทิศทาง ในตามขวางจะเจริญไปอย่างเต็มที่แล้วจึงหยุดเจริญ ส่วนการเจริญตามยาวของเส้นใยจะขยายยาวออกไปและแตกแขนงอย่างไม่จำกัดราบเท่าที่สภาวะแวดล้อมยังเหมาะแก่การเจริญ

2.3.2 การสืบพันธุ์

2.3.2.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เกิดได้หลายวิธีดังนี้

1. fission
2. budding
3. fragmentation
4. chlamydospore
5. conidia

ซึ่งการจะสร้างสปอร์แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของรา หรือสภาพแวดล้อมขณะที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

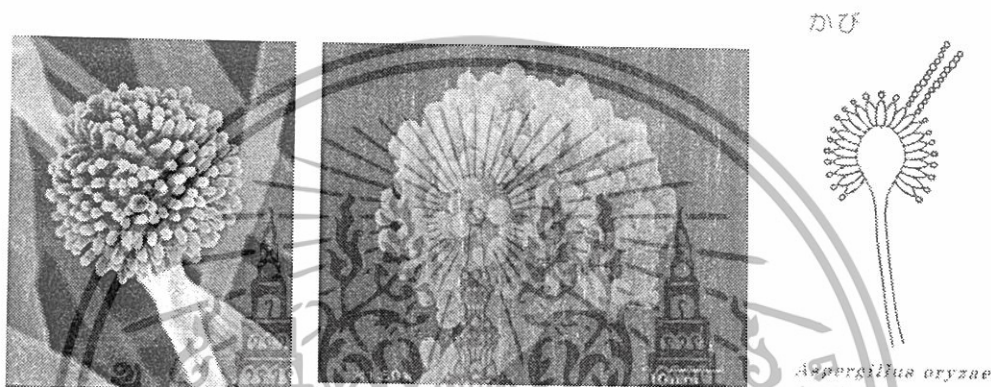
2.3.2.1. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

การสืบพันธุ์แบบมีเพศโดยวิธีนี้มีหลักการ โดยที่นิวเคลียสเข้าไปอยู่ในเซลล์เดียวกันแต่ยังไม่รวมกัน ทำให้เป็นลักษณะ 1 เซลล์มี 2 นิวเคลียส ที่เรียกว่า dikaryon และนิวเคลียสแบ่งตัวหลาย ๆ ครั้งได้ dikaryotic cell ใหม่อีกหลายอัน ต่อมานิวเคลียสทั้ง 2 อันในเซลล์จะรวมกันในส่วนที่จะเจริญเป็น ascus จากนั้นนิวเคลียสซึ่งเป็น diploid zygote nucleus จะเกิดไมโอซิสและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้นิวเคลียส 4 อัน ต่อมา haploid nucleus ทั้ง 4 นี้จะแบ่งแบบไมโทซิสอีกครั้งหนึ่งได้ 8 นิวเคลียส ซึ่งจะเจริญไปเป็น ascospore 8 อันอยู่ภายใน ascus

การสืบพันธุ์ของเชื้อ *A. oryzae* ส่วนมากจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์ ที่เรียกว่า conidia เป็นสปอร์ที่ไม่มีสิ่งหุ้ม เกิดที่บริเวณปลายของเส้นใยที่ทำหน้าที่ชูสปอร์ (conidiophore) ซึ่งที่ปลายของเส้นใยจะมีเซลล์ที่เรียกว่า sterigma ทำหน้าที่สร้าง conidia ในเชื้อราบางชนิดมี conidia หลากๆ อันมาเรียงตัวกันเป็นแบบลูกโซ่เรียกว่า microconidia สปอร์ที่สร้างแบบนี้จะมีขนาดเล็กและมีรูปร่างเป็นลักษณะกลม ไม่มีสิ่งหุ้ม (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus oryzae*

ที่มา : http://www.utokyo.ac.jp/stu03/guidance/H17_html/html/img/13nougaku/im00001.jpg

เชื้อ *A. oryzae* เป็นเชื้อที่มีคุณสมบัติในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลผลิตเอนไซม์อะไมเลสที่สามารถย่อยแป้งได้ ซึ่งเอนไซม์อะไมเลสที่เชื้อรา *A. oryzae* ผลิตนั้น เป็นทั้งชนิด endoamylase และ exoamylase จึงสามารถย่อยพันธะ α -1,4 glycosidic และ พันธะ α -1,6 glycosidic นอกจากนั้นยังสามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส ย่อยโปรตีนได้และสามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอสส่งออกนอกเซลล์ (Extracellular protease) และเชื้อชนิดนี้จัดเป็น G.R.A.S (generally recognized as safe) คือเชื้อที่ปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดโรค จึงถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น เหล้าสาเก จากข้าว และ เต้าเจี้ยว, ซีอิ๊ว จากถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล

มี 2 ขั้นตอน คือ (เกสร, 2545)

1) Liquefaction เป็นขั้นตอนเพื่อลดความหนืดของแป้งที่เจลาติไนซ์ แล้ว โดยการย่อยโมเลกุลของแป้งแบบสุ่ม (random hydrolysis) ของลูกโซ่กลูโคส เมื่อการไฮโดรไลซ์เกิดขึ้นจะทำให้แยกเป็นเส้นสายสั้นๆ และมีขนาดของโมเลกุลเล็กลงและความหนืดลดลงด้วย

2) Saccharification เป็นการไฮโดรไลซ์แป้งให้เป็นโมเลกุลของน้ำตาล ดังนั้นหลังจากการย่อยแล้วจะได้ โมโนแซคคาไรด์ หรือไดแซคคาไรด์ หรือน้ำตาลที่มีโมเลกุลสูงกว่าบ้างเล็กน้อย ซึ่งจะเกิดเป็นกลูโคส มอลโทส หรือมอลโทไทรโอส

2.4.1 วิธีการย่อยแป้ง

2.4.1.1 การย่อยแป้งด้วยกรด

จากการเปรียบเทียบการใช้กรดต่างๆ พบว่ากรดไนตริก (HNO_3) สามารถย่อยสลายแป้งได้ดีกว่ากรดเกลือ (HCl) หรือ กำมะถัน (H_2SO_4) (Sriroth, 1976) ปัจจุบันในต่างประเทศเลิกใช้กรดในการย่อยสลายแป้งในอุตสาหกรรมแล้ว เพราะหลังจากการย่อยสลายจะต้องทำให้เป็นกลางโดยใช้ด่างทำให้เกิดเกลือขึ้น ซึ่งเกลือของกรดต่างๆ เหล่านี้จะมีผลต่อรสชาติของน้ำเชื่อม (glucose syrup) ที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ

2.4.1.2 การย่อยแป้งด้วยเอนไซม์

ในปัจจุบันมีหลายบริษัทที่ผลิตเอนไซม์จำหน่ายอยู่ในหลายรูปแบบจากแหล่งต่างๆ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรม การผลิตน้ำเชื่อมจากแป้งโดยใช้เอนไซม์จะสามารถควบคุมสัดส่วนของส่วนประกอบของน้ำเชื่อมเกี่ยวกับเดกซ์ทริน น้ำตาลโมเลกุลใหญ่ๆ มอลโทส และกลูโคสได้ตามต้องการ เอนไซม์ที่นิยมใช้ ได้แก่ แอลฟาและเบตาอะไมเลส ตลอดจนกลูโคอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง

อะไมโลไลติกเอนไซม์ เป็นกลุ่มของโปรตีนย่อยสลายที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารและเป็นเอนไซม์กลุ่มแรกที่น่ามาผลิตทางการค้าโดยใช้จุลินทรีย์ (Wiseman, 1978) ชนิดของเอนไซม์ย่อยแป้งแบ่งตามตำแหน่งของพันธะที่ถูกไฮโดรไลซ์เป็น 2 ประเภท คือ endoamylase และ exoamylase

1) endoamylase

จะย่อยแป้งแบบสุ่มที่ตำแหน่ง α -1,4 ทำให้ได้น้ำตาลรีดิคัล และเดกซ์ทริน ซึ่งมีสายกลูโคสขนาดต่างๆ กัน เอนไซม์ประเภทนี้คือ อัลฟาอะไมเลส หรือ amylo 1,4 dextrinase (Undukofler, 1954) ซึ่งสามารถพบได้ในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ถ้าการย่อยไม่สมบูรณ์จะได้เดกซ์ทริน มอลโทส และกลูโคส แต่ถ้าสมบูรณ์จะได้มอลโทส และกลูโคส (Corman และ Langlykke, 1948)

2) exoamylase

จะย่อยแป้งจากปลาย non-reducing โดยการย่อยที่ตำแหน่ง α -1,4 และ α -1,6 ได้ D-glucose เพียงอย่างเดียว เอนไซม์ประเภทนี้คือ เบต้าอะไมเลส หรือ amylo 1,4-maltosidase และกลูโคอะไมเลสหรือ amylo 1,4 - 1,6 glucosidase (Undukofler, 1954) ซึ่งกลูโคอะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยโพลีแซคคาไรด์ หรือโอลิโกแซคคาไรด์ ได้ผลผลิตเป็นกลูโคสทีละหน่วย แต่มี โพลีแซคคาไรด์ หรือโอลิโกแซคคาไรด์บางชนิดที่กลูโคอะไมเลสย่อยไม่ได้เลย เช่น methyl α -D-glucopyranoside, methyl α -D-glucopyranoside, nigerose, isomaltose, dextran, cellobiose, lactose เป็นต้น และย่อยสารบางชนิดได้ช้ามาก เช่น sucrose, raffinose, isomaltotetraose, panose เป็นต้น แต่กลูโคอะไมเลสสามารถย่อยมอลโทส น้ำแป้ง มอลโทโรไตรโอส อะไมโลส ได้รวดเร็วมาก (Barker et al, 1957)

2.4.3 เชื้อราที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง

2.4.3.1 เชื้อราที่ผลิตอัลฟาอะไมเลส ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A.oryzae* (Wiseman, 1978)

Penicillium sp., *Monilia* sp. (Le Mense et al., 1947; Sukumavase, 1973) และราในกลุ่ม Mucoraceous fungi เช่น *Mucor* sp., *Amylomyces* sp. และ *Rhizopus* sp. (Wiseman, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 เชื้อราที่ผลิตกลูโคอะไมเลส ได้แก่ *A. niger*, *A. oryzae*, *Rhizopus delemar* (Lineback และ Baumann, 1970) *A. awamori* Var. *kawachi* (Yoshino และ Hayashida, 1978) *P. oxalicum* (Tsuboi et al., 1974) *M. rouxianus*, *Rhizopus sp.*, *R. niveus* (Takahashi et al., 1978) แต่อย่างไรก็ตาม *A. niger* สร้างเอนไซม์ทรานส์กลูโคซิเดส ซึ่งจะเปลี่ยนกลูโคส และ ไดแซคคาไรด์ไปเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งโพลีแซคคาไรด์นี้จะไปขัดขวางการเกิดผลิตภัณฑ์กลูโคส ทำให้ผลผลิตกลูโคสลดลง

2.5 ผลของเอนไซม์อะไมเลสที่มีต่อแป้ง

แป้งดิบมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ (nondispersible) และต้านทานต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ อุณหภูมิห้อง เพราะในเม็ดแป้งมีการรวมตัวของลูกโซ่อะไมโลสและอะไมโลเพกทินด้วยพันธะ ไฮโดรเจน (hydrogen bond) โดยปกติต้องให้ความร้อนแก่แป้งให้อยู่ในรูปสารละลาย จะทำให้เกิด เกลาตินไนซ์เกิดความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเม็ดแป้งขยายตัวดูดซึมน้ำเข้าไป จึงถูกย่อยสลายด้วย เอนไซม์เร็วขึ้น (Reed, 1975)

ปฏิกิริยาการย่อยแป้งของเอนไซม์อะไมเลสขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ชนิด ของเอนไซม์ ชนิดของจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ อุณหภูมิ และพีเอช เช่น อัลฟาอะไมเลสมี กิจกรรมสูงสุดในช่วงพีเอช 5-6 อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส (Sandstedt, 1939)

2.6 สภาพการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเอนไซม์ย่อยแป้ง

สภาพการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง (Feniksova, 1957) คือ

1. ระดับส่วนประกอบทางเคมีของอาหารเลี้ยงเชื้อ
2. สภาพทางฟิสิกส์ของสารเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละชนิด
3. ระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อ
4. คุณสมบัติเฉพาะตัวของจุลินทรีย์แต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ผลิตเอนไซม์ที่ย่อยแป้งมีผลต่อปริมาณและชนิดของเอนไซม์ที่ได้ด้วย (Hockenhull, 1967) เพราะอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ทำให้การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุดไม่ได้หมายความว่าจะให้เอนไซม์สูงสุด อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ที่ย่อยแป้งได้นั้นจะต้องประกอบด้วย

1. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรารวมทั้งสารที่ให้พลังงานด้วย
2. สารที่เป็นตัวนำในการสังเคราะห์เอนไซม์ เช่นกรดอะมิโนซึ่งเชื้อราไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาเองได้
3. ความสมดุลของธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับผลิตเอนไซม์
4. มีความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตและการผลิตเอนไซม์ของเชื้อ
5. ต้องมีสารที่เป็นตัวชักนำของเอนไซม์

ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้สำหรับผลิตเอนไซม์อะไมเลสนั้น ปรากฏว่าสารพวกคาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งพลังงานมีผลต่อการผลิตอัลฟาอะไมเลสมากกว่าการผลิตกลูโคอะไมเลส (Hockenhull, 1967)

แหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์อะไมเลสของเชื้อราควรจะต้องประกอบด้วยมอลโตส เดกซ์ทริน หรือแป้ง (Hockenhull, 1967) แป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีสำหรับการผลิตเอนไซม์อะไมเลสจาก *A. oryzae* เมื่อเลี้ยงแบบ submerged culture (Kunda et al., 1973)

แหล่งไนโตรเจนนอกจากมีความจำเป็นต่อการเจริญของเชื้อราแล้ว ยังมีความสำคัญในการให้สารที่เป็นตัวนำ เช่นกรดอะมิโน เพื่อสร้างโมเลกุลเอนไซม์ เชื้อ *A. niger* ต้องการแหล่งไนโตรเจนที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต ในการผลิตเอนไซม์ให้ได้ปริมาณสูง นอกจากนั้นในการเลี้ยงแบบ submerged culture แหล่งไนโตรเจนจะเป็นตัวควบคุมความเป็นกรดด่างของขบวนการหมักด้วย ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ผลิตได้ดีในระดับความเป็นกรดด่างที่เฉพาะเท่านั้น เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากเชื้อราใช้แล้วจะได้กรดอิสระออกมาทำให้ความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นเพื่อควบคุมความเป็นกรดด่างให้เหมาะสมจึงมักมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตหรือฟอสเฟตลงไปด้วยเสมอ (Hockenhull, 1967)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยง *A. niger* และ *A. oryzae* สายพันธุ์ต่างๆ โดยใช้รำข้าวสาลีเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าได้อัลฟาอะไมเลสเป็นปริมาณมาก (Le Mense *et al.*, 1947) และจากการเปรียบเทียบ *Aspergillus* 23 สายพันธุ์ พบว่า *A. oryzae* BI 3 ให้ผลผลิตที่สูงสุดเมื่อเลี้ยงในวัตถุดิบที่หาได้ง่าย เช่น รำข้าวสาลี เป็นต้น (Gandhi *et al.*, 1974)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบ

- ลูกเคี้ยวข้าวเหนียว (ตราไร่ทิพย์)
- เชื้อรา *Aspergillus oryzae*

3.2 อุปกรณ์

- อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้วิเคราะห์ทางเคมี
- เครื่องร่อนแปรงขนาด 60 mesh
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
- บีกเกอร์สำหรับย่อยขนาด 600 ml
- บีกเกอร์ไขมัน
- ผ้ากรองลินิน
- ลูกแก้ว boiling chip จำนวน 6 เม็ด
- โถดูดความชื้น (desiccator)
- ถ้วยกระเบื้อง (crucible)
- เตาเผา (furnace muffle)
- hot plate
- kjeldahl flask

3.3 เครื่องมือ

- เครื่องบดแป้ง ยี่ห้อ RETSCH DR1000
- เครื่องสกัดซอกซ์เลต (Soxhlet apparatus) ยี่ห้อ Guerhard พร้อมทิมเบิล (thimble)
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 22
- เครื่องย่อยและเครื่องกลั่น ไนโตรเจน ยี่ห้อ Bruchi
- เครื่องเขย่า
- เครื่องแยกเหวี่ยง
- กล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์โปรตีน

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- กรดบอริก 2 %
- สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 N
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 30 %
- สารเร่งปฏิกิริยา (1 : 8 ของ $\text{CuSO}_4 / \text{K}_2\text{SO}_4$)
- โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green)
- เมทิลเรด (Methyl red)

3.4.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ไขมัน

- ปีโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

3.4.3 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.255 N
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N
- แอลกอฮอล์ 95 %

3.4.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาล (DNS reagent)

- 3,5 ไดไนโตรซาลิไซลิก แอซิด (3,5 - dinitrosalicylic acid)
- โพแทสเซียมโซเดียมเตตระโบรไมด์ ($\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 N
- น้ำกลั่น

3.5 การเตรียมแป้งลูกเดี๋ย

นำลูกเดี๋ยผ่านการแช่น้ำแล้ว 12 ชั่วโมง มาหนึ่งถ้วยไอน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง แล้วนำมาบดหยาบด้วยเครื่องบดหยาบแบบแห้ง จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C ต่ออีก 1 ชั่วโมงครึ่ง จึงนำมาบดหยาบอีกครั้งแล้วรอให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นจึงนำมาบดด้วยเครื่องบดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดี๋ยย (Proximate Analysis)

3.6.1. การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC., 1995)

โดยการวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจลดาคาล์ (kjeldahl) โดยทำให้สารประกอบไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพกลายเป็นแอมโมเนียที่มีสถานะเป็นไอ จากนั้นจึงใช้เทคนิคการไทเทรตวิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนีย แล้วนำมาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{[(A-B) \times \text{NHCL} \times 14]}{\text{Wt.sample} \times 1000} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

3.6.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC., 1995)

โดยการสกัดไขมันจากตัวอย่างด้วยตัวทำละลายไขมันเช่น เฮกเซน จากตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว เนื่องจากถ้าตัวอย่งมีน้ำปะปนอยู่จะทำให้การสกัดไม่ดี หลังจากสกัดเสร็จทำการระเหยแยกตัวทำละลายออกจากตัวอย่างไขมัน

3.6.3 การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (AOAC., 1995)

โดยการวิเคราะห์สารอินทรีย์ที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วด้วยสารละลายกรดและเบส ภายใต้สภาวะที่กำหนด

3.6.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC.1995)

เป็นการเผาไล่สารอินทรีย์ในอาหาร โดยใช้เตาเผาที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียสจนเหลือแต่สารที่เป็นสารอนินทรีย์

3.6.5 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC.1995)

การอบไล่ความชื้นหรือน้ำอิสระที่เป็นองค์ประกอบของอาหารให้ระเหยออกไป แล้วชั่งหาน้ำหนักที่หายไป

3.6.6 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

ร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 - (ร้อยละปริมาณความชื้น + ร้อยละปริมาณโปรตีน + ร้อยละปริมาณไขมัน + ร้อยละปริมาณเยื่อใย + ร้อยละปริมาณเถ้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การศึกษา pH เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae*

3.7.1 ศึกษาการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยโดยเชื้อรา *A. oryzae*

ศึกษาการหมักแป้งลูกเดี๋ยโดยเชื้อรา *A. oryzae* ในสถานะอาหารเหลวโดยแปรปริมาณแป้งลูกเดี๋ย 3 ระดับ คือ 2.5% 5.0% และ 10% (w/v) และ pH เริ่มต้น 4 ระดับ คือ 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 นำเข้าเครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 200 rpm ที่อุณหภูมิห้อง (30 – 33 องศาเซลเซียส) ติดตามผลการหมักทุก 4 ชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin and Kennedy, 1986) แล้วคำนวณอัตราการผลิตสูงสุดจากความเข้มข้นของน้ำตาลต่อเวลา

3.7.2 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ยเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae*

ศึกษาการหมักแป้งลูกเดี๋ยโดยเชื้อรา *A. oryzae* ในสถานะอาหารเหลวโดยแปรปริมาณแป้งลูกเดี๋ย 5 ระดับ คือ 2.5%, 5%, 10%, 12.5% และ 15% และเลือกใช้ค่า pH เริ่มต้นที่เหมาะสมจากข้อ 3.7.1 นำเข้าเครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 200 rpm ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามผลการหมักทุก 4 - 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin และ Kennedy, 1986) แล้วคำนวณอัตราการผลิตสูงสุดจากความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุดต่อเวลา และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.7.3 ศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae*

เลือกความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ยและ pH เริ่มต้นที่เหมาะสมจากข้อ 3.6.1 และ 3.6.2 มาศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์ต่ออัตราการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยของเชื้อ *A. oryzae* การแปรความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เริ่มต้นในน้ำแป้งเท่ากับ 0 และ 0.001% (w/v) เขย่าที่ 200 rpm ที่อุณหภูมิห้อง (30 - 33 องศาเซลเซียส) ติดตามผลการหมักทุก 4 - 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 40 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin และ Kennedy, 1986) แล้วคำนวณอัตราการผลิตสูงสุดจากความเข้มข้นของน้ำตาลต่อเวลา และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราด้วยกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดี๋ย

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดี๋ยที่เตรียมได้ พบว่ามีความชื้น 13.7 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบอื่น (โดยน้ำหนักแห้ง) คือ โปรตีน 11.67 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.48 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 6.57 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.88 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 62.7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดี๋ย

องค์ประกอบทางเคมี	แป้งลูกเดี๋ย (เปอร์เซ็นต์)	ลูกเดี๋ยดิบ (เปอร์เซ็นต์) (Matz,1959)
ความชื้น	13.70±1.55	10.8
โปรตีน	11.67 ±0.57	13.6
ไขมัน	3.48 ±0.77	6.1
เยื่อใย	6.57 ±0.68	8.4
เถ้า	1.88 ±0.03	2.6
คาร์โบไฮเดรต	62.7	58.5

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างลูกเดี๋ยดิบและแป้งลูกเดี๋ยที่ผ่านการเจลาติไนซ์แล้ว พบว่าแป้งลูกเดี๋ยที่ผ่านการเจลาติไนซ์มีความชื้นสูงกว่าความชื้นของลูกเดี๋ยที่วิเคราะห์โดย Matz (1959) (10.8 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เนื่องจากว่าไอน้ำและความร้อนจากการนึ่งทำให้เกิดการดูดน้ำเข้าสู่โมเลกุลของสตาร์ชลูกเดี๋ยจนเกิดการพองตัว และอุ้มน้ำของเม็คสตาร์ช ส่งผลให้แป้งลูกเดี๋ยมีความชื้นสูงกว่า (Matz,1959) อย่างไรก็ตามองค์ประกอบอื่นๆของแป้งลูกเดี๋ยและลูกเดี๋ยดิบมีค่าใกล้เคียงกัน

4.2 ผลการศึกษา pH เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ

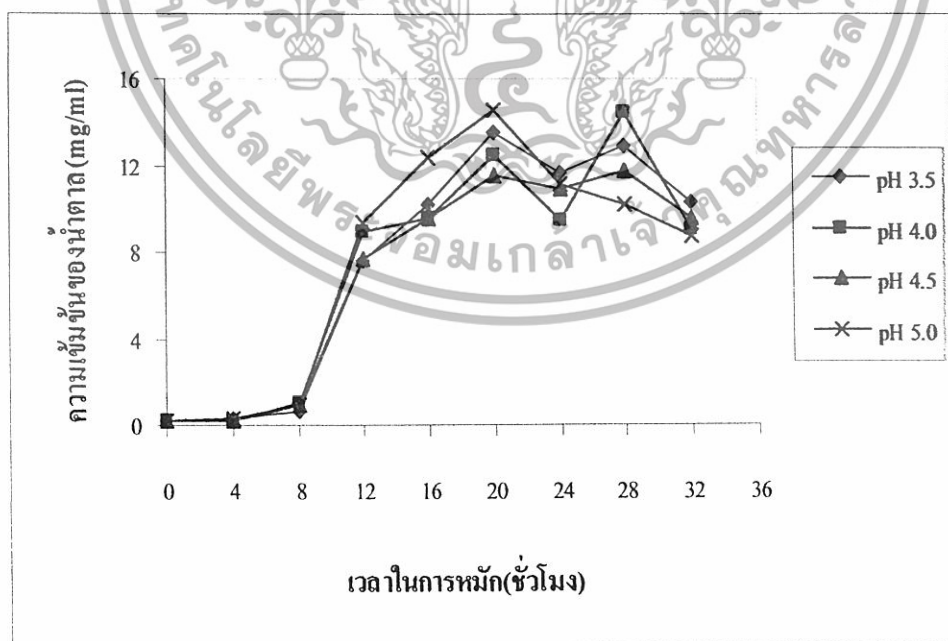
A. *oryzae*

จากการศึกษา pH เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อรา *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้องโดยทำการศึกษาที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ยต่างกัน 3 ระดับคือ 2.5 % (w/v) 5 % (w/v) และ 10 % (w/v) ให้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1 – 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
จากบัณฑิตวิทยาลัยพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

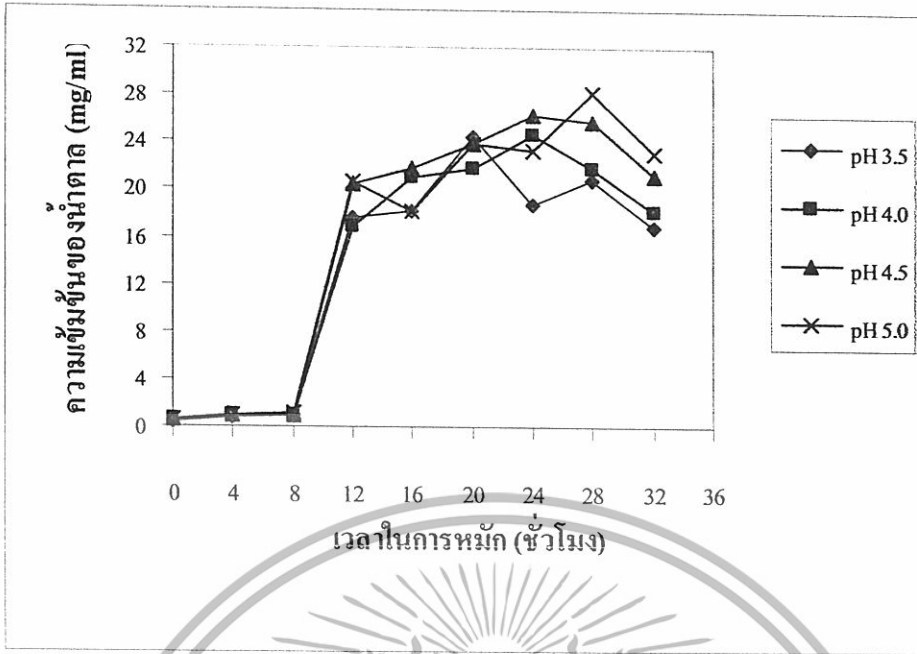
จากผลการทดลองในรูปที่ 4.1 - 4.3 พบว่าที่ระยะเวลาการหมัก 8 – 20 ชั่วโมง เชื้อ *A. oryzae* สามารถย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลได้อย่างรวดเร็วอาจเนื่องจากเชื้อรา *A. oryzae* กำลังอยู่ในระยะการเจริญ (Log phase) ส่งผลให้สามารถสร้างเอนไซม์อะไมเลสที่ใช้ในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลได้สูง แต่หลังจากการหมักผ่านไป 20 ชั่วโมงปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องจากเชื้อรา *A. oryzae* สามารถใช้น้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งลูกเดือย อย่างไรก็ตามที่ทุกความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำแป้งลูกเดือย (2.5 %, 5.0 %, 10.0 %) พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลสูงสุดที่ pH 5 และที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 10% (w/v) จะให้ปริมาณน้ำตาลสูงกว่าที่ 2.5 % และ 5 % (w/v) ตามลำดับ ซึ่งได้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุดเท่ากับ 66.77 (mg/ml) , 14.56 (mg/ml) และ 28.21 (mg/ml) ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดือย ที่ pH เริ่มต้นของน้ำแป้งลูกเดือยต่างๆ (ตารางที่ 4.2) พบว่าอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดือย เริ่มต้น 2.5% (w/v) และ 10% (w/v) นั้นทุก pH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่อัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดือยที่ความเข้มข้น 5% (w/v) ที่ pH เริ่มต้น 3.0, 4.0, 4.5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และที่ pH เริ่มต้น 4.5 กับ 5.0 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 1-3 ภาคผนวก ข) ดังนั้น pH ที่เหมาะสมต่อการย่อยแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* คือ pH 4.5- 5 แต่จากการทดลองของ Saha และคณะ (1979) ซึ่งพบว่ากลูโคสอะไมเลสที่ผลิตจาก *A. oryzae* สามารถย่อยแป้งได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส pH 5.0 ดังนั้นในการทดลองย่อยน้ำแป้งลูกเดือยต่อไปจึงเลือกใช้ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5



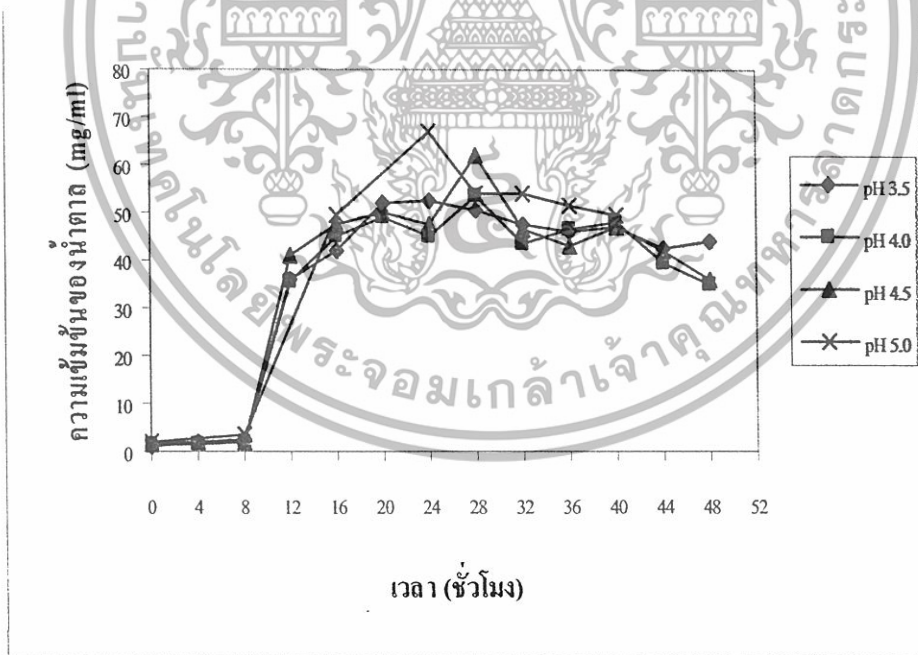
รูปที่ 4.1 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยโดยเชื้อ *A. oryzae*

ที่ pH 3.5 , 4.0 , 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 2.5 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 5 % (w/v)



รูปที่ 4.3 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 10 % (w/v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 อัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 2.5 % (w/v)

pH เริ่มต้นของ น้ำแป้งลูกเดือย	อัตราเร็วสูงสุดของการหมัก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)
3.5	0.68 ± 0.02^a
4.0	0.74 ± 0.03^a
4.5	0.59 ± 0.09^a
5.0	0.74 ± 0.03^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.3 อัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 3.5, 4.0, 4.5 และ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 5 % (w/v)

pH เริ่มต้นของ น้ำแป้งลูกเดือย	อัตราเร็วสูงสุดของการหมัก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)
3.5	1.51 ± 0.04^b
4.0	1.41 ± 0.03^c
4.5	1.71 ± 0.02^a
5.0	1.73 ± 0.01^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษร b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 อัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้อง และที่ pH 3.5 ,4.0 ,4.5 และ5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 10 % (w/v)

pH เริ่มต้นของ น้ำแป้งลูกเดือย	อัตราเร็วสูงสุดของการหมัก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)
3.5	2.98 ± 0.05 ^a
4.0	2.97 ± 0.03 ^a
4.5	3.40 ± 0.07 ^a
5.0	3.24 ± 0.28 ^a

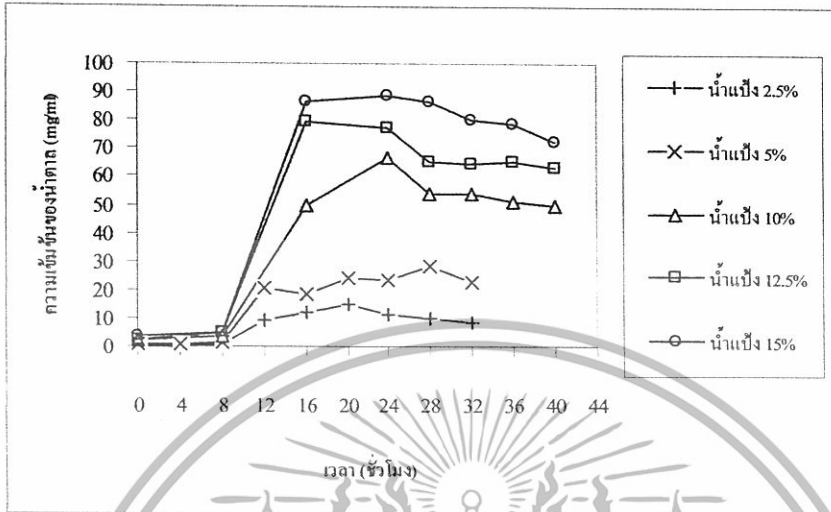
หมายเหตุ : ตัวอักษร a หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95%

4.3. การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมต่อการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็น น้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ pH 5

จากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมต่อการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็น
น้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้องและ pH 5 โดยแปรความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำแป้งลูก
เดือย 5 ระดับคือ 2.5% 5.0% 10% 12.5% และ 15% (w/v) ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่
4.4 ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือยสูงขึ้นทำให้มีความหนืดมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความ
เข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือยส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้นตามลำดับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำแป้ง
ลูกเดือย 2.5 % ทำให้ลักษณะของเส้นใยของเชื้อรา *A. oryzae* รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนหรือ pellet
ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อราเนื่องจากการกระจายของสารอาหารและความร้อนที่จำกัด ในขณะที่
เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือยจาก 2.5 % (w/v) เป็น 5.0% 10% 12.5 % และ 15 %
(w/v) ส่งผลให้เส้นใยของเชื้อราเกิดการกระจายตัวดีขึ้น (จากรูปที่ 4.9 – 4.11) ดังนั้นจึงทำให้
การกระจายของสารอาหารเข้าสู่เซลล์ได้ดีกว่า ส่งผลให้การย่อยน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาลโดย
เชื้อ *A. oryzae* จึงสูงขึ้นด้วย โดยที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 15 % (w/v) ได้ความเข้มข้น
ของน้ำตาลสูงสุดเท่ากับได้ 88.79 (mg/ml) เมื่อนำตัวอย่างของน้ำแป้งลูกเดือยที่ผ่านการหมัก 24
ชั่วโมงไปทดสอบกับสารละลายไอโอดีนพบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีไอโอดีน แสดงว่า
แป้งได้ถูกย่อยเป็นน้ำตาลจนหมด จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบอัตราการหมักสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำแป้งลูกเดือยที่ pH 5.0 พบว่าอัตราการหมักที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดือยทุกความเข้มข้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 4 ภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดือย ที่ความเข้มข้น 2.5% ,5% ,10 % ,12.5% และ 15% (w/v) โดยเชื้อ *A. oryzae* pH 5 ที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.5 อัตราการหมักแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้อง และ pH ที่ 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 2.5% 5% 10% 12.5 % และ 15 % (w/v)

ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย (%)	อัตราเร็วสูงสุดของการหมัก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)
2.5	0.74 ± 0.03 ^c
5.0	1.73 ± 0.01 ^d
10.0	3.13 ± 0.28 ^c
12.5	5.07 ± 0.10 ^b
15.0	5.51 ± 0.03 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c, d, e หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อรา

A. oryzae

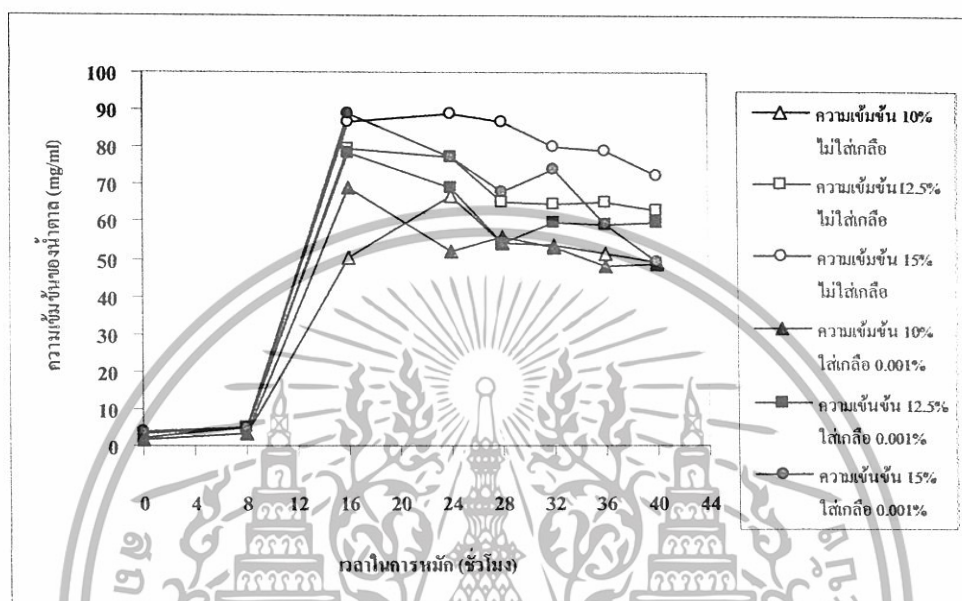
การศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* โดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และใช้ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10%, 12.5% และ 15% (w/v) ที่ pH 5 ได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุดที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่เวลาการหมัก 16 ชั่วโมงมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่ไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระยะเวลาการหมักเดียวกัน อย่างไรก็ตามหลังจาก 16 ชั่วโมงของการหมัก พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยในสถานะที่มีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากมีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ทำให้ลักษณะของเส้นใยรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนหรือ pellet (รูปที่ 4.9 - 4.17) จึงส่งผลให้เชื้อ *A. oryzae* เจริญได้อย่างจำกัด (Wang *et al.*, 2005) นอกจากนี้การเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์อาจมีผลต่อการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) หลังจากการเจริญในระยะเวลาเจริญสูงสุดได้เร็วกว่าการไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (รูปที่ 4.9 - 4.23) โดยที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 15% ทั้งที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ ให้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงสุดใกล้เคียงกันคือ 88.76 และ 86.51 mg/ml ตามลำดับที่ระยะเวลาการหมัก 16 ชั่วโมง ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยการเปรียบเทียบอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ย พบว่าอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 10% (w/v) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 12.5% (w/v) และ 15% (w/v) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 5-7 ภาคผนวก ข) อาจเนื่องจากปริมาณเกลือที่มีอยู่ในน้ำแป้งลูกเดี๋ย 180.8 ppm (ทักษิณี, 2530) เพียงพอต่อความต้องการของเชื้อ *A. oryzae* ทำให้เกลือที่เติมลงไปไม่มีผลแตกต่างซึ่งไม่สอดคล้องกับ Pool และ Underkoffler (1953) โดยพบว่าถ้าเติมโซเดียมคลอไรด์ 0.001% ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแป้งมันสำปะหลังกระตุ้นให้ *A. niger* สร้างเอนไซม์อะไมเลสได้เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาอัตราการหมักจากตารางที่ 4.6 พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10% (w/v) อัตราเร็วสูงสุดของการหมักน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่เติมโซเดียมคลอไรด์และไม่เติมโซเดียมคลอไรด์ คือ 4.41 และ 3.24 mg/ml/h ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 12.5% อัตราเร็วสูงสุดของการหมักน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่เติมโซเดียมคลอไรด์และไม่เติมโซเดียมคลอไรด์ คือ 5.01 และ 5.07 mg/ml/h ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 15% อัตราเร็วสูงสุดของการหมักน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่เติมโซเดียมคลอไรด์และไม่เติมโซเดียมคลอไรด์ คือ 5.53 และ 5.51 mg/ml/h ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยการเปรียบเทียบอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 10% 12.5% และ 15% (w/v) ที่ไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10% (w/v) มีความแตกต่างกับความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 12.5% (w/v) และ 15% (w/v) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 8 ภาคผนวก ข) และการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยทุกความเข้มข้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 9 ภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.5 ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่สภาวะที่มีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิห้องและที่ pH 5

ตารางที่ 4.6 อัตราการหมักแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่อุณหภูมิห้องและที่ pH 5

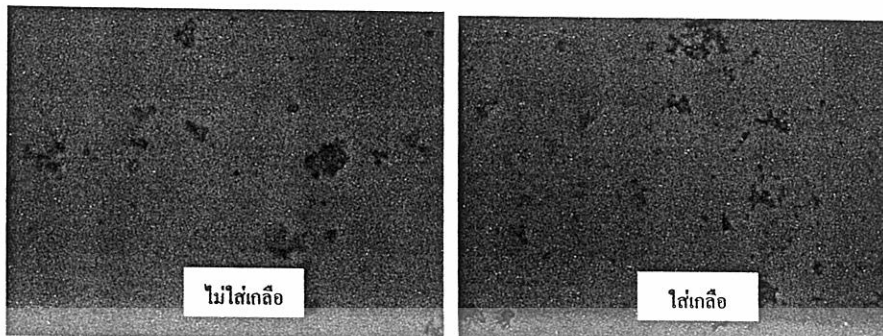
ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย (%)	อัตราเร็วสูงสุดของการหมัก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)	
	เติมโซเดียมคลอไรด์	ไม่เติมโซเดียมคลอไรด์
10	4.41 ± 0.02 ^{a, d}	3.24 ± 0.28 ^{a, d}
12.5	5.01 ± 0.24 ^{b, d}	5.07 ± 0.10 ^{b, d}
15	5.53 ± 0.07 ^{c, d}	5.51 ± 0.03 ^{b, d}

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตารางในแนวนอน
ตัวอักษร d หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตารางในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเส้นใยของเชื้อรา *Aspergillus oryzae*

- ที่เวลาการหมัก 8 ชั่วโมง



รูปที่ 4.6 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อรา *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดือย 10 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



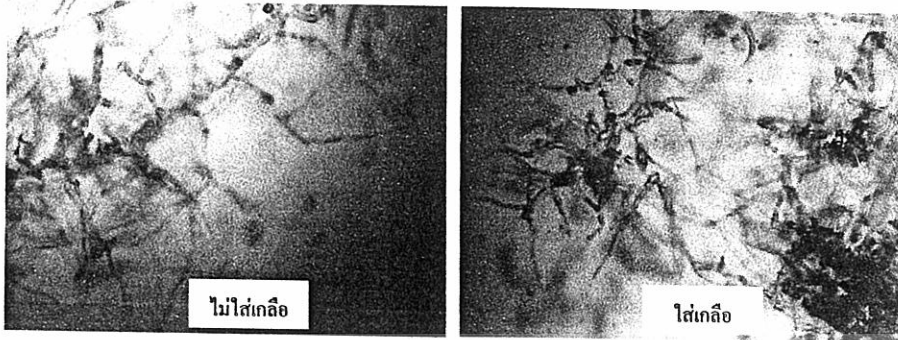
รูปที่ 4.7 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อรา *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดือย 12.5 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



รูปที่ 4.8 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อรา *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้ง ลูกเดือย 15 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่เวลาการหมัก 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.9 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ยเริ่มต้น 10 % ที่สถานะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



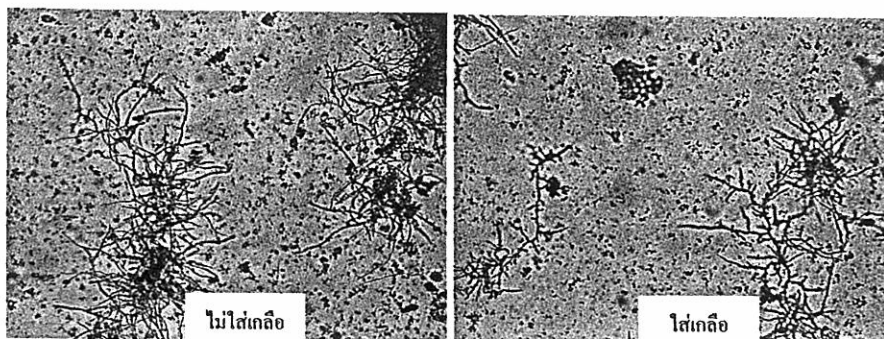
รูปที่ 4.10 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 12.5% ที่สถานะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



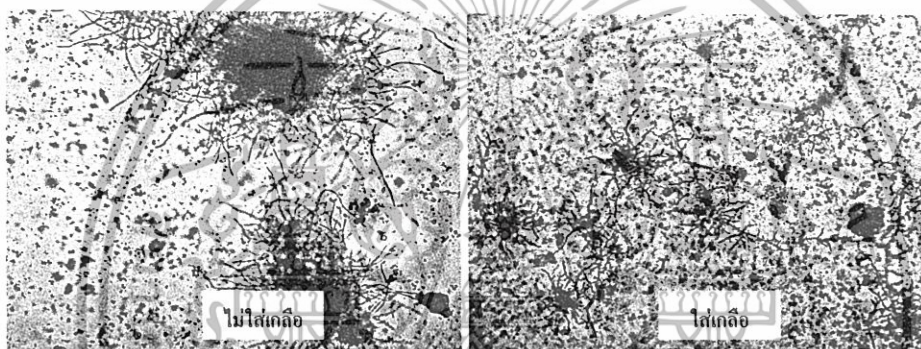
รูปที่ 4.11 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 15 % ที่สถานะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

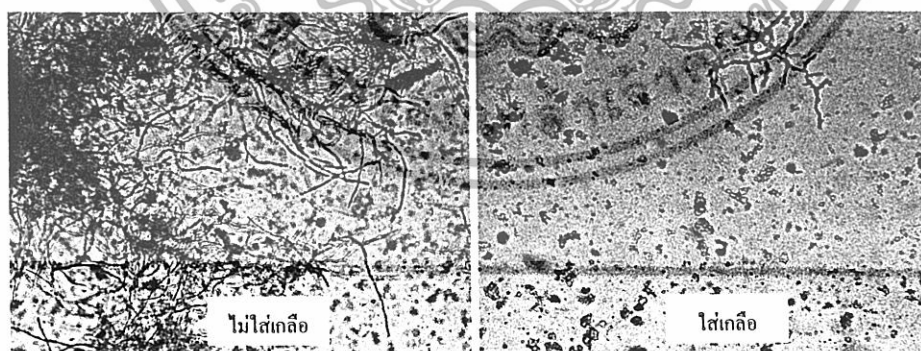
- ที่เวลาการหมัก 28 ชั่วโมง



รูปที่ 4.12 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 10 % ที่สภาวะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001%



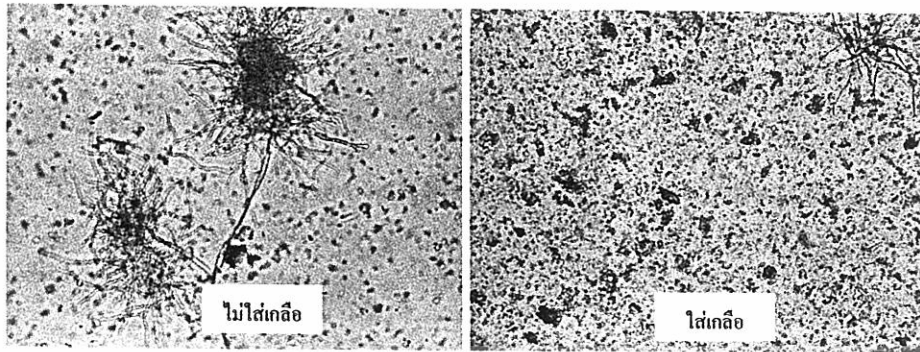
รูปที่ 4.13 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 12.5 % ที่สภาวะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001%



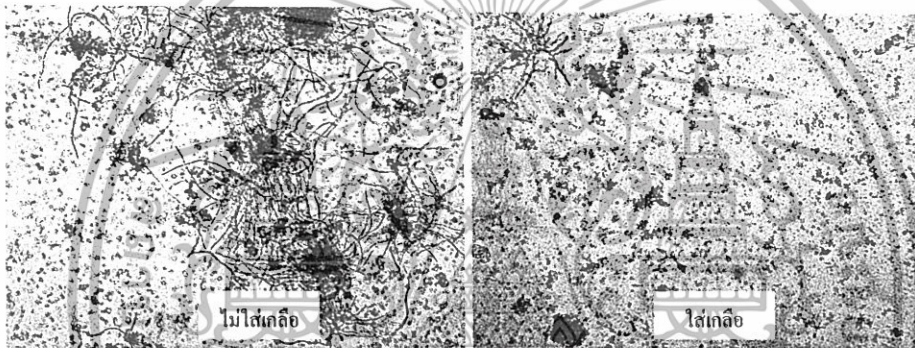
รูปที่ 4.14 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 15 % ที่สภาวะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

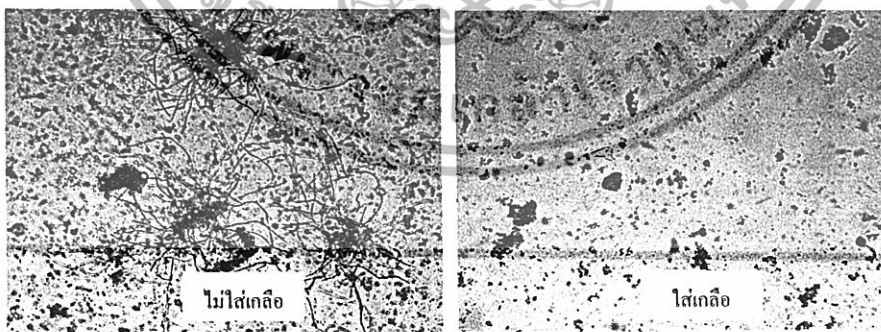
- ที่เวลาการหมัก 32 ชั่วโมง



รูปที่ 4.15 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 10 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



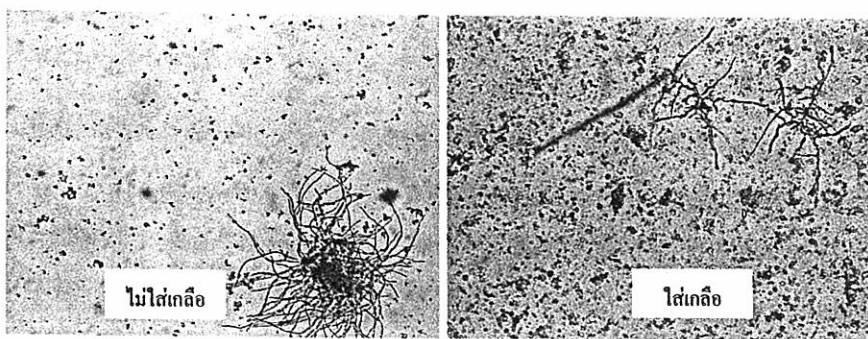
รูปที่ 4.16 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเดือย 12.5 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



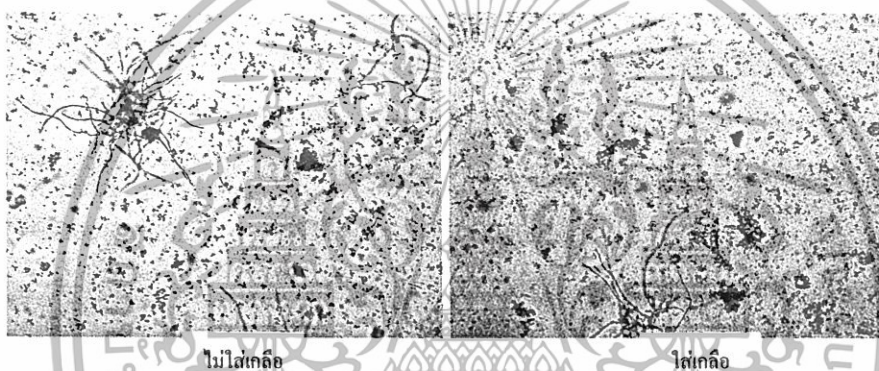
รูปที่ 4.17 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 15 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

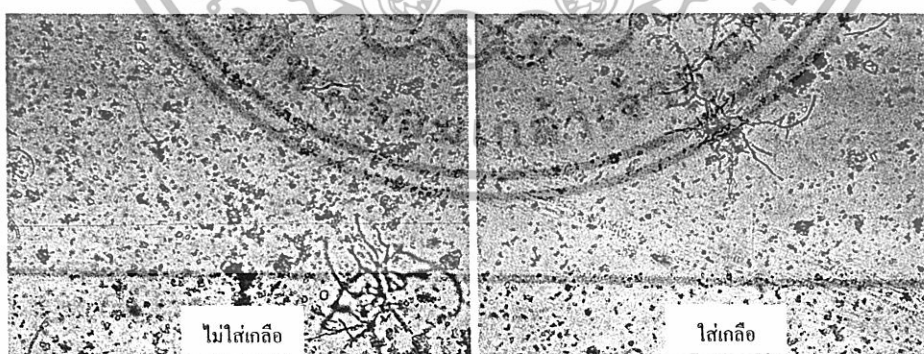
- ที่เวลาการหมัก 36 ชั่วโมง



รูปที่ 4.18 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 10 % ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



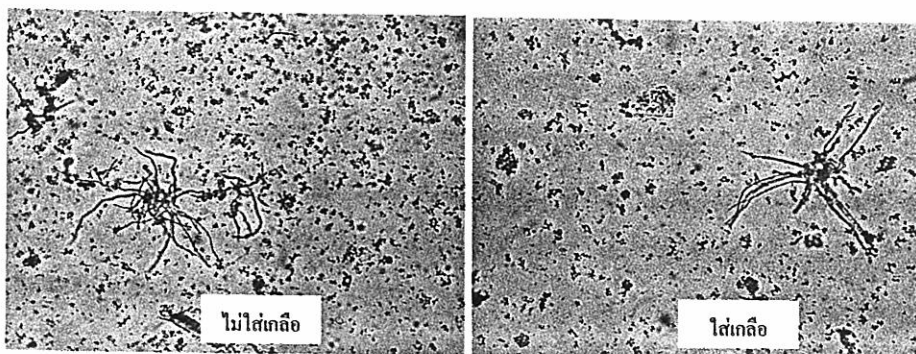
รูปที่ 4.19 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 12.5% ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%



รูปที่ 4.20 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย 15% ที่สภาวะเติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือ โซเดียมคลอไรด์ 0.001%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

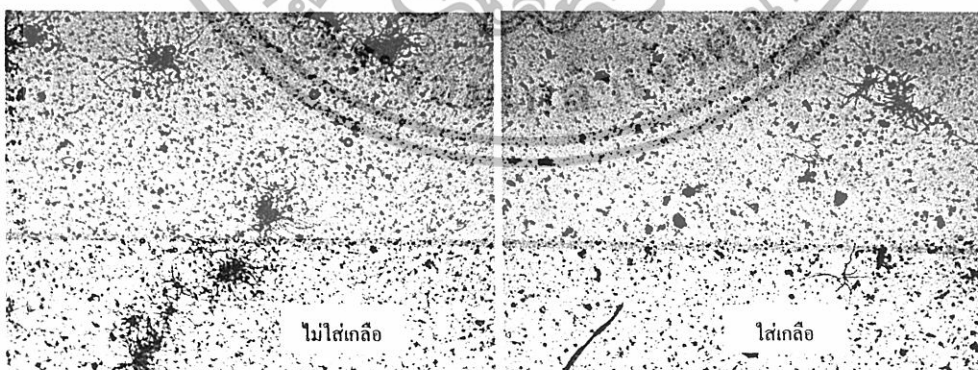
- ที่เวลาการหมัก 40 ชั่วโมง



รูปที่ 4.21 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดือย 10 % ที่สภาวะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001%



รูปที่ 4.22 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดือย 12.5% ที่สภาวะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001%



รูปที่ 4.23 ลักษณะของเส้นใยของเชื้อ *A. oryzae* ที่เจริญที่ pH เริ่มต้น 5.0 และความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดือย 15 % ที่สภาวะเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* ในสภาวะอาหารเหลวที่อุณหภูมิห้องคือ pH เริ่มต้นเท่ากับ 5 และที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 15 % ทำให้อัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อรา *A. oryzae* ได้สูงกว่าที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5%, 5.0% ,10% และ 12.5% ที่ระยะเวลาการหมัก 16 ชั่วโมง ขณะที่การเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001 % ในน้ำแป้งลูกเดี๋ยไม่มีผลต่ออัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยโดยเชื้อ *A. oryzae*

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีของลูกเดี๋ยหลังการย่อน้ำให้เป็นน้ำตาล เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการที่หลงเหลืออยู่
2. ควรทำการทดสอบย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยโดยใช้เอนไซม์ทางการค้าเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยโดยจุลินทรีย์
3. การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ยเริ่มต้นให้มากกว่า 15 % น่าจะทำให้เกิดความหนืดสูงขึ้น อาจส่งผลต่อการหมักน้ำแป้งลูกเดี๋ยโดยเชื้อรา *A. oryzae* ได้ไม่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2527. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย. กรมอนามัย, กรุงเทพฯ.
- เกสร กิติกุศลธรรม . 2545 . การผลิตกรดแลกติกด้วยการหมักแบบต่อเนื่องที่มีระบบหมุนเวียน เซลล์ . ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ, มยุรี หาญตระกูล, เกรียงศักดิ์ พูนสุข, โสภณ เรืองสำราญ, สมใจ เฟื่องปรีชา และ อมร เพชรสม. 2524. สมุนไพรอันดับที่ 02. โครงการศึกษาวิจัยสมุนไพร, กรุงเทพฯ. 224 น.
- คำริ แยมสนรัตน์. 2530. กลีกร 33 (6) : 495-501
- ทัศนีย์ พรกิจประสาน. 2530. ลูกเคี้ยว : คุณสมบัติบางประการและผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นิรนาม. 2528. วิจัยพบลูกเคี้ยวมีประโยชน์. หมอชาวบ้าน 7 (76) : น
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2538. จุลชีววิทยา เล่ม 2. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน
- พรรณนา วงศ์ไกรศรีทอง. 2526. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของแป้งลูกเคี้ยวและการใช้แป้งลูกเคี้ยวในการทำคุกกี้. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ราราวุฒิ ครุส่ง. 2528. การย่อยแป้งมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *Aspergillus* และ *Rhizopus* สายพันธุ์พื้นบ้าน. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาจุลชีววิทยา สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วีรศักดิ์ ธนาประชุม. 2527. ลูกเคี้ยว. สมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย 9 (21) : 58-68
- ศิริพร บวรเอนกสกุล. 2527. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกเคี้ยว. เทคนิควิจัยปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Aonymous. 1950. Preparation of methyl esters of long-chain fatty acid. J. Am. Oil Chemist's soc. 43 : 12A
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 16th ed. Virginia.
- Barker, S.A. and J.G. fleetwood. 1957. Studies on *Aspergillus niger* Part IX. The mechanism of glucoamylase action. J. Am. Chem. Soc. 35 : 4863-4871.
- Chaplin, M.F. and Kennedy, J.F. 1986. Carbohydrate Analysis a Practical Approach. IRL Press Limited, Washington, England.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Corman, I. and A.F. Langlykke. 1948. Action of mold enzymes in starch saccharification. *Cereal Chem.* 25:191-201.
- Feniksova, R.V. 1957. Physiology and nutritional of *A. ryzae* in relation to the fermentation of active amylase by this fungus. *Proc. Int. sym. Enzyme chem.* 2: 248-485
- Gandhi, A.P., F.K. Barat and N.B. Das. 1947. Studies on the production of fungal amylase. *Mycopathologia et. Mycologia Applicata.* 52(3-4) : 307-311.
- Hockenhull, D.J.D. 1967. Recent development in the production and industrial application of amylolytic enzyme derived from filamentous fungi. *Prog. In. Ind. Microbiol.* 63 : 97-136
- Kunda, A.K., S. Das and T.K. Gupta. 1973. Influence of culture and nutritional conditions on the production of amylase by the submerged culture of *Aspergillus oryzae* J. *Ferment. Technol.* 51: 142-150
- Le Mense, E.H., J. Corman, J.M. Van Laman and A.P. Langlykke. 1947. Production of mold amylase in submerged culture. *J. Bacteriol.* 54:144-159.
- Lineback, D.R. and W.E. Baumann. 1970. Properties of a glucoamylase from *Aspergillus phoenicis*. *Carbohydr. Res.* 14:341-353
- Matz, S.A. 1959. *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed.* The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. 732 p.
- Pool, E.L. and L.A. Underkofler. 1953. Saccharifying power of *A. niger* NRRL 337. *Pro. In Ind. Microbiol.* 1:118-112
- Reed, G. 1975. *Enzyme in food processing.* 2d ed., Academic Press, New York. 250 p.
- Saha, B.C., T. Mitsue, S. Ueda and Fukuoha. 1979. Glucoamylase product by submerged culture of *Aspergillus oryzae*. *Starch/starke.* 31: 307 – 314 .
- Sandstedt, R.M., F. Kneen and M.J. Blish. 1939. A standardized Wohlgemuth procedure for alpha-amylase activity. *Cereal chem.* 16 : 712-723
- Sriroth, K. 1976. A comparative study on saccharification methods and alcohol production from starches. Los Banos : M.S. Thesis, University of the Philippinnes.
- Sukhumavasi, J. 1973. Screening of locally produced mold brans for amylase producing fungi. A special problem for Microbiology 704. Faculty of Pharmacy, Chulalongkorn University, Bangkok. 54 p.
- Takahashi, T., Y. Tsuchida and M. Irie. 1978. Purification and some properties of three forms of glucoamylase from a *Rhizopus* species. *J. Biochem.* 84:1183-1194.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tsuboi, A., Y. Yamasaki and V. Suzuki. 1974. Two forms of glucoamylase from *Mucor rouxianus*. *Angri. Biol. Chem.* 38:543.
- Underkofler, L. A. 1954. *Fungal Amylolytic Enzyme*. Ind. Ferment. Academic Press., New York. 284 p.
- Wang, H.L. and Hesseltine, C.W. 1965. studies on the Extracelular Proteolytic enzymes of *Rhizopus oligosporus*. 11: 727-732
- Wiseman, A. 1978. *Handbooks of Enzyme Biotechnology*. John Willey and Sons, London, 1020 p.
- Yoshino, E. and S. Hayashida. 1978. nzymatic modification of glucoamylase of *Aspergillus awamori* var. kawachi *J.ferment. Technol.* 50(4): 289-295
- “เค็ย (Pcarl barlcy ADlay Ma Yucn)”. 2004 {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก : http://www.doa.go.th/p1_data/02_LOCAL/oard3/duay/body.html
- “ลูกเค็ย (Job’s tears)”. 2004 {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก : <http://www.prohosting.com/biotik/news6.html#n61.html>
- “ลูกเค็ย รัชยพชเพื่อสุขภาพ”. 2004 {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaivegetarian.com/document/seed.htm>
- “ลูกเค็ย รสชุ่มจืด เย็น บำรุงม้าม ปอด แก่ทองเสี่ย เหน็บชา”. 2002 {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก : http://www.kalathai.com/abstract/view_news.php?article_id=139.
- “เป็ดมกรรมสินค้าเกษตรปี 44 ตลอดปี ราคาตกต่ำผลผลิตทะลัก”. 2001 {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก : <http://thaibreeder.tripod.com/agrnews-1.htm>
- “สปอร์เชื้อรา *Aspergillu oryzae*”. 2006 {ออนไลน์}. เข้าถึงได้จาก : http://www.utokyo.ac.jp/stu03/guidance/H17_html/html/img/13nougaku/im00001.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความชื้น วิเคราะห์ตาม AOAC.1995

วิธีการ

1. นำ Aluminium can ออบที่ 100 °C 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่โถดูดความชื้น (desiccator) ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3.0000-5.0000 g
3. นำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 130 °C 2 ชั่วโมงโดยเปิดฝา Aluminium can
4. เมื่อครบเวลา ปิดฝา นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก อบซ้ำอีกครั้งๆ ละ 1/2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้ง ต้องแตกต่างกัน ไม่เกิน 0.003-0.005 g
5. เก็บตัวอย่างไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

$$\text{การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักเส้น}} \times 100$$

2. เถ้า วิเคราะห์ตาม AOAC.1995

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักละเอียด บันทึก
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3.0000-5.0000 g
3. เผาตัวอย่างบน hot plate (ทำให้สุกคั่ววัน) จนหมดควัน
4. นำไปเผาที่ 600 °C 3-4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา
5. คีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น แล้วน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา
6. การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{b - a}{w} \times 100$$

$$b = \text{น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา}$$

$$a = \text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง}$$

$$w = \text{น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรตีน วิเคราะห์ตาม AOAC.1995

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริก 2%
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.001 N
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32%
5. Catalyst (1:8 ของ $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์

เตรียม 0.1% Bromocresol green ใน alcohol 95%

เตรียม 0.1% Metthyl red ใน alcohol 95%

นำ 1% Bromocresol green จำนวน 10 ml ผสมกับ 1% Metthyl red จำนวน 1 ml

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1-5 g (ขึ้นอยู่กับปริมาณ โปรตีนของตัวอย่างถ้าปริมาณโปรตีนน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) เติม catalyst 7-10 g กรดซัลฟูริกเข้มข้น 15-25 ml ใส่ลูกแก้ว boiling chip 2-3 ลูก ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน (ปริมาณ catalyst และกรดซัลฟูริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องย่อยที่ใช้)
2. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้าเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ปล่อยให้เย็นเครื่องดูดควันจนหมดทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 % กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ใช้กรดบอริกเข้มข้น 2% เป็นตัวจับแอมโมเนีย ตวงกรดบอริก 2% ปริมาณ 60 ml ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 ml หยด mixed indicator 2-3 หยดจะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ
4. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times N \text{ HCl} \times 14}{\text{Wt.sample} \times 1000} \times 1000$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไขมัน วิเคราะห์ตาม AOAC.1995

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40 – 60 °C

วิธีการ

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 °C 1 ชั่วโมง บนที่กน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 5.000-10.000 g บนที่กน้ำหนักที่แน่นอนห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล (extraction thimble) ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 140-180 ml ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดน้ำมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 150 °C เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก ทำให้เย็นที่อุณหภูมิความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์

2. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักของบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 1000$$

5. สารเยื่อใย (crude fiber) วิเคราะห์ตาม AOAC.1995

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H₂SO₄) เข้มข้น 0.255 N : ปิเปตกรดซัลฟูริก 98.1 % จำนวน 6.93 ml หรือปิเปตกรดซัลฟูริก 96% จำนวน 7.09 ml ลงในขวดปรับปริมาตร 1 ลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N : เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 g ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

3. แอลกอฮอล์ 95%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.5 g (น้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในบีกเกอร์สำหรับย่อย เติมกรดซัลฟูริก 0.255 N จำนวน 200 ml นำไปเข้าเครื่องย่อยต้มให้เดือดนาน 30 นาที กรองด้วยผ้ากรองล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนหลายๆ ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำกากที่ล้างแล้วมาชูดใส่บีกเกอร์ย่อย เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N ลงไป 200 ml ต้มให้เดือดนาน 30 นาที กรองด้วยผ้ากรองกากล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนหลายๆครั้ง แล้งล้างด้วย แอลกอฮอล์ 95% 10 ml

3. ชูดกากจากผ้ากรองใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง นำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 °C นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

4. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 °C นานประมาณ 30 นาที แล้วนำออกมาใส่ โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

5. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารเชื้อใย

$$\text{เปอร์เซ็นต์สารเชื้อใย} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 1000$$

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักด้วยกระเบื้องและกากหลังอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักด้วยกระเบื้องและเถ้าหลังจากเผา(กรัม)

6. การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

ร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 - (ร้อยละปริมาณความชื้น + ร้อยละปริมาณโปรตีน + ร้อยละปริมาณไขมัน + ร้อยละปริมาณเชื้อใย + ร้อยละปริมาณเถ้า)

7.การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยวิธี DNS (Chaplin and Kennedy,1986)

สารเคมี

การเตรียม Dinitrosalicylic reagent (DNS reagent) : ละลาย 3,5- dinitrosalicylic acid 1 g. ใน 2 N NaOH 20 g เติมน้ำกลั่น 50 ml คนให้ละลาย จากนั้นเติม potassium sodium tartrate 30 g คนให้ละลายปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

วิธีการ

1. ปิเปตตัวอย่าง (เจือจางให้มีความเข้มข้นเหมาะสม) 1 ml ผสมกับ DNS reagent 1 ml ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว
2. นำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วนำมาแช่ลงในน้ำเย็นทันที
3. นำมาผสมน้ำกลั่น 10 ml แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณน้ำตาล

จากสมการกราฟมาตรฐานกดูโคส ; $y = ax$

y = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

x = ปริมาณน้ำตาล

นำค่า x ที่คำนวณได้ มาคูณกับระดับการเจือจาง

หมายเหตุ : ใช้กราฟมาตรฐานรูปที่ 1 ภาคผนวก ก

5. การคำนวณอัตราการหมัก

อัตราการหมัก = $\frac{\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล}}{\text{เวลาการหมัก}}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติของ pH เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5 % (w/v) (จากข้อมูลตารางที่ 15 ภาคผนวก ก)

ANOVA

อัตราความผิดพลาด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.083E-02	3	1.028E-02	3.985	.107
Within Groups	1.032E-02	4	2.579E-03		
Total	4.115E-02	7			

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติของ pH เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 5 % (w/v) (จากข้อมูลตารางที่ 15 ภาคผนวก ก)

ANOVA

อัตราความผิดพลาด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.143	3	4.767E-02	69.658	.001
Within Groups	2.738E-03	4	6.844E-04		
Total	.146	7			

อัตราความผิดพลาด

		N	Subset for alpha = .05		
	PH		1	2	3
Duncan	4.0	2	1.40950		
	3.5	2		1.51400	
	4.5	2			1.71050
	5.0	2			1.72650
	Sig.		1.000	1.000	.574

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... Sig. ไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น... 1.000 1.000 574 ใช้ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ทางสถิติของ pH เริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10 % (w/v) (จากข้อมูลตารางที่ 15 ภาคผนวก ค)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.843	3	.281	4.236	.098
Within Groups	.265	4	.066		
Total	1.108	7			

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่ความเข้มข้น 2.5%, 5%, 10%, 12.5% และ 15% ที่เหมาะสมต่อการย่อยน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาลโดยเชื้อ *A. oryzae* (จากข้อมูลตารางที่ 16 ภาคผนวก ค)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34.124	4	8.531	456.786	.000
Within Groups	9.338E-02	5	1.868E-02		
Total	34.217	9			

อัตราการหมักสูงสุด

		N	Subset for alpha = .05				
	เข้มข้น		1	2	3	4	5
Duncan	2.5	2	.73700				
	5	2		1.72650			
	10	2			3.13350		
	12.5	2				5.06500	
	15	2					5.51250
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่ออัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10 % (w/v) (จากข้อมูลตารางที่ 17 ภาคผนวก ก)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.374	1	1.374	34.700	.028
Within Groups	7.917E-02	2	3.958E-02		
Total	1.453	3			

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่ออัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 12.5 % (w/v) (จากข้อมูลตารางที่ 17 ภาคผนวก ก)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.600E-03	1	3.600E-03	.106	.776
Within Groups	6.807E-02	2	3.404E-02		
Total	7.167E-02	3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่ออัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 15 % (w/v)(จากข้อมูลตารางที่ 17 ภาคผนวก ก)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.891E-02	1	1.891E-02	6.382	.127
Within Groups	5.925E-03	2	2.962E-03		
Total	2.483E-02	3			

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลของการไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่ออัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดือยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือย 10%(w/v) 12%(w/v) และ 15 % (w/v)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.789	2	2.894	95.752	.002
Within Groups	9.068E-02	3	3.023E-02		
Total	5.879	5			

อัตราการหมักสูงสุด

	N	Subset for alpha = .05
เข้มข้น	1	2
Duncan	10	3.24150
	12.5	5.06500
	15	5.51250
Sig.		1.000 .082

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่ออัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยให้เป็นน้ำตาล โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10%(w/v) 12%(w/v) และ 15 % (w/v) (จากข้อมูลตารางที่ 17 ภาคผนวก ก)

ANOVA

อัตราการหมักสูงสุด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.530	2	.765	36.725	.008
Within Groups	6.249E-02	3	2.083E-02		
Total	1.592	5			

อัตราการหมักสูงสุด

		N	Subset for alpha =		
	เข้มข้น		.05	1	2 3
Duncan	10	2	4.41350		
	12.5	2		5.00500	
	15	2			5.65000
	Sig.		1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาความชื้นของแป้งลูกเดือย

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแป้งลูกเดือย

ครั้งที่	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักกระป๋องอะลูมิเนียม (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น
1	3.1166	19.7348	16.7451	12.69
2	3.2591	19.8678	16.7597	15.13
3	2.9884	19.1755	16.3198	13.27
ค่าเฉลี่ย				13.7 ± 1.55

สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น = $\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$

$$\text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของแป้งลูกเดือยครั้งที่ 1} = \frac{3.1166 - 2.9897}{3.1166} \times 100 = 12.69\%$$

2. การหาเถ้าของแป้งลูกเดือย

ตารางที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์เถ้าของแป้งลูกเดือย

ครั้งที่	น้ำหนักหลังเผา (กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์เถ้า
1	26.7554	26.6878	3.6494	1.85
2	23.6088	23.5377	3.8079	1.87
3	30.1209	30.0469	3.8559	1.91
ค่าเฉลี่ย				1.88 ± 0.03

สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้า = $\frac{\text{น้ำหนักหลังเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

$$\text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์เถ้าของแป้งลูกเดือยครั้งที่ 1} = \frac{26.7554 - 26.6878}{3.6494} \times 100 = 1.85\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหาโปรตีนของแป้งลูกเดี๋ย

ตารางที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์โปรตีนของแป้งลูกเดี๋ย

ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาณไฮโดร คลอริก (ml.)	เปอร์เซ็นต์โปรตีน
1	0.5027	7.4	12.3581
2	0.5001	6.8	11.3681
3	0.5003	6.8	11.3681
ค่าเฉลี่ย			11.67 ± 0.57

$$\text{สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times \text{NHCL} \times 14 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 1,000}$$

$$\text{สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของแป้งลูกเดี๋ยครั้งที่ 1} &= \frac{(7.4 - 0.3) \times 0.1 \times 14 \times 100}{0.5027 \times 1,000} \\ &= 1.9773 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนของแป้งลูกเดี๋ยครั้งที่ 1} &= 1.9773 \times 6.25 \\ &= 12.3581 \% \end{aligned}$$

4. การหาไขมันของแป้งลูกเดี๋ย

ตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์ไขมันของแป้งลูกเดี๋ย

ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักบีกเกอร์ ก่อนสกัด (กรัม)	น้ำหนักบีกเกอร์ หลังสกัด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ไขมัน
1	2.9879	146.7635	146.8428	2.6524
2	3.1078	140.2158	140.3282	3.6167
3	2.8557	145.7292	145.8483	4.1706
ค่าเฉลี่ย				3.48 ± 0.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์ไขมันของแป้งลูกเดี๋ยครั้งที่ 1} &= \frac{146.8428 - 146.7635}{2.9897} \times 100 \\ &= 2.6524 \% \end{aligned}$$

5. การหาเชื้อไขของแป้งลูกเดี๋ย

ตารางที่ 12 แสดงเปอร์เซ็นต์เชื้อไขของแป้งลูกเดี๋ย

ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังอบแห้ง (กรัม)	น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา (กรัม)	เปอร์เซ็นต์เชื้อไข
1	2.5088	30.7995	30.6312	6.7083
2	2.5157	24.871	24.1426	5.7439
3	2.5376	27.4842	27.3004	7.2430
ค่าเฉลี่ย				6.57 ± 0.68

$$\text{สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์เชื้อไข} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยหลังอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ้วยหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า เปอร์เซ็นต์เชื้อไขของแป้งลูกเดี๋ยครั้งที่ 1} &= \frac{30.7995 - 30.6312}{2.5088} \times 100 \\ &= 6.7083 \% \end{aligned}$$

6. การหาคาร์โบไฮเดรตของแป้งลูกเดี๋ย

ตารางที่ 13 แสดงเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตของแป้งลูกเดี๋ย

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งลูกเดี๋ย	ผลการวิเคราะห์เฉลี่ย (%)
ความชื้น	13.7
เถ้า	1.88
โปรตีน	11.67
ไขมัน	3.48
เชื้อไข	6.57
คาร์โบไฮเดรต	62.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

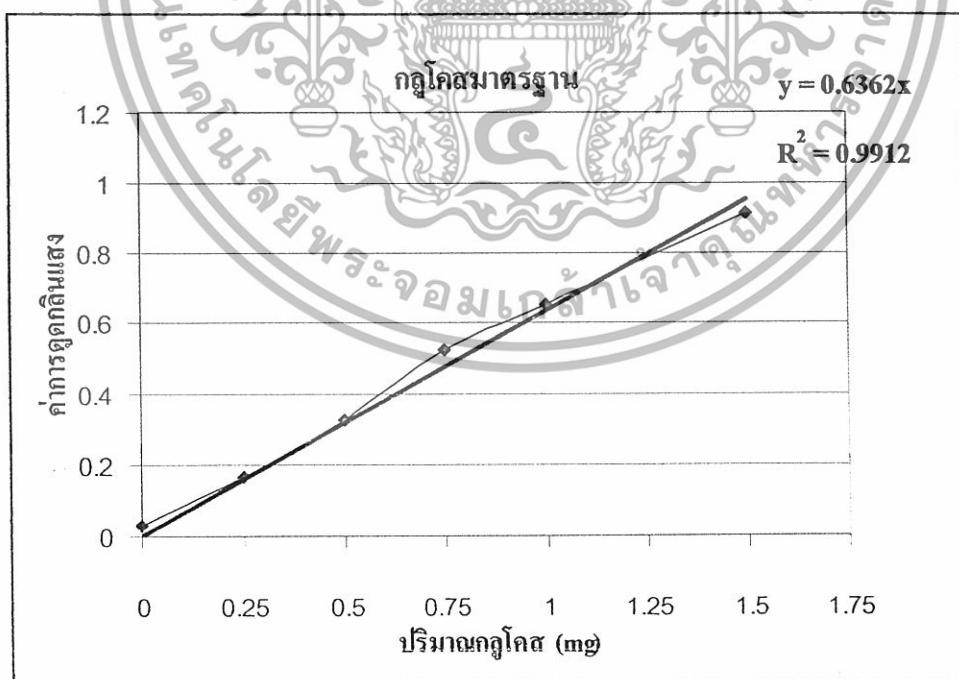
สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = $100 - \text{ผลรวมของค่าเฉลี่ยองค์ประกอบอื่นๆ}$

แทนค่า เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = $100 - 37.3$
= 62.7

7. การหาปริมาณน้ำตาลด้วยวิธี DNS (Chaplin และ Kennedy,1986)

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณกลูโคสมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง ครั้งที่ 1

หลอดที่	ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
Blank	0	0.031	0.031	0.031	0.031
1	0.25	0.168	0.166	0.167	0.167
2	0.5	0.328	0.323	0.325	0.325
3	0.75	-	0.511	0.531	0.521
4	1.0	0.651	0.653	0.658	0.654
5	1.5	0.914	0.922	0.916	0.917



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การหาอัตราการหมักสูงสุด

การหาอัตราการหมักสูงสุด โดยการหาอัตราการหมักแต่ละช่วงเวลาที่มียุทธศาสตร์ค่าสูงสุด

ตัวอย่างการคำนวณ ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 10% ที่ pH เริ่มต้น 5.0

อัตราการหมัก = $\frac{\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล}}$

$\frac{\text{เวลาการหมัก}}$

$$\text{อัตราการหมักสูงสุดครั้งที่ 1} = \frac{48.613}{16} = 3.038$$

$$\text{อัตราการหมักสูงสุดครั้งที่ 2} = \frac{55.042}{16} = 3.440$$

$$\text{อัตราการหมักสูงสุดเฉลี่ย} = \frac{3.038 + 3.440}{2} = 3.239$$

ตารางที่ 15 แสดงค่าอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ย โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ pH เริ่มต้น 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5% 5% และ 10% (w/v)

pH เริ่มต้น	อัตราการหมักสูงสุดของความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)								
	2.5% (w/v)			5% (w/v)			10% (w/v)		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
3.5	0.659	0.69	0.675	1.54	1.488	1.514	2.943	3.017	2.98
4.0	0.722	0.761	0.742	1.391	1.428	1.41	2.994	2.948	2.971
4.5	0.652	0.524	0.588	1.695	1.726	1.711	3.356	3.448	3.402
5.0	0.758	0.716	0.737	1.737	1.716	1.727	3.038	3.440	3.239

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่าอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ย โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ pH เริ่มต้น 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5% 5% 10% 12.5% และ 15%(w/v)

ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ลูกเดี๋ย (%)(w/v)	อัตราการหมักสูงสุด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรต่อชั่วโมง)		
	1	2	เฉลี่ย
2.5	0.758	0.716	0.737
5.0	1.737	1.716	1.727
10.0	2.933	3.334	3.134
12.5	4.991	5.139	5.065
15.0	5.534	5.491	5.513

ตารางที่ 17 แสดงค่าอัตราการหมักสูงสุดของน้ำแป้งลูกเดี๋ยที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.001% และไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์โดยเชื้อ *A. oryzae* ที่ pH เริ่มต้น 5.0 ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดี๋ย 2.5% 5% 10% 12.5% และ 15%(w/v)

ความเข้มข้นของน้ำ แป้งลูกเดี๋ย (%)(w/v)	เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์			ไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
10	4.400	4.427	4.414	3.043	3.440	3.242
12.5	4.836	5.174	5.005	4.991	5.139	5.065
15	5.600	5.700	5.650	5.534	5.491	5.513

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งถูกเคี้ยวโดยเชื้อรา *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2.5 % และ 5% ด้วยวิธี DNS

ความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm																							
	4 ชั่วโมง		8 ชั่วโมง		12 ชั่วโมง		16 ชั่วโมง		20 ชั่วโมง		24 ชั่วโมง		28 ชั่วโมง		32 ชั่วโมง									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2								
2.5%	0.174	0.188	0.181	0.139	0.129	0.472	0.488	0.48	0.645	0.647	0.419	0.439	0.429	0.283	0.307	0.295	0.319	0.337	0.328	0.27	0.256	0.263		
	0.154	0.174	0.164	0.216	0.212	0.551	0.581	0.566	0.598	0.614	0.606	0.386	0.406	0.396	0.251	0.231	0.241	0.361	0.375	0.368	0.24	0.254	0.247	
	0.149	0.163	0.156	0.207	0.201	0.498	0.4	0.489	0.61	0.608	0.609	0.365	0.369	0.367	0.286	0.272	0.279	0.299	0.301	0.3	0.238	0.25	0.244	
	0.143	0.189	0.166	0.207	0.203	0.579	0.547	0.596	0.788	0.784	0.786	0.482	0.474	0.463	0.283	0.285	0.284	0.127	0.133	0.13*	0.224	0.218	0.221	
	0.531	0.547	0.539	0.211	0.199	0.588	0.568	0.563	0.567	0.585	0.576	0.771	0.785	0.778	0.231	0.245	0.238	0.254	0.238	0.264	0.204	0.224	0.214	
5%	0.539	0.559	0.549	0.187	0.183	0.531	0.545	0.538	0.668	0.672	0.67	0.689	0.699	0.694	0.321	0.303	0.312	0.27	0.282	0.276	0.229	0.233	0.231	
	0.554	0.574	0.564	0.227	0.22	0.647	0.659	0.653	0.686	0.696	0.691	0.753	0.767	0.76	0.333	0.337	0.355	0.319	0.337	0.328	0.259	0.279	0.269	
	0.567	0.585	0.576	0.234	0.242	0.663	0.655	0.659	0.57	0.588	0.579	0.755	0.767	0.761	0.738	0.746	0.742**	0.352	0.366	0.359	0.301	0.285	0.293	

หมายเหตุ : ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ยังไม่ได้ลบ Blank ซึ่งเท่ากับ 0.031 และใช้กราฟกฎโบลต์ซมานครั้งที่ 1

1. ความเข้มข้นของน้ำแป้งถูกเคี้ยวเริ่มต้น 2.5 % ชั่วโมงที่ 8 เจือจาง 3 เท่า
 ชั่วโมงที่ 12 เจือจาง 10 เท่า
 ชั่วโมงที่ 16 เจือจาง 10 เท่า
 ชั่วโมงที่ 20 เจือจาง 20 เท่า
 ชั่วโมงที่ 24, 28, 32 เจือจาง 25 เท่า * เจือจาง 50 เท่า
2. ความเข้มข้นของแป้งถูกเคี้ยวเริ่มต้น 5% ชั่วโมงที่ 8 เจือจาง 3 เท่า
 ชั่วโมงที่ 12, 16, 20 เจือจาง 20 เท่า
 ชั่วโมงที่ 24, 28, 32 เจือจาง 50 เท่า

ตารางที่ 19 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งถูกเชื้อรา *A. oryzae* ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10%, 12.5% และ 15% โดยการเติมเกลือ NaCl 0.001% ด้วยวิธี DNS

		ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm																							
		8 ชั่วโมง		16 ชั่วโมง		24 ชั่วโมง		28 ชั่วโมง		32 ชั่วโมง		36 ชั่วโมง		40 ชั่วโมง											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ความเข้มข้น																									
10%	ไม่มีใส่เกลือ	0.38	0.427	0.404	0.431	0.488	0.46	0.338	0.431	0.385	0.331	0.315	0.313	0.315	0.31	0.326	0.272	0.299	0.299	0.299	0.299	0.279	0.289		
10%	ใส่เกลือ	0.404	0.418	0.411	0.624	0.628	0.626	0.287	0.316	0.302	0.324	0.286	0.31	0.323	0.333	0.253	0.306	0.28	0.263	0.263	0.308	0.308	0.285		
12.50%	ไม่มีใส่เกลือ	0.538	0.611	0.575	0.708	0.729	0.719	0.445	0.465	0.455	0.362	0.375	0.372	0.349	0.395	0.379	0.374	0.376	0.365	0.365	0.361	0.361	0.363		
12.50%	ใส่เกลือ	0.545	0.567	0.556	0.686	0.734	0.71	0.396	0.401	0.399	0.324	0.316	0.345	0.336	0.354	0.319	0.366	0.343	0.348	0.348	0.345	0.345	0.346		
15%	ไม่มีใส่เกลือ	0.573	0.575	0.574	0.785	0.779	0.782	0.495	0.52	0.507	0.473	0.495	0.458	0.481	0.434	0.456	0.449	0.452	0.412	0.412	0.422	0.417			
15%	ใส่เกลือ	0.592	0.542	0.567	0.795	0.809	0.802	0.461	0.428	0.445	0.393	0.392	0.424	0.419	0.429	0.359	0.327	0.343	0.272	0.272	0.303	0.286			

หมายเหตุ : ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ยังไม่ได้ลบ Blank ซึ่งเท่ากับ 0.015 และใช้กราฟกฎโคมมาตรฐานครั้งที่ 2 ความเข้มข้นของน้ำแป้งถูกเชื้อราเริ่มต้น 10%, 12.5%, 15% ชั่วโมงที่ 8 เจือจาง 4 เท่า, ชั่วโมงที่ 16 เจือจาง 50 เท่า, ชั่วโมงที่ 24, 28, 32, 36, 40 เจือจาง 80 เท่า

การคำนวณความเข้มข้นของน้ำตาล

จากกราฟกลูโคสมาตรฐาน ได้สมการเส้นตรง คือ $y = 0.4433x$

โดย y คือการดูดกลืนแสง และ x คือ ปริมาณกลูโคส

แทนค่า การดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 10% ไม่ใส่เกลือ ชั่วโมงที่ 8

$$\text{เมื่อ } y = 0.389 \text{ จะได้ } x = 0.389 / 0.4433$$

$$= 0.8775$$

ทำการเจือจาง 4 เท่า ดังนั้นมีความเข้มข้นน้ำตาล คือ $0.8775 \times 4 = 3.510 \text{ mg/ml}$

ตารางที่ 20 แสดงความเข้มข้นของน้ำตาลที่ความเข้มข้นของน้ำเป็งลูกเค็ยเริ่มต้น 2.5%, 5 % ที่ pH ต่างๆ

ความเข้มข้น	pH	ความเข้มข้นของน้ำตาล(mg/ml)							
		4 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	16 ชั่วโมง	20 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	28 ชั่วโมง	32 ชั่วโมง
2.50%	3.5	0.285	0.608	7.544	10.17	13.486	11.592	12.889	10.334
	4	0.258	1	8.897	9.525	12.449	9.47	14.461	9.06
	4.5	0.245	0.948	7.768	9.572	11.537	10.961	11.789	9.588
	5	0.261	0.957	9.368	12.355	14.555	11.16	10.217	8.684
5%	3.5	0.847	0.967	17.7	18.108	24.456	18.705	20.748	16.819
	4	0.863	0.863	16.913	21.063	21.817	24.521	21.691	18.155
	4.5	0.887	1.037	20.528	21.723	23.892	26.329	25.778	21.141
	5	0.905	1.141	20.717	18.202	23.923	23.326	28.214	23.027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 แสดงความเข้มข้นของน้ำตาลที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งลูกเดือยเริ่มต้น 10%, 12.5 % และ 15% ที่ โดยการเติมเกลือ NaCl 0.001% และไม่เติมเกลือ NaCl 0.001%

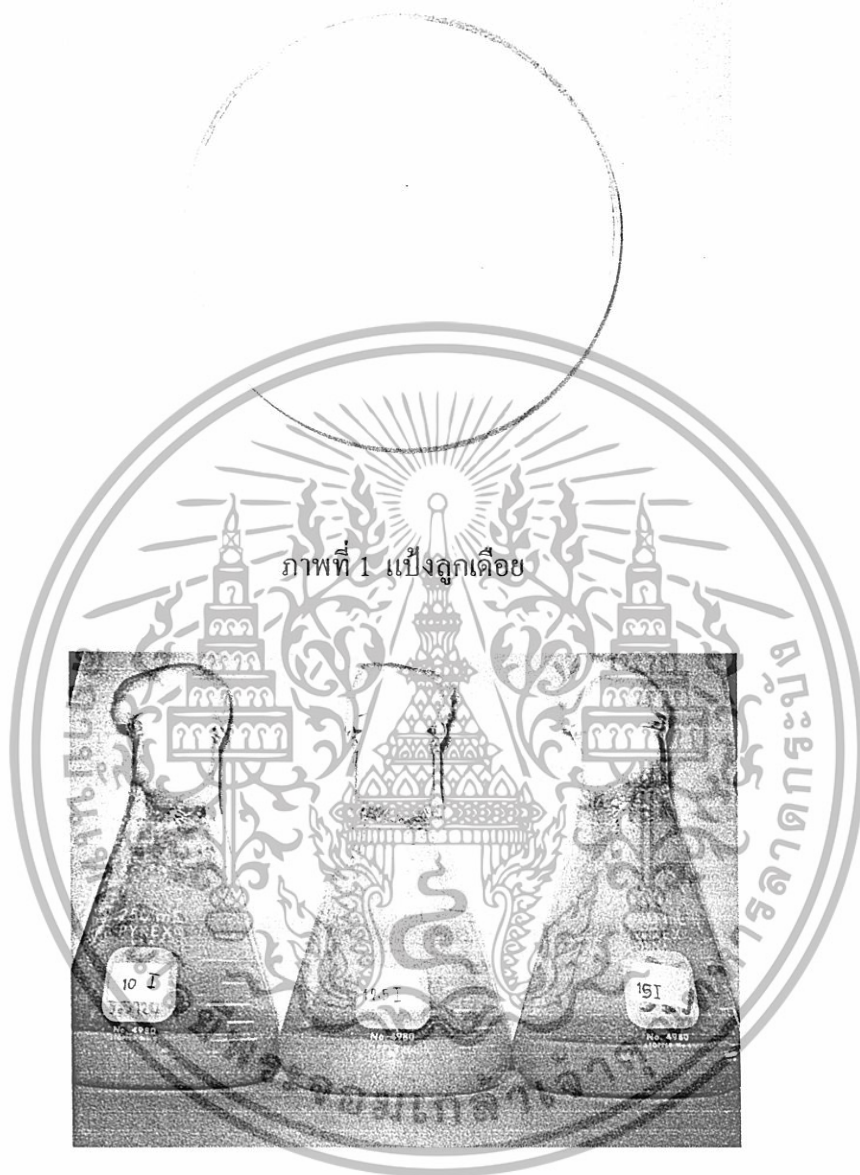
ความเข้มข้น	ความเข้มข้นของน้ำตาล(mg/ml)						
	8 ชั่วโมง	16 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	28 ชั่วโมง	32 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	40 ชั่วโมง
10% ไม่ใส่เกลือ	3.51	50.192	66.772	54.139	53.778	51.252	49.447
10% ใส่เกลือ	3.573	68.915	51.793	55.583	53.237	47.823	48.725
12.50% ไม่ใส่เกลือ	5.053	79.404	77.6	64.967	64.426	65.148	62.2808
12.50% ใส่เกลือ	4.845	78.389	69.3	54.32	59.553	59.192	59.734
15% ไม่ใส่เกลือ	5.044	86.51	88.789	86.623	79.946	78.863	72.547
15% ใส่เกลือ	4.981	88.766	77.6	68.035	73.81	59.192	48.906

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของแป้งลูกเดือย และน้ำแป้งลูกเดือย

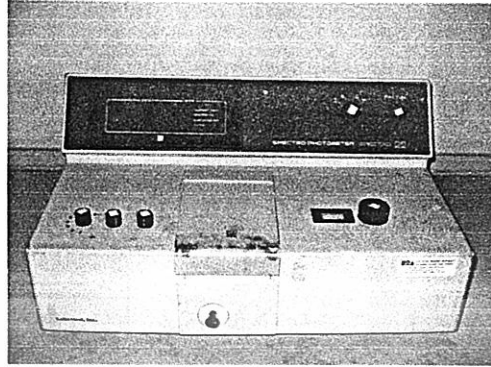


ภาพที่ 1 แป้งลูกเดือย

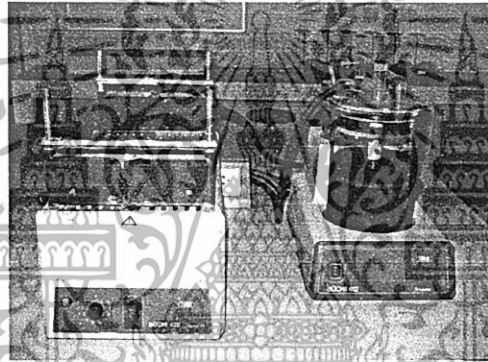
ภาพที่ 2 น้ำแป้งลูกเดือย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

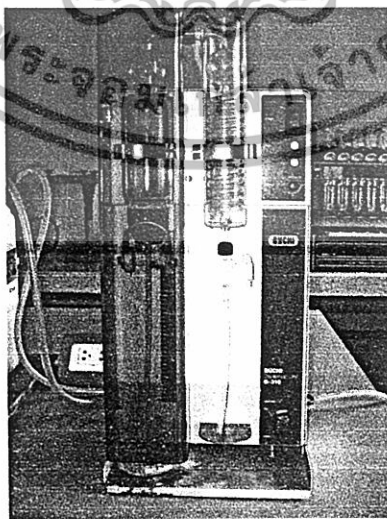
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

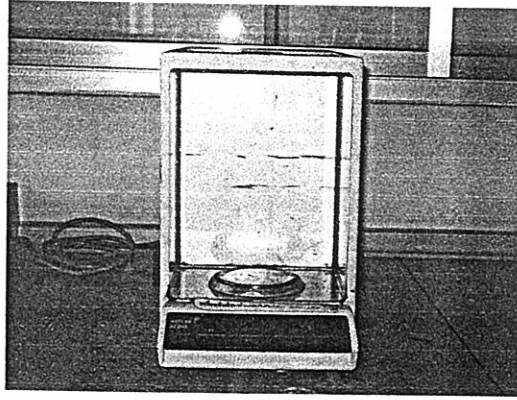


ภาพที่ 4 เครื่องย่อยโปรตีน ยี่ห้อ Bruchi

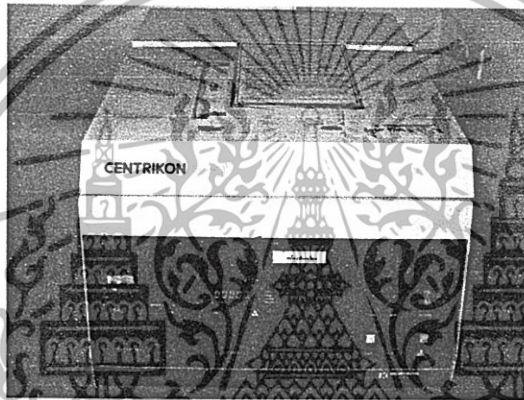


ภาพที่ 5 เครื่องกลั่นโปรตีน ยี่ห้อ Bruchi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 เครื่องซั้ง

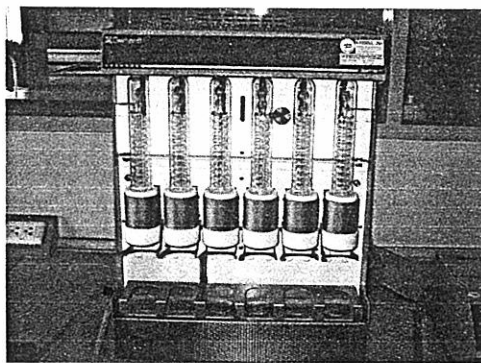


ภาพที่ 7 เครื่องปั่นเหวี่ยง



ภาพที่ 8 เครื่องบดแป้ง

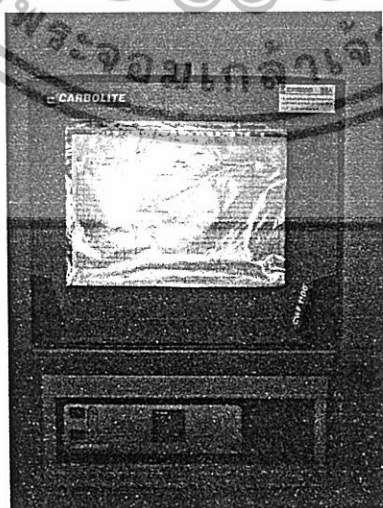
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 เครื่องสกัดซอกซ์เลต ยี่ห้อ Guerhard



ภาพที่ 10 ตู้อบมรอน



ภาพที่ 11 เต้าเผา

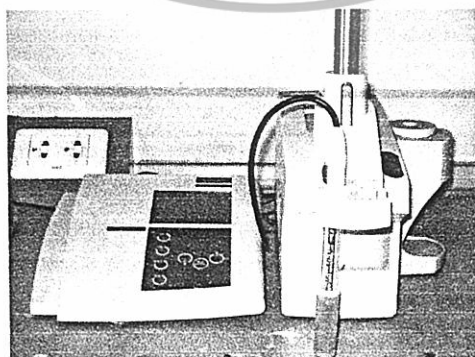
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 เครื่อง Autoclave



ภาพที่ 13 เครื่องบดแห้ง



ภาพที่ 14 เครื่องวัด pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนิตา เขียรสรระน้อย เกิดวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษาชั้นมัธยมตอนปลายที่โรงเรียนบุญวัฒนา ในปีการศึกษา 2544

นายศิวทัต โฆษะ เกิดวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526 ที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาชั้นมัธยมตอนปลายที่โรงเรียนพรตพิทยพยัต ในปีการศึกษา 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้