รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

“การเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนใน ซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์”

“Increment of amino nitrogen in soy sauce by add enzymes”

โดย

นางสาวกนกพร หันจางสิทธิ์ B 4250968

นางสาวอังศุมาลี สุทธภักติ B 4550587

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 503 481 สหกิจศึกษา

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5 สิงหาคม 2548

วันที่ 5 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2548

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาว กนกพร หันจางสิทธิ์ และ นางสาว อังศุมาลี สุทธภักติ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 18 เมษายน 2548 ถึง วันที่ 5 สิงหาคม 2548 ในแผนกควบคุมคุณภาพ ตำแหน่งผู้ช่วยฝ่ายควบคุมคุณภาพ บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด และได้รับมอบหมายจาก Job supervisor ให้ศึกษาและทำรายงานวิชาการ เรื่อง การเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนใน ซีอิ๊วโดยใช้เอนไซม์

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

กนกพร หันจางสิทธิ์

(นางสาว กนกพร หันจางสิทธิ์)

อังศุมาลี สุทธภักติ

(นางสาว อังศุมาลี สุทธภักติ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgment)

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด ตั้งแต่วันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2548 ถึง วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2548 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ จากการทำงานที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษาศึกษาฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณชัชวาลย์ สุมากุล กรรมการผู้จัดการบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเคน ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษาและได้ให้โอกาสที่มีคุณค่ายิ่งแก่ข้าพเจ้า

2. คุณวรวิทย์ กาพย์ไกรแก้ว ผู้จัดการฝ่ายผลิต ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเคน

3. คุณคูนิโอะ โอกาเบ้ ผู้จัดการฝ่ายประสานงานระหว่างประเทศ

4. คุณศุภชัย ฟ้าขลิบทอง ผู้จัดการฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ

5. คุณรณพงษ์ ทองอินทร์ ผู้จัดการฝ่ายผลิต บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด

6. คุณปาริชาติ ภาพสิงห์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งเป็น Co – op Supervisor

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นางสาว กนกพร หันจางสิทธิ์ และ
นางสาว อังศุมาลี สุทธภักติ
ผู้จัดทำรายงาน

5 สิงหาคม 2548

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

(Abstract)

บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเคน เป็นบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทซุปเข้มข้น เครื่องปรุงรส ผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภค เช่น ลูกชิ้นทอด จิกุวะ คามาโบโกะ เต้าหู้ทอด อุด้ง โมจิ ภายใต้เครื่องหมายการค้า ตรา “มารูเคน” และนัตโต้ ภายใต้เครื่องหมายการค้าตรา “เคน” จากการเข้าไปปฏิบัติงานในบริษัท ได้รับมอบหมายให้ศึกษาเรื่อง การเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนใน ซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์ การตรวจรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนและหลังบรรจุ ของบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเคน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1. วัตถุประสงค์	1
2. รายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท	1
3. นโยบายขอบริษัท	1
บทที่ 2 การเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนใน ซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์	5
ซีอิ้ว	5
เอนไซม์	6
โปรติเอส (proteases)	8
การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยตรง	9
การเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนใน ซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์	
- อุปกรณ์	10
- วิธีการทดลอง	11
- ผลการทดลอง	16
- สรุปผลการทดลอง	23
บทที่ 3 สรุปผลการปฏิบัติงาน	24
บทที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.การตรวจวัดลักษณะต่างๆ ของ ซีอิ้วดิบ ทุกๆ 4-5 วัน	16
2. ผลการตรวจวัดลักษณะต่างๆ ของ ซีอิ้ว (26 กรกฎาคม 2548)	17
3. ผลการทดลองโดยใช้เอนไซม์ในการหมักโคจิที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	18
4. ผลลักษณะประสาทสัมผัสทางกลิ่นของซีอิ้ว	19

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1. แผนผังโครงสร้างองค์กรห้างหุ้นส่วนจำกัดโคดิดเคน	3
2. แผนผังโครงสร้างองค์กร บริษัทดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด	4
3. แผนผังการทำ ซีอิ้ว	15
4. เปรียบเทียบปริมาณอะมิโนไนโตรเจนของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน	21
5. เปรียบเทียบ Brix ของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน	21
6. เปรียบเทียบ pH ของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน	22

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1. วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาการทำงานภายในห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเดน และบริษัทดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด
- เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์การทำงานจากการปฏิบัติงานจริง
- เพื่อปรับบุคคลิกภาพให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

2. รายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท

2.1 ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเดน ก่อตั้งเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2529 ผลิตซอสปรุงรสต่างๆ อาทิเช่น ซีอิ๊ว เต้าเจี๊ยวญี่ปุ่น ซอสปรุงต่างๆ และอาหารสด เช่น ลูกชิ้นโอเด้ง คามาโบโกะ เต้าหู้ทอด อุด้งและโมจิ

2.2 บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด ก่อตั้งเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 โดยการร่วมทุนระหว่างห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเดน กับ บริษัท ฮาจิบัง ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งประกอบธุรกิจอาหารแฟรนชายด์ ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทซุปหมูและซุปไก่เข้มข้น

2.3 ชื่อ – ที่ตั้งสถานประกอบการ

ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเดน (KIK) ตั้งอยู่ที่ 154 หมู่ 1 ซอยสี่ศอก ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางเสาธง กิ่งอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540

บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด (D.F.C) ตั้งอยู่ที่ 154/1 หมู่ 1 ซอยสี่ศอก ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางเสาธง กิ่งอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540

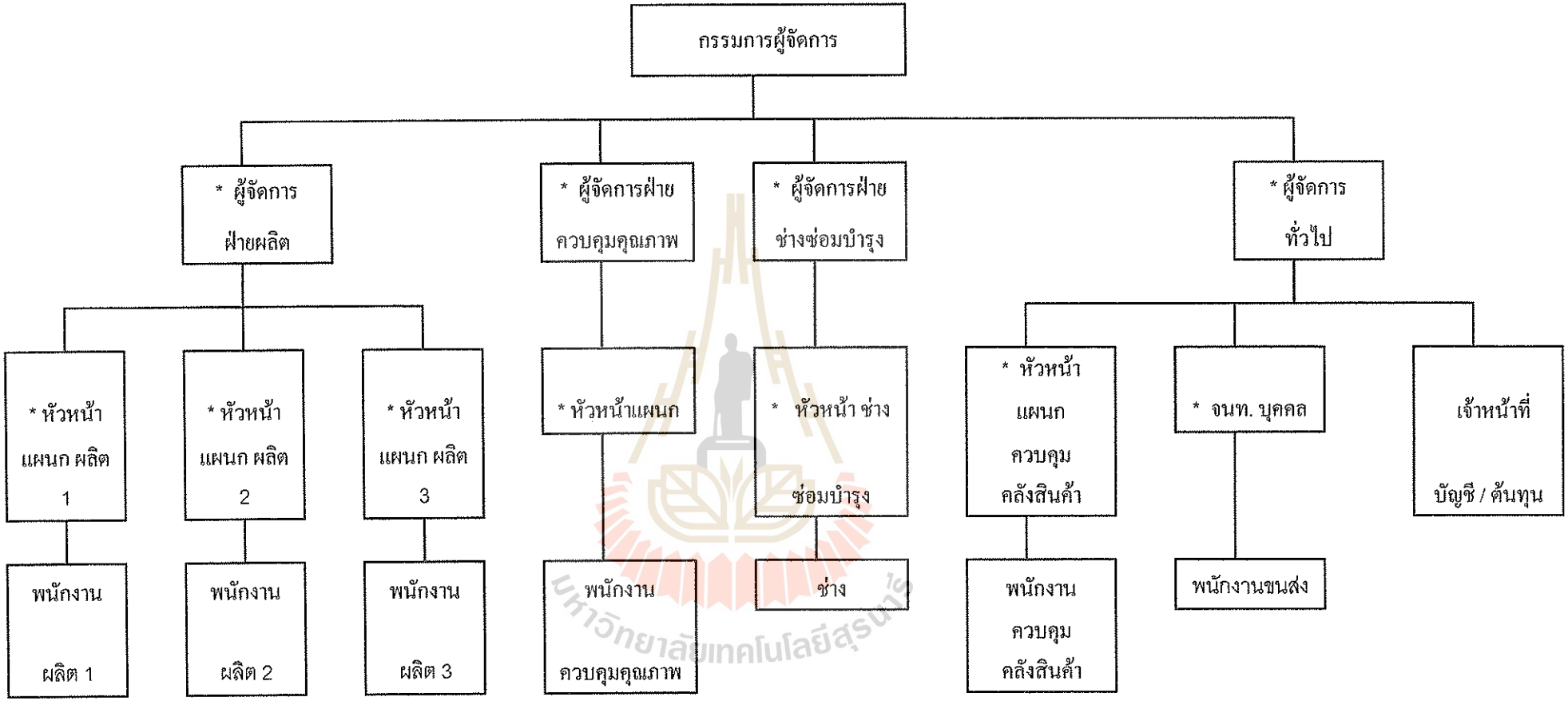
3. นโยบายด้านคุณภาพ

บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัดและห้างหุ้นส่วนจำกัด คิดโคเดน (KIK) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้น จึงได้กำหนดเป้าหมายในการผลิตสินค้าดังนี้ “บริษัทจะมุ่งมั่นผลิตสินค้าที่มีคุณภาพเป็นที่พอใจของลูกค้าและถูกสุขลักษณะปลอดภัยต่อผู้บริโภคตามมาตรฐานสากล ตลอดจนได้รับการรับรองระบบ GMO และ HACCP” เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามนโยบายบริษัทจะดำเนินการดังต่อไปนี้

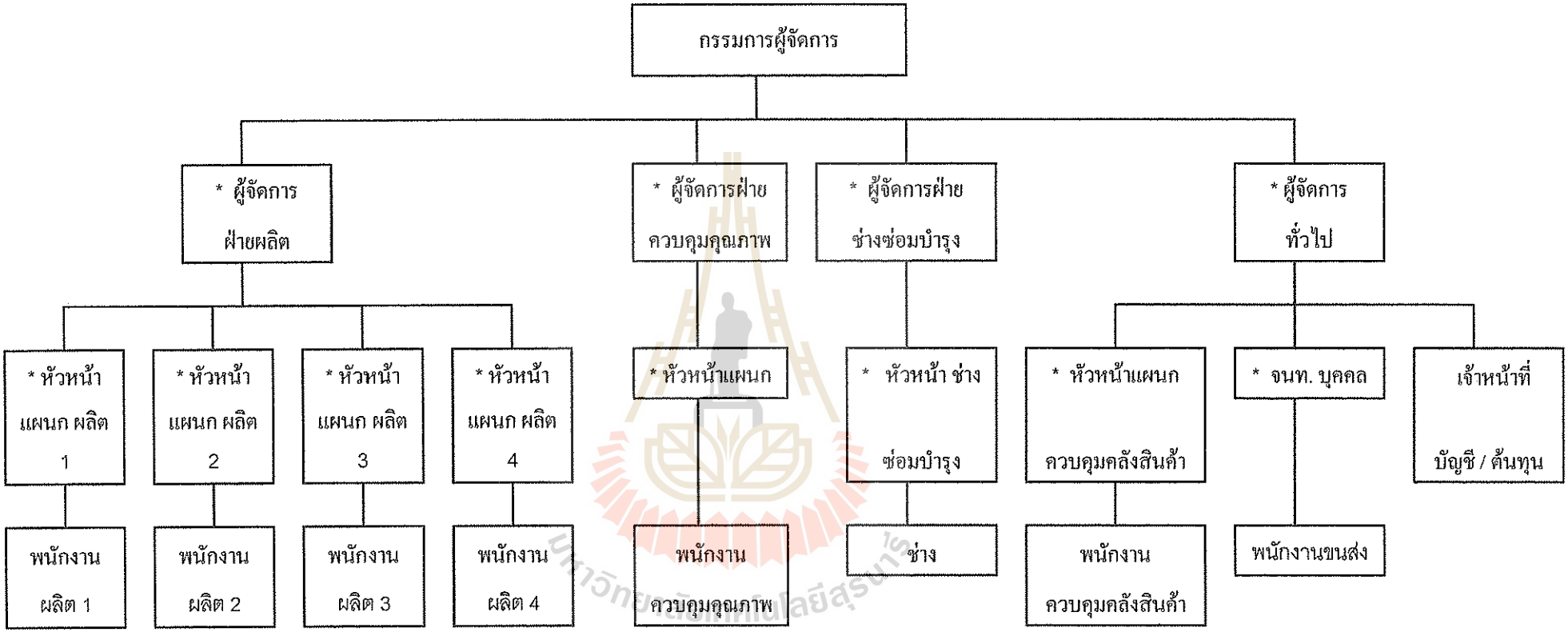
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- จัดระบบการปฏิบัติการอย่างมีคุณภาพและมีการจัดการด้านสุขลักษณะอาหารตามข้อกำหนดของโครงการมาตรฐานอาหาร codex
- ให้ความสนับสนุนด้านทรัพยากรที่จำเป็นอย่างเพียงพอต่อการจัดการด้านสุขลักษณะ
- พัฒนาบุคลากรในทุกระดับให้มีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องบรรลุตามเป้าหมายของบริษัท ได้รับการรับรองระบบ GMO และ HACCP ตามมาตรฐานสากล
- ตรวจติดตามและพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 1 แผนผังโครงสร้างองค์กรห้างหุ้นส่วนจำกัดคิดโดเดน



รูปที่ 2 แผนผังโครงสร้างองค์กร บริษัทดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด

บทที่ 2

การเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนใน ซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจนในการหมักซีอิ้วพิเศษโดยใช้เอนไซม์โปรติเอส

ซีอิ้ว

ซีอิ้วเป็นอาหารที่ชาวจีนคิดค้นผลิตขึ้น เป็นเวลานานกว่า 3 พันปีมาแล้วเริ่มต้นจากพระสงฆ์เป็นผู้ผลิตเนื่องจากถั่วเป็นแหล่งอาหารที่เป็นแหล่งของโปรตีนและไขมัน ต่อจากนั้นจึงได้เผยแพร่ไปทั่วประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจาก ซีอิ้วเป็นเครื่องปรุงรสในอาหารประวันที่ขาดเสียมิได้ ในการทำซีอิ้ววัตถุดิบที่สำคัญได้แก่

1. ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดถ้าคิดเปรียบเทียบทางด้านน้ำหนักกับอาหารประเภทอื่นๆ เช่น สูงกว่าเนื้อสัตว์ 2 เท่า สูงกว่าในไข่ไก่และข้าวสาลี 4 เท่า เป็นต้น โปรตีนในถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารของกรดอะมิโนสูง ดังตาราง

ชื่อกรดอะมิโน	%กรดอะมิโน	ชื่อกรดอะมิโน	% กรดอะมิโน
Valine	5.17-5.48	Histidine	2.16-2.52
Leucine	7.59-8.45	Lysine	5.97-7.07
Isoleucine	5.15-5.53	Tryptophan	1.42-1.64
Methionine	1.28-1.53	Phenylalanine	4.80-5.31
Glutamic acid	17.90-19.20	Threonine	3.58-4.06
Arginine	7.22-8.30		

กลิ่นหอมของ ซีอิ้วนั้นเกิดจากการย่อยสลายถั่วเหลือง นอกจากโปรตีนแล้วในถั่วเหลืองยังประกอบไปด้วยน้ำมัน, คาร์โบไฮเดรต, วิตามินและแร่ธาตุ อีกด้วย

2. ข้าวสาลี

กลิ่นและสีของ ซีอิ้ว ขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวสาลีเป็นหลัก ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวสาลีแสดงดังนี้

โปรตีน	12.5%	เถ้า	1.6-1.8%
แป้ง	72.5%	น้ำตาล	1.5-3.0%
น้ำมัน	1.9-2.1%	ความชื้น	15-16%
ไฟเบอร์	2.6-2.7%		

เนื่องจากข้าวสาลีมีปริมาณแป้งมาก เวลาคั่วจะทำให้พองตัวและหลังจากบดแล้วทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา จะทำให้ Mycelium เจริญเข้าไปได้ง่าย ปริมาณเอนไซม์ก็สูง ถ้าหากข้าวสาลีมีแป้งน้อยเวลาคั่วจะ

ไม่พองตัว หลังจากบดแล้วทำการเพาะถั่งเชื้อจะดูดซึมน้ำได้น้อย mycelium ของเชื้อราเจริญได้ลำบากปริมาณเอนไซม์ก็ต่ำด้วย

3. เกลือ

เกลือเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกายมนุษย์ เกลือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ ซีอิ้ว สามารถป้องกัน การสุกเกินไปของวัตถุดิบ ป้องกันการเกิดการเสื่อมเสียและเป็นแหล่งให้รสเค็มนอกจากนี้เกลือยังเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีบางตัว เช่น NaOH, $Na_2CO_3$$Na_2SO_4$ และ HCl เป็นต้น

เอนไซม์ คือ โปรตีนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตการทำงานของเอนไซม์ที่มีชีวิตการทำงานของเอนไซม์มีความจำเพาะสูงต่อชนิดของสับสเตรตที่จะเปลี่ยนเป็นโปรดักต์ เอนไซม์เป็นโปรตีนประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกรดอะมิโนเรียงต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ มีขนาดโมเลกุลผันแปรตั้งแต่น้ำหนักโมเลกุล 12,000-1,000,000 ดาลตัน เอนไซม์บางชนิดอาจมีสารอื่นเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลด้วยเช่น มีคาร์โบไฮเดรต ฟอสฟอรัส แร่ธาตุ หรือมีโคแฟกเตอร์ต่างๆ เอนไซม์ทุกชนิดมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเช่นเดียวกับโปรตีนทุกประการ ความแตกต่างระหว่างเอนไซม์กับโปรตีนที่ไม่ใช่เอนไซม์ คือ เอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีทุกชนิดทุกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เอนไซม์มีความสำคัญมากต่อคุณภาพของอาหารในกระบวนการแปรรูปอาหารบางชนิดจะเติมเอนไซม์ลงไป เพื่อปรับปรุงหรือเร่งกระบวนการผลิตทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีลักษณะและคุณภาพดี

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

เนื่องจากเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีเพื่อเปลี่ยนสับสเตรตให้เป็นโปรดักต์โดยโมเลกุลของเอนไซม์จะรวมตัวกับสับสเตรตเป็นสารประกอบเชิงซ้อนก่อนแล้วจึงเปลี่ยนสับสเตรตให้เป็นโปรดักต์โดยที่โมเลกุลของเอนไซม์ไม่ได้เปลี่ยนแปลงหรือสลายไปด้วย จึงทำให้สามารถกลับมาทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาได้อีกของต่อเนื่อง ดังสมการ

$$E + S \underset{k_1}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} ES \xrightarrow{k_2} P + E$$

อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอมไซม์นี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างดังนี้

1. ความเข้มข้นของสับสเตรต ในปฏิกิริยาที่มีสับสเตรตเพียงชนิดเดียว เมื่อความเข้มข้นของสับสเตรตเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความเร็วสูงสุดหากเพิ่มความเข้มข้นของสับสเตรตต่อไปอีก อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะคงที่ตาม Michaelis-Menten kinetics และถ้าความเข้มข้นของสับสเตรตสูงเกินไปก็อาจยับยั้งอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

2. ความเข้นข้นของเอนไซม์ ในภาวะที่ความเข้มข้น พีเอช อุณหภูมิ และบัฟเฟอร์ที่ใช้คงที่ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ให้มากขึ้น จะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แต่ต้องไม่มีสารยับยั้งเอนไซม์ปนอยู่ด้วย

3. ผลของพีเอช เนื่องจากเอนไซม์เป็นโปรตีน การเปลี่ยนแปลงพีเอชของสารละลายโปรตีนจะมีผลต่อประจุที่เกิดขึ้นบนโมเลกุล ของโปรตีน จึงมีผลกระทบต่อการทำงานเอนไซม์ด้วย โดยเฉพาะที่ active site ซึ่งเป็นตำแหน่งสับสเตรตจะต้องเข้ารวมตัวกับเอนไซม์ ดังนั้น เอนไซม์แต่ละชนิดจึงมีค่าพีเอชที่เหมาะสม (optimum pH) สำหรับที่เร่งปฏิกิริยาให้ได้ความเร็วสูงสุดเสมอ ตัวอย่าง เช่น เอนไซม์เพนซิน เพอร์ออกซิเดส ทริพซิน และฟอสฟาเตส จะมีค่า pH ที่เหมาะสม เป็น 2,6,8 และ10 ตามลำดับ หากค่าพีเอชของสารละลายสูงหรือต่ำกว่าค่าพีเอชเหมาะสม จะทำให้ความเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นลง แต่มีเอนไซม์บางชนิดมีค่าพีเอชที่เหมาะสมเป็นช่วงกว้าง เช่น เอนไซม์คะตะเลส ซึ่งสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ในช่วงพีเอช 3-10 ตัวอย่างค่าพีเอชที่เหมาะสมของเอนไซม์บางชนิด ดังแสดงใน

4. ผลของอุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการทำงานของเอนไซม์ เพราะอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์จะผันแปรตามอุณหภูมิ และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความคงตัวของเอนไซม์ด้วย หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ และมีผลทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์สูญเสียไปด้วย เนื่องจากโครงสร้างที่ตำแหน่ง active siteเปลี่ยนไป เอนไซม์ส่วนใหญ่จะมีความคงตัวอยู่ในอุณหภูมิ 20- 35 องศาเซลเซียล และเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) สำหรับเร่งปฏิกิริยาให้ได้ความสูงสุด เอนไซม์จะสูญเสีย active มากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม

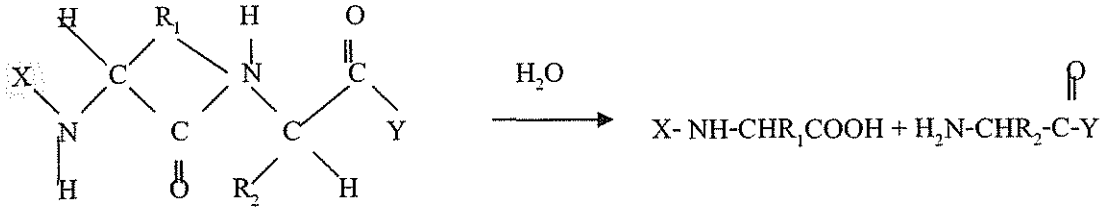
5. Water activity/ความเข้มข้นของน้ำ การทำงานของเอนไซม์จะเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในภาวะที่เป็นสารละลายในน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ และในหลอดทดลอง ปฏิกิริยาที่เร่ง ด้วยเอนไซม์ภายในเซลล์สิ่งที่มีชีวิตจะเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่ง

โปรตีนและเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน (proteolytic enzymes) สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ โปรตีนในพืชมีปริมาณน้อยกว่าในเนื้อสัตว์ ถั่วต่างๆนัท และผลิตภัณฑ์เมล็ดธัญพืชบางชนิดที่มีโปรตีนสูง 20-35% โปรตีนส่วนใหญ่ละลายน้ำได้น้อย หรือละลายได้เพียงบางส่วนแต่โปรตีนเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็นแก่เซลล์ของสิ่งที่มีชีวิตต่างโดยเฉพาะจุลินทรีย์ โปรตีนจึงถูกไฮโดรไลซ์ได้อย่างรวดเร็วโดยเอนไซม์โปรติเอสที่พบทั้งในพืชและจุลินทรีย์

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจะมีเอนไซม์ทั้งเอนโด-และเอกโซ-โปรติเอส เอนโด- โปรติเอสจะไฮโดรไลซ์พันธะเพปไทด์ที่อยู่ด้านในของสายโปรตีน ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงสูง เช่น เอนไซม์ทริพซินจะไฮโดไลซ์พันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนอาร์จินีนและไลซีนที่หมู่คาร์บอนิลของพันธะเพปไทด์ และจะไม่ไฮโดรไลซ์พันธะเพปไทด์ตำแหน่งอื่น พันธะเพปไทด์ที่เกิดขึ้นใหม่จะถูกไฮโดรไลซ์ โดยเอนไซม์คาร์บอกซีเพปทิเดสจากด้านปลายที่มีหมู่คาร์บอกซิล และโดยเอนไซม์อะมิโนเพปทิเดสจากปลายที่มีหมู่อะมิโน นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ได- และไตรเพปทิเดสช่วยไฮโดรไลซ์เพปไทด์สายสั้นๆด้วย ดังนั้นโปรตีนจะถูกไฮโดรไลซ์อย่างรวดเร็ว และมีความจำเพาะเจาะจงได้เป็นกรดอะมิโน จึงไม่มีปัญหาในการไฮโดรไลซโมเลกุลโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน

โปรติเอส (proteases)

โปรติเอสมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ เปปติเดส โปรติเอส โปรติเนส เปปไทด์ไฮโดรเลส และเอนไซม์โปรติโอไลติค มีลักษณะปฏิกิริยาดังนี้ คือ สลายพันธะเปปไทด์ -CO-NH- ด้วยน้ำ ดังสมการปฏิกิริยารวม



ความจำเพาะต่อสับสเตรต

1.1 ลักษณะธรรมชาติของ R_1 และ R_2

โดยให้ R_1 และ R_2 เป็นอนุมูลของกรดอะมิโน 2 ชนิด ที่มีทำให้เกิดพันธะเปปไทด์ 1 พันธะ หรืออีกนัยหนึ่ง R_1 และ R_2 ก็คือ side chain ของโปรตีนดังนั้น ถ้าโปรติเอสตัวใดมีความจำเพาะต่อ R_1 แสดงว่าเอนไซม์นั้นเข้าตัดพันธะเปปไทด์โดยเข้าทางปลายอะมิโน (N- teminal) โดยที่ R_2 นั้นจะเป็นอะไรก็ได้และกรณีโปรติเอสมีความจำเพาะต่อ R_2 ก็แสดงว่าเอนไซม์นั้นเข้าตัดพันธะเปปไทด์ในโปรตีนโดยเข้าทางคาร์บอกซิล

1.2 ลักษณะด้านโครงรูป (Configuration) ของกรดอะมิโน (R_1 ,R_2) เป็น D- หรือ L-

โปรติเอส จะมีความจำเพาะต่อชนิดของ R_1 และ R_2 และ configuration ด้วย คือ โครงรูป ต้องเป็น L-amino acid เท่านั้น ทั้งนี้ ปกติแล้วโปรตีนจะประกอบด้วย L-amino acid เท่านั้น

1.3 ขนาดของสารประกอบที่เป็นสับสเตรต

โปรติเอสโดยทั่วไปแล้วไม่มีความจำเพาะต่อขนาดของสับสเตรต ยกเว้น acid proteases ที่มีความจำเพาะต่อขนาดของสับสเตรต

1.4 ลักษณะธรรมชาติของหมู่ X และ Y (H^+ และ OH^-)

โปรตีนทั่วไปจะมีหมู่ X เป็นหมู่ H^+ และหมู่ Y เป็น OH^- แต่ เมื่อโปรตีนนั้นๆมีหมู่ X และ หมู่ Y เปลี่ยนไปจะมีผลให้ความจำเพาะของเอนไซม์เปลี่ยนไป กล่าวคือ เอนไซม์ที่มีความจำเพาะต่อหมู่ X และ Y จะบ่งชี้ลักษณะการตัดสายยาวของพอลิเปปไทด์ คือ

1.4.1 เอนโดเปปติเอส (Endopeptidases)

เป็นโปรติเอสที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์อย่างอิสระ (randomly)ภายในสายโปรตีน ทั้งนี้ต้องให้ความจำเพาะตรงต่อ R_1 และ R_2 ด้วย จึงจะตัดพันธะเปปไทด์ได้ ถ้า R_1 และ R_2 ไม่สอดคล้องกับความจำเพาะของเอนไซม์นั้น การตัดพันธะเปปไทด์ก็จะไม่เกิดขึ้น และจะให้แอกติวิตี้สูงสุด ถ้า X และ Y เป็นหมู่อนุพันธ์ ไม่ใช่ H^+ , OH^- กล่าวคือ X อาจเป็น acyl group และ Y เป็น amide หรือ ester group หรือ amino acid residues

1.4.2 เอกซ์โซเปปติเอส (Exopeptidases)

เป็นโปรติเอสที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ จากปลายของโปรตีน จะเป็นปลายด้านไหนก็ต้องสอดคล้องต่อความจำเพาะของเอนไซม์ต่อ R_1 และ R_2

1.5 ความต้องการพันธะเปปไทด์

โปรติเอสส่วนใหญ่จะย่อยสลายพันธะอื่นที่มาแทนที่พันธะเปปไทด์ได้ดีกว่าพันธะเปปไทด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธะเปปไทด์ที่ถูกแทนที่ด้วยหมู่ต่างๆ เช่นหมู่ amide ($-NH_2$) , ester (-COOR) , thiolester (-COSR) หรือ hydroxamate (-CONHOH) แสดงว่า เอนไซม์เหล่านี้มีความจำเพาะต่ออนุมูล R_1 มากกว่า R_2 และกรณีของพวก pepsin และ acid proteases ที่มีความจำเพาะต่อ R_2 นั้นพบว่า ถ้าพันธะเปปไทด์ถูกแทนที่ด้วยพันธะอื่นๆ สับสเตรตนั้นก็จะไม่เป็นสับสเตรตของ pepsin และ acid proteases มีรายงานว่า chymotrypsin สามารถเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายพันธะได้เป็น 200 – 1000 เท่า

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยตรง

เนื่องจากโมเลกุลของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่างๆมากมาย และกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมี functional group ที่สามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนได้โดยตรง ดังนี้

1. วิธี Formol titration เมื่อเติมฟอร์มาลินลงในสารละลายอาหารตัวอย่างที่เป็นกลางซึ่งมีโปรตีนและกรดอะมิโน ฟอร์มาลินจะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่อยู่โมเลกุลของโปรตีนและกรดอะมิโน ได้เป็นหมู่ methylene-imino ($-N=CH_2$) ทำให้มีหมู่คาร์บอกซิลเหลืออยู่เป็นอิสระซึ่งหาปริมาณได้โดยการไตเตรตกับสารละลายด่างมาตรฐาน ปฏิกิริยาของฟอร์มาลินกับกรดอะมิโนมีดังนี้

$$HOOC\text{-}R\text{-}NH_2 + HCHO \longrightarrow HOOC\text{-}R\text{-}N{=}CH_2 + H_2O$$

วิธีนี้ใช้วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนได้รวดเร็ว นิยมใช้วิเคราะห์ในอาหารเหลว

2. Colorimetric method เป็นการให้โปรตีนที่มีในอาหารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ทำให้เกิดสีแล้ววัดความเข้มของสี ซึ่งจะผันแปรตามปริมาณโปรตีน วิธีนี้ต้องทำกราฟโปรตีนมาตรฐานไว้สำหรับเปรียบเทียบด้วย วิธีนี้เรียกว่า Dye-binding methods

3. Spectophotometric Assay เนื่องจากกรดอะมิโนไทโรซีนและทริฟโตเฟนที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีน สามารถดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่นประมาณ 275 และ 280 นาโนเมตรตามลำดับ จึงวัดหาปริมาณโปรตีนในสารละลายบริสุทธิ์ที่มีโปรตีนเพียงอย่างเดียวได้ค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของโปรตีน

สารละลายโปรตีนบริสุทธิ์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะมีค่า absorbance เท่ากับ 1 ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร เมื่อ light path กว้าง 1 เซนติเมตร

อุปกรณ์

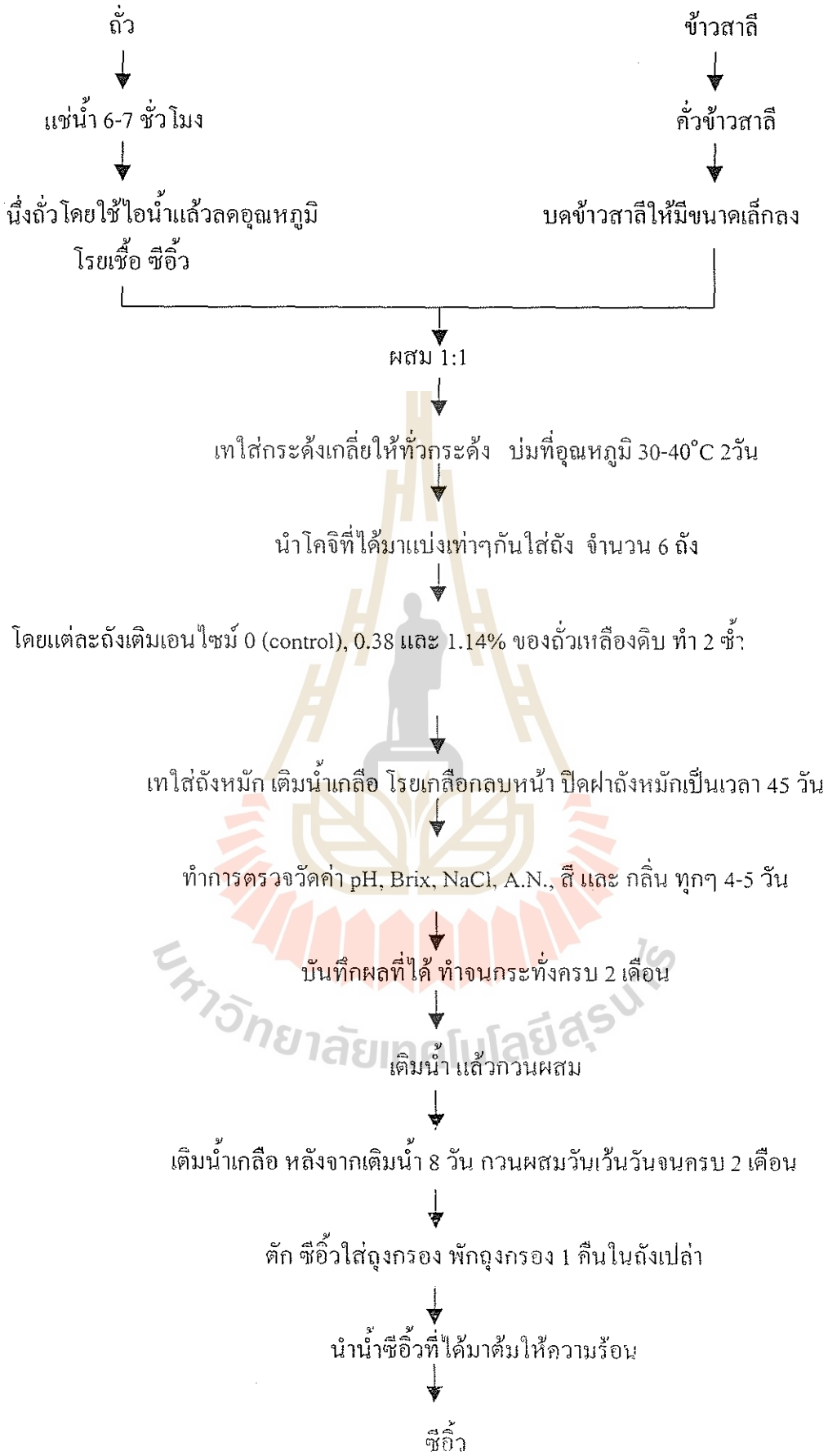
1. ถั่วเหลือง
2. pH meter
3. ข้าวสาลี
4. เกลือ
5. น้ำ
6. เอนไซม์ protamax
7. หลอดเทียบสีมาตรฐาน ซีอิ๊ว
8. กระด้ง
9. ถังหมัก ซีอิ๊วติดก๊อกสำหรับนำตัวอย่างมาตรวจ
10. เทอร์โมมิเตอร์
11. บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 100 ml
12. บีกเกอร์แก้ว ขนาด 50 ml
13. pipet ขนาด 25 ml
14. nipet ขนาด 5 ml
15. เครื่องชั่งน้ำหนัก
16. volumetric flask ขนาด 250 ml
17. กระบอกฉีดน้ำกลั่น
18. ขวดรูปชมพู ขนาด 25ml
19. บิวเรต ขนาด 25 ml
20. ช่อนตักสาร
21. กระบอกตวง ขนาด 25 ml
22. Hand Refractometer
23. กระดาษทิชชู
24. ปิเปตปั๊ม

สารเคมี

1. 0.1 N NaOH
2. Formaldehyde 18.5%
3. 0.1 N $AgNO_3$
4. สารละลายอิ่มตัว K_2CrO_4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการทดลอง



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่3 แผนผังการทำ ซีอิ๊ว

การตรวจวัดค่า Brix โดยใช้ Hand refractometer

1. เปิดฝาของ Hand refractometer แล้วฉีดทำความสะอาดปริซึมด้วยน้ำกลั่นจากนั้นซับเบาๆ ให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

2. ใช้ช้อนแตะตัวอย่างที่หยดลงบนปริซึมของ Hand refractometer ปิดฝาเบาๆ แล้วอ่านค่าตัวเลขบนสเกลที่แสดง ณ จุดตัดสีน้ำเข้มข้น

3. บันทึกค่า % Brix ที่อ่านได้

4. ฉีดล้างปริซึมด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดแล้วใช้กระดาษทิชชูซับให้แห้งจึงปิดฝา

การตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH)

1. ยกหัว probe อิเล็คโทรดของ pH meter ออกจากสารละลาย buffer pH 7.00 แล้วฉีด ล้างหัว probe อิเล็คโทรด ด้วยน้ำกลั่นแล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู

2. จุ่มหัว probe อิเล็คโทรดลงในตัวอย่างให้หัว probe อิเล็คโทรด อยู่ประมาณกึ่งกลาง ของความสูง ของตัวอย่างในบีกเกอร์แกว่งเล็กน้อยเพื่อให้ตัวอย่างสัมผัสกับหัว probe อิเล็คโทรดอย่างทั่วถึง

3. รอประมาณ 30 วินาที ถึง 1 นาที จน pH คงที่

4. บันทึกค่า pH ที่อ่านได้ของตัวอย่าง

5. ยกหัว probe อิเล็คโทรดออกจากบีกเกอร์ตัวอย่างแล้วฉีดล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู จุ่มหัว probe อิเล็คโทรดลงในสารละลาย buffer pH 7.00 ตามเดิม

การตรวจวิเคราะห์ % NaCl

1. ปิเปตตัวอย่าง 5 ml ใส่ volumetric flask ขนาด 250 ml กลั่วล้างปิเปตด้วยน้ำกลั่นลงใน volumetric flask จนปิเปตไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่ หรือถ้าตัวอย่างมีความหนืดให้ชั่งตัวอย่าง 5.000 g (อยู่ในช่วง 5.000-5.003 g) ใส่บีกเกอร์ แล้วเทตัวอย่างจากบีกเกอร์ลงใน volumetric flask กลั่วล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นแล้วเทใส่ volumetric flask จนบีกเกอร์ไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่

2. ปรับปริมาตรตัวอย่างใน volumetric flask ด้วยน้ำกลั่นจนครบ 250 ml

3. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้ใน volumetric flask มา 5 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ml ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

4. หยดสารละลายอิ่มตัว K_2CrO_4 1-2 หยดลงในสารละลายตัวอย่าง โดยสารละลาย ตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสว่าง แกว่งขวดรูปชมพู่ให้สารละลายผสมเข้ากัน

5. ทำการไทเทรตด้วยสารละลาย 0.1 N $AgNO_3$ แกว่งขวดรูปชมพูตลอดเวลาจนกระทั่งถึงจุดยุติสารละลายสีเหลืองสว่างจะเปลี่ยนเป็นตะกอนสีแดง

6. อ่านปริมาตรของสารละลาย 0.1 N $AgNO_3$ ที่ใช้ไปทั้งหมด แล้วคำนวณตามสูตร

$$\% \text{ NaCl} = \text{ml } 0.1 \text{ N } AgNO_3 \times 5.733$$

7. บันทึก % NaCl ที่คำนวณได้

การตรวจวิเคราะห์ % A.N. (Amino Nitrogen)

1. ปิเปตตัวอย่างที่เตรียมใน volumetric flask ขนาด 250 ml มา 25 ml ใส่ในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 100 ml

2. จุ่มหัว probe อิเล็คโทรดของ pH meter ลงในสารละลายตัวอย่างแล้วปล่อย 0.1 N NaOH จากบิวเรตลงมาจน pH ของสารละลายตัวอย่างเท่ากับ 8.30-8.50 จึงหยุด จดบันทึก pH ที่ได้ไว้ (ยังไม่ต้องบันทึกปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้ไปทั้งหมด)

3. ตวงฟอร์มาลีน 20 ml แล้วเทใส่ในบีกเกอร์สารละลายอย่าให้สัมผัสกับหัว probe อิเล็คโทรดแกว่งบีกเกอร์ตัวอย่าง 30 วินาทีเพื่อให้สารละลายผสมกัน (หลังจากเติม ฟอร์มาลีน pH ของสารละลายตัวอย่างจะลดลง)

4. บันทึกปริมาตรเริ่มต้นของ 0.1 N NaOH แล้วทำการไทเทรตจนpH ของสารละลาย ตัวอย่างเท่ากับ pH ครั้งแรกที่บันทึกไว้หรือใกล้เคียงกับ pH ดังกล่าวมากที่สุดจึงหยุด การไทเทรต

5. อ่านปริมาตรของ 0.1 N NaOH ทั้งหมดที่ใช้ไปแล้วคำนวณตามสูตร

$$\% \text{ A.N.} = \text{ml } 0.1 \text{ N NaOH} \times 0.28$$

6. บันทึก % A.N. ที่คำนวณได้

7. ยกหัว probe อิเล็คโทรดออกจากบีกเกอร์ตัวอย่างแล้วฉีดล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูแล้วจุ่มหัว probe อิเล็คโทรดลงในสารละลาย buffer pH 7.00 ตามเดิม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 การตรวจวัดลักษณะต่างๆ ของ ซีอิ้วดิบ ทุกๆ 4-5 วัน

วันที่ตรวจ	ปริมาณเอนไซม์ (%ของถั่วเหลือง)	อุณหภูมิ (°C)	Brix	pH	NaCl(%)	A.N. (%)	สี	
							1	2
4 มิ.ย. 48	0	31.2	38.1	4.79	14.76	0.445	>28	>28
	0.38	31.2	40.4	4.93	17.13	0.497	>28	>28
	1.14	31.2	42.4	5.08	19.63	0.504	>28	>28
8 มิ.ย. 48	0	31.8	40.0	4.70	16.54	0.543	>28	>28
	0.38	31.9	42.0	4.80	18.21	0.574	>28	>28
	1.14	32.10	44.1	4.90	20.67	0.553	>28	>28
14 มิ.ย. 48	0	31.40	41.3	4.71	17.73	0.581	>28	>28
	0.38	31.75	42.8	4.76	18.66	0.591	>28	>28
	1.14	32.10	44.6	4.83	21.03	0.598	>28	>28
18 มิ.ย. 48	0	31.05	42.40	4.72	17.63	0.627	>28	>28
	0.38	31.30	43.30	4.77	18.41	0.637	>28	>28
	1.14	31.30	44.90	4.81	20.78	0.630	>28	>28
23 มิ.ย. 48	0	31.55	42.35	4.77	18.20	0.665	>28	>28
	0.38	31.60	43.5	4.80	18.34	0.679	>28	>28
	1.14	32.30	45.05	4.86	20.28	0.637	>28	>28
28 มิ.ย. 48	0	31.2	42.6	4.67	17.84	0.668	>28	>28
	0.38	31.4	43.5	4.71	18.62	0.686	>28	>28
	1.14	31.9	45.1	4.77	20.63	0.654	>28	>28
2 ก.ค. 48	0	30.8	42.9	4.71	17.98	0.672	>28	>28
	0.38	31.2	43.6	4.72	18.20	0.696	>28	>28
	1.14	31.4	45.3	4.76	20.42	0.665	>28	>28
7 ก.ค. 48	0	30.3	43.2	4.72	18.20	0.717	>28	>28
	0.38	30.4	43.6	4.73	19.06	0.738	>28	>28
	1.14	30.7	45.3	4.78	20.20	0.693	>28	>28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ตรวจ	ปริมาณเอนไซม์ (%ของถั่วเหลือง)	อุณหภูมิ	Brix	pH	NaCl(%)	A.N.(%)	สี	
							1	2
11 ก.ค. 48	0	31.3	43.5	4.71	18.05	0.745	>28	>28
	0.38	31.1	44.0	4.66	19.48	0.728	>28	>28
	1.14	30.7	45.3	4.68	19.92	0.675	>28	>28
14 ก.ค. 48	0	31.2	35.5	4.66	16.99	0.549	27	27
	0.38	31.1	35.3	4.68	17.19	0.532	27	27
	1.14	31.7	35.8	4.70	17.40	0.542	26	25
19 ก.ค. 48	0	31.3	35.0	4.68	16.98	0.598	26	26
	0.38	31.2	34.1	4.75	16.98	0.640	26	26
	1.14	32.2	34.2	4.77	17.27	0.595	26	23
25 ก.ค. 48	0	31.1	32.8	4.85	16.99	0.493	25	24
	0.38	31.0	33.4	4.87	17.19	0.518	23	24
	1.14	31.2	32.3	4.87	17.40	0.502	23	21

หมายเหตุ เติมน้ำ วันที่ 11 ก.ค. 48 และน้ำเกลือ วันที่ 19 ก.ค. 48

ตารางที่2 แสดงผลการตรวจวัดลักษณะต่างๆ ของ ซีอิ้ว (26 กรกฎาคม 2548)

ปริมาณเอนไซม์ (%ของถั่วเหลือง)	Brix	pH	NaCl (%)	A.N. (%)	สี	
					1	2
0	34.8	4.80	18.91	0.542	20	21
0.38	33.8	4.85	19.20	0.549	20	20
1.14	33.8	4.88	18.84	0.567	20	19

หมายเหตุ ซีอิ้วที่ต้มแล้ว

ตารางที่3 แสดงผลการทดลองโดยใช้เอนไซม์ในการหมักโคจิที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณเอนไซม์ (g)	อุณหภูมิ(°C)	Brix	pH	A.N. (%)
1. น้ำ	0.08	40	14.0	4.88	0.294
2. น้ำเกลือ	0.08	40	24.4	5.73	0.350
3. น้ำเกลือ	0.08	30	21.8	5.78	0.168

หมายเหตุ ทำการทดลอง 6 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่4 แสดงผลลักษณะประสาทสัมผัสทางกลิ่นของซีอิ้ว

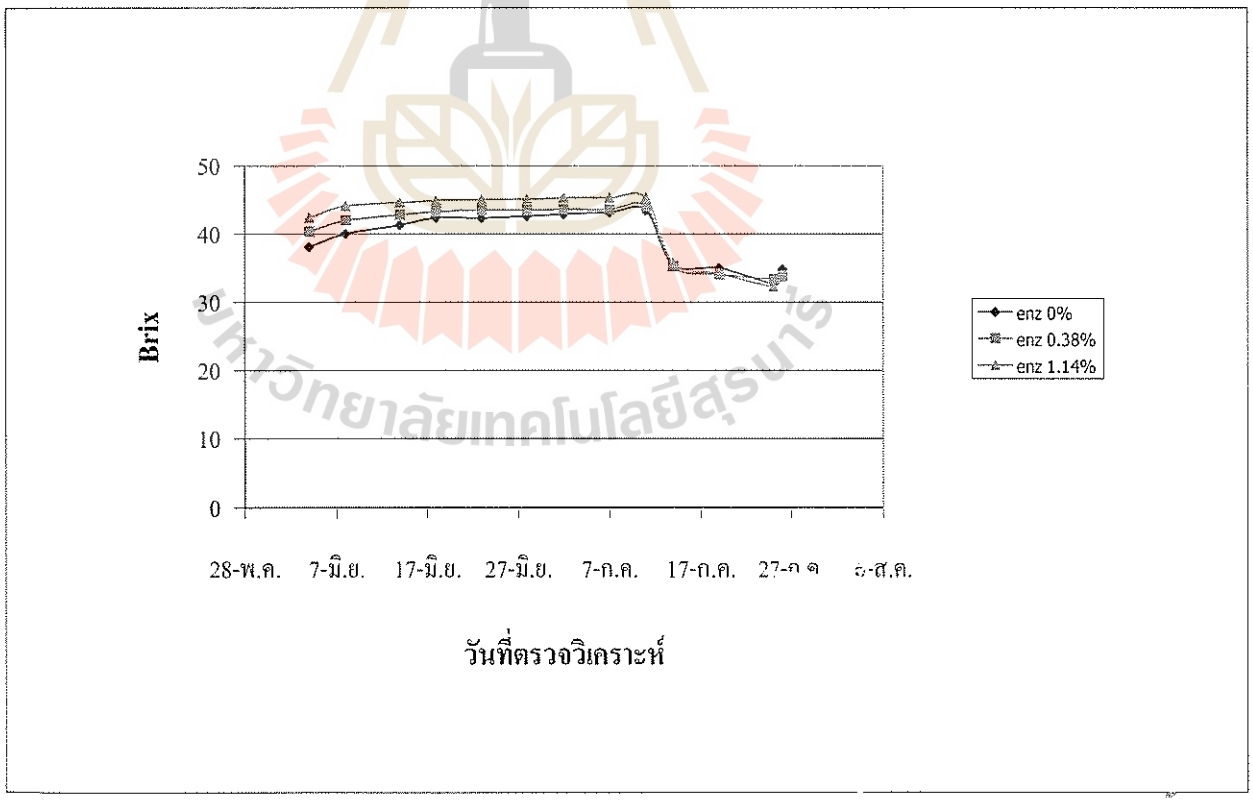
วันที่ตรวจ	Control		เอนไซม์ 0.38% ของถั่วเหลือง		เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลือง	
	1	2	1	2	1	2
4 มิ.ย. 48	มีกลิ่นเปรี้ยวไม่หอม	กลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย	มีกลิ่นหอมเล็กน้อย	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าว	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าว
8 มิ.ย. 48	มีกลิ่นเปรี้ยว กลิ่นไม่ดี	กลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย กลิ่นไม่ดี	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าวมากขึ้น
14 มิ.ย. 48	มีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย	มีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ เพิ่มมากขึ้น	มีกลิ่นหอมของข้าวเล็กน้อย	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าวมากขึ้น
18 มิ.ย. 48	มีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย กลิ่นดีขึ้น	มีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ	มีกลิ่นหอมของข้าว	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นดีหอมกลิ่นข้าวมากขึ้น
23 มิ.ย. 48	มีกลิ่นหอมของข้าวเล็กน้อยและมีกลิ่นเปรี้ยว	มีกลิ่นหอมของข้าวเล็กน้อยและมีกลิ่นเปรี้ยว	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าว	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าว	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าวมากขึ้น
28 มิ.ย. 48	มีกลิ่นหมัก	มีกลิ่นหอมของข้าวเล็กน้อยและมีกลิ่นเปรี้ยว	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าวมากขึ้น	มีกลิ่นหอมอ่อนๆ และมีกลิ่นหอมของข้าวมากขึ้น
2 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว
7 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว และมีกลิ่นหมักแรง	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว และมีกลิ่นหมัก	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นหมัก	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว และมีกลิ่นหมักน้อย	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของ ซีอิ้ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

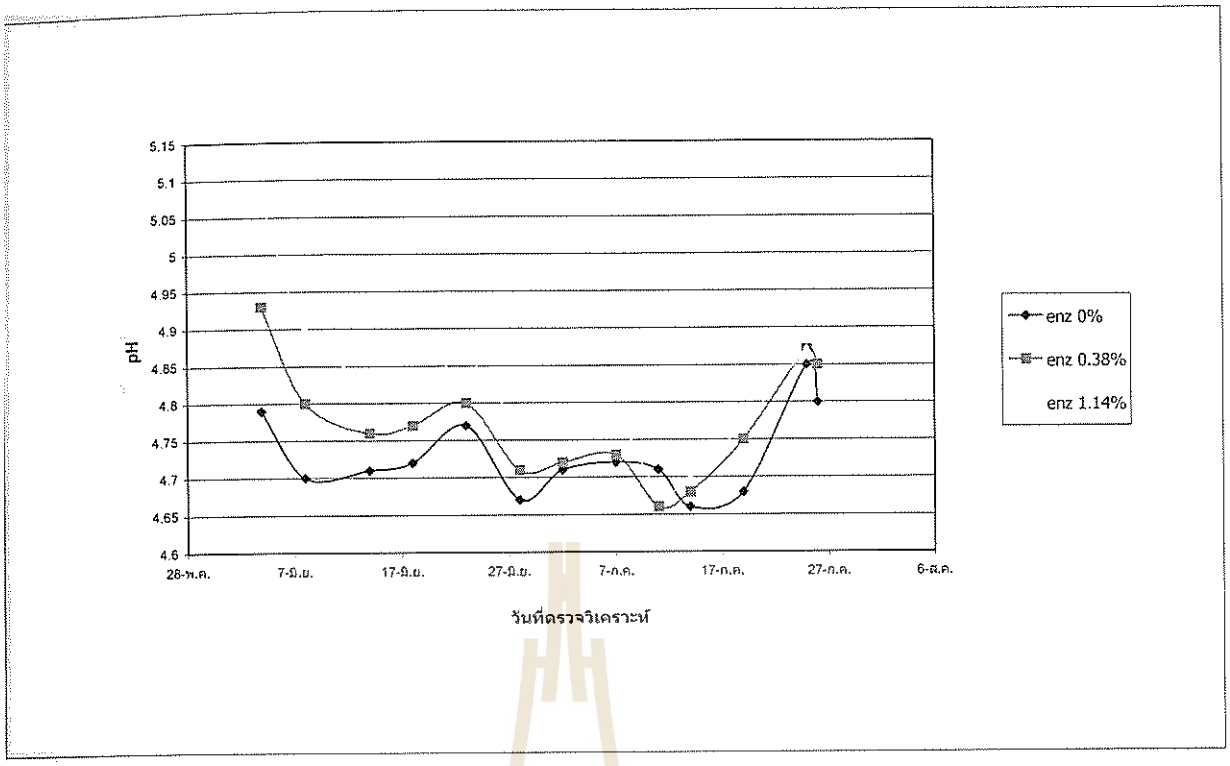
วันที่ตรวจ	Control		เอนไซม์ 0.38% ของถั่วเหลือง		เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลือง	
	1	2	1	2	1	2
11 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว ปานกลาง	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว ปานกลาง	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มาก	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มาก
14 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากเพิ่มขึ้น	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากเพิ่มขึ้น	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากเพิ่มขึ้น	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากเพิ่มขึ้น	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากเพิ่มขึ้น	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากที่สุด
19 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นหมักรุน แรงมาก	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นหมักรุน แรงมาก	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นของ alcohol	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นของ alcohol	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว ไม่ฉุนและมีกลิ่นของ alcohol เล็กน้อย	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว กลิ่นนุ่ม และมีกลิ่นของ alcohol
23 ก.ค. 48	กลิ่นหอมของซีอิ้วดีขึ้น	กลิ่นหอมของซีอิ้วดีกว่า 1 เล็กน้อย	กลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นหมักเล็กน้อย	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นของ alcohol เล็กน้อย	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว และมีกลิ่นของ alcohol	มีกลิ่นหอมของซีอิ้ว มากและมีกลิ่นของ alcohol เล็กน้อย
25 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของซีอิ้วไม่แตกต่างกัน					
26 ก.ค. 48	มีกลิ่นหอมของซีอิ้วไม่แตกต่างกัน มีกลิ่นเค็มของเกลือ ไม่มีกลิ่นของการหมัก (ซีอิ้วหลังต้ม)					

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่4 เปรียบเทียบปริมาณอะมิโนไนโตรเจนของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน



รูปที่ 5 เปรียบเทียบ Brix ของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน



รูปที่ 6 เปรียบเทียบ pH ของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน

จากการทดลองหมักซีอิ้วและเก็บตัวอย่างมาตรวจผลทุก 4-5 วัน เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณ % อะมิโนไนโตรเจน (%A.N.) ของซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นค่า %A.N. ของซีอิ้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและลดลงเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2548 เนื่องจากการเติมน้ำในขั้นตอนการหมัก และลดลงอีกครั้งเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2548 เนื่องจากการเติมน้ำเกลือ ในขั้นตอนการหมัก

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า %A.N. ของแต่ละตัวอย่างที่ใส่เอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าช่วงแรกของการหมักค่า %A.N. ของซีอิ้วที่ใส่ เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลืองมีค่าน้อยกว่า ที่ใส่เอนไซม์ 0.38% ของถั่วเหลือง และเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นค่า %A.N. ของซีอิ้วที่ใส่ เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลืองมีค่าน้อยกว่า Control ซึ่งไม่ได้ใส่เอนไซม์ แต่เมื่อนำซีอิ้วต้มหลังการหมัก 2 เดือนมาตรวจผลกลับ พบว่า ค่า %A.N. ของซีอิ้วที่เติมเอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลือง มากที่สุดรองลงมาคือ 0.38% และ Control ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า %A.N. ที่ได้ของตัวอย่างทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะในการหมักซีอิ้วไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ สังเกตได้จากผลการทดลองดังตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองโดยใช้เอนไซม์หมักโคจิระยะเวลา 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 °C พบว่าการหมักโคจิในน้ำเกลือที่ 40 °C ได้ค่า %A.N. มากกว่าการหมักโคจิในน้ำเกลือที่ 30 °C แสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ และอาจเกิดจากการกระจายของเอนไซม์ไม่สม่ำเสมอระหว่างการผสมในโคจิ หรืออาจเป็นผลมาจากปริมาณเชื้อโคจิเริ่มที่ได้จากการบ่ม ที่ อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 2 วันไม่เท่ากัน จึงทำให้ค่าของ %A.N. ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับ Control

พิจารณาตารางที่ 4 แสดงผลลักษณะประสาทสัมผัสทางกลิ่นของซีอิ้วพบว่า การหมักซีอิ้วในช่วงแรกมีความแตกต่างกันเรื่องของกลิ่นค่อนข้างชัดเจน คือ การทดลองใส่เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลืองให้กลิ่นหอมดีมากที่สุด รองมาคือ การทดลองใส่เอนไซม์ 0.38% ของถั่วเหลือง และการทดลองโดยไม่ใส่เอนไซม์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น(ประมาณ 1 เดือน)กลิ่นของซีอิ้วเริ่มไม่แตกต่างกันมาก แต่การทดลองโดยใส่เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลืองยังคงให้กลิ่นดีที่สุด และหลังจากต้มเป็นซีอิ้วแล้วได้กลิ่นหอมของซีอิ้วใกล้เคียงกัน

ผลจากการเปรียบเทียบสีซีอิ้วกับหลอดเทียบสีมาตรฐาน พบว่า ตั้งแต่วันแรกของการหมักจนถึงวันที่ 14 กรกฎาคม 2548 สีมีค่ามากกว่าเบอร์ 28 ของหลองเทียบสีมาตรฐานซึ่งเป็นหลอดเทียบสีที่อ่อนที่สุดของซีอิ๊ว และเมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้นสีมีค่าน้อยกว่าหลองเทียบสีมาตรฐานเบอร์ 28 แสดงว่า เมื่อการระยะเวลาในการหมักซีอิ้วนานขึ้น สีของน้ำซีอิ้วจะเข้มขึ้น และผลจากตารางที่ 1 การตรวจวัดลักษณะต่างๆ ของ ซีอิ้วดิบ ทุกๆ 4-5 วัน พบว่า การใส่เอนไซม์ 1.14% ของถั่วเหลืองให้ซีอิ้วสีเข้มว่า การใส่เอนไซม์ 0.38% ของถั่วเหลืองและการไม่ใส่เอนไซม์ ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาการเพิ่มปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (% A.N.) ในซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 0, 0.38 และ 1.14 % ของถั่วเหลืองจะพบว่า ปริมาณ % A.N. ที่ได้ คือ 0.542, 0.549และ 0.567% ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่า เมื่อเราเพิ่มปริมาณเอนไซม์ในซีอิ้วจะทำให้ปริมาณอะมิโนไนโตรเจน ที่ได้เพิ่มขึ้นแต่ค่าที่ได้ก็มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนกลิ่นและรสชาติของ ซีอิ้วที่ใส่เอนไซม์ทั้ง 3 ระดับมีกลิ่นรสที่ใกล้เคียงกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
สรุปผลการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานในบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด ในแผนกควบคุมคุณภาพ ตั้งแต่วันที่ 18 เมษายน 2548 ถึง 5 สิงหาคม 2548 ส่งผลให้เกิดผลประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ดังนี้

1. ด้านสังคม

- ได้เข้าใจถึงลักษณะของการทำงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีความแตกต่างจากการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย
- ได้เรียนรู้การปรับตัวในสังคม เรียนรู้มารยาทของการเข้าสังคม และรู้จักวางตัวให้เหมาะสมกับสถานะภาพของตนเอง
- ได้รู้จักการควบคุมตัวเอง บังคับตัวเองให้อยู่ในกฎเกณฑ์ของสังคมขนาดใหญ่มากขึ้น และรู้จักการพึ่งพาตนเองมากขึ้น

2. ด้านทฤษฎี

- ได้รับความรู้ใหม่เพิ่มเติมในเรื่องการวิเคราะห์ค่าพื้นฐานทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น ปริมาณกรดอะมิโน ปริมาณเกลือ %V.B.N. เป็นต้น
- ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการค้นคว้าในเรื่องต่างๆ และเข้าใจเนื้อหาของเรื่องดังกล่าว เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
- ได้เรียนรู้กระบวนการในการผลิต ซีอิ๊วพิเศษ
- ทราบคุณสมบัติของเอนไซม์โปรติเอสมากขึ้น

3. ด้านปฏิบัติ

- ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต
- ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนและหลังบรรจุ เช่น การตรวจคุณภาพทางเคมีกายภาพ การทดสอบทางประสาทสัมผัส
- ได้เรียนรู้วิธีการและขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของทางบริษัท
- รู้จักการวางแผนในการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการปฏิบัติงานในแผนกควบคุมคุณภาพ บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอริ่ง คาเมลเลีย จำกัด ตั้งแต่วันที่ 18 เมษายน 2548 ถึง 5 สิงหาคม 2548 นั้นได้รับประสบการณ์การในการทำงานและยังได้รับความรู้ใหม่ ๆ เพิ่มเติมอีกมากมายซึ่งเป็นประสบการณ์ที่ดีที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงเพื่อเกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้ ในระหว่างปฏิบัติงานพบปัญหาและอุปสรรคบางประการ ได้แก่

- เนื่องจากเป็นการปฏิบัติงานจริงเป็นครั้งแรกในสถานประกอบการหรือบริษัท ทำให้ช่วงแรกทำงานได้ไม่เต็มที่นัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยังไม่เข้าใจกระบวนการและขั้นตอนในการทำงาน จึงต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัวและเมื่อได้รับคำแนะนำจาก Job Supervisor ตลอดจนเจ้าหน้าที่และพนักงานของสถานประกอบการแล้ว ทำให้สามารถลดข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้
- พนักงานมีจำนวนน้อยไม่เพียงพอต่อปริมาณงานทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). **เคมีอาหาร.** กรุงเทพมหานคร. โอเดียนสโตร์

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ลักขณา รุจนะไกรกานต์. (2531). **หลักการวิเคราะห์อาหาร.** เชียงใหม่ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิเชียร ลีลาวัชรมาส.(2534). **ซีอิ้ว.** เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางแสดงน้ำหนักโคจิที่หายไป

กระด้งที่	น้ำหนักโคจิก่อนบ่ม (A)	น้ำหนักโคจิหลังบ่ม (B)	A-B
1	9.0	7.50	1.50
2	9.0	7.50	1.50
3	9.0	7.40	1.60
4	9.0	7.40	1.60
5	9.0	7.40	1.60
6	9.0	7.50	1.50
7	9.0	7.50	1.50
8	11.0	9.20	1.80
9	11.0	9.20	1.80
10	11.0	9.20	1.80
11	10.0	7.50	2.50
12	9.0	7.50	1.50
13	9.0	8.30	0.70
14	10.0	8.30	1.70
15	10.0	8.30	1.70
16	10.0	8.30	1.70
17	10.0	8.30	1.70
18	11.0	9.20	1.80
19	10.2	8.35	1.85
20	9.0	7.50	1.50
21	10.0	8.30	1.70
22	10.0	8.30	1.70
23	10.0	8.30	1.70
24	10.0	8.30	1.70
25	11.0	9.20	1.80
26	12.0	9.20	2.80
27	10.0	8.30	1.70
28	10.0	8.30	1.70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กระด้งที่	น้ำหนักโคจิก่อนบ่ม (A)	น้ำหนักโคจิหลังบ่ม (B)	A-B
29	10.0	8.30	1.70
30	10.0	8.30	1.70
รวม	297.2	246.15	51.05
เฉลี่ย	9.91	8.21	1.70

การคำนวณหาน้ำหนักโคจิที่หายไป

น้ำหนักโคจิก่อนบ่มเฉลี่ย 9.91 kg เหลือน้ำหนักโคจิหลังบ่มเฉลี่ย 8.21 kg

ฉะนั้นน้ำหนักโคจิที่หายไป = 9.91 - 8.21 kg

1.70 kg หรือ 17.18 %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางแสดงผลการทำซีอิ้วโดยใช้เอนไซม์

วันที่	ปริมาณ	อุณหภูมิ(°C)			Brix			pH			NaCl (%)			A.N. (%)		
	enz (%)	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
4	0	31.2	31.2	31.2	38.6	37.6	38.1	4.79	4.79	4.79	14.33	15.19	14.76	0.476	0.413	0.445
มิ.ย.	0.38	31.2	31.2	31.2	41.6	39.2	40.4	4.93	4.93	4.93	19.34	14.91	17.13	0.462	0.532	0.497
48	1.14	31.2	31.2	31.2	43.2	41.6	42.4	5.08	5.08	5.08	21.21	18.05	19.63	0.483	0.525	0.504
8	0	31.8	31.8	31.8	39.8	40.2	40.0	4.72	4.72	4.70	17.09	15.98	16.54	0.518	0.567	0.543
มิ.ย.	0.38	31.8	32.0	31.9	40.9	43.0	42.0	4.80	4.81	4.80	16.34	20.07	18.21	0.616	0.532	0.574
48	1.14	32.2	32.0	32.10	44.1	44.0	44.1	4.93	4.85	4.90	21.35	19.99	20.67	0.518	0.588	0.553
14	0	31.4	31.4	31.40	41.3	41.3	41.3	4.72	4.69	4.71	18.34	17.12	17.73	0.560	0.602	0.581
มิ.ย.	0.38	31.6	31.9	31.75	42.0	43.5	42.8	4.76	4.76	4.76	17.12	20.21	18.66	0.637	0.546	0.591
48	1.14	32.0	32.2	32.10	44.7	44.4	44.6	4.86	4.80	4.83	21.78	20.28	21.03	0.560	0.637	0.598
18	0	31.1	31.0	31.05	42.0	42.8	42.40	4.72	4.71	4.72	18.20	17.05	17.63	0.616	0.637	0.627
มิ.ย.	0.38	31.3	31.3	31.30	42.8	43.8	43.30	4.73	4.80	4.77	17.05	19.77	18.41	0.707	0.567	0.637
48	1.14	31.4	31.2	31.30	45.0	44.8	44.90	4.83	4.78	4.81	21.04	20.52	20.78	0.581	0.679	0.630
23	0	31.6	31.5	31.55	42.4	42.3	42.35	4.78	4.76	4.77	18.34	18.05	18.20	0.658	0.672	0.665
มิ.ย.	0.38	31.7	31.5	31.60	43.0	44.0	43.5	4.78	4.82	4.80	17.19	19.49	18.34	0.742	0..616	0.679
48	1.14	32.3	32.3	32.30	45.1	45.0	45.05	4.87	4.84	4.86	21.21	19.34	20.28	0.588	0.686	0.637

วันที่	ปริมาณ enz (%)	อุณหภูมิ (°C)			Brix			pH			NaCl (%)			A.N. (%)		
		1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
28 มิ.ย. 48	0	31.2	31.2	31.2	42.7	42.4	42.6	4.70	4.64	4.67	18.20	17.48	17.84	0.658	0.679	0.668
	0.38	31.5	31.2	31.4	43.0	44.0	43.5	4.70	4.71	4.71	17.48	19.77	18.62	0.756	0.616	0.686
	1.14	31.7	32.0	31.9	45.2	44.9	45.1	4.77	4.76	4.77	21.49	19.77	20.63	0.609	0.700	0.654
2 ก.ค. 48	0	30.6	31.0	30.8	42.9	42.8	42.9	4.73	4.69	4.71	18.34	17.62	17.98	0.700	0.644	0.672
	0.38	31.3	31.0	31.2	43.0	44.2	43.6	4.70	4.74	4.72	17.91	18.48	18.20	0.728	0.665	0.696
	1.14	31.4	31.3	31.4	45.4	45.1	45.3	4.75	4.77	4.76	21.06	19.77	20.42	0.616	0.714	0.665
7 ก.ค. 48	0	30.3	30.2	30.3	43.4	43.0	43.2	4.71	4.72	4.72	18.20	18.20	18.20	0.693	0.742	0.717
	0.38	30.4	30.4	30.4	43.0	44.2	43.6	4.69	4.77	4.73	18.20	19.92	19.06	0.784	0.693	0.738
	1.14	30.6	30.7	30.7	45.6	45.0	45.3	4.78	4.77	4.78	21.06	19.34	20.20	0.651	0.735	0.693
11 ก.ค. 48	0	31.4	31.1	31.3	43.6	43.4	43.5	4.66	4.71	4.71	18.48	17.62	18.05	0.714	0.777	0.745
	0.38	31.0	31.1	31.1	43.6	44.4	44.0	4.73	4.66	4.66	18.34	19.48	19.48	0.770	0.686	0.728
	1.14	30.4	30.9	30.7	45.2	45.4	45.3	4.72	4.64	4.68	20.68	19.20	19.92	0.630	0.721	0.675
14 ก.ค. 48	0	31.3	31.1	31.2	35.0	36.0	35.5	4.67	4.64	4.66	17.19	16.79	16.99	0.553	0.546	0.549
	0.38	31.0	31.2	31.1	35.0	35.6	35.3	4.70	4.65	4.68	17.05	17.34	17.19	0.560	0.504	0.532
	1.14	31.5	31.9	31.7	35.2	36.3	35.8	4.72	4.68	4.70	17.19	17.61	17.40	0.511	0.574	0.542

วันที่	ปริมาณ enz (%)	อุณหภูมิ(°C)			Brix			pH			NaCl (%)			A.N. (%)		
		1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
19	0	31.5	31	31.3	34.8	35.2	35.0	4.69	4.67	4.68	17.05	16.91	16.98	0.595	0.602	0.598
ก.ค.	0.38	31.2	31.1	31.2	34.1	34	34.1	4.67	4.83	4.75	17.05	16.91	16.98	0.651	0.630	0.640
48	1.14	31.9	32.4	32.2	34	34.4	34.2	4.80	4.74	4.77	17.05	17.48	17.27	0.581	0.609	0.595
25	0	31.1	31.0	31.1	32.8	32.8	32.8	4.84	4.86	4.85	17.48	17.48	17.48	0.504	0.483	0.493
ก.ค.	0.38	30.9	31.0	31.0	34.6	32.2	33.4	4.85	4.89	4.87	16.76	17.62	17.19	0.525	0.511	0.518
48	1.14	31.1	31.2	31.2	32.0	32.6	32.3	4.93	4.80	4.87	17.62	17.48	17.55	0.480	0.525	0.502
26	0	31.3	31.1	31.2	34.4	35.1	34.8	4.81	4.79	4.80	18.48	19.34	18.91	0.532	0.553	0.542
ก.ค.	0.38	31.0	31.2	31.1	34.4	33.2	33.8	4.82	4.88	4.85	19.49	18.91	19.20	0.574	0.525	0.549
48	1.14	31.5	31.9	31.7	33.6	34.0	33.8	4.90	4.86	4.88	18.77	18.91	18.84	0.546	0.588	0.567

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี