

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen ในเนื้อ และการวิเคราะห์ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์

โดย

นางสาววรวิทย์ยา เกียรติพงษ์ลาภ รหัส B4251101

นางสาวคุณากรณ์ สอนองคุณ รหัส B4252382

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 305 497 สหกิจศึกษา
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545

วันที่ 24 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2545

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร อาจารย์สุเวทย์ นิงสานนท์

ตามที่คณะผู้จัดทำ นางสาววรวิมลยา เกียรติพงษ์ลาภ และนางสาวคุณาภรณ์ สอนองคุณ นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (305 497) ระหว่างวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ในตำแหน่งผู้ช่วย QC. Supervisor ณ บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คาเมลเลีย จำกัด และได้รับมอบหมายจาก Job supervisor ให้ศึกษาและทำรายงาน เรื่องการวิเคราะห์ Volatile Basic Nitrogen ในเนื้อและการวิเคราะห์ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ
คณะผู้จัดทำรายงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgment)

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คาเมลเลีย จำกัด ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2545 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ จากการทำงานที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานสหกิจศึกษาศึกษานับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณชัชวาลย์ สุมากุล กรรมการผู้จัดการบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คาเมลเลีย จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด กิคโคเคน ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษาและได้ให้โอกาสที่มีคุณค่ายิ่ง

2. คุณวรวิทย์ กาพย์ไกรแก้ว ผู้จัดการฝ่ายผลิต ห้างหุ้นส่วนจำกัด กิคโคเคน

3. คุณศุภนิโอ โอคาเบ้ ผู้จัดการฝ่ายประสานงานระหว่างประเทศ

4. คุณศุภชัย ฟ้ายลิปทอง ผู้จัดการฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ

5. คุณรณพงษ์ ทองอินทร์ ผู้จัดการฝ่ายผลิต บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คาเมลเลีย จำกัด

6. คุณปาริชาติ ภาพสิงห์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งเป็น Co – op Supervisor

7. คุณสมพงษ์ แก้วประเสริฐ เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคล

8. คุณอนามัย สิงห์เส ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ

9. คุณสุกัญญา โชติสุวรรณ ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแล และให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง คณะผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำรายงาน

15 ธันวาคม พ.ศ. 2545

บทคัดย่อ

(Abstract)

บริษัท ดับเบิ้ลฟลาวเวอร์ริง คามมัลเดีย จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด คิคโคเคน เป็นบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทซูปเซมซัน เครื่องปรุงรส ผลิตภัณฑ์อาหารสด เช่น ลูกชิ้นทอด จิ๋ววะ คามาโบ โกะ เต้าหู้ทอด อุดัง โมจิ ภายใต้เครื่องหมายการค้า “มารูเคน” นัตโต้ ภายใต้เครื่องหมายการค้า “เคน” จากการเข้าไปปฏิบัติงานในบริษัท ได้รับมอบหมายให้ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ของเนื้อหมูและเนื้อไก่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ และศึกษาวิเคราะห์ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังได้มีการจัดทำเอกสารคู่มือการใช้เครื่องมือ วิธีการปฏิบัติงานตรวจวัดคุณภาพ ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการดำเนินการทั้งหมด เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการคุณภาพของทางบริษัท



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่ง	1
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อ	3
สารบัญ	4
สารบัญตาราง	5
สารบัญรูป	6
บทที่ 1 บทนำ	7
1. วัตถุประสงค์	7
2. รายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท	7
บทที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับงานที่ปฏิบัติ	10
1. การวิเคราะห์ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อสัตว์	10
2. การหาปริมาณกรด (Titratable Acidity) ในผลิตภัณฑ์	25
บทที่ 3 สรุปผลการปฏิบัติงาน	34
บทที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก 1 ตารางผลการทดลองปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen	37
ภาคผนวก 2 ตารางผลการทดลองปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์	41

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเนื้อหมูและเนื้อไก่	18
ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าปริมาณกรดโดยเฉลี่ยที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์บางชนิด	31
ตารางที่ 3 แสดงค่า % Acidity ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และที่ผ่านการวิเคราะห์จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้	32
 ภาคผนวก	
ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อหมู ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Acid – Alkali Reaction Method	37
ตารางที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อหมู ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Buffering Effect Method	38
ตารางที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อไก่ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Acid – Alkali Reaction Method	39
ตารางที่ 1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อไก่ ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Buffering Effect Method	40
ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างชนิดต่างๆ โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย pH meter และการวิเคราะห์ด้วยอินดิเคเตอร์	41

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 VBN curve ของเนื้อหมูตามระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C	19
ภาพที่ 2 VBN curve ของเนื้อไก่ตามระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C	20
ภาพที่ 3 VBN curve ของเนื้อหมูและเนื้อไก่โดยวิธี Acid - Alkali Reaction Method	22
ภาพที่ 4 VBN curve ของเนื้อหมูและเนื้อไก่โดยวิธี Buffering Effect Method	23



บทที่ 1

บทนำ

1. วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาการทำงานภายใน ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิคโคเคน และบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คามลเสียบ จำกัด
- เพื่อศึกษา เข้าใจถึงวิธีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์อาหาร
- เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์การทำงานจากการปฏิบัติงานจริง
- เพื่อนำทฤษฎีจากการศึกษามาใช้ในการปฏิบัติงานจริง

2. รายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท

2.1 ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิคโคเคน ก่อตั้งเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2529 ผลิตขอสปรงรส ต่างๆ อาทิเช่น ซออิ้ว เต้าเจี้ยวญี่ปุ่น ขอสปรงต่างๆ และอาหารสด เช่น ลูกชิ้น ไส้เตี๋ย คามาโบโกะ เต้าหู้ทอด ลูกชิ้น และโมจิ

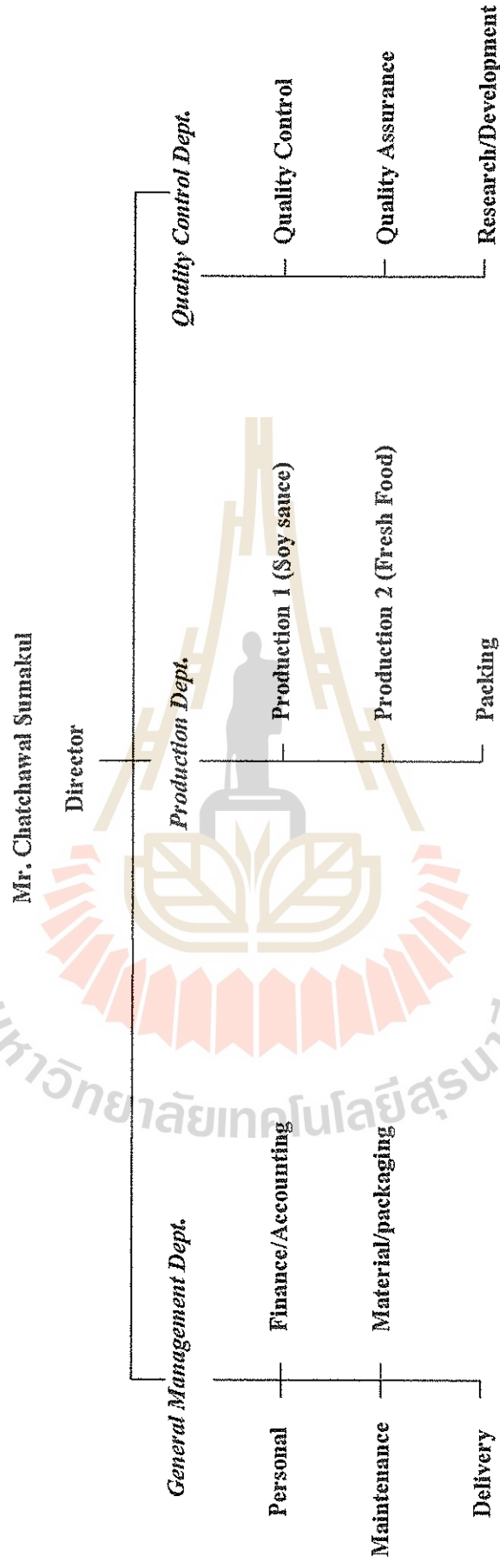
2.2 บริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คามลเสียบ จำกัด ก่อตั้งเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 โดยการร่วมทุนระหว่างห้างหุ้นส่วนจำกัด คิคโคเคน กับ บริษัท ฮาจิบัง ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งประกอบธุรกิจอาหารแปรรูป ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทซูชิและซูชิโรล

2.3 ชื่อ – ที่ตั้งสถานประกอบการ :

ห้างหุ้นส่วนจำกัด คิคโคเคน (KIK) และบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คามลเสียบ จำกัด (D.F.C) ตั้งอยู่ที่ 154 หมู่ 1 ซอยสี่ศอก ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางเสาธง กิ่งอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10540

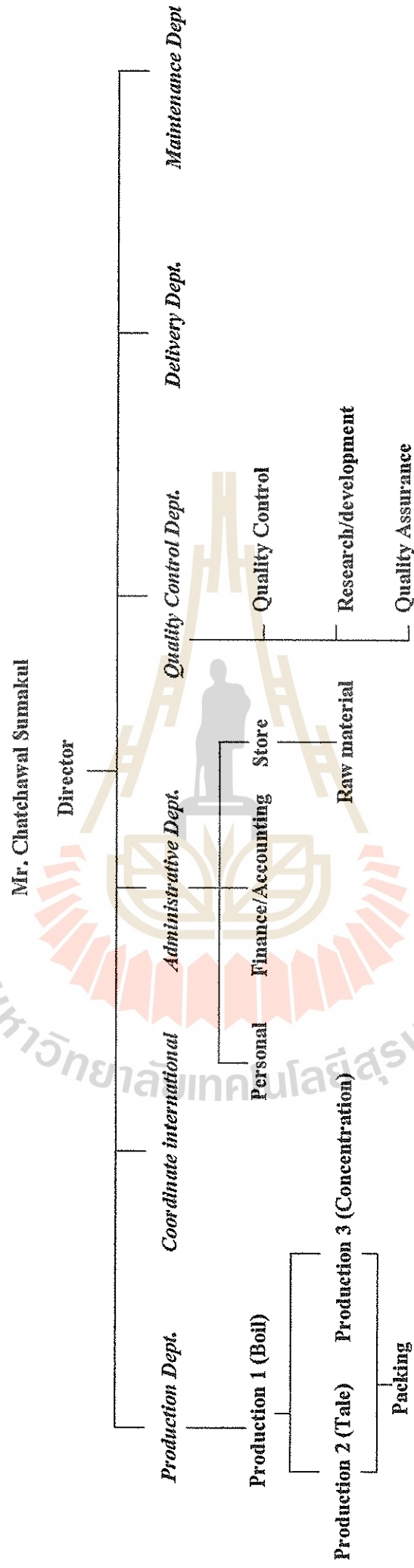
KIKKOKEN LTD., PART

Organization Structure



DOUBLEFLOWERING CAMELLIA CO., LTD.

Organization Structure



บทที่ 2

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

1. การวิเคราะห์ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อสัตว์

หลักการ (Principle)

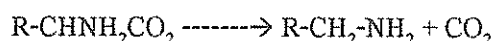
การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์

หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าและชำแหละ เนื้อสัตว์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากการกระทำของเอนไซม์ของสัตว์ กิจกรรมของจุลินทรีย์และการออกซิไดซ์ของไขมัน โดยจุลินทรีย์มักปนเปื้อนจากภายนอกและระบบทางเดินอาหารของสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการปนเปื้อนจากอุปกรณ์ ภาชนะบรรจุ อากาศ และการขนส่ง จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเหล่านี้สามารถเจริญได้ดีในเนื้อสัตว์ทำให้เนื้อสัตว์เกิดการเน่าเสียได้ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือการเน่าเสียของเนื้อสัตว์มีดังต่อไปนี้

1. ชนิด จำนวน และการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์
2. คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ เนื้อที่มีพื้นที่ผิวมากทำให้เกิดการเสื่อมเสียเร็วขึ้น เนื่องจากมีส่วนที่สัมผัสกับจุลินทรีย์มากและมีอากาศเพียงพอต่อการเจริญของแอโรบ ถ้าพื้นที่ผิวมีไขมันอยู่ด้วยจะช่วยป้องกันการเสียที่มีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุ แต่อาจทำให้เกิดการออกซิไดซ์ของไขมันที่ทำให้เกิดการหืนได้
3. คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อ ปริมาณความชื้นในเนื้อสัตว์มีความสำคัญต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญในเนื้อ ถ้าเนื้อที่มีผิวแห้งอาจไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์เลย หากมีความชื้นเล็กน้อยเราสามารถเจริญได้ ถ้ามีความชื้นเพิ่มมากขึ้นยีสต์และแบคทีเรียสามารถเจริญได้ ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บเนื้อควรมีการควบคุมให้มีความชื้นที่ไม่สามารถทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญได้ ส่วน pH เนื้อสดมี pH ประมาณ 5.7 - 7.2 ขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์ pH สูงจุลินทรีย์จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า pH ต่ำ
4. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บเนื้อสัตว์มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื้อสัตว์ที่เก็บที่อุณหภูมิค่าประมาณ 0 องศาเซลเซียส จะมีแค่เฉพาะไซโครไฟล์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ จุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้เนื้อสัตว์เกิดการเสียช้า เนื่องจากเอนไซม์สามารถย่อยโปรตีนได้อย่างช้าๆ และหลังจากโปรตีนถูกย่อยแล้วจุลินทรีย์ชนิดอื่นจะมาเจริญเติบโตต่อไป เนื้อสัตว์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส พวกมีโซไฟล์จะเจริญเติบโต ทำให้เน่าเสียเร็วและมีกลิ่นเหม็น เนื่องจากเอนไซม์ย่อยโปรตีนทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แอมโมเนีย (NH_3) และอินโดล

การเปลี่ยนแปลงโปรตีน เปปไทด์และกรดอะมิโนในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (putrefaction) ทำให้ได้สารที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมอร์แคปเทน แอมโมเนีย เอมีน และอินโดล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนโดยจุลินทรีย์อาศัยปฏิกิริยาต่อไปนี้

1. Decarboxylation จุลินทรีย์มีเอนไซม์ดีคาร์บอกซิเลสในการย่อยกรดอะมิโน เช่น Aspartate Glutamate Lysine Arginine Tyrosine Phenylalanine Tryptophan โดย Carboxyl group ของกรดอะมิโนจะถูกปลดปล่อยออกมาโดยกระบวนการ decarboxylation ทำให้เกิด เอมีน (Amine) และ คาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกริยาทั่วไปคือ



2. Deamination โดย Amino group ของกรดอะมิโนจะถูกปลดปล่อยให้หลุดออกมาเป็นแอมโมเนียอิสระได้โดยกระบวนการ deamination จากเอนไซม์ deaminase และทำให้เกิด keto acid ขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาสามารถเกิดได้ 2 แบบ คือ

2.1 Oxidative Deamination เช่น

Glutamate dehydrogenase



Alanine dehydrogenase



2.2 Non oxidative deamination

Aspartase (aspartic deaminase)



Serine deaminase



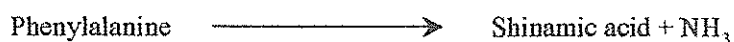
Threonine deaminase



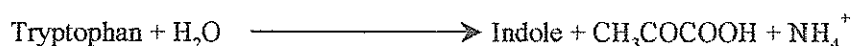
Cysteine deaminase



Phenylalanine deaminase



3. Hydroxylation จากปฏิกิริยาทำให้เกิดอินโดลซึ่งเป็นสารประกอบในโดรเจนที่ได้จากการสลายตัวของกรดอะมิโน tryptophan โดยแบคทีเรียบางชนิด



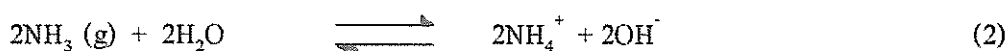
การวิเคราะห์ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N)

การวิเคราะห์ TVB-N เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ Volatile Nitrogen ที่เกิดขึ้นในเนื้อสัตว์เพื่อชี้บ่งถึงคุณภาพความสดของเนื้อ ในกระบวนการชำ การเก็บรักษาและการขนส่ง จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจะสามารถเจริญทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเกิดสารประกอบไนโตรเจน (เอมีน แอมโมเนีย อินโดล) ดังปฏิกิริยาข้างต้น ส่วนใหญ่การวิเคราะห์ Total Volatile Basic Nitrogen มักทำการวิเคราะห์คุณภาพความสดในอาหารทะเลและเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารประเภทยูนิวัน โดยค่า Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ไม่ได้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระยะเวลาการเก็บหรืออายุการเก็บของอาหารแช่แข็งและไม่ได้ใช้ในการทำนายอายุการเก็บของอาหารแช่แข็ง แต่ค่า Total Volatile Basic Nitrogen จะบ่งบอกถึงระดับขั้นของการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และอาหารทะเล (Botta, 1995)

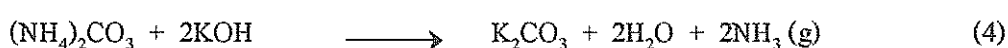
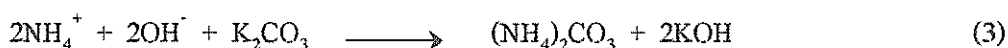
การวิเคราะห์ Total Volatile Basic Nitrogen สามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี การไทเทรตโดยอาศัยหลักการแพร่กระจายหรือ Conway's micro-diffusion method เป็นวิธีการวิเคราะห์แบบหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร โดยอาศัยการแพร่กระจาย (Diffusion) ของก๊าซแอมโมเนียที่เกิดจากสารประกอบไนโตรเจนที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนในเนื้อสัตว์ โดยสารประกอบไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียที่สามารถระเหยได้โดยการทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) การวิเคราะห์ Total Volatile Basic Nitrogen โดยการไทเทรตนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีแรกเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยากรด-เบส (Acid – Alkali Reaction Method) ซึ่งใช้กรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน ($H_2SO_4 - NaOH$) วิธีการที่สองเกี่ยวข้องกับ Buffering Effect ซึ่งใช้กรดซัลฟูริกและกรดบอริก ($H_2SO_4 - H_3BO_3$) ในการทำปฏิกิริยา

Acid – Alkali Reaction Method

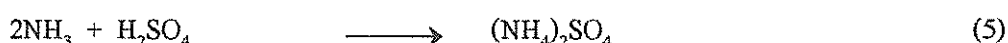
จากการย่อยกรดอะมิโนดังปฏิกิริยาดังกล่าวโดยเอนไซม์ protease ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายส่วนใหญ่คือ แอมโมเนีย (NH_3) และเอมีน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำสามารถเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมได้ดังปฏิกิริยา



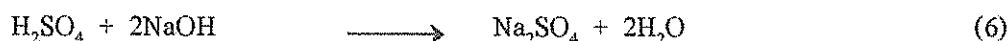
แอมโมเนียมและกลุ่มไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมคาร์บอเนตปลดปล่อยก๊าซแอมโมเนียที่สามารถระเหยได้



แอมโมเนียในสถานะที่เป็นก๊าซจะระเหยทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกได้แอมโมเนียมซัลเฟต



จากปฏิกิริยาทำให้ปริมาณกรดลดลง สามารถทราบปริมาณกรดที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียได้โดยการไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน

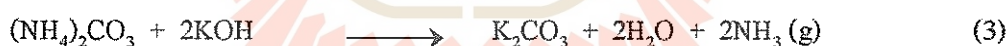


จากสมการ (5)

	1 mole H_2SO_4	$\equiv$	2 mole NH_3
หรือ	1 mole H_2SO_4	$\equiv$	28 g N
ดังนั้น	1 ml 1 M H_2SO_4	$\equiv$	0.028 g N
หรือ	1 ml 2 N H_2SO_4	$\equiv$	0.028 g N
ดังนั้น	1 ml 0.01 N H_2SO_4	$\equiv$	0.00014 g N
หรือ	1 ml 0.01 N H_2SO_4	$\equiv$	0.14 mg N

Buffering Effect Method

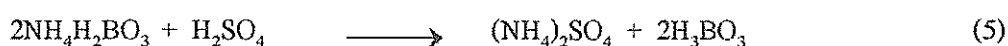
จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อสัตว์โดยจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโน เช่น แอมโมเนีย (NH_3) และเอมีน เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำสามารถเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมแอมโมเนียมและกลุ่มไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นจะสามารถทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมคาร์บอเนตปลดปล่อยก๊าซแอมโมเนียที่สามารถระเหยได้ ดังปฏิกิริยา



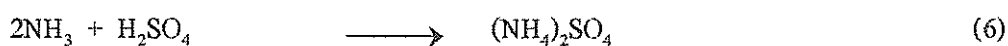
แอมโมเนียในสถานะก๊าซที่เกิดขึ้นจะระเหยและถูกกักเก็บไว้ด้วยกรดบอริกที่มีคุณสมบัติเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ในรูปของแอมโมเนียมบอเรต



ดังนั้นสามารถหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ระเหยได้โดยการไทเทรตแอมโมเนียมบอเรตด้วยกรดซัลฟูริกมาตรฐาน



เมื่อรวมสมการ (4) และ (5) จะเป็นสมการรวมของการไทเทรตโดยใช้กรดซัลฟูริก



จากสมการ (6)

	1 mole H_2SO_4	$\equiv$	2 mole NH_3
หรือ	1 mole H_2SO_4	$\equiv$	28 g N

ดังนั้น	1 ml 1 M H_2SO_4	$\equiv$	0.028 g N
หรือ	1 ml 2 N H_2SO_4	$\equiv$	0.028 g N
ดังนั้น	1 ml 0.001 N H_2SO_4	$\equiv$	0.000014 g N
หรือ	1 ml 0.001 N H_2SO_4	$\equiv$	0.014 mg N

วัตถุประสงค์

การศึกษากาการวิเคราะห์ค่า Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) จากการทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาวิธีการที่ถูกต้อง เหมาะสมในการวิเคราะห์ค่า TVB-N กำหนดขั้นตอนของการเสื่อมเสีย และกำหนดเกณฑ์คุณภาพ (Specification) ในการตรวจรับเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต

อุปกรณ์ (Equipment)

1. Conway's unit
2. Pipette 1 ml, 25 ml
3. Beaker
4. Digital Balance
5. Thermometer
6. นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี (Reagents)

1. 0.01 N NaOH
2. 0.001 N H_2SO_4
3. 0.01 N H_2SO_4
4. 1% Boric acid
5. Distill water
6. Silicone Grease
7. K_2CO_3 saturated solution : ชั่ง K_2CO_3 69.8 กรัม ในน้ำ 50 ml นำไปต้มให้ละลายจนหมด ทิ้งให้เย็น เก็บในตู้เย็น
8. Brunswick indicator : ผสม Methyl red 0.2 กรัม ($\text{C}_2\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_2 = 26.930$) และ Methylene blue ($\text{C}_{16}\text{H}_{16}\text{N}_3\text{S}\cdot\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O} = 373.90$) 0.1 กรัม ใน 70% ethanol ปริมาตร 300 ml

วิธีการ (Procedure)

การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation)

1. ชั่งตัวอย่าง (เนื้อหมูหรือ เนื้อไก่) น้ำหนัก 5.000 ± 0.003 กรัม หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ
2. ปิ่ตน้ำกลั่น 25 ml ลงในตัวอย่าง
3. บ่มตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) เป็นเวลา 10 นาที

วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Procedure)

1. Determination of TVB-N by Acid – Alkali Reaction Method

- 1.1 ปิ่ตสารละลาย $0.01\text{ N H}_2\text{SO}_4$ 1 ml ใส่บริเวณด้านใน Conway's unit
- 1.2 ปิ่ตสารละลาย K_2CO_3 saturated solution 1 ml และตัวอย่าง 1 ml ใส่บริเวณด้านนอก Conway's unit
- 1.3 ทา silicone grease บน lid ปิ่ต Conway's unit รัดให้แน่นด้วย gentle manner ผสมสารละลายตัวอย่างในแนวราบ
- 1.4 บ่มที่อุณหภูมิ $32 - 35^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 60 นาที
- 1.5 หยด Brunswick indicator 1 – 2 หยด ลงบริเวณด้านใน Conway's unit (บรรจุ H_2SO_4) นำไปทำการไทเทรตด้วย 0.01 N NaOH จนสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต
- 1.6 สำหรับ Blank ปิ่ตน้ำกลั่น 1 ml แทนตัวอย่างใส่บริเวณด้านนอก Conway's unit
- 1.7 คำนวณหา TVB-N

$$\text{TVB-N (\% mg N)} = \frac{(\text{Blank} - \text{Sample}) \times 0.14 \times 25 \times 100}{\text{Weight}}$$

2. Determination of TVB-N by Buffering Effect Method

- 2.1 ปิ่ตสารละลาย 1% Boric acid 1 ml ใส่บริเวณด้านใน Conway's unit
- 2.2 ปิ่ตสารละลาย K_2CO_3 saturated solution 1 ml และตัวอย่าง 1 ml ใส่บริเวณด้านนอก Conway's unit
- 1.8 ทา silicone grease บน lid ปิ่ต Conway's unit รัดให้แน่นด้วย gentle manner ผสมสารละลายตัวอย่างในแนวราบ
- 2.3 บ่มที่อุณหภูมิ $32 - 35^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 60 นาที
- 2.4 หยด Brunswick indicator 1 – 2 หยด ลงบริเวณด้านใน Conway's unit (บรรจุ 1% Boric acid) นำไปทำการไทเทรตด้วย $0.001\text{ N H}_2\text{SO}_4$ จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง บันทึกปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรต

2.5 สำหรับ Blank ปิเปตน้ำกลั่น 1 ml แทนตัวอย่างใส่บริเวณด้านนอก Conway's unit

2.6 คำนวณหา TVB-N

$$\text{TVB-N (\% mg N)} = \frac{(\text{Blank} - \text{Sample}) \times 0.014 \times 25 \times 100}{\text{Weight}}$$

วิธีการคำนวณ (Calculation)

Acid – Alkali Reaction Method

Sample solution 1 ml	มี ammonia	A
Ammonia A	ทำปฏิกิริยาพอดีกับ	H ₂ SO ₄ 1 ml 0.01 N
H ₂ SO ₄ 0.01 N	ทำปฏิกิริยาพอดีกับ	NaOH 0.01 N

ดังนั้น

Sample 1 ml	ทำปฏิกิริยาพอดีกับ	NaOH B ml
Sample 1 ml	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.14 mg

(0.14 mg มาจาก 1 ml 0.01 N H₂SO₄ $\equiv$ 0.14 mg N)

สารละลายตัวอย่าง 1 ml เตรียมจากสารละลายตัวอย่าง 25 ml ดังนั้น

Sample 1 ml	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.14 mg
Sample 25 ml	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.14 mg x 25 ml
		1 ml

สารละลายตัวอย่าง 25 ml เตรียมจากตัวอย่าง 5 กรัม ดังนั้น

Sample 5 กรัม	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.14 mg x 25
Sample 100 กรัม	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.14 mg x 25 x 100 g
		5 g

ดังนั้น

$$\text{TVB-N (\% mg N)} = \frac{(\text{Blank} - \text{Sample}) \times 0.14 \times 25 \times 100}{\text{Weight}}$$

Buffering Effect Method

Sample 1 ml	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.014 mg
Sample 25 ml	มี ไนโตรเจน	B ml x 0.014 mg x 25 ml
		1 ml

(0.014 mg มาจาก 1 ml 0.001 N H₂SO₄ $\equiv$ 0.014 mg N)

สารละลายตัวอย่าง 25 ml เติริมจากตัวอย่าง 5 กรัม ดังนั้น

$$\begin{array}{ll} \text{Sample 5 กรัม มี ไนโตรเจน} & B \text{ ml} \times 0.014 \text{ mg} \times 25 \\ \text{Sample 100 กรัม มี ไนโตรเจน} & \frac{B \text{ ml} \times 0.014 \text{ mg} \times 25 \times 100 \text{ g}}{5 \text{ g}} \end{array}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{TVB-N (\% mg N)} = \frac{(\text{Blank} - \text{Sample}) \times 0.014 \times 25 \times 100}{\text{Weight}}$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ของเนื้อหมูในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 168 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N แบบ Acid - Alkali Reaction Method กับ Buffering Effect Method แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า การวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีสามารถวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ได้ในปริมาณใกล้เคียงกันที่ระยะเวลาการเก็บเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ด้วยวิธี Buffering Effect Method สามารถวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ได้สูงกว่าวิธี Acid - Alkali Reaction Method อาจเกิดเนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Buffering Effect Method สารประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย (NH_3) ระบายทำปฏิกิริยากับกรดบอริก (H_3BO_3) เกิดสารประกอบแอมโมเนียมบอเรต ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$) เมื่อทำไตเตรททำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ได้สารประกอบแอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) ในส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธี Acid - Alkali Reaction Method สารประกอบแอมโมเนีย (NH_3) ที่เกิดขึ้นระบายทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกิดเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) และในการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N จะทำการไตเตรทกรดที่เหลืออยู่จากการทำปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียและกรดซัลฟิวริก และอาจเป็นไปได้ว่าแอมโมเนียมซัลเฟตที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์เช่นเดียวกัน ทำให้ค่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี Acid - Alkali Reaction Method ต่ำกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี Buffering Effect Method นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีที่จุดยุติในการวิเคราะห์ด้วยวิธี Buffering Effect Method สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง-น้ำเงินได้ไม่ชัดเจน ทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้มีค่ามากกว่าปกติ จากกราฟพบว่าปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมูขึ้นกับระยะเวลาการเก็บ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้นปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมูสูงขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งจะทำการย่อยสลายโพลีเปปไทด์ (polypeptide) และ กรดอะมิโน (amino acid) ของโปรตีนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย เอมีน อินโดล และสามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด โดยจากกราฟสามารถกำหนดระยะของการเสื่อมเสียได้ 4 ชั้น คือ ระยะแรกที่ระยะเวลาการเก็บ 0 – 78 ชั่วโมง คุณภาพของเนื้อ สด สีแดงอมชมพู มีกลิ่นควา ยังไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ สามารถวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมูประมาณ 0 – 8 %mg N ระยะที่สองระยะเวลาการเก็บ 78 – 120 ชั่วโมง

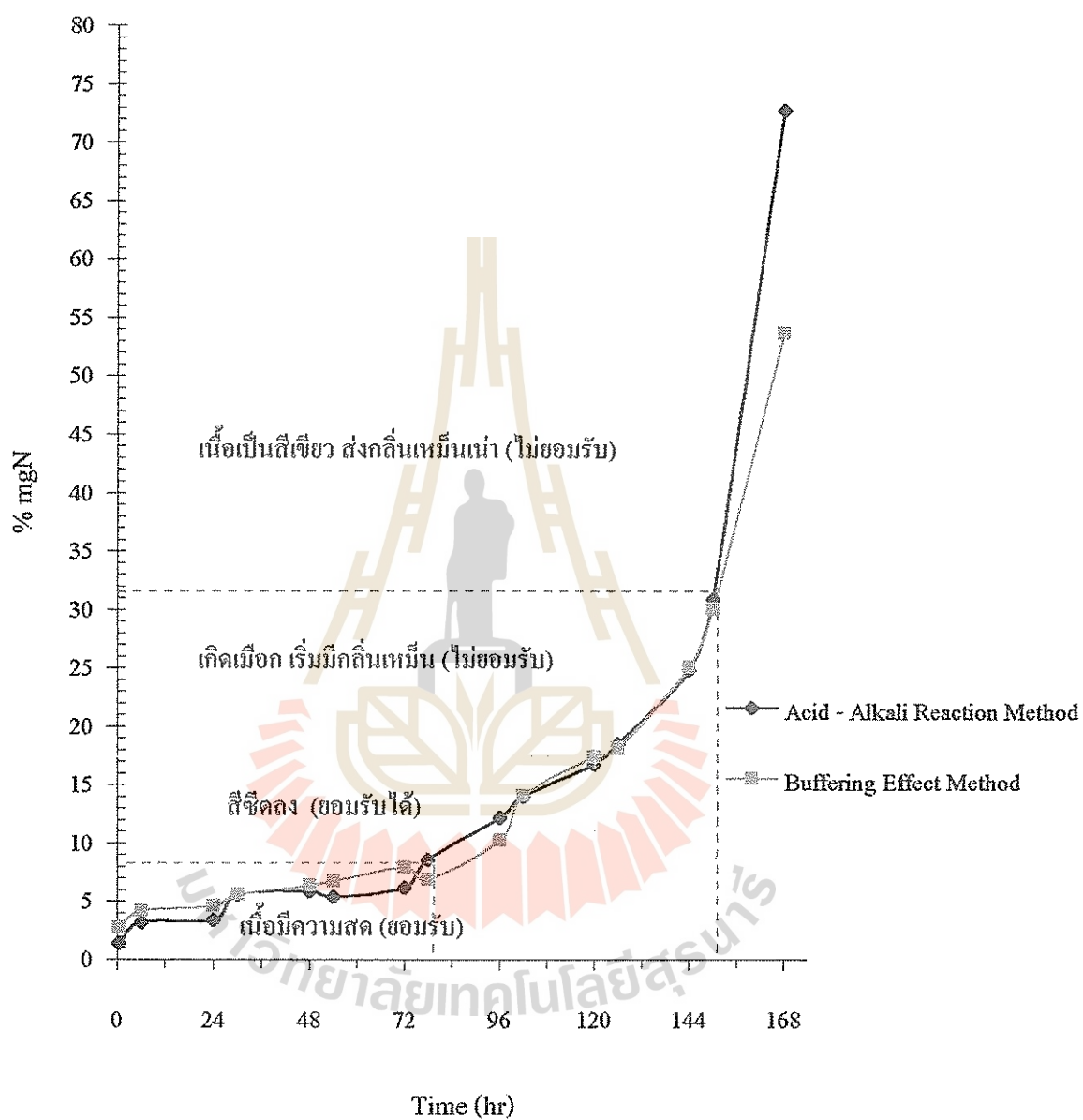
โหมง เนื้อเริ่มมีสีซีดลง นิ่มมากขึ้น และมีการเยิ้ม (drip loss) ของน้ำมากขึ้น ปริมาณ TVB-N ที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 8 – 17.5 %mg N ระยะที่สามระยะเวลาการเก็บ 120 – 150 ชั่วโมง ปริมาณ TVB-N ที่วิเคราะห์ได้ อยู่ในช่วง 17.5 – 31.5 %mg N พบว่าเนื้อเกิดเมือก เนื้อเริ่มเป็นสีเขียวและมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย และระยะสุดท้ายที่ระยะเวลาการเก็บมากกว่า 150 ชั่วโมงเนื้อจะมีลักษณะนิ่มและ มีกลิ่นเหม็นเน่าและมีสีเขียว วิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ได้มากกว่า 31.5 %mg N

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเนื้อหมูและเนื้อไก่

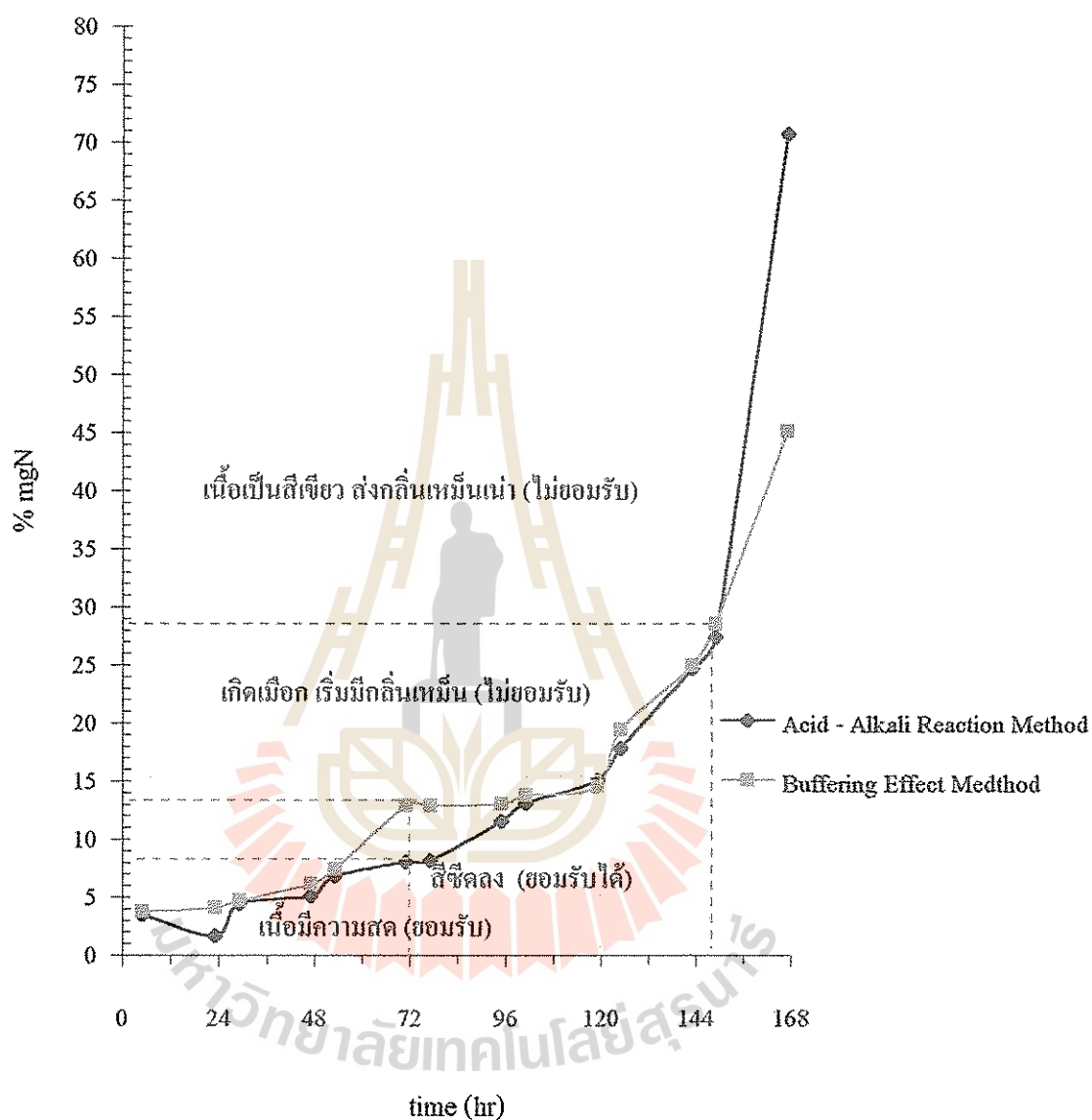
Time (hr)	เนื้อหมู			เนื้อไก่		
	TVB-N1	TVB-N2	ลักษณะด้านประสาทสัมผัส	TVB-N1	TVB-N2	ลักษณะด้านประสาทสัมผัส
20 m	1.393	2.751	เนื้อมีสีชมพูเข้ม มีความสด และมีกลิ่นปกติ	-	-	เนื้อมีสีขาวอมชมพู มีความสด และมีกลิ่นปกติ
6	3.214	4.195		3.481	3.495	
24	3.434	4.636		1.675	4.153	
30	5.584	5.584		4.458	4.698	
48	5.879	6.364		5.135	6.162	
54	5.446	6.774		6.828	7.408	
72	6.220	7.948		8.034	12.92	
78	8.585	6.868		8.163	12.89	
96	12.16	10.24	เนื้อมีสีชมพูซีด นิ่มมากขึ้น และมีการเยิ้ม	11.54	13.03	เนื้อมีสีซีดลง มีลักษณะนิ่มชุ่ม และมีการเยิ้ม
102	13.97	14.07		13.12	13.77	
120	16.75	17.38		15.09	14.54	
126	18.53	18.11	เนื้อเกิดเมือก เริ่มเป็นสีเขียว และมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	17.82	19.46	เกิดเมือก ชุ่ม เริ่มเป็นสีเขียว มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย
144	24.84	25.05		24.73	25.00	
150	30.90	30.05	เนื้อมีลักษณะนิ่มและ เป็นสีเขียวคล้ำ มีกลิ่นเหม็นเน่า	27.43	28.59	เนื้อมีลักษณะชุ่มและ มีสีเขียวคล้ำ มีกลิ่นเหม็นเน่ามาก
168	72.79	53.72		70.81	45.23	

** หมายเหตุ TVB-N1 คือ ปริมาณ TVB-N (%mg N) ที่วิเคราะห์โดยวิธี Acid –Alkali Reaction Method

TVB-N1 คือ ปริมาณ TVB-N (%mg N) ที่วิเคราะห์โดยวิธี Buffering Effect Method

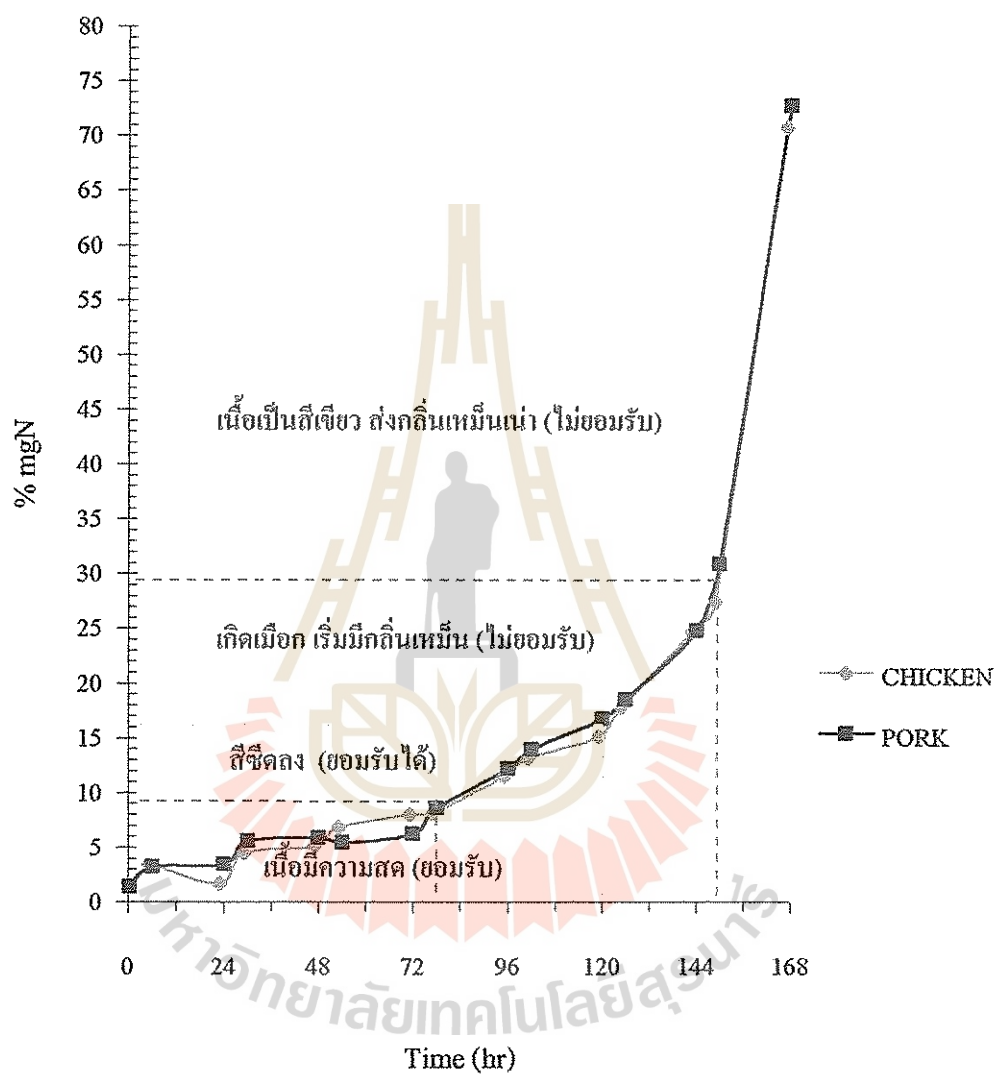


ภาพที่ 1 VBN curve ของเนื้อหมูตามระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

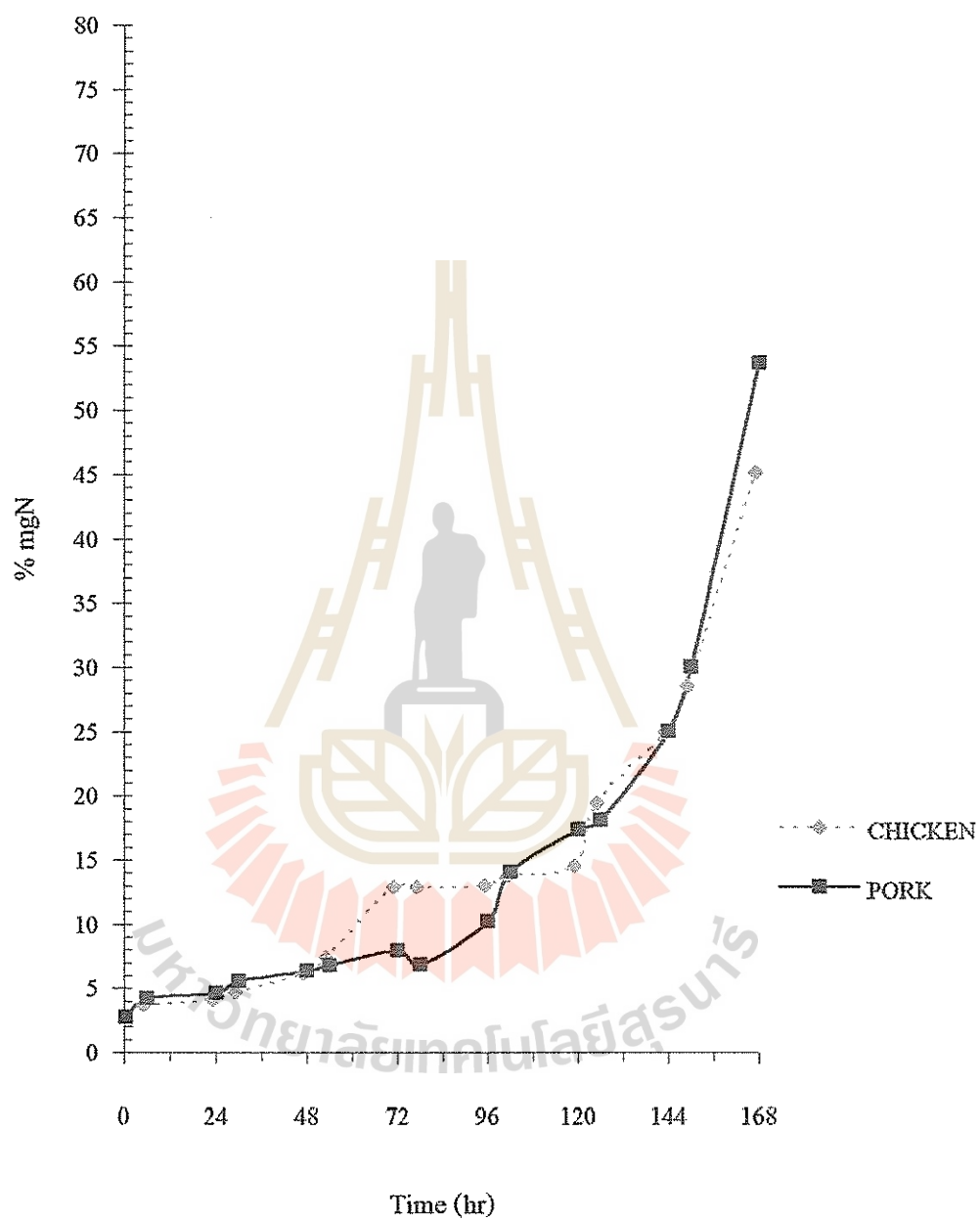


ภาพที่ 2 VBN curve ของเนื้อไก่ตามระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

จากการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ของเนื้อไก่ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 168 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ทั้ง 2 วิธีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมู ดังภาพที่ 2 พบว่าปริมาณ TVB-N ในเนื้อไก่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น จากกราฟ ระยะเวลาการเก็บเป็นเวลา 72 ชั่วโมง การวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ด้วยวิธี Buffering Effect Method ปริมาณ TVB-N ที่วิเคราะห์มีค่ามากกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี Acid – Alkali Reaction Method โดยที่การวิเคราะห์ด้วยวิธี Acid – Alkali Reaction Method วิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ได้ 8 %mg N ขณะที่การวิเคราะห์ด้วยวิธี Buffering Effect Method วิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในเนื้อไก่ได้ 13.5 %mg N ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากการอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่จุดยุติ หรืออาจเกิดจากการสุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์เนื่องจากเนื้อที่นำมาวิเคราะห์ไม่ใช่เนื้อไก่ที่มาจากตัวและชิ้นส่วนเดียวกัน ชิ้นเนื้อแต่ละส่วนมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนต่างกัน และจุลินทรีย์สามารถย่อยโปรตีนทำให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนได้ในปริมาณที่แตกต่างในแต่ละชิ้นส่วนของเนื้อ และอาจเกิดเนื่องจากการควบคุมสภาวะอุณหภูมิในการทดลอง และจากกราฟสามารถกำหนดระยะของการเสื่อมเสียได้ 4 ขั้นเช่นเดียวกันกับเนื้อหมู คือ ระยะแรกที่ยังระยะเวลาการเก็บ 0 – 72 ชั่วโมง คุณภาพของเนื้อ สด สีขาวอมชมพู มีกลิ่นฉุนและยังไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ สามารถวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในเนื้อไก่ประมาณ 0 – 8 %mg N สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี Acid – Alkali Reaction Method และ 0 – 13.5% mg N สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี Buffering Effect Method ในระยะที่สองระยะเวลาการเก็บ 72 – 120 ชั่วโมง เนื้อเริ่มมีสีซีดลง เริ่มยุ่ย และมีการเยิ้ม (drip loss) ของน้ำมากขึ้น ปริมาณ TVB-N ที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 8 – 15.5 %mg N ระยะที่สามระยะเวลาการเก็บ 120 – 150 ชั่วโมง ปริมาณ TVB-N ที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 15.5 – 28.5 %mg N พบว่าเนื้อเกิดเมือก เนื้อเริ่มเป็นสีเขียว มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อยและยุ่ยและมากขึ้น และระยะสุดท้ายที่ระยะเวลาการเก็บมากกว่า 150 ชั่วโมงเนื้อจะมีลักษณะนิ่มยุ่ยและ มีกลิ่นเหม็นเน่ามากและมีสีเขียว วิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ได้มากกว่า 28.5 %mg N



ภาพที่ 3 VBN curve ของเนื้อหมูและเนื้อไก่โดยวิธี Acid - Alkali Reaction Method



ภาพที่ 4 VBN curve ของเนื้อหมูและเนื้อไก่โดยวิธี Buffering Effect Method

การวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile basic Nitrogen (TVB-N) ของเนื้อสดในห้องปฏิบัติการ สำหรับตรวจคุณภาพวัตถุดิบ จำเป็นต้องเลือกวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ให้ผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำ เป็นที่น่าเชื่อถือได้ เมื่อเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมูและเนื้อไก่ทั้ง 2 วิธี ดังภาพที่ 3 และ 4 พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ด้วยวิธี Acid – Alkali Reaction Method น่าจะเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N มากกว่าวิธี Buffering Effect Method เนื่องจาก ปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมูและเนื้อไก่โดยวิธี Buffering Effect Method มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีที่จุดยุติไม่ชัดเจนและมีวิธีการเตรียมสารละลายที่ค่อนข้างยุ่งยาก มากกว่าวิธี Acid – Alkali Reaction Method ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N โดยวิธี Acid – Alkali Reaction Method ดังภาพที่ 3 สามารถนำมากำหนดระยะของการเสื่อมเสียและเกณฑ์การยอมรับเนื้อหมูและเนื้อไก่ได้โดยปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง 0 – 9 %mg N เนื้อมีคุณภาพความสดดี ไม่มีการเสื่อมเสีย เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ

ปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง 9 – 16 %mg N เนื้อเริ่มเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยมีสีซีดลง มีน้ำซึมและเนื้อมันมากขึ้น ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง 16 – 29.5 %mg N เนื้อมีการเสื่อมเสียโดยเกิดเมือก เริ่มมีกลิ่นเหม็นเน่า เนื้อที่มีค่าปริมาณ TVB-N นี้ไม่สามารถยอมรับได้

ปริมาณ TVB-N มีค่ามากกว่า 29.5 %mg N เนื้อเกิดการเสื่อมเสีย โดยจะส่งกลิ่นเหม็นและมีสีเขียวคล้ำ ลักษณะเนื้ออยู่และ ไม่สามารถยอมรับได้

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูและเนื้อไก่สามารถกำหนดเกณฑ์มาตรฐานปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen ในการตรวจรับวัตถุดิบและระยะการเสื่อมเสียของเนื้อสด จากการวิเคราะห์โดยวิธี Acid – Alkali Reaction Method ดังนี้

ปริมาณ TVB-N ในช่วงระหว่าง 0 – 9 %mg N เนื้อมีความสดใหม่คุณภาพดี อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ

ปริมาณ TVB-N ในช่วงระหว่าง 9 – 16 %mg N เนื้อเริ่มเกิดการเสื่อมเสีย คุณภาพปานกลาง อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ปริมาณ TVB-N ในช่วงระหว่าง 16 – 29.5 %mg N เนื้อเกิดการเสื่อมเสีย(เน่า) คุณภาพแย่ ไม่สามารถยอมรับได้

ปริมาณ TVB-N มากกว่า 29.5 %mg N เนื้อเกิดการเน่าอย่างมาก คุณภาพแย่มาก ไม่สามารถยอมรับได้

2. การหาปริมาณกรด (Titratable Acidity) ในผลิตภัณฑ์

หลักการ (Principle)

ในการหา %Acidity เป็นการหาปริมาณของกรดและด่างที่ทำปฏิกิริยาพหุคูณกัน โดยจะเติมด่างลงไปเพื่อเข้าทำปฏิกิริยากับกรด เมื่อทราบปริมาณของด่างทั้งหมดที่ใช้ไป ก็สามารถที่จะหาปริมาณของกรดที่อยู่ในตัวอย่างได้ จุดที่กรดและด่างทำปฏิกิริยากันด้วยจำนวนสมมูลที่เท่ากัน เรียกว่า จุดสมมูล ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถหาจุดสมมูลของปฏิกิริยาได้ แต่สามารถที่จะหาจุดยุติของการไทเทรตซึ่งเป็นจุดที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลของปฏิกิริยาได้ จุดยุติที่ได้จะใกล้เคียงกับจุดสมมูลมากขึ้นหรือน้อยขึ้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์ที่ใช้รวมทั้งความเข้มข้นของกรดและด่างที่ทำปฏิกิริยากันด้วย

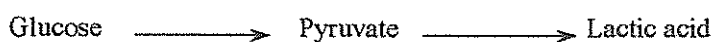
อินดิเคเตอร์ที่ใช้ในการไทเทรตส่วนใหญ่จะเป็นสารกรดอินทรีย์หรือด่างอินทรีย์ ซึ่งสารเหล่านี้บางสารมีสี บางสารไม่มีสี โมเลกุลของสารเหล่านี้จะรวมตัวกับ H^+ หรือแตกตัวให้ H^+ ทำให้โครงสร้างภายในโมเลกุลเปลี่ยนแปลงไป เกิดสารที่มีสีที่แตกต่างไปจากเดิม เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอินดิเคเตอร์ พบว่า อินดิเคเตอร์จะมีสูตรที่แตกต่างกัน โดยมีทั้งในรูปที่เป็นสูตรกรด และที่เป็นสูตรเบส แล้วแต่สารละลายที่อินดิเคเตอร์ดังกล่าวละลายอยู่ ดังนี้



ช่วง pH ของสารละลายที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนจากสีรูปกรดเป็นสีรูปเบสนั้น เรียกว่า ช่วง pH ของการเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ ซึ่งอินดิเคเตอร์แต่ละตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงของ pH ที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการที่จะหาว่าจุดสมมูลของปฏิกิริยาอยู่ตรงจุดใด ต้องมีการเลือกชนิดของอินดิเคเตอร์ให้เหมาะสม ให้ช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีอยู่ใกล้เคียงกับ pH ที่จุดสมมูล ในการไทเทรตหาปริมาณกรดที่อยู่ในตัวอย่างซึ่งมีสีเข้ม หากใช้การดูการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จะทำให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ค่อนข้างยาก สามารถที่จะแก้ปัญหานี้ได้โดยการไทเทรตและติดตามการเปลี่ยนแปลงของ pH ด้วย pH meter จุดยุติของการไทเทรต คือ 8.3 (อยู่ในช่วง 8.30 – 8.35) ซึ่งที่ pH ดังกล่าว อยู่ในช่วงที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี (ในที่นี้ใช้ phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ มีช่วงของการเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ เท่ากับ 8.3 – 10.0) (ศุภชัย, 2540)

ผลิตภัณฑ์ประเภทซอส หรือซอว์ ส่วนใหญ่ที่นำมาวิเคราะห์ มีการผ่านกระบวนการผลิตซึ่งมีการใช้จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และเชื้อรา เพื่อเปลี่ยนสารโมเลกุลใหญ่ของวัตถุดิบให้เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลง วัตถุดิบหลักที่ใช้ ได้แก่ ถั่วเหลือง และข้าวสาลี จุลินทรีย์ต่างๆ จะมีการย่อยสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบให้เป็นกรดอะมิโน และน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กตามลำดับ โดย

เฉพาะจุลินทรีย์พวก Lactic acid bacteria เช่น *Pediococcus* *Streptococcus* และ *Lactobacillus* จะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลกติก ซึ่งพบว่า กรดแลกติกที่เกิดขึ้นนั้น เป็นกรดที่พบในปริมาณที่มากที่สุดและมีความสำคัญมากกว่ากรดชนิดอื่นๆ (วารุณี , 2532) ดังนั้นในการหาปริมาณของกรดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง จึงทำการหาแล้วเทียบออกมาในรูปของกรดแลกติกทั้งหมด



ปฏิกิริยาระหว่างกรดในตัวอย่างกับด่างมาตรฐานมีดังนี้



การหาปริมาณกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง สามารถที่จะใช้วิธีการที่แตกต่างกัน 2 วิธีการ คือ

1. การหาปริมาณกรดด้วยวิธีการไทเทรตโดยใช้ pH meter
2. การหาปริมาณกรดด้วยวิธีการไทเทรตโดยใช้อินดิเคเตอร์

1. การไทเทรตด้วย pH meter

การหาปริมาณกรดโดยการไทเทรตด้วย pH meter เป็นการติดตามการเปลี่ยนแปลงของ pH เมื่อมีการไทเทรต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสามารถที่จะบอกถึงจุดยุติของการไทเทรตได้ โดยเมื่อเริ่มต้นสารละลายตัวอย่างจะมีความเป็นกรดอยู่ในระดับหนึ่ง pH ของสารละลายตัวอย่างจะอยู่ในรูปกรด (pH ก่อนข้างต่ำ) เมื่อเริ่มการไทเทรตมีการปล่อย NaOH ลงมาเพื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายตัวอย่าง กรดในตัวอย่างจะทำปฏิกิริยากับด่าง มีผลทำให้ pH ของสารละลายตัวอย่างจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อเข้าใกล้จุดยุติ pH จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างรวดเร็ว จนถึง pH ประมาณ 8.3 ซึ่งใกล้เคียงกับจุดสมมูลของปฏิกิริยาและใกล้เคียงกับจุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี จุดดังกล่าวถือเป็นจุดยุติของการไทเทรต ปริมาตรด่างทั้งหมดที่ใช้ให้ถือว่าเป็นปริมาณที่พอดีกับกรดที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง

2. การไทเทรตด้วยอินดิเคเตอร์

การหาปริมาณกรดโดยใช้อินดิเคเตอร์ เป็นการไทเทรตโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์ที่ใช้เป็นหลัก ในที่นี้เราใช้ Phenolphthalein ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ที่มีการเปลี่ยนสีอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงหรือครอบคลุมจุดสมมูลของปฏิกิริยามากที่สุด (Phenolphthalein มีการเปลี่ยนสีในช่วง 8.3 – 10.0) (ศุภชัย , 2540) เริ่มต้นสารละลายตัวอย่างมีความเป็นกรด เมื่อหยดอินดิเคเตอร์ลงไป จะยังคงสีอยู่ในรูปกรดอยู่ เนื่องจากสารละลายมี pH เป็นกรด ซึ่งในที่นี้จะไม่แสดงสี คือ ไม่มีสี เมื่อเริ่มการไทเทรต มี

การปล่อย NaOH เข้าทำปฏิกิริยากับกรดที่อยู่ในตัวอย่าง ส่งผลให้ pH ของสารละลายตัวอย่างเพิ่มขึ้น มีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น เมื่อใกล้จุดสมมูลหรือจุดยุติของการไทเทรต สารละลายตัวอย่างค่อนข้างเป็นกลาง เมื่อมีด่างเพิ่มมาเล็กน้อยจะทำให้สารละลายตัวอย่างเปลี่ยนไปอยู่ในรูปกรด ดังนั้นอินดิเคเตอร์จึงแสดงสีในรูปกรด ซึ่ง Phenolphthalein จะเกิดการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพู ซึ่งเราสามารถที่จะเห็นจุดยุติของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ชัดเจน จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี ถือเป็นจุดที่ใกล้เคียงกับจุดสมมูลของปฏิกิริยา หรือเป็นจุดยุติของการไทเทรต

วัตถุประสงค์

การศึกษาวิเคราะห์ปริมาณกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบปริมาณกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ และทดลองหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดที่แน่นอน ในผลิตภัณฑ์ สามารถที่จะนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มากำหนดเป็นเกณฑ์คุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

อุปกรณ์ (Equipment)

1. pH meter
2. Beaker 250 ml.
3. Burette 25 ml
4. Burette 10 ml
5. Digital Balance
6. Cylinder 25 ml.
7. Volumetric flask 250 ml
8. Erlenmeyer flask 50 ml
9. Glass Bottle
10. Dropper

สารเคมี (Reagent)

1. 0.1 N NaOH
2. 0.01 N NaOH
3. Distill water
4. 1% Phenolphthalein

วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Procedure)

1. การไทเทรตด้วย pH meter

- 1.1 ชั่งตัวอย่าง 5.000 g. (ให้อยู่ในช่วง 5.000 - 5.002 g.) ด้วยเครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 250 ml.
- 1.2 ตวงน้ำกลั่น 20 ml. ใส่ในกระบอกตวง แล้วเทน้ำกลั่นที่ตวงได้ใส่ในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างอยู่ โดยเทล้างส่วนของตัวอย่างที่ติดตามด้านข้างของบีกเกอร์ลงให้หมด แล้วแกว่งผสมให้ตัวอย่างและน้ำกลั่นเข้ากัน
- 1.3 จุ่มหัว probe ของ pH meter ลงในบีกเกอร์ ให้หัว probe จุ่มในสารละลายตัวอย่าง
- 1.4 ทำการไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH โดยปล่อย 0.1 N NaOH จากบิวเรตลงมา คนหรือกวนตลอดเวลาพร้อมอ่านค่า pH จนถึง 8.3 (อยู่ในช่วง 8.30 – 8.35) จึงหยุดการไทเทรต บันทึกปริมาตรทั้งหมดของ 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต
- 1.5 คำนวณ %Acidity ตามสูตร (อย่างง่าย)

$$\% \text{ Acidity} = 0.18 \times \text{ml. NaOH}$$

2. การไทเทรตด้วยอินดิเคเตอร์

- 2.1 ชั่งตัวอย่าง 1.000 g. (1.000 ± 0.002 g.) ด้วยเครื่องชั่ง 3 ตำแหน่งใส่บีกเกอร์ขนาดเล็ก ใช้น้ำกลั่นฉีดกลั้วล้างตัวอย่างในบีกเกอร์ แล้วเทสารละลายตัวอย่างลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 250 ml.
- 2.2 กลั้วล้างประมาณ 2 – 3 ครั้งจนแน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่ในบีกเกอร์แล้วเททั้งหมดลงในขวดวัดปริมาตร
- 2.3 ปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างในขวดวัดปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 ml.
- 2.4 บีบเปิดสารละลายตัวอย่างจากขวดวัดปริมาตรออกมา 5 ml. ใส่ในขวดแก้วขนาดเล็ก 2 ขวด (ทำ 2 ซ้ำ)
- 2.5 หยด phenolphthalein 1 % ลงในสารละลายตัวอย่างในขวดแก้วประมาณ 4 – 5 หยด แกว่ง ให้สารละลายผสมกัน
- 2.6 ไทเทรตกับ 0.01 N NaOH โดยค่อยๆ ปล่อย NaOH ลงจากบิวเรตจนสารละลายตัวอย่างที่ได้มีสีชมพูอ่อนๆ จับเวลา 30 วินาทีเพื่อให้สีชมพูดังกล่าวคงอยู่ ไม่จากหายไป (หากสีชมพูจางไปให้หยด NaOH เพิ่มอีกประมาณ 1/2 หยดจนสีไม่เปลี่ยนแปลง) บันทึกปริมาตร 0.01 N NaOH ที่ใช้ไปทั้งหมดแล้วคำนวณตามสูตร (อย่างง่าย)

$$\% \text{ Acidity} = 4.5 \times \text{ml. NaOH}$$

วิธีการคำนวณ (Calculation)

การไทเทรตด้วย pH meter

1 mol NaOH	สมมูลกับ	1 mol Lactic acid
1 mol NaOH	สมมูลกับ	1 mol x 90 g/mol Lactic acid
	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid

เนื่องจาก 1 Molar (M) NaOH เท่ากับ 1 N (Normal) NaOH

ดังนั้น 0.1 M NaOH เท่ากับ 0.1 N NaOH

1 mol / (0.1 mol / L) NaOH	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid
10 L ของ 0.1 N NaOH	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid
10×10^3 ml. ของ 0.1 N NaOH	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid
1 ml. ของ 0.1 N NaOH	สมมูลกับ	$(90 \text{ g.} \times 1 \text{ ml.}) / 10 \times 10^3 \text{ ml.}$ Lactic acid
	สมมูลกับ	0.009 g. Lactic acid

1 ml. ของ 0.1 N NaOH สมมูลกับ 0.009 g. Lactic acid

สูตรหลัก

$$\% \text{ Acidity} = \frac{\text{ml. NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{meq.wt.acid}}{\text{wt. Sample}} \times 100$$

meq.wt.acid

หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของกรด

เมื่อ	1 ml. ของ 0.1 N NaOH สมมูลกับ 0.009 g. Lactic acid
เท่ากับ	1 ml. ของ (0.1 meq / ml) NaOH สมมูลกับ 0.009 g. Lactic acid
หรือ	0.1 meq NaOH สมมูลกับ 0.009 g. Lactic acid
หมายถึง	0.1 มิลลิกรัมสมมูล เท่ากับ 0.0009 g. Lactic acid
ดังนั้น	1 มิลลิกรัมสมมูล เท่ากับ 0.09 g. Lactic acid

meq.wt.acid เท่ากับ 0.09 g. / meq.

การไทเทรตด้วยอินดิเคเตอร์

1 mol NaOH	สมมูลกับ	1 mol Lactic acid
1 mol NaOH	สมมูลกับ	1 mol x 90 g/mol Lactic acid
	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid

เนื่องจาก 1 Molar (M) NaOH เท่ากับ 1 N (Normal) NaOH

ดังนั้น 0.01 M NaOH เท่ากับ 0.01 N NaOH

1 mol / (0.01 mol / L) NaOH	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid
100 L ของ 0.01 N NaOH	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid
100 x 10 ³ ml. ของ 0.01 N NaOH	สมมูลกับ	90 g. Lactic acid
1 ml. ของ 0.01 N NaOH	สมมูลกับ	(90 g. x 1 ml.) / 100 x 10 ³ ml. Lactic acid
	สมมูลกับ	0.0009 g. Lactic acid

1 ml. ของ 0.01 N NaOH สมมูลกับ 0.0009 g. Lactic acid

สูตรหลัก

$$\% \text{ Acidity} = \frac{\text{ml. NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{meq.wt.acid} \times \text{dilution factor}}{\text{wt. Sample}} \times 100$$

meq.wt.acid

หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของกรด

เมื่อ	1 ml. ของ 0.01 N NaOH สมมูลกับ 0.0009 g. Lactic acid
เท่ากับ	1 ml. ของ (0.01 meq / ml) NaOH สมมูลกับ 0.0009 g. Lactic acid
หรือ	0.01 meq. NaOH สมมูลกับ 0.0009 g. Lactic acid
หมายถึง	0.01 มิลลิกรัมสมมูล เท่ากับ 0.0009 g. Lactic acid
ดังนั้น	1 มิลลิกรัมสมมูล เท่ากับ 0.09 g. Lactic acid

meq.wt.acid เท่ากับ 0.09 g. / meq.

Dilution factor

หมายถึง การคิดเทียบจำนวนสารที่ต้องการจากการเจือจางความเข้มข้นของสารดังกล่าว

ในวิธีการทดสอบ มีการเตรียมสารละลายตัวอย่างโดยเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น เพื่อให้ได้ของตัวอย่างางลง สามารถที่จะเห็นจุดยุติของการไทเทรตได้ชัดเจนมากขึ้น ดังนั้น Dilution factor จะเป็นตัวบอกว่า เจือจางตัวอย่างไปเท่าไรจากความเข้มข้นเดิม สารที่ต้องการวิเคราะห์นั้นมียู่ในสารละลายตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์นั้นเท่าไร

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดที่อยู่ในตัวอย่าง มีการชั่งตัวอย่างมา 1 g. เจือจางด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 ml. จากนั้นจึงดูดตัวอย่างมาวิเคราะห์เพียง 5 ml. ดังนั้นเมื่อหาปริมาณกรดที่อยู่ในตัวอย่างได้แล้วจึงต้องมีวิธีการเทียบออกมาว่าในตัวอย่างเข้มข้นทั้งหมดที่นำมา (1 g.) มีปริมาณกรดอยู่เท่าไร จากการทดสอบพบว่า

สารละลายตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ 5 ml. มีกรดอยู่เท่ากับ X g.

สารละลายตัวอย่างทั้งหมด 250 ml. มีกรดอยู่เท่ากับ $(250 / 5) \times X$ g.

ดังนั้น Dilution factor เท่ากับ $250 / 5 \text{ (ml / ml)}$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ใช้วิธีการที่แตกต่างกัน 2 วิธี แต่ละวิธีให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์วัดค่าปริมาณกรดโดยเฉลี่ยที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์บางชนิด

ผลิตภัณฑ์	% Acidity ด้วย pH meter	% Acidity ด้วย Indicator
ซอสซัน	2.324	2.724
ซีอิ๊วพิเศษ	1.319	2.091
ซอสใส	2.194	2.684
ซีอิ๊วธรรมชาติ	0.964	1.628
YTT-01	0.938	1.552
TYPE-1	2.016	2.543
YAKISOBA	2.349	2.768

ตารางที่ 3 แสดงค่า % Acidity ของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและที่ผ่านการวิเคราะห์จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

ตัวอย่าง	% Acidity จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ		% Acidity จากการวิเคราะห์จากหน่วยงานอื่น
	pH meter	Indicator	
ซอสซัน	2.324	2.724	1.91
ซีอิ๊วพิเศษ	1.319	2.091	1.39

****หมายเหตุ** ค่า % Acidity ที่แสดงในตารางที่ 1 และ 2 เป็นค่า % Acidity โดยเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าการวิเคราะห์โดยใช้อินดิเคเตอร์ จะให้ค่า % Acidity มากกว่าการวิเคราะห์โดยใช้ pH meter ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวิเคราะห์โดยใช้อินดิเคเตอร์ จะอาศัยจุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีเป็นจุดที่บอกการทำปฏิกิริยากันพอดีระหว่างกรดในผลิตภัณฑ์กับด่างมาตรฐานที่เติมลงไป อินดิเคเตอร์ที่ใช้ คือ Phenolphthalein มีการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพู เมื่อถึงจุดสมมูล กรดและด่างจะพอดีกัน แต่เมื่อมีปริมาณด่างเพิ่มลงไปเล็กน้อย จะทำให้สีของสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนจากสถานะกรดเป็นสถานะด่างทันทีที่ Phenolphthalein จะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู การสังเกตจุดสมมูลหรือจุดยุติของการไทเทรต จะถือเอาจุดที่มีด่างเกินมาน้อยที่สุดเป็นจุดยุติของการไทเทรต (เพื่อที่สามารถจะเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสารละลายตัวอย่างได้) เมื่อด่างเกินมาน้อย สีชมพูที่เกิดขึ้นจะอ่อนมาก ทำให้สังเกตได้ยาก จึงอาจจะต้องเติมด่างเพิ่มลงไปอีกเพื่อให้สีชมพูชัดเจนมากขึ้น ปริมาณด่างที่เกินมามาก ทำให้ค่า % Acidity ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้อินดิเคเตอร์มากเกินไปจากความเป็นจริง ส่วนการวิเคราะห์โดยใช้ pH meter จะใช้การสังเกตการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายจากเครื่อง pH meter หลักการเหมือนกับการวิเคราะห์โดยใช้อินดิเคเตอร์ คือ จะถือเอาจุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีเป็นจุดยุติของการไทเทรต Phenolphthalein จะเริ่มเปลี่ยนสีที่ pH 8.3 (เปลี่ยนสีในช่วง 8.3 – 10.0) เมื่อสารละลายมี pH เท่ากับ 8.3 ถือว่าถึงจุดยุติของการไทเทรต (ที่ pH 8.3 เป็นจุดเดียวกับที่ Phenolphthalein เปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพู) ปริมาณด่างที่ใช้ในการไทเทรตทั้งหมดพอดีกับปริมาณกรดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ วิธีการนี้จะให้ค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า เนื่องจากมี pH meter เป็นตัวบอกค่าที่ค่อนข้างแน่นอน แสดงเป็นตัวเลขออกมาอย่างชัดเจน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการใช้การสังเกตสีด้วยสายตา

การหาปริมาณกรดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการใช้ pH meter และใช้อินดิเคเตอร์ จะมีวิธีการคำนวณที่เหมือนกัน คือ การคำนวณเทียบออกมาเป็นกรดแลกติก (Lactic acid) เนื่องจากไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ เพราะในทุกผลิตภัณฑ์มีกรดหลายชนิดปนอยู่ จึงจำเป็นต้องใช้กรดที่มีปริมาณมากที่สุดหรือเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นหลักในการคำนวณเทียบ ในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่มีการวิเคราะห์ปริมาณกรด จะมีองค์ประกอบของซีอิ๊วเป็นส่วนสำคัญ ในซีอิ๊วจะมีปริมาณกรดแลกติกที่ได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักซีอิ๊วมากที่สุด (วรารุณี, 2542) จึงให้กรดแลกติกเป็นตัวแทนของกรดทั้งหมดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ บางผลิตภัณฑ์มีการเติมกรดชนิดอื่นลงไป เช่น กรดซิตริก (Citric acid) แต่เนื่องจากเติมในปริมาณน้อยมากจึงไม่มีผลทำให้ปริมาณกรดที่คำนวณเทียบออกมาเป็นกรดแลกติกเปลี่ยนแปลง

ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดในห้องปฏิบัติการนั้น จำเป็นที่ต้องเลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมที่สุด มีวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ง่าย สะดวก ประหยัดเวลา และให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริง นอกจากนั้นต้องเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำ ผลการวิเคราะห์แต่ละครั้งควรใกล้เคียงกัน มีค่าความเบี่ยงเบนน้อย ซึ่งวิธีการที่เลือกใช้คือ การวิเคราะห์โดยใช้ pH meter เนื่องจากมีความสะดวกในการตรวจวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ค่อนข้างแน่นอน ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริง โดยพิจารณาตามตารางที่ 2 ซึ่งแสดงค่า % Acidity ของซอสขึ้นและซีอิ๊วพิเศษที่ผ่านการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของทางบริษัทและที่ผ่านการวิเคราะห์โดยหน่วยงานที่เชื่อถือได้ พบว่า ค่า % Acidity ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ pH meter ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้มากกว่าการวิเคราะห์โดยใช้อินดิเคเตอร์ จึงถือได้ว่า วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ pH meter ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (เนื่องจากค่า % Acidity ที่ได้ห่างกัน อาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ วิธีการและสารเคมีที่ใช้แตกต่างกัน รวมทั้งความคลาดเคลื่อนจากผู้ทำการวิเคราะห์ด้วย) ส่วนการวิเคราะห์โดยใช้อินดิเคเตอร์จะมีวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยาก ใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่างมากและใช้อุปกรณ์ในการทดลองมาก ค่า % Acidity ที่ได้ห่างจากค่าความเป็นจริงมาก ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีในการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

สรุปผลการทดลอง

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์ของห้องปฏิบัติการ เลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH meter เนื่องจากให้ค่า % Acidity ที่ค่อนข้างแน่นอน มีความแม่นยำหรือความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงน้อย วิธีการตรวจวิเคราะห์สะดวก ประหยัดเวลา สามารถที่จะนำค่า % Acidity ที่วิเคราะห์แล้วไปกำหนดมาตรฐานหรือ Specification ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดต่อไปได้

บทที่ 3

สรุปผลการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานตามโครงการสหกิจศึกษา ภายในบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คาเมลเลีย จำกัด ในแผนกควบคุมคุณภาพ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ส่งผลให้เกิดผลประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ดังนี้

1. ด้านสังคม

- ได้เรียนรู้การใช้ชีวิตจริงในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีความแตกต่างจากการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย และอยู่นอกเหนือจากในตำรา
- ได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับบุคลากรทุกระดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านวัยวุฒิและคุณวุฒิ รู้จักที่จะปรับตัวให้สามารถอยู่ร่วมกับบุคคลส่วนใหญ่ในสังคมนั้นๆ ได้
- ได้รู้จักการควบคุมตัวเอง บังคับตัวเองให้อยู่ในกฎเกณฑ์ของสังคมขนาดใหญ่มากขึ้น และรู้จักการพึ่งพาตนเองมากขึ้น
- ได้เรียนรู้การปฏิบัติตัวในสังคม เรียนรู้มารยาทของการเข้าสังคม และรู้จักวางตัวให้เหมาะสมกับสถานะภาพของตนเอง

2. ด้านทฤษฎี

- ได้รับความรู้ใหม่เพิ่มเติมในเรื่องการวิเคราะห์ค่าพื้นฐานทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น ปริมาณกรดอะมิโน ปริมาณเกลือ เป็นต้น
- ได้รู้จักลักษณะและคุณสมบัติต่างๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ทางบริษัทผลิตขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวบางชนิด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีได้มีขายตามท้องตลาด และเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นที่นิยมในต่างประเทศ (ประเทศญี่ปุ่น)
- ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการค้นคว้าในเรื่องต่างๆ อย่างจริงจังและเข้าใจเนื้อหาของเรื่องดังกล่าวอย่างละเอียด เพื่อที่จะสามารถจะนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

3. ด้านปฏิบัติ

- ได้ฝึกทักษะการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ เช่น การตรวจคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ การตรวจคุณภาพทางเคมี
- ได้เรียนรู้วิธีการและขั้นตอนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของทางบริษัท
- ได้ศึกษาและทำการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบชนิดต่างๆ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต
- ได้จัดทำเอกสารเกี่ยวกับการตรวจวัดคุณภาพและคู่มือการปฏิบัติขั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 4

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการปฏิบัติงานในบริษัท ดับเบิลฟลาวเวอร์ริง คาเมลเลีย จำกัด นั้น ได้รับความรู้ต่างๆ ที่เป็นประสบการณ์ที่ดีอย่างมาก สามารถที่จะนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคต การปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้ช่วย QC Supervisor ถือเป็นตำแหน่งที่มีความหลากหลายในการปฏิบัติงาน มีทั้งส่วนที่ต้องลงมือปฏิบัติการจริง รวมทั้งมีส่วนของการค้นคว้าความรู้เพิ่มเติม จำเป็นต้องมีการใช้ความรู้พื้นฐานที่มีอยู่เดิมประกอบกับการค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- เนื่องจากเป็นครั้งแรกของการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการหรือบริษัท จึงทำให้เกิดความบกพร่องและติดขัดในการทำงานอยู่พอสมควร แต่สามารถที่จะปรับตัวเพื่อลดข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้
- เนื่องจากสถานประกอบการเป็น โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ความพร้อมในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการจึงยังไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ทำให้การปฏิบัติงานเกิดความล่าช้า
- เนื่องจากการปฏิบัติงานต้องมีการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องต่างๆ มากมาย แต่แหล่งข้อมูลในการค้นคว้านี้น้อย จึงทำให้การศึกษาค้นคว้าในเรื่องดังกล่าวไม่สะดวกและเกิดความล่าช้า
- เนื่องจากบุคลากรในแผนกควบคุมคุณภาพมีน้อยเกินไป แต่งานที่ต้องปฏิบัติในแต่ละวันมีค่อนข้างมาก ดังนั้นหากมีบุคลากรเพิ่มขึ้น น่าจะทำให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามมาด้วย

บรรณานุกรม (Reference)

- กฤษณะ สาคริก , มาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย , กุลวดี รั้งนิพัฒนานนท์ และชนพร กมลรัตน โยธิน . (2542) . *เคมี 102103* . สาขาวิชาเคมี . สำนักวิทยาศาสตร์ . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- พวงพร โชติไกร. (2537). *จุลชีววิทยาของอาหารและนม*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- นุกดา จิรภูมิพันธ์ . (2536) . *เคมีวิเคราะห์ปริมาณ เล่ม 1* . ภาควิชาเคมี . คณะวิทยาศาสตร์ . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต , วราวุฒิ ครุสง . (2532) . *เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม* . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- วิลาวณีย์ เจริญจิระตระกูล. (2539). *จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร*. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ศุภชัย ไข่เทียมวงศ์ . (2541) . *เคมีวิเคราะห์* . สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . เขตปทุมวัน . กรุงเทพฯ
- ศุภชัย ไข่เทียมวงศ์ . (2543) . *ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์* . สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . เขตปทุมวัน . กรุงเทพฯ
- สุมาลี เหลืองสกุล. (2539). *จุลชีววิทยาอาหาร*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร
- สุพจน์ ไข่เทียมวงศ์. (2537). *จุลชีววิทยาปฏิบัติ*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- Botta, J. (1995). *Evaluation of Seafood Freshness Quality*. VCH Publishers, Inc. New York
- Jame, C.S. (1995). *Analytical Chemistry of Foods*. Chapman & Hall. Oxford
- Makota Yamagata and Law Lai Kim. *Determination of Volatile Basic Nitrogen (VB-N) Trimethylamine Oxide Nitrogen (TMAO-N) And Trimethylamine-Nitrogen (TMA-N) by Conway's micro-diffusion method* (N/150 Hydrochloric acid and N/70 Barium hydroxide)

ภาคผนวก



ภาคผนวก 1

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อหมูตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Acid – Alkali Reaction Method

Time (hr)	Wt. (g)	การวิเคราะห์วิธี Acid – Alkali Reaction Method					
		V_B	V_1	V_2	$VB\text{N}_1$	$VB\text{N}_2$	$VB\text{N}_{av}$
20 min	5.026	1.02	1.00	1.00	1.393	1.393	1.393
6	5.173	1.02	0.97	0.975	3.383	3.045	3.214
24	5.096	1.01	0.96	0.96	3.434	3.434	3.434
30	5.014	1.01	0.93	0.93	5.584	5.584	5.584
48	5.06	1.06	0.97	0.98	6.225	5.534	5.879
54	5.141	1.06	0.98	0.98	5.446	5.446	5.446
72	5.064	1.04	0.96	0.94	5.529	6.912	6.220
78	5.096	1.04	0.92	0.91	8.242	8.929	8.585
96	5.179	1.06	0.88	0.88	12.16	12.16	12.16
102	5.012	1.06	0.86	0.86	13.97	13.97	13.97
120	5.014	1.06	0.82	0.82	16.75	16.75	16.75
126	5.101	1.06	0.8	0.78	17.84	19.21	18.53
144	5.002	1.05	0.69	0.70	25.19	24.49	24.84
150	5.154	1.05	0.60	0.59	30.56	31.24	30.90
168	5.049	1.05	0	0	72.79	72.79	72.79

ตารางที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อหมูตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Buffering Effect Method

Time (hr)	Wt. (g)	การวิเคราะห์วิธี Buffering Effect Method					
		V_B	V_1	V_2	VBN_1	VBN_2	VBN_{av}
20 min	5.026	0	0.4	0.39	2.786	2.786	2.751
6	5.173	0	0.62	0.62	4.195	4.195	4.195
24	5.096	0	0.67	0.68	4.602	4.670	4.636
30	5.014	0	0.80	0.80	5.584	5.584	5.584
48	5.06	0	0.92	0.92	6.364	6.364	6.364
54	5.141	0	0.99	1.00	6.740	6.808	6.774
72	5.064	0	1.16	1.14	8.017	7.879	7.948
78	5.096	0	1.00	1.00	6.868	6.868	6.868
96	5.179	0	1.52	1.51	10.27	10.20	10.24
102	5.012	0	2.01	2.02	14.04	14.11	14.07
120	5.014	0	2.50	2.48	17.45	17.31	17.38
126	5.101	0	2.64	2.64	18.11	18.11	18.11
144	5.002	0	3.58	3.58	25.05	25.05	25.05
150	5.154	0	4.42	4.43	30.02	30.08	30.05
168	5.049	0	7.74	7.76	53.65	53.79	53.72

ตารางที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อไก่ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Acid – Alkali Reaction Method

Time (hr)	Wt. (g)	การวิเคราะห์วิธี Acid – Alkali Reaction Method					
		V_B	V_1	V_2	VB_N_1	VB_N_2	VB_N_{av}
5	5.028	1.01	0.96	0.96	3.481	3.481	3.481
23	5.225	1.01	0.99	0.98	1.340	2.01	1.675
29	5.103	1.01	0.95	0.94	4.115	4.801	4.458
47	5.112	1.02	0.94	0.95	5.477	4.793	5.135
53	5.126	1.02	0.92	0.92	6.828	6.828	6.828
71	5.228	1.00	0.88	0.88	8.034	8.034	8.034
77	5.145	1.00	0.88	0.88	8.163	8.163	8.163
95	5.156	1.00	0.83	0.83	11.54	11.54	11.54
101	5.070	1.00	0.81	0.81	13.12	13.12	13.12
119	5.102	1.00	0.78	0.78	15.09	15.09	15.09
125	5.009	1.00	0.75	0.74	17.47	18.17	17.82
143	5.096	1.01	0.65	0.65	24.73	24.73	24.73
149	5.167	1.01	0.60	0.61	27.77	27.10	27.43
167	5.042	1.02	0	0	70.81	70.81	70.81

ตารางที่ 1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) ในเนื้อไก่ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการวิเคราะห์วิธี Buffering Effect Method

Time (hr)	Wt. (g)	การวิเคราะห์วิธี Buffering Effect Method					
		V_B	V_1	V_2	VB_N_1	VB_N_2	VB_N_{av}
5	5.028	0	0.54	0.54	3.759	3.759	3.495
23	5.225	0	0.62	0.62	4.153	4.153	4.153
29	5.103	0	0.68	0.69	4.698	4.733	4.698
47	5.112	0	0.90	0.90	6.162	6.162	6.162
53	5.126	0	1.08	1.09	7.408	7.442	7.408
71	5.228	0	1.93	1.93	12.92	12.92	12.92
77	5.145	0	1.89	1.90	12.89	12.93	12.89
95	5.156	0	1.92	1.92	13.03	13.03	13.03
101	5.070	0	2.00	1.99	13.77	13.74	13.77
119	5.102	0	2.12	2.12	14.54	14.54	14.54
125	5.009	0	2.78	2.79	19.46	19.49	19.46
143	5.096	0	3.64	3.64	25.00	25.00	25.00
149	5.167	0	4.22	4.22	28.59	28.59	28.59
167	5.042	0	6.52	6.51	45.26	45.19	45.23

ภาคผนวก 2

ตารางที่ 2.1 ผลการทดลองปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างชนิดต่างๆ โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย pH meter และการวิเคราะห์ด้วยอินดิเคเตอร์

ตัวอย่าง	ครั้งที่	การไทเทรตด้วย pH meter			การไทเทรตด้วยอินดิเคเตอร์			
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
ซอสขี้	1	2.516	2.533	2.525	2.835	2.880	2.925	2.880
	2	2.363	2.448	2.405	2.700	2.700	2.745	2.715
	3	2.358	2.313	2.336	3.015	3.060	3.150	3.075
	4	2.898	2.556	2.727	2.790	2.880	2.835	2.835
	5	2.178	2.097	2.138	2.700	2.655	2.745	2.700
	6	2.034	2.223	2.129	2.610	2.565	2.655	2.610
	7	2.421	2.421	2.421	2.970	2.790	2.700	2.820
	8	2.209	2.214	2.212	2.565	2.565	2.565	2.565
	9	2.120	2.129	2.124	2.565	2.475	2.520	2.520
	10	2.220	2.228	2.224	2.565	2.565	2.430	2.520
	เฉลี่ย			2.324	เฉลี่ย			2.724
	SD			0.198	SD			0.180
ซีอิ๊วพิเศษ	1	1.233	1.282	1.258	1.845	1.800	2.070	1.905
	2	1.188	1.256	1.222	1.350	1.260	1.260	1.290
	3	1.341	1.359	1.350	2.340	2.250	2.160	2.250
	4	1.350	1.318	1.334	2.340	2.205	2.475	2.340
	5	1.206	1.219	1.213	2.250	2.205	2.205	2.220
	6	1.539	1.503	1.521	2.565	2.430	2.430	2.475
	7	1.206	1.228	1.217	2.025	2.025	2.025	2.025
	8	1.287	1.377	1.332	2.070	2.070	2.115	2.085
	9	1.330	1.242	1.286	2.092	2.135	2.088	2.105
	10	1.494	1.413	1.454	2.260	2.175	2.198	2.211
	เฉลี่ย			1.319	เฉลี่ย			2.091
	SD			0.103	SD			0.324

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ผลการทดลองปริมาณกรดที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างชนิดต่างๆ โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย pH meter และการวิเคราะห์ด้วยอินดิเคเตอร์

ตัวอย่าง	ครั้งที่	การไทเทรตด้วย pH meter			การไทเทรตด้วยอินดิเคเตอร์			
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
ซีอิ๊ว ธรรมชาติ	1	0.833	0.801	0.817	1.485	1.530	1.530	1.515
	2	0.932	0.927	0.929	1.440	1.440	1.440	1.440
	3	1.323	1.210	1.267	2.340	2.295	2.295	2.310
	4	0.923	0.819	0.871	1.260	1.260	1.215	1.245
	5	1.071	0.797	0.934	1.620	1.620	1.643	1.628
		เฉลี่ย		0.964	เฉลี่ย			1.628
		SD		0.176	SD			0.406
YTT-01	1	0.918	0.918	0.918	1.530	1.530	1.440	1.500
	2	0.954	0.981	0.968	1.575	1.575	1.620	1.590
	3	0.972	0.949	0.961	1.530	1.530	1.530	1.530
	4	0.891	0.850	0.871	1.485	1.575	1.665	1.575
	5	0.956	0.985	0.971	1.532	1.532	1.624	1.563
		เฉลี่ย		0.938	เฉลี่ย			1.552
		SD		0.043	SD			0.036

****หมายเหตุ** ผลการทดลองตามตารางที่ 2.1 เป็นเพียงผลึกภัณฑ์บางตัวเท่านั้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทางบริษัทมีความดีในการผลิตต่อเนื่องมาก