สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลการต้านออกซิเดชันและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทยในกุนเชียง

วรรณวิษา อามีน

อรวรรณ อาคม

2ว.
ว262ผ
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83972
วัน,เดือน,ปี 23 ก.ย. 2551

b 11983176
i.....

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antioxidative and antimicrobial effects of Thai local vegetable extracts in ghunchieng, a chinese – style sausage

Wanwisa A-meen

Orawan A-kom

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment for the Degree

of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง ผลการต้านออกซิเดชันและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทยในกุนเชียง

ชื่อนักศึกษา นางสาววรรณวิษา อามีน รหัสนักศึกษา 47050689

นางสาวอรวรรณ อาคม รหัสนักศึกษา 47050699

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ. ดวงใจ โอชัยกุล	
กรรมการ	รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ	
กรรมการ	อ. คนึงกานต์ กลั่นบุศย์	

.....

(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง ผลการต้านออกซิเดชันและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทยในกุนเชียง

นักศึกษา นางสาววรรณวิษา อามีน

นางสาวอรวรรณ อาคม

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุรีย์ นานาสมบัติ

บทคัดย่อ

ในการศึกษาคุณสมบัติของสารต้านออกซิเดชันและคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของผงสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทย 3 สูตร ได้แก่ สารสกัดผักแพรว (*Polygonum odoratum* extract, PE) สารสกัดผักผสมสูตร1 (mixed vegetable extract 1, MVE_1) และสูตร2 (mixed vegetable extract 2, MVE_2) ซึ่งประกอบไปด้วยสารสกัดของผักแพรว (*Polygonum odoratum*) ใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea*) ใบชะมวง (*Garcinia cowa*) และใบแขยง (*Limnophila aromatica*) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1 และ 0.2 ในกุนเชียงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 เป็นระยะเวลา 20 วัน ผลปรากฏว่าสารต้านออกซิเดชันจากผักทุกสูตรสามารถช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงได้และการเติมสารสกัดผักดังกล่าวที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 มีผลในการลดค่า TBARS ได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นอื่นๆ แต่การเติมสารสกัดปริมาณมากถึงร้อยละ 0.2 มีผลทำให้สีของกุนเชียงไม่เป็นที่ยอมรับและยังพบว่าการเติมสารสกัดผักพื้นบ้านที่ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นจึงได้คัดเลือกความเข้มข้นของผงสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ในการศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผักพื้นบ้าน (PE, MVE_1 และ MVE_2) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับโซเดียมแลคเตท (SL) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาพควบคุมความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 85 เป็นเวลา 21 วัน พบว่าสารสกัดจากผักพื้นบ้านมีผลช่วยต้านออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน สำหรับการเติมโซเดียมแลคเตทไม่ว่าจะเติมเพียงอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับสารสกัดจากพืชมีผลช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงโดยเฉพาะกุนเชียงที่เติม SL เพียงอย่างเดียว กุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับ SL และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร่วมกับ SL มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง 1.36, 1.35, และ 2.42 log CFU ต่อกรัม ตามลำดับ หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Antioxidative and antimicrobial effects of Thai local vegetable extracts in ghunchieng, a chinese - style sausage

Name Miss Wanwisa Armeen

Miss Orawan Arkom

Department Applied Biology

Programe Biotechnology

Academic Year 2008

Special Project Advisor Assoc. Prof. Dr. Suree Nanasombat

ABSTRACT

Antioxidant activity and antimicrobial activity of 3-formulation Thai local vegetable extracts, *Polygonum odoratum* extract (PE), mixed vegetable extracts of formulation 1 (MVE_1) and formulation 2 (MVE_2) containing extracts of *Polygonum odoratum*, *Cassia siamea*, *Garcinia cowa* and *Limnophila aromatica* at concentration of 0.02%, 0.1% and 0.2% in ghunchieng, a chinese-style sausage stored at 4°C and 85% relative humidity for 20 days were investigated. All formulations of vegetable extracts were able to delay lipid oxidation in ghunchieng. Addition of 0.2% vegetable extracts resulted in greater decreasing of TBARS value as compared to the other concentrations. However, high amount of vegetable extracts (0.2%) caused unacceptable color of ghunchieng. Moreover, addition of vegetable extracts at all concentration did not cause inhibition of microbial growth in ghunchieng during storage. Therefore, 0.1% vegetable extracts was selected for use in the next experiment.

Antioxidant and antimicrobial activities of Thai local vegetable extracts (PE, MVE_1 and MVE_2) at concentration of 0.1% in combination with sodium lactate (SL) at concentration of 2.5% in ghunchieng stored at 4°C and 85% relative humidity for 21 days were studied. These vegetable extracts were able to retard lipid oxidation by lowering TBARS value throughout the 21 day storage. Addition of SL, either alone or in combination with those plant extracts resulted in decreasing number of total viable counts in ghunchieng. The total counts in ghunchieng added with SL alone, PE with SL, and MVE_2 with SL were reduced by 1.36, 1.35, and 2.42 log units after 21 days of storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ รศ. ดวงใจ โอชัยกุล และ อ. คนึงกานต์ กลั่นบุศย์ อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางรวมทั้งการแก้ปัญหาและเอาใจใส่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดการดำเนินงานโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ที่ให้ความกรุณาช่วยถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ต่างๆ ทั้งในและนอกวิชาเรียนแก่ลูกศิษย์ รวมทั้งคุณพยอม เกียรติกำจร และคุณนิทัต ทองจันทร์ นักวิทยาศาสตร์ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

ท้ายสุดขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ของคณะผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์มาโดยตลอด

นางสาววรรณวิษา อามีน

นางสาวอรวรรณ อาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ/ที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 อนุมูลอิสระ	6
2.2 สารต้านออกซิเดชัน	10
2.3 วิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	18
2.4 การใช้วัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์อาหาร	20
2.5 สารต้านจุลินทรีย์	22
2.6 การเสื่อมเสียเนื่องจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์	24
2.7 ลักษณะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์	27
2.8 วัตถุเจือปนอาหาร	29
2.9 เกลือของกรดแลคติก	30
2.10 กลไกการยับยั้ง	31
2.11 ลักษณะของผักพื้นบ้านชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง	33
2.12 Water activity และ sorption behaviour ของอาหาร	37
2.13 การประยุกต์ใช้การดูดซึมน้ำ (sorption of water) ในอาหาร	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์	44
3.2 วิธีการทดลอง	45
3.2.1 การศึกษาผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความ เข้มข้นต่างๆ ในการต้านออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งจุลินทรีย์ในกุนเชียง	45
3.2.2 การศึกษาผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ร่วมกับโซเดียมแลคเตทต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง	50
3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	51
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลการทดลอง	52
4.1.1 ผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการต้านออกซิเดชันและการยับยั้งจุลินทรีย์ในกุนเชียง	52
4.1.2 ผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านร่วมกับโซเดียมแลคเตทในการต้านออกซิเดชันและยับยั้งจุลินทรีย์ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษา	56
4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	65
4.2.1. คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของผงสารสกัดผักพื้นบ้าน	65
4.2.2. คุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ของผงสารสกัดผักพื้นบ้าน	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	85
ภาคผนวก ค	94
ภาคผนวก ง	103
ภาคผนวก จ	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารต้านออกซิเดชันที่ยอมรับสำหรับให้ใช้ในอาหาร	12
2.2	คุณสมบัติเกลือของกรดแลคติก	33
2.3	ความชื้นสัมพัทธ์ของสารละลายบางชนิด	38
2.4	สมการที่ใช้ในการอธิบาย Food water isotherm	39
2.5	water activity ของสารละลาย	41
2.6	กิจกรรมที่น้อยที่สุด (minimum activity) ของสารละลาย	42
4.1	คุณลักษณะทางเคมีและจุลินทรีย์ของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ในช่วงระยะเวลาเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 20 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	55
4.2	ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS[a] ในกุนเชียงหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน	57
4.3	ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน	58
4.4	ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและค่า a_w ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน	59
4.5	ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน	60
4.6	ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี ของกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน	62
4.7	ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงในวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บรักษา	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ (ภาคผนวก)

ก.1 การศึกษาผลของ maltodextrin ต่อ water sorption isotherm ของผงสารสกัดผักแห้ง (Vegetable extract powder) ที่อุณหภูมิต่างๆ 77

ก.2 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อปริมาณความชื้นที่สภาวะสมดุล (dry basis) ของผงสารสกัดผักพื้นบ้าน 79

ก.3 การใช้สมการของ BET (Brunauer-Emmet-Teller) ในการคำนวณหาค่า monolayer value 83

ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐาน TEP 88

ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรที่วัดได้หลังจากการหาค่า TBA ของกุนเชียงที่เติม TEP บริสุทธ์ 89

ข.3 ค่าปริมาณสาร malonaldehyde ในกุนเชียงที่เติมสาร TEP และค่า percent recovery 91

ค.1 ค่าคงที่ของปริมาตรตัวอย่างที่จ่ายลงบน segment ที่นับโคโลนีทั้งสองด้านโดยจ่าย แบบ exponential 102

ง.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน 104

ง.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน 109

ง.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน 110

ง.4 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ (ภาคผนวก)

ง.5 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน 115

ง.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในกุนเชียงที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 โครงสร้างสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ 14

2.2 การเกิดออกซิเดชัน 15

2.3 สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติจากควอมาริน (Coumarin) 17

2.4 สารด้านออกซิเดชันที่แยกได้จาก *Garcinia subelliptica* 18

2.5 องค์ประกอบของการเกิดปฏิกิริยา TBA ในมาลโลนาลดีไฮด์ 20

2.6 ลักษณะของผักแพรว 33

2.7 ลักษณะของผักแขยง 34

2.8 ลักษณะของใบขี้เหล็ก 35

2.9 ลักษณะของผักชะมวง 36

2.10 หลักการใน 2 วิธีพื้นฐานในการหา sorption isotherm 37

2.11 กราฟ sorption isotherm ของอาหาร 38

2.12 กราฟของ BET สำหรับหา monolayer value สำหรับน้ำในอาหาร 40

2.13 ชนิดของน้ำที่ดูดยึดไว้ในอาหาร 42

4.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ (ภาคผนวก)

ก.1 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อ sorption isotherm ของผงสารสกัดพื้นบ้านชนิด PE รูป a : 25 °C รูป b : 30 °C รูป c : 35 °C 80

ก. 2 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อ sorption isotherm ของผงสารสกัดพื้นบ้านชนิด PE รูป a : 25 °C รูป b : 30 °C รูป c : 35 °C 81

ก.3 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อ sorption isotherm ของผงสารสกัดพื้นบ้านชนิด PE รูป a : 25 °C รูป b : 30 °C รูป c : 35 °C 82

ข.1 กราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) รูป a: ครั้งที่ 1 รูป b: ครั้งที่ 2 88

ค.1 ระบบทางสี L* a* b* และพิกัดสี ▲E*ab 96

ค.2 วาง counting grid ทาบกับจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นโดยให้จุดเริ่มต้นไว้อยู่ในตำแหน่ง 12 นาฬิกา 100

ค.3 การนับจำนวนโคโลนีใน segment ทั้งสองด้าน segment ที่ระบายสีดำคือ segment ที่นับ โคโลนี ปริมาตรของตัวอย่างที่เจียนไว้คือปริมาตรตัวอย่างรวมที่จ่ายลงบน segment ที่ระบายสีดำทั้งสองด้าน 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ/ที่มาของโครงงานพิเศษ

ผลิตภัณฑ์เนื้อมักจะมีการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งมีไขมันสัตว์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยและบางผลิตภัณฑ์อาจมีอยู่สูงถึงร้อยละ 50 และการเสียของผลิตภัณฑ์มักจะมีสาเหตุเนื่องจากจุลินทรีย์โดยจะพบยีสต์ รา จุลินทรีย์ เช่น *Pseudomonas* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcu aureus* เป็นต้น การเสียของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำมันหรือไขมันเป็นส่วนประกอบนั้นมักเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นนั้นอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสลายตัวของกรดไขมันที่จำเป็นในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นหรือการสลายตัวของไวตามินชนิดที่ละลายได้ในไขมัน (ไวตามิน เอ ดี อี เค) หรืออาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายหรือมีสารพิษเกิดขึ้น เช่น สารก่อมะเร็ง และอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสของอาหารเป็นต้น ศิวาพร (2546) ได้รายงานถึงการเจริญของจุลินทรีย์ว่าอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะส่วนที่เป็นไขมันและกล้ามเนื้อของหมู

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันหรืออาหารที่มีน้ำมันหรือไขมันเป็นส่วนประกอบมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารมาก เนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้นและปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้เอง (Autoxidation) (Hamilton, 1994) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวยิ่งถ้ามีพันธะคู่มากปฏิกิริยาออกซิเดชันก็จะยิ่งเกิดเร็วมากขึ้นด้วย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนและอนุมูลอิสระเกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) สารเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะสลายตัวเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กๆ ที่ทำให้มีกลิ่นหืนและเกิดเป็นอนุมูลอิสระเริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปได้อีก (Stauffer, 1996)

การป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันต้องเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตตลอดจนการเก็บรักษาซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาคุณภาพของเนื้อ (Buckley และคณะ, 1995) อาจชะลอให้เกิดช้าลงได้โดย 1.) ลดปริมาณความร้อนและแสงลงโดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในที่มืดและเย็น 2.)ไม่ให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ การมีโลหะหนักปนเปื้อนแม้เพียงปริมาณที่ต่ำมากก็อาจสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดเร็วขึ้น 3.) ป้องกันมิให้สัมผัสกับออกซิเจนโดยเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท 4.) ใช้สารกันหืนซึ่งจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระเพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบลูกโซ่ (ศิวาพร, 2546) โดยก่อนหน้านี้มักมีการใช้ไนไตรท์ในการป้องกันการหืนจากการเกิดออกซิเดชันหรือความผิดปกติของรสในผลิตภัณฑ์เนื้อและการใช้สารต้านออกซิเดชันจากการสังเคราะห์ เช่น BHT และ BHA (Williams และคณะ, 1999)

การใช้สารกันหืนเป็นวิธีหนึ่งที่จะชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันได้ สารกันหืนเป็นวัตถุเจือปนอาหารอีกชนิดหนึ่งที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของอาหารที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน การที่สารกันหืนสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้นั้น เนื่องจากสารกันหืนที่เติมลงไปจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบลูกโซ่หยุดชะงักเมื่อสารกันหืนที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีผลให้เหลืออนุมูลของสารกันหืนซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมากและจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัว ทำให้สารกันหืนสามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ซึ่งสารกันหืนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมักเป็นสารกันหืนที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น บีเอชเอ (BHA) บีเอชที (BHT) และทีบีเอชคิว (TBHQ) เป็นต้น (ศิวาพร, 2546)

บีเอชเอเป็นสารกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหารซึ่งบีเอชเอจะมีการแทรกซึมดีมากโดยเฉพาะในไขมันสัตว์ (Pryor และคณะ, 1982) ประสิทธิภาพของบีเอชเอจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่ใช้แต่ปริมาณสูงสุดที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้อยู่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 เท่านั้น Schuler (1990) ได้กล่าวไว้ว่าแม้จะมีการใช้ปริมาณบีเอชเอในปริมาณที่สูง แต่ประสิทธิภาพก็จะไม่เพิ่มขึ้นด้วย

การใช้สารสังเคราะห์จะต้องใช้ในปริมาณที่จำกัดเนื่องจากสารเคมีที่ตกค้างอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีการใช้สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์และป้องกันการเกิดออกซิเดชันซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและกำลังได้รับความสนใจในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเนื้อ (Ahn และคณะ, 2004)

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งซึ่งพบได้ทั่วไปในผลไม้ ผัก ถั่ว เมล็ด และเครื่องดื่มที่ได้จากพืชซึ่งพบว่าสารดังกล่าวมีกิจกรรมในการต้านออกซิเดชัน การต้านเซลล์มะเร็ง ต้านการเกิดการอักเสบและต้านจุลินทรีย์ (A'Hern และ O'Brien , 1999) ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของสารกันหืนที่สกัดได้จากผักพื้นบ้านของไทย 4 ชนิดคือ ผักแพรว ผักแขยง ใบขี้เหล็ก และผักชะมวงซึ่งมีรายงานว่าพบสารฟลาโวนอยด์หลากหลายชนิด เช่น glycosidal flavonoids ในผักแพรว (Haraguchi และคณะ, 1996) หรือ 8-hydroxylatate flavones (Bui และคณะ, 2004) ในผักแขยง เป็นต้น เพื่อนำมาประเมินศักยภาพในการต้านออกซิเดชันของไขมันและในการต้านการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียงเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพของกุนเชียงให้เก็บไว้ได้นานและส่งผลให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการต้านออกซิเดชันและการยับยั้งจุลินทรีย์ในกุนเชียง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านร่วมกับโซเดียมแลคเตทต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาผลของการต้านออกซิเดชันและการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทย 4 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับสารเคมีที่ใช้ต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์นำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันการเหม็นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ในกุนเชียง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยแบ่งขั้นตอนดังนี้

การศึกษาผลการต้านออกซิเดชันของไขมันและการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

1.4.1 ทำการสกัดสารจากผักพื้นบ้านคือ ผักแพรว ผักแขยง ใบขี้เหล็กและผักชะมวง โดยใช้เมทานอลและผลิตสารต้านออกซิเดชันจากผักพื้นบ้านเพื่อใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารโดยนำสารสกัดผักแห้งแต่ละสูตรมาผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin) (DE Value17-19 %) ในอัตราส่วน 40:60

1.4.2 ทำการผลิตกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และศึกษาการเปรียบเทียบผลความเข้มข้นการต้านออกซิเดชันของไขมันและการต้านการเจริญของจุลินทรีย์โดยทำการวิเคราะห์ค่าไทโอบาไบทูริก วิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียง หาปริมาณไขมันทั้งหมด หาค่าพีเอช วัดค่า a_w และการวัดค่าสีของกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ เพื่อประเมินคุณภาพของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ

1.4.3 ทำการผลิตกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับโซเดียมแลคเตทต่อการต้านออกซิเดชันของไขมันและการต้านการเจริญของจุลินทรีย์โดยทำการวิเคราะห์ค่าไทโอบาไบทูริกและวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียง หาปริมาณ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันทั้งหมด หาค่าพีเอช วัดค่า a_w และการวัดค่าสีของกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างๆ เพื่อประเมินคุณภาพของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ร่วมกับโซเดียมแลคเตท

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถชะลอการเกิดกลิ่นเหม็นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ในกุนเชียงโดยใช้สารต้านออกซิเดชันจากผักพื้นบ้านทดแทนสารต้านออกซิเดชันและสารต้านจุลินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาวและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารด้านอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ในร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่สุดที่เราเรียกว่าเซลล์ (cell) เซลล์หลายๆ เซลล์ทำงานรวมกันเป็นเนื้อเยื่อ (tissue) และกลุ่มของเนื้อเยื่อหลายชนิดทำงานรวมกันนั้น เรียกว่าอวัยวะ (organs) และตัวอย่างของอวัยวะได้แก่ หัวใจ (heart) ไต (kidney) ตับ (liver) ปอด (lung) และพบว่าความผิดปกติหรือความบกพร่องใดๆ ของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายนั้นก็ล้วนแต่มีต้นกำเนิดมาจากการตายหรือความเสียหายได้มากที่สุดคือ สารพิษตกค้างชนิดหนึ่งเรียกว่า อนุมูลอิสระ (free radicals) ที่มีอยู่มากในร่างกายของเรา อนุมูลอิสระหรือสารพิษดังกล่าวนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. อนุมูลอิสระที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกได้แก่ ก๊าซออกซิเจน สารเคมีและสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศ สารเติมแต่งอาหาร สีผสมอาหาร สารกันบูด หรือสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในทางเกษตร เป็นต้น

2. สารพิษที่ร่างกายของเราสร้างขึ้นเองซึ่งได้แก่ สารเคมีที่หลงเหลือจากขบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในร่างกายและในเซลล์เอง เช่น ในขบวนการสลายไขมันที่เราพบว่าร่างกายจะมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ไลปิดเปอร์ออกไซด์ (lipidperoxides) ในปริมาณสูงนั้นในผู้ที่ลดน้ำหนักโดยการสลายไขมันออกจากร่างกายมากๆ ก็จะทำให้อนุมูลอิสระชนิดนี้มากขึ้นด้วย

อนุมูลอิสระเหล่านี้มีคุณสมบัติทางเคมีที่สามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์แล้วก็จะส่งผลทำให้เกิดการตายหากหลายๆ เซลล์เกิดการตายส่งผลทำให้เกิดความบกพร่องของอวัยวะตามมาภาวะที่ว่าเกิดจากผลของอนุมูลอิสระนั้นมีมากมาย ตัวอย่างเช่น โรคความเสื่อมชนิดต่างๆ ของอวัยวะ สภาวะผิวพรรณเหี่ยวย่นก่อนวัย โรคความจำเสื่อม (alzheimer' diseases) โรคหัวใจ (heart diseases) นอกจากนี้ยังพบว่าสารพิษหรือสารอนุมูลอิสระเหล่านี้ยังสามารถทำให้เกิดความผิดปกติของการแบ่งตัวของเซลล์ได้หากสารอนุมูลอิสระดังกล่าวเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารพันธุกรรม DNA หรือ RNA ภายในเซลล์อย่างผิดปกติที่เป็นสาเหตุของสภาวะโรคมะเร็ง (cancer) ชนิดต่างๆ (ศิวาพร, 2546)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าด้วยวิถีชีวิตการรับประทานอาหารที่ไม่ค่อยมีทางเลือกมากนัก อากาศที่มีแต่มลภาวะ แหล่งของอาหารที่รับประทานที่ไม่อาจทราบได้เลยว่าจะปราศจากสารเคมีหรือสารปนเปื้อนหรือไม่รวมทั้งสภาวะพิษต่างๆ ของร่างกายของแต่ละคน เช่น การลดไขมันในโปรแกรมการควบคุมน้ำหนัก การออกกำลังกายอย่างหนัก หรือสภาวะความเครียดที่เกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานอย่างหนักล้วนแล้วแต่จะมีการช่วยทำให้เกิดสารพิษหรืออนุมูลอิสระที่มีผลต่อการทำลายเซลล์และก่อความผิดปกติภายในร่างกาย

จากการศึกษาพบว่าอนุมูลอิสระบางชนิดไม่เป็นอันตรายและเซลล์เม็ดเลือดขาวใช้อนุมูลอิสระเหล่านี้ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและเซลล์มะเร็งแต่ถ้ามีอนุมูลอิสระมากเกินกว่าร่างกายต้องการร่างกายของคนจะมีการผลิตเอนไซม์บางชนิดที่เป็นแอนติออกซิแดนท์เอนไซม์เพื่อป้องกันอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระจำแนกเป็น 2 ชนิดคือ

1. Enzymatic antioxidants ได้แก่ Superoxide dismutase, Catalase, Glutathione peroxides, G6-PD โดยสารประเภทนี้จะปกป้องเซลล์อยู่ภายในร่างกาย

2. Non-enzymatic antioxidants สารในกลุ่มนี้มีโมเลกุลเล็กทำงานทั้งภายในและภายนอกของร่างกายโดยส่วนใหญ่จะทำงานภายนอกเซลล์และในกลุ่มนี้ได้นำมาใช้ในทางการแพทย์อย่างแพร่หลายและได้มีผู้คิดค้นเพื่อใช้ป้องกันและรักษาภาวะชราของผิวหนัง ซึ่งได้แก่ ไวตามินซี ไวตามินอี ไวตามินเอ เบต้าแคโรทีน ฟลาโวนอยด์ เป็นต้น (ศิวาพร, 2546)

2.1 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลหรืออะตอมที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอย่างน้อย 1 ตัวโคจรรอบวงนอกสุด อนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นเมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออกและมีอิเล็กตรอนเดี่ยวคงเหลือ อิเล็กตรอนเดี่ยวนี้ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรต่ำและไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูงจึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่รอบๆ โดนดึงหรือให้อิเล็กตรอนโมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) (Fang และYang, 2002) อนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นในร่างกายได้จากการขนถ่ายอิเล็กตรอนในกระบวนการเผาผลาญอาหารทำให้เกิดพลังงานโดยใช้ออกซิเจนในไมโทคอนเดรียอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะถูกจับโดยออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลของออกซิเจนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเรียกว่า reactive oxygen species (ROS) เช่น อนุมูลอิสระของ hydroxyl, superoxide และ peroxyl อนุมูลอิสระชนิดอื่นที่เกิดขึ้นในร่างกาย เช่น reactive nitrogen species ตัวอย่างเช่น nitric oxide, nitrogen dioxide และอนุมูลอิสระ glutathiyl และ methyl นอกจากการเผาผลาญอาหารที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระแล้วแหล่งอื่นในร่างกายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้แก่ ปฏิกิริยาเอนไซม์ เช่น xanthine oxidase, prostaglandin synthase, lipoxygenase, aldehyde oxidase ปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (lipidperoxidation) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัว สภาวะทางอารมณ์ เช่น ความเครียดและสภาพของร่างกาย เช่น การมีไข้ การติดเชื้อ เป็นต้น แหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกายได้แก่ รังสี โอโซน ควันบุหรี่ อนุภาคอนินทรีย์ตัวทำละลายอินทรีย์และมลภาวะต่างๆ ขณะเดียวกันนอกจากอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นกับร่างกายแล้วยังสามารถเกิดขึ้นในอาหารได้มักเกิดกับอาหารประเภทน้ำมันหรืออาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบโดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนั้นมักเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่ออาหารเหล่านั้นได้รับความร้อนหรือสัมผัสกับอากาศจะเกิดเปอร์ออกไซด์ของไขมันเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร ทั้งระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเพราะอาจทำให้เกิดการเหม็นหืนหรือสูญเสียรสชาติอาหารซึ่งเป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ เช่น เดียวกับการสูญเสียคุณค่าทางอาหารและอาจเกิดการสร้างสารพิษขึ้น (ศิวาพร, 2546)

2.1.1 กลไกการเกิดออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารมากเนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นและเป็นปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้นได้เอง หรือโอโตออกซิเดชัน (Hamilton, 1994) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ยิ่งถ้ามีพันธะคู่มากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะยิ่งเกิดขึ้นได้เร็วมากอีกด้วย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบลูกโซ่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนและอนุมูลอิสระเกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) สารเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะสลายเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กๆ ที่ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืนและเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่เริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปอีกด้วย (Stauffer, 1996) โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันและไขมันในอาหารสามารถแบ่งออกเป็นขั้นต่างๆ ได้ 3 ขั้นตอน และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นเริ่มต้น (initation)
- ขั้นต่อเนื่อง (propagation)
- ขั้นสุดท้าย (termination)

ปกติโมเลกุลของไขมันจะประกอบไปด้วยกลีเซอรอลที่จับกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล และชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบจะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติหรือคุณภาพของไขมันนั้นๆ กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะถูกออกซิไดซ์ง่ายกว่า

- ปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้น

ปฏิกิริยาขั้นเริ่มต้นเป็นขั้นที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนโดยมีความร้อน แสง รังสี อิออนของโลหะหรือฮีมเป็นตัวเร่ง (Hamilton, 1994) ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

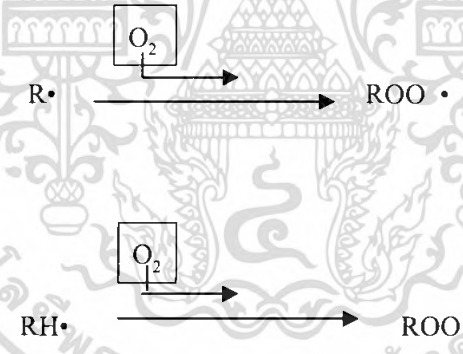
initation

$$RH + O_2 \longrightarrow R^{\cdot} + H^{\cdot}$$

ปฏิกิริยาเริ่มต้นดังกล่าวอาจเกิดขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนเพียงแค่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แสง อุณหภูมิ หรืออนุมูลโลหะ เป็นต้น ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยา (ศิวาพร, 2546)

- ปฏิกิริยาขั้นต่อเนื่อง

ปฏิกิริยาขั้นต่อเนื่อง เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาขั้นต้นทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกไซด์ (peroxide redical) และอนุมูลเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวทำให้เกิดสารเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลอิสระ (R•) ขึ้น ซึ่งสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ ถ้าหากมีแสง ความร้อน หรือโลหะเป็นตัวเร่งและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่เกิดเป็นอนุมูลเปอร์ออกไซด์ขึ้นอีกและปฏิกิริยานี้จะเกิดต่อเนื่องแบบเดิมไปเรื่อยๆ แบบลูกโซ่ (Hamilton, 1994) ดังสมการ



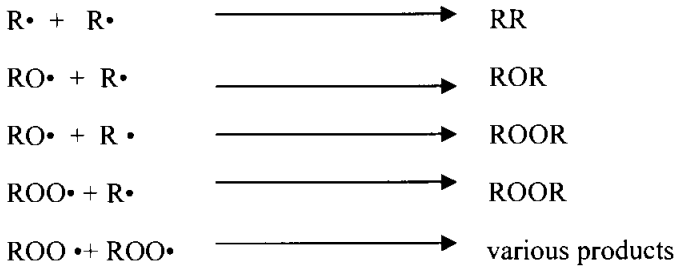
ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาที่กล่าวข้างต้น อาจมีปฏิกิริยาดังสมการข้างล่างเกิดขึ้นด้วย

$$RO^{\bullet} \longrightarrow R_1^{\bullet} + R_2CHO$$

- ปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย

ปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระเกิดขึ้นเกิดการรวมตัวกันในรูปต่างๆ ทำให้เกิดสารที่มีความคงตัวและทำให้ปฏิกิริยาสิ้นสุดลงไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไปดังแสดงในสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นนั้นคุณภาพของไขมันหรือน้ำมันจะค่อยๆ เสื่อมลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยาข้างต้นสามารถบอกถึงความเสื่อมเสียของอาหารได้คือการเสื่อมเสียของอาหารลักษณะแบบการหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันเป็นสาเหตุให้มีกลิ่นผิดปกติและสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป การหืนเกิดขึ้นได้ 3 แบบคือ

1. Lipolysis

เป็นปฏิกิริยาการเกิดไฮโดรไลซิสที่พันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์หรือลิปิดด้วยเอนไซม์ไลเปส ความร้อน กรด ด่างและความชื้น หรือปฏิกิริยาทางเคมีใดๆ ก็ตาม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า lipolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นขณะทอดอาหารที่มีน้ำหรือมีความชื้นสูงและใช้อุณหภูมิสูงปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาลิโพไลซิสจะมีผลทำให้เกิดควันและแรงตึงผิวของน้ำมันลดต่ำลงด้วย น้ำมันจะเกิดควันได้ง่ายขณะทอดอาหาร เช่น การทอดโดนัท จะได้โดนัทที่มีผิวคล้ำ แตก ดูดน้ำมันไว้มาก hydrolytic rancidity เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสไขมันและน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเปสและความชื้นทำให้ไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวได้เป็นกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันอิสระที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีกลิ่นหืนมาก เช่น การหืนของน้ำมันมะพร้าว เนยและน้ำมันหมู เมื่อเกิดการหืนจะทำให้ไขมันและน้ำมันมีกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนแปลงไป (ศิวาพร, 2546)

2. การหืนเนื่องมาจากการออกซิเดชัน (Oxidative Rancidity)

เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจับกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น peroxide linkage ขึ้นระหว่างพันธะคู่ของออโตออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศทำให้มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติการหืนด้วยปฏิกิริยามักเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นส่วนผสมอยู่ด้วยและนอกจากการสัมผัสกับอากาศแล้วการหืนชนิดนี้ยังเกิดขึ้นได้เมื่อมีเอนไซม์ลิพอกซิเดส (lipoxidase) ช่วยเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะเป็น enzymatic oxidation (ศิวาพร, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหืนเนื่องมาจากสารประกอบคีโตน (Ketonic Rancidity)

เป็นการเกิดปฏิกิริยา enzymatic oxidation ที่โมเลกุลของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน

2.1.2 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นการเสียปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญและพบบ่อยในอาหารประเภทไขมันและน้ำมันและอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นข้อกำจัดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง การเกิดออกซิเดชันขึ้นในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ปัจจัยที่มีส่วนในการทำให้ออกซิเดชันเกิดเร็วขึ้นหรือช้าลงขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน โลหะ เอนไซม์ และรังสี เป็นต้น (ศิวาพร, 2546)

2.1.3 การเกิดไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

การเกิดไฮโดรไลซิสเป็นปฏิกิริยาย่อยสลายน้ำมันหรือไขมันทำให้เกิดกลีเซอรอลโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระ โดยปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นถ้ามีน้ำหรือเอนไซม์อยู่ด้วยหรืออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง เช่น การทอดอาหารที่มีความชื้นสูง (ศิวาพร, 2546)

2.1.4 ปฏิกิริยาการเกิดรีเวอร์ชัน (Reversion)

ปฏิกิริยาการเกิดรีเวอร์ชัน เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นคล้ายสี (painty odor) หรือกลิ่นคล้ายหญ้า (grassy odor) โดยมากมักจะเกิดกับน้ำมันถั่วเหลือง สำหรับกลไกในการเกิดของปฏิกิริยานี้ยังไม่พบสาเหตุที่แน่ชัดแต่สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมัน (ศิวาพร, 2546)

2.1.5 การเกิดโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization)

การเกิดโพลิเมอไรเซชัน เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดมีการจับตัวกันระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยจะเกิดขึ้นเมื่อไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ เป็นเวลานานๆ เช่น ในน้ำมันที่ใช้ในการทอด เป็นต้น (ศิวาพร, 2546) เห็นได้ชัดเจนว่าการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ของไขมันไม่ได้ส่งผลแต่เฉพาะด้านคุณค่าของอาหาร แต่ยังยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร ดังนั้นการป้องกันการเกิดเปอร์ออกไซด์ในอาหารโดยการเติมสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลงในอาหารจึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก (ศิวาพร, 2546)

2.2 สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant)

แอนติออกซิแดนท์หรือสารต้านอนุมูลอิสระหมายถึงสารที่ใช้เพื่อชะลอการเสื่อมเสียของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลักษณะการเสื่อมเสียคุณภาพจากปฏิกิริยานี้รวมถึงการมีกลิ่นที่ผิดปกติไปจากเดิมเช่น กลิ่น สี รส ทำให้เกิดสารประกอบใหม่ที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันซึ่งจะประกอบไปด้วยสารหรือเอนไซม์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่ำๆ ก็สามารถจะชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันได้จึงมีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์อาหารประเภทน้ำมัน ไขมัน เนย เนยเทียม ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และอาหารที่ปรุงสุกโดยการทอดด้วยน้ำมัน สารที่มีคุณสมบัติช่วยในการปกป้องหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ต่างๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดอนุมูลอิสระปฏิกิริยาทางเคมีข้างต้นนั้นเกิดขึ้นโดยสารประกอบชนิดต่างๆ ที่ประกอบไปด้วยอะตอมของธาตุหลากชนิดที่มาอยู่ด้วยกันหรือเชื่อมต่อกันด้วยพันธะที่ได้พลังงานในการยึดจับกันมาจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันกล่าวคือ อิเล็กตรอนหนึ่งตัวของธาตุหนึ่งชนิดกับอิเล็กตรอนอีกหนึ่งตัวจากธาตุอีกหนึ่งชนิดมาจับคู่กันเกิดเป็นพันธะเชื่อมต่อระหว่างธาตุทั้งสองชนิดและเมื่อมีอนุมูลอิสระซึ่งหมายถึงโมเลกุลของสารที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่จับ (unpaired electron) อิเล็กตรอนไร้คู่ที่มีพลังงานสะสมอยู่นี้จะพยายามเสาะแสวงหาอิเล็กตรอนมาจับคู่ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะจับกับอิเล็กตรอนจากสารอื่นๆ แล้วส่วนใหญ่ก็จับกับออกซิเจนแม้ว่าขบวนการดังกล่าวทำให้ได้สารที่มีความคงตัวขึ้นมาใหม่หนึ่งชนิดแต่ในเวลาเดียวกันสารที่ถูกดึงอิเล็กตรอนไปก็กลับกลายเป็นสารที่ไม่เสถียรสูญเสียความคงตัวต้องพยายามไปจับกับอิเล็กตรอนจากสารตัวอื่นอีกต่อหนึ่งก่อให้เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่รู้จบซึ่งปฏิกิริยาลูกโซ่นี่เองที่ทำให้เกิดการเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระจะทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับกับอนุมูลอิสระลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในวัตถุเจือปนอาหารหลายชนิด สารต้านออกซิเดชันมีความสำคัญมากที่สุดโดยทั่วไปสารต้านออกซิเดชันมีการใช้ในอัตราส่วนสูงในอาหารจำนวนมากที่จำหน่ายในท้องตลาดสารต้านออกซิเดชันในอาหารแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. กรด (จำพวกเกลือ และอีเทอร์) เช่น กรดแอสคอร์บิก (ascordic acid) และกรดซิตริก (citric acid) มีผลช่วยขัดขวางปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสีในเนื้อสัตว์และผลไม้

2. สารประกอบฟีนอลิก (สารสังเคราะห์เคมีและสารสังเคราะห์ธรรมชาติ) เช่น BHT (butylated hydroxy toluene) และวิตามินอี (tocopherds) ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันและน้ำมันในอาหาร (ศิวาพร, 2546)

สารต้านออกซิแดนท์ที่ใช้ในอาหารเป็นสารสำคัญหลายชนิดทั้งชนิดที่ได้จากธรรมชาติและชนิดสังเคราะห์ได้ถูกนำมาทดลองใช้ในอาหารแต่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ได้รับการยอมรับว่าให้ผลที่ดีในการนำมาใช้ พบว่า 4 ลำดับแรกในตารางที่ 2.1 มีความต้องการในการนำมาใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันในอาหารประเภทไขมันและน้ำมัน มักจะใช้เพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดบางชนิดซึ่งมักเป็นกรดซิตริกกรดจะกระทำตัวในฐานะของ metal chelating agent หรือเป็นสารช่วยเสริมฤทธิ์ (synergist) ตัวทำละลาย (solvent) ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรของสารแอนติออกซิแดนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกรดคือ โพรไพลีนไกลคอ (propylene glycol) น้ำมันพืช โมโนกลีเซอไรด์และเอทิลแอล-กอฮอล์ (Sherwin, 1990)

ตารางที่ 2.1 สารต้านออกซิเดชันที่ยอมรับสำหรับให้ใช้ในอาหาร

สารต้านออกซิเดชัน
BHA (butylated hydroxy anisole)
BHT (butylated hydroxy toluene)
Propyl gallate (also octyl and dodecyl gallate in some countres
TBHQ (tertiary butylhydroquinone)
Tocopherols
Lecithin
Gum or resin guaias
TBBP (trihydroxy butyrophenone)
4-tlydroxymethyl-2,6-ditert-butyl phenol
Thiodipropionic acid and dilauryl thiodipropionate
Glycine

ที่มา: Sherwin (1990)

2.2.1 สารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี

2.2.1.1 บีเอชที (butylated hydroxy toluene)

เป็นสารประกอบที่เป็นผลึกสีขาวหรือเหลืองอ่อนมีกลิ่นฉุนไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ บีเอชทีเป็นวัตถุกันหืนในกลุ่มฟีนออิกและกระทำตัวคล้ายคลึงกับบีเอชเออย่างมากในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) บีเอชทีถึงแม้ว่าจะละลายไม่ค่อยดีเท่ากับบีเอชเอ แต่ก็สามารถละลายได้ดีในไขมันและน้ำมันได้ดี บีเอชทีไม่เหมือนบีเอชเอตรงไม่สามารถละลายได้ในโพรไพลีนไกลคอล (propylene glycol) บีเอชทีมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันแต่ในทางตรงกันข้ามจะมีประสิทธิภาพต่างๆ ในน้ำมันพืชบีเอชทีจะสามารถทนต่อความร้อนสูงในระหว่างกระบวนการทำอาหารแต่ไม่ดีเท่าบีเอชเอ การเติมบีเอชทีไม่มีผลเสริมฤทธิ์กับแกลเลท (gallate) จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าใช้ร่วมกับบีเอชเอ (Sherwin, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 บีเอชเอ (butylated hydroxy anisole)

เป็นสารประกอบที่เป็นผลึกสีขาวหรือเหลืองอ่อน มีกลิ่นฉุน ไม่ละลายน้ำแต่ละลายดีในแอลกอฮอล์ และ propane-1,2-diol เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหาร (Pryor และคณะ, 1982) ประสิทธิภาพของบีเอชเอจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่ใช้แต่จะสูงสุดที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.02 เท่านั้น แม้จะมีการใช้ปริมาณบีเอชเอในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณที่กล่าวแต่ประสิทธิภาพก็จะไม่เพิ่มขึ้นด้วย (ศิวาพร, 2546)

2.2.1.3 โพรพิลแกลเลต

เป็น propanol ester ของ 3,4,5-tri-hydroxybenzoic acid เป็นสารประกอบผลึกสีครีมขาว ไม่มีกลิ่น มีรสขมเล็กน้อย ละลายน้ำได้เล็กน้อย และละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และ propane-1,2-diol โพรพิลแกลเลตเป็นวัตถุกันหืนสังเคราะห์ที่เตรียมโดยการเอสเทอร์ริฟิเคชั่นกรดแกลลิกด้วยโพรพิลแอลกอฮอล์แล้วกลั่นเพื่อขจัดแอลกอฮอล์ที่มากเกินไปออก โพรพิลแกลเลตที่มีการจำหน่ายในทางการค้าจะอยู่ในรูปผลึกสีขาวละลายน้ำได้เล็กน้อยมีประสิทธิภาพดีมากทั้งในไขมันและน้ำมันสัตว์และน้ำมันพืช สำหรับการใช้ในอาหารนั้นนิยมใช้เป็นวัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือไขมันพืชจากสัตว์เป็นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เนื้อต่างๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ปลา ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง เนย นมผง และมาการีน เป็นต้น (Pryor และคณะ, 1982)

2.2.1.4 ทีบีเอชคิว (tertiary butylhydroquinone)

ทีบีเอชคิวเป็นสารประกอบที่มีผลึกสีขาว มีกลิ่นเฉพาะตัวไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในแอลกอฮอล์ ทีบีเอชคิวเป็นวัตถุกันหืนชนิดหนึ่งในกลุ่มฟีนอลิกที่มีการนำมาใช้อุตสาหกรรมอาหารเป็นวัตถุที่ดีที่สุด สำหรับน้ำมันพืชทีบีเอชคิวมีประสิทธิภาพในการช่วยให้น้ำมันพืชต่างๆ คงตัวดีกว่าโพรพิลแกลเลต บีเอชที และบีเอชเอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดอกคำฝอยซึ่งเป็นน้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง และทำให้คงตัวได้ค่อนข้างยาก (ศิวาพร, 2546) แม้ว่าสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์เหล่านี้จะมีประสิทธิภาพ และค่อนข้างมีราคาถูกเมื่อใช้ไปแล้วบางอย่างอาจมีผลเสียเพราะอาจมีสารพิษเกิดขึ้น หากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปพบว่าเป็นสาเหตุให้เกิดอาการผิดปกติแก่ผู้บริโภคได้ จากการศึกษาพบว่าการใช้วัตถุกันหืนในปริมาณที่มากและเป็นเวลานานเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการผิดปกติกับสัตว์ทดลอง เช่น เป็นมะเร็งและเนื้องอกได้ เป็นต้น

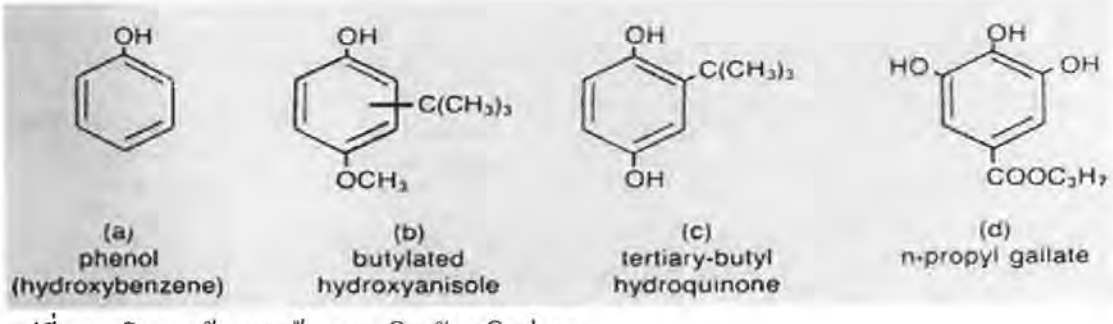
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

2.2.2.1 ฟีนอลิกแอนติออกซิแดนท์

สารต้านออกซิเดชันในอาหารเป็นสารประกอบที่ช่วยในการยับยั้งหรือขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical autoxidation) ซึ่งเป็นพื้นฐานการเกิดปฏิกิริยาของกลีเซอไรด์ (glyceride) ความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก หรือ Phenolic configuration ดังรูปที่ 2.1 ดังนั้นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหลักในอาหารประเภทไขมันและน้ำมันหรืออาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบคือสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และทั่วไปแล้วสารประกอบฟีนอลิกก็คือ Phenolic antioxidant (Sherwin, 1990)

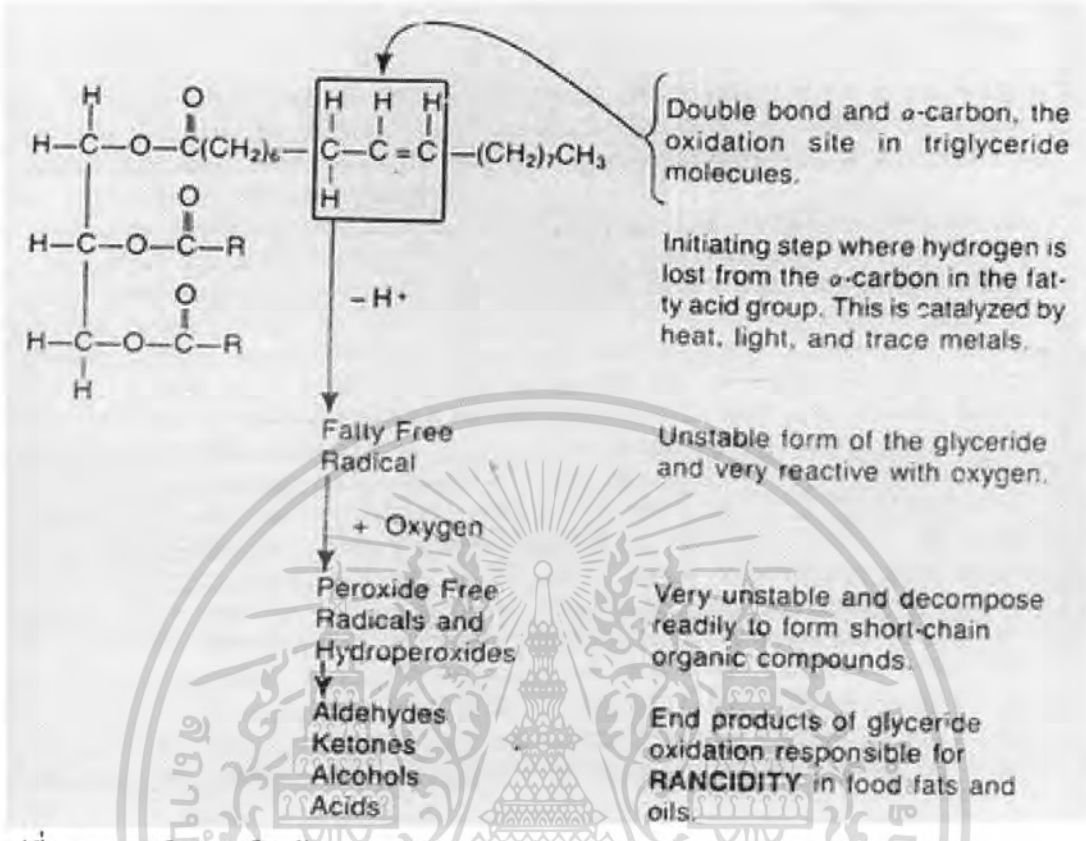
กิจกรรมของสารประกอบฟีนอลิกในการยับยั้งปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าฟีนอลทำหน้าที่เป็นตัวให้โปรตอน (proton doner) ขัดขวางการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันเบื้องต้น ($R^{\cdot}$) ดังนั้นจึงช่วยชะลอการเริ่มต้นของการเกิดออโต้ออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมัน ($RH^{\cdot}$) อนุมูลอิสระของสารต้านออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานี้ไม่เหมือนกับอนุมูลอิสระของกรดไขมันคือ ไม่มีความสามารถในการเริ่มต้นหรือทำให้ออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันดำเนินต่อไปได้แต่ไม่ได้ช่วยในการป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ช่วยในการเริ่มต้นของปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้าลง การชะลอให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของสารต้านออกซิเดชันที่เฉพาะและความเข้มข้นของสารต้านออกซิเดชันและยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความร้อน แสง โลหะ และสารโพรออกซิแดนซ์ (prooxidant) และมีรายงานว่าการใช้สารต้านออกซิเดชันนี้เป็นสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic antioxidant) ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเติมลงไปอย่างรวดเร็วทันทีเพียงพอที่ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระของกรดไขมันซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาออโต้ออกซิเดชันสารประกอบนี้ไม่ได้ทำหน้าที่ดูดออกซิเจนแต่ช่วยป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยาหรือดูดออกซิเจนในกระบวนการออโต้ออกซิเดชัน (Sherwin, 1990)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ

ที่มา: Sherwin (1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การเกิดออกซิเดชัน

ที่มา: Sherwin (1990)

2.2.2.2 สารต้านออกซิเดชันจากผักและผลไม้

ผักและผลไม้หลายชนิดมีสารต้านออกซิเดชันเป็นสารประกอบ การบริโภคผักและผลไม้ในปริมาณมากได้รับสารต้านออกซิเดชันในปริมาณมากด้วย สารต้านออกซิเดชันที่พบส่วนใหญ่ในผักผลไม้เป็นสารฟาโวล (flavone) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และสารที่เกี่ยวข้อง (Davidson และ Zivanovic, 2003) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารที่อยู่ในผักและผลไม้มีส่วนช่วยไม่ให้เกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจ ได้มีการศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในผักหลายชนิด ได้แก่ ผักที่มาจากรากและหัว เช่น แครอท มันฝรั่ง มันเทศ เรดบีท (red beet) ผักประเภท cruciferoces vegetable เช่น กะหล่ำปลี ถั่วงอก บร็อคโคลี่ เป็นต้น ส่วนที่เป็นใบ เช่น ผักกาดหอม ผักโขม (spinach) เป็นต้น หัวหอม มันฝรั่ง และผักชนิดอื่นๆ (Yanishlieva - Maslarova, 2001)

2.2.2.3 ไวตามินซี

ไวตามินซีเป็นวิตามินที่จำเป็นสำหรับร่างกายเพราะทำให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติและเป็นวิตามินที่ร่างกายไม่อาจผลิตขึ้นได้เอง ไวตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีชนิดหนึ่งและยังช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้อย่างดีโดยจะทำงานร่วมกับเซลล์เม็ดเลือด

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาวชนิดหนึ่ง เรียกว่า เซลล์เพชฌฆาต (natural killer cell) ทำหน้าที่ในการค้นหาและจัดการกำจัดเซลล์ผิดปกติ นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยลดปริมาณการเกิดไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย ไวตามินซีมีความสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสารชีวเคมีที่สร้างคอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างกระดูกของมนุษย์และเป็นส่วนประกอบสำคัญของผิวหนัง กล้ามเนื้อ และปอด ถ้าร่างกายได้รับวิตามินซีน้อย โครงสร้างของร่างกายในส่วนต่างๆ ก็จะอ่อนแอลง เซลล์ที่ผิดปกติจะสามารถฝังตัวหรือแพร่กระจายออกไปตามส่วนต่างๆ และก่อให้เกิดเนื้องอกหรือมะเร็งได้ในที่สุด ไวตามินซีจะสร้างเสริมคอลลาเจนมากขึ้นซึ่งคอลลาเจนเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งได้ (Pryor และคณะ, 1982)

แหล่งอาหารที่พบไวตามินซีมาก ได้แก่ ผักใบเขียวทั่วไปและผลไม้รสเปรี้ยว ไวตามินซีมีข้อเสียมาก คือ ไม่ทนต่อความร้อน อากาศ และละลายน้ำง่าย ทนกรดแต่ไม่ทนด่าง ผักและผลไม้ที่เก็บไว้นานจะทำให้ปริมาณไวตามินซีสูญเสียไปถึงร้อยละ 33 การหุงต้มก็เป็นการทำให้สูญเสียไวตามินซีไปได้ถึงร้อยละ 50-80 การหั่นผักเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนนำไปล้างก็ทำให้สูญเสียวไวตามินซีไปอีกจึงมีข้อแนะนำว่าควรรับประทานผักสดและผลไม้สดจะเป็นการดีที่สุด และการหุงต้มผักควรใช้น้ำให้น้อยที่สุดและใช้เวลาในการหุงต้มให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้หรือใช้เตาไมโครเวฟเพื่อป้องกันการสูญเสียไวตามินซี (Pryor และคณะ, 1982)

2.2.2.4 ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกจากธรรมชาติในฟีนออิกพบได้หลากหลายชนิดในพืชชั้นสูงและปกติพบในผัก ผลไม้ เครื่องดื่ม (ชา และ ไวน์) คุณสมบัติของฟลาโวนอยด์ในการต้านออกซิเดชันและการจับกับอนุมูลอิสระได้มีการศึกษากันอย่างดีแล้ว การศึกษาก่อนหน้านี้ผู้ทำการทดลองได้มีการแยกสารฟลาโวนอยด์ออกจากพืชสกุลเดียวกันกับผักแพรวที่มีชื่อว่า *Polygonum hydropiper* สารที่แยกได้คือ sulfated, methylated and glycosidal flavonids ซึ่งเป็นสมุนไพรในการยับยั้งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และป้องกันการสร้าง Superoxide anion ในบรรดาฟลาโวนอยด์หลายชนิดพบว่า quercetin, isorhamnetin และ rhamnazin มีศักยภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งถูกชักนำโดย Fe (III) ADP/NADPH (Haraguchi, 2001)

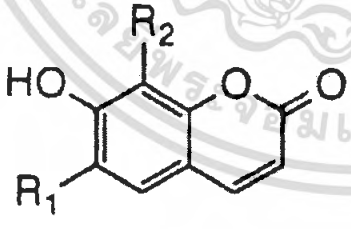
ผลิตภัณฑ์อาหารต่างชนิดกันจะมีองค์ประกอบหรือส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นหรือชะลอให้เกิดช้าลงจึงต้องใช้วัตถุกันหืนต่างชนิดและต่างปริมาณกันในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ควอมาริน (Coumarins) และแซนโทน (Xanthones)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.5 ควอมาริน (Coumarins) และแซนโทน (Xanthones)

สารควอมารินเป็นเบนโซไพโรน (α-pyrone) ชนิดหนึ่งในกลุ่มของสารฟีนอลิก ซึ่งพบมากในพืช (รูปที่ 2.3) Pay'a และคณะ (1992) ได้ทดสอบผลของควอมารินกับไฮดรอซิลต่างๆ และการใช้อย่างอื่นแทนในการป้องกันการเกิด lipid peroxide และการใช้อนุมูลอิสระออกซิเจนบางชนิด ซึ่งในบรรดาควอมารินที่ได้จากพืชพบว่า ใช้ *o*- dihydroxy substitution ซึ่งได้แก่ fraxetin, esculetin และ dephnetin เป็นตัวยับยั้ง Fe^{3+}- ascorbate ที่มีประสิทธิภาพซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิด microsomal lipid peroxidation

Xanthones มี γ - pyrone เป็นส่วนประกอบซึ่งเป็นสารคล้ายฟลาโวนอยด์ และมีผลในทางชีววิทยาอย่างกว้างๆ Minami และคณะ (1994) ได้คัดแยก hydroxyl xanthone ออกจากไม้ของ *Garcinia subelliptica* และได้ศึกษาคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของสารนี้ นอกจากนี้สาร 1,2-dihydroxy-5,6-dimethoxyxanthone (หมายเลข 35 ของรูปที่ 2.4) และ 1,8- dihydroxy-6-dimethoxy xanthone (หมายเลข 36 ของรูปที่ 2.4) มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิด lipid peroxidation ในสมองของหนู (rat brain homogenate) และสาร1,2,5-trihydroxy xanthone (หมายเลข 34 ของรูปที่ 2.4) เป็นสารที่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ O_2^- ที่ได้จาก Xanthine-xanthineoxidase system Globuxanthone (หมายเลขที่ 37 ของรูปที่ 2.4) มีประสิทธิภาพในการจับ O_2^- และป้องกันการเกิด lipid peroxidation (Haraguchi, 2001)

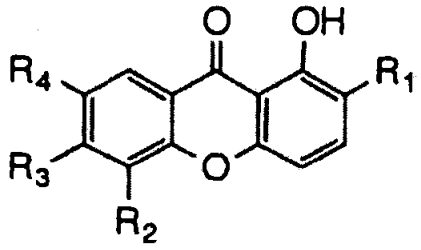


	R_1	R_2
31	OCH_3	OH
32	OH	H
33	H	OH

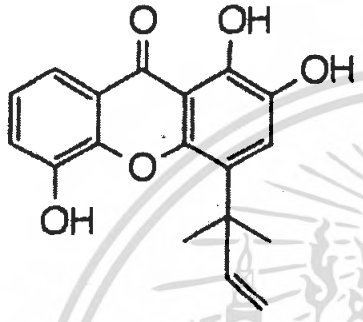
รูปที่ 2.3 สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติจาก ควอมาริน (Coumarin)

ที่มา : Haraguchi (2001)

83972
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	R_1	R_2	R_3	R_4
34	OH	OH	H	H
35	OH	OMe	OMe	H
36	H	H	OMe	OH



37

รูปที่ 2.4 สารต้านออกซิเดชันที่แยกได้จาก *Garcinia subelliptica*

ที่มา : Haraguchi (2001)

2.3 วิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

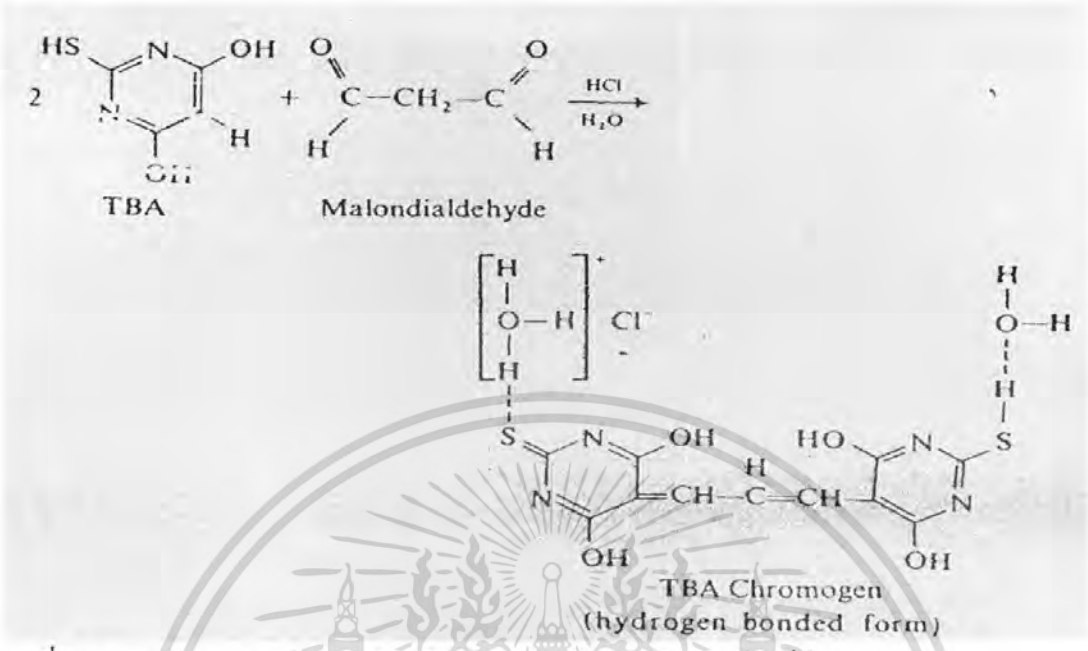
ทำได้หลายวิธีเช่นการทดสอบโดยทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (free radical scavenging assay) เป็นการทดสอบการกำจัดอนุมูลอิสระของสารทดสอบโดยอนุมูลอิสระต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH·) หรือ 2,2-azino bis[3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphonate] (ABTS·) การทดสอบทำโดยการวัดปริมาณอนุมูลอิสระเริ่มต้นจากค่าการดูดกลืนแสงด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หากสารที่นำมาทดสอบมีฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระก็จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของอนุมูลอิสระนั้นๆ ลดลง อนุมูลอิสระ DPPH· มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร การตรวจวัดปริมาณอนุมูลอิสระโดยตรงจากอิเล็กตรอนเดี่ยวโดยใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electron spin resonance, ESR) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ESR อาศัยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลอิสระจะถูกจับด้วยตัวจับอิเล็กตรอน (spin trap) เกิดเป็นอนุมูลอิสระที่คงตัว (spin adduct) และสามารถถูกตรวจจับได้ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดเป็นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า spin trap เป็นสารที่มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระทำให้ครึ่งชีวิตของอนุมูลอิสระยาวขึ้น มีความคงตัวและถูกตรวจจับได้ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ESR เริ่มจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารทดสอบกับอนุมูลอิสระต้นแบบ เช่น OH·, O_2 หรือ DPPH·

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นนำมาจับกับ spin trap และตรวจวัดภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า สารทดสอบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะลดความเข้มของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากอนุมูลอิสระถูกกำจัดด้วยสาร ทดสอบการทดสอบความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation inhibition assay) อนุมูลอิสระสามารถทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุล เช่นไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอในปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับไขมันมีลักษณะเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่และทำให้ไขมันเสื่อมสลายเป็นสารกลุ่มอัลดีไฮด์ คีโตนและเพอร์ออกไซด์ของไขมัน (lipid peroxide, LOOH) การทดสอบความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชันของไขมันโดยอาศัยการวัดปริมาณของเพอร์ออกไซด์ของไขมันที่เกิดขึ้นหลังจากปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชันหากสารทดสอบมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจะทำให้เพอร์ออกไซด์ของไขมันที่เกิดจากปฏิกิริยาลดลง (ธิดาดวง, 2549)

การทดสอบกรดไทโอบาบิทูริก (TBA) เป็นวิธีการที่ง่ายวิธีหนึ่งที่ใช้กันบ่อยในการตรวจหาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นการตรวจหาปริมาณสารอัลดีไฮด์ ปริมาณความเข้มข้นของสารอัลดีไฮด์นี้จะประเมินได้โดยการทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาบิทูริกซึ่งจะให้มาลโลนาลดีไฮด์ (malonaldahyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีแดง red condensation product (รูปที่ 2.5) สารนี้จะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532-535 นาโนเมตรโดยมีความสามารถในการดูดกลืนแสงอยู่ที่ 27.5 หน่วย (adsorbance units) ต่อไมโครโมล อย่างไรก็ตามมีความเป็นไปได้ที่สารอัลดีไฮด์อื่นๆ จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาบิทูริกด้วย ซึ่งจะให้สารสีแดงออกมาเช่นกันและสารที่ไม่ถูกสกัด เช่น ไขมัน ยูเรีย น้ำตาล โปรตีนที่ถูกออกซิไดส์หรือสารประกอบอื่นๆ ที่ถูกออกซิไดส์ในผลิตภัณฑ์อาหารก็สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาจนให้สารสีแดงออกมาเช่นกัน นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (maillard browning) และผลิตภัณฑ์การแตกสลายน้ำตาลก็มีผลต่อการวิเคราะห์นี้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามในการทดสอบนี้ได้รับความสนใจเนื่องจากสามารถทำได้กับอาหารทั้งหมด (whole food) และอาจเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ที่ถูกออกซิไดส์ซึ่งไม่ใช่แต่เฉพาะไตรกลีเซอไรด์ของไขมันเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นเพื่อที่จะเน้นถึงการขาดความเฉพาะเจาะจงของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นค่าที่ได้จากการทดสอบจึงรายงานในรูปของค่า TBARS (TBA reactive-substances) (Rossell, 1994; Gordon, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของการเกิดปฏิกิริยา TBA ในมาลโลนาลดีไฮด์

ที่มา : Rossell (1994)

2.4 การใช้วัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์อาหาร

ในปัจจุบันมีการใช้วัตถุกันหืนที่ได้จากการสังเคราะห์และที่ได้จากสารธรรมชาติอย่างกว้างขวาง ซึ่งจะนำมาใช้เป็นวัตถุกันหืนในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ

2.4.1 น้ำมันและไขมันพืช

น้ำมันพืชและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง มาการีน น้ำมันสลัดและเนยขาว เป็นต้น ปัจจุบันได้มีปริมาณความต้องการบริโภคน้ำมันและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นมากเนื่องจากเหตุผลที่ต้องการรักษาสุขภาพเพราะผู้บริโภคส่วนใหญ่เริ่มมีความรู้ดีขึ้นจึงมักจะพยายามหลีกเลี่ยงการบริโภคไขมันและน้ำมันสัตว์ น้ำมันพืชและผลิตภัณฑ์จากน้ำมันพืชที่กล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นองค์ประกอบเป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่จึงมักจะเกิดการเสียเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส การเกิดโพลิเมอไรเซชันและปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้กล่าวเกือบทุกขั้นตอนของการแปรรูป อาทิเช่น การสกัด การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอบริโภค เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันหรือชะลอการเสียต่างๆ ให้เกิดช้าลงจึงได้มีการใช้วัตถุกันหืนช่วย โดยทั่วไปแล้วในน้ำมันพืชหรือผลิตภัณฑ์จะมีวัตถุกันหืนธรรมชาติหรือโทโคฟีรอลอยู่แล้วแต่มักจะไม่เพียงพอในการป้องกันการเสียดังกล่าวจึงต้องมีการใช้วัตถุกันหืนสังเคราะห์ ซึ่งจากการทดลองของ Sherwin (1978) แสดงให้เห็นว่าวัตถุกันหืนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหลายๆ หมู่หรือวัตถุกันหืนประเภทที่เป็นสารประกอบโพลิไฮดรอกซิฟีนอลิก (polyhydroxy phenolics antioxidants) เช่น ทีบีเอชคิวและโพรพิลแกลเลตจะมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนพวก sterically hindered phenol เช่น บีเอชเอและบีเอชทีจะมีประสิทธิภาพรองลงมา ส่วนการวัตถุกันหืนธรรมชาติจะสามารถช่วยได้น้อยมากหรือแทบไม่มีเลย (ศิวาพร, 2546)

2.4.2 ไขมันและน้ำมันสัตว์

ไขมันและน้ำมันสัตว์แตกต่างจากไขมันและน้ำมันพืช คือไขมันและน้ำมันสัตว์จะประกอบไปด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ วัตถุกันหืนที่ใช้ในไขมันและน้ำมันสัตว์นั้นนอกจากมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วยังต้องมีคุณสมบัติ carry through ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ไขมันหรือน้ำมันนี้ด้วย บีเอชเอจัดเป็นวัตถุกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมากในน้ำมันหมูและพบประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ถ้าหากมีการใช้ร่วมกับสารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนไม่ว่าจะเป็นกรดซิตริก กรดฟอสฟอริก เลซิทิน (lecithin) หรือเมไทโอนิน (methionine) การใช้บีเอชเอร่วมกับโพรพิลแกลเลตและกรดซิตริกจะให้ผลดีที่สุดซึ่งการใช้บีเอชเอนั้น นอกจากจะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วโดยทั่วไปจะใช้วัตถุกันหืนที่ประกอบด้วยสารสังเคราะห์จำพวกบีเอชเอร้อยละ 20 โพรพิลแกลเลตร้อยละ 6 และกรดซิตริกร้อยละ 6 (ศิวาพร, 2546)

2.4.3 ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อสัตว์

ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อสัตว์รวมถึงผลิตภัณฑ์จากหมู วัว ไก่ เป็นต้น ทั้งในรูปที่ยังไม่ได้มีการทำให้สุกหรือสุกแล้วก็ตามมักจะมีการเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเนื่องจากในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เร่งให้มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเร็วขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือ รงควัตถุในเนื้อ เกลือ กรรมวิธีในการแปรรูป และภาชนะในการบรรจุ เป็นต้น สำหรับการศึกษาถึงผลของวัตถุกันหืนในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรงควัตถุในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นและยังมีรายงานว่า บีเอชเอและโพรพิลแกลเลตจะช่วยป้องกันการเกิดออกซิเตชันของไขมันและรงควัตถุในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการทำให้สุก นอกจากนี้ยังได้มีรายงานผลการทดลองใช้บีเอชเอร่วมกับโพรพิลแกลเลตและแอสคอร์บิลพาลมิเทตในเนื้อบด สารทั้ง 3 จะช่วยเสริมฤทธิ์ในการยืดอายุของเนื้อบดได้เป็นอย่างดี เป็นต้น แต่โดยทั่วไปแล้วการเสื่อมของเสียของอาหารนั้นมักมีสาเหตุเนื่องมาจากจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่ง จุลินทรีย์มักจะมีการปนเปื้อนมาตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุรวมถึงการขนส่งจึงมีการเติมสารต้านจุลินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยไปชะลอหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร (ศิวาพร, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สารต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial)

สารต้านจุลินทรีย์ หมายถึง สารเคมีที่เติมลงในอาหารเพื่อป้องกันหรือชะลอการเสื่อมเสียของอาหารอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็น ยีสต์ ราหรือแบคทีเรีย คุณสมบัติของสารต้านจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในอาหารนั้นต้องเป็นสารที่ให้ผลดีในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีภายใต้เงื่อนไขกว้างขวางมีช่วงในการทำงานอย่างเพียงพอมีความคงตัวในอาหารและไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ที่เติมลงไปหรือองค์ประกอบของอาหารไม่ก่อให้เกิดสี กลิ่น รส ที่ไม่ต้องการ นอกจากนี้ต้องไม่เป็นสารที่ทำให้เกิดพิษต่อร่างกายด้วยการใช้สารต้านจุลินทรีย์ในอาหารต้องใช้ในปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดเท่านั้นซึ่งประสิทธิภาพของสารต้านจุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นและองค์ประกอบทางเคมีและความเป็นกรดเบสของอาหาร ตัวอย่างสารต้านจุลินทรีย์ในอาหารที่นิยมใช้กันทั่วไป เช่น เบนโซ และเบนโซเอทมักใช้ในอาหารพวก มาการีน มายองเนส ผักดอง มารีเนด แยม เยลลี่ สารไนเตรตและไนไตรต์ นิยมใช้ในอาหารพวกเนื้อหมัก การผลิตเนยแข็งและมีการใช้กรดซอร์บิกในการทำเนยแข็ง มาการีน ผลิตภัณฑ์ปลาและผักผลไม้ดอง เป็นต้น (Caldwell และคณะ, 1964) ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เป็นอาหารอีกชนิดหนึ่งที่เกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายทั้งเกิดจากการปฏิกิริยาออกซิเดชันและเกิดจากจุลินทรีย์เนื่องจากเนื้อสัตว์มีองค์ประกอบที่เป็นไขมันรวมอยู่ด้วยอีกทั้งยังต้องผ่านกระบวนการฆ่าสัตว์ กระบวนการแปรรูปรวมถึงการเก็บรักษาแต่ถึงกระนั้นการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ก็ยังคงมีความจำเป็นอยู่เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่ให้โปรตีนคุณภาพดีซึ่งร่างกายต้องการสารอาหารโปรตีนเป็นอันดับที่ 2 รองจากคาร์โบไฮเดรตจึงเป็นเหตุให้มีการผลิตเนื้อ การเก็บรักษาและการแปรรูปเนื้อสัตว์เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณมากและมีคุณภาพดีเหมาะสมต่อการบริโภคซึ่งเนื้อสัตว์จะถูกนำมาดำเนินการใดๆ เพื่อให้คุณสมบัติเดิมของเนื้อสดถูกแปรเปลี่ยนไปโดยการใช้วิธีการเพียงหนึ่งหรือหลายๆ วิธีด้วยกัน ได้แก่ การหั่น การบด การสับบดละเอียด การเติมสารปรุงรสและแต่งสี การใช้ความร้อนและการรมควัน เป็นต้น โดยดั้งเดิมแล้วผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์จะได้มาจากการแปรรูปเพื่อถนอมรักษาเนื้อสัตว์โดยการยับยั้งหรือการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสียเพื่อป้องกันการเน่าเสียและเพื่อถนอมรักษาเป็นผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีกลิ่นรสซึ่งสามารถทำได้โดยการทำแห้ง หลักการทำแห้งคือ การทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ถูกกำจัดออกไปน้ำส่วนที่ถูกกำจัดออกไปนี้ คือน้ำส่วนที่ถูกดึงไว้ด้วยแรงตึงผิวเท่านั้นซึ่งเป็นน้ำส่วนที่อยู่ไกลสุดจากประจุไฟฟ้าของโมเลกุลโปรตีน ส่วนปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ภายหลังจากการทำแห้งจะเป็นพวกน้ำที่ถูกตรึง ซึ่งเป็นน้ำส่วนที่อยู่ในโครงสร้าง หรือองค์ประกอบของสารอาหารในเนื้อสัตว์ ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถดึงออกมาใช้ประโยชน์ หรือเพื่อการดำรงชีพได้ การทำแห้งสามารถทำได้ 3 วิธีคือ (Caldwell และคณะ, 1964)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทำแห้งด้วยแสงแดดโดยการนำเนื้อสัตว์มาหั่นบางๆ แล้วล้างด้วยน้ำและคลุกเคล้ากับเกลือแล้วจึงนำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดดวิธีนี้จะประหยัดพลังงานความร้อนแต่เนื้อตากแห้งที่ได้จะมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์สูงถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูงเมื่อเก็บไว้นานวันอาจเสื่อมเสียได้ง่าย

2. การทำแห้งด้วยความร้อนมีการปรับปรุงเพื่อใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งตามต้องการและมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้สะอาดสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด การทำแห้งโดยวิธีนี้ที่นิยมใช้กับเนื้อสัตว์คือ การใช้ตู้อบลมร้อนหรือตากแห้งผลิตภัณฑ์ในตู้ขนาดใหญ่ซึ่งมีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำระเหยออกไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นต่ำแต่จะมีปริมาณไขมันสูงโดยเฉพาะเนื้อสุกรตากแห้งอาจเกิดการหืนได้ง่ายเมื่อเก็บไว้ 3-5 วัน แต่สามารถป้องกันได้โดยการเติมสารกันหืน เช่น BHA (butylated hydroxyl anisole) หรือ BHT (butylated hydroxyl- toluene) ผสมเนื้อหมักเกลือก่อนการตากแห้ง

3. การทำแห้งด้วยความเย็น เป็นการทำให้เนื้อแห้งโดยการระเหิดน้ำออกจากชิ้นเนื้อในภาวะที่เป็นน้ำแข็งในสภาพสุญญากาศนิยมใช้กับเนื้อสัตว์ที่นำไปใส่ในซุปการถนอมรักษาเนื้อสัตว์โดยการทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่ได้เช่น เนื้อตากแห้ง หมูแผ่น ไส้กรอก กุนเชียง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ได้จากการแปรรูปจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

3.1. ผลิตภัณฑ์ขนาดดั้งเดิม เป็นผลิตภัณฑ์ที่โครงสร้างสุดท้ายของเนื้อยังคงรูปร่างและโครงสร้างของเนื้อสดอยู่ เช่น แฮม เบคอน คอร์นบีฟ หมูแผ่น หมูหยอง สเต็ก และหมูตั้ง เป็นต้น

3.2. ผลิตภัณฑ์ลดขนาด เป็นผลิตภัณฑ์ที่โครงสร้างสุดท้ายประกอบกันขึ้นมาจากเนื้อชิ้นเล็กๆ ย่อยๆ รวมตัวกันขึ้นเป็นรูปร่างตามสิ่งหรือพิมพ์ที่ใช้บรรจุ เนื้อสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบหลักจะถูกลดขนาดให้เล็กย่อยลงโดยการหั่น บด และสับละเอียด ผลิตภัณฑ์ลดขนาดอาจแบ่งตามลักษณะโครงสร้างภายในและการลดขนาดชิ้นส่วนของเนื้อเป็น 3 กลุ่มย่อย

3.2.1 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดหยาบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดา เนื้อถูกลดขนาดลงแต่ยังไม่เปลี่ยนแปลงทางกายภาพในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว กุนเชียง หมูส้ม และหม้ำ เป็นต้น (ธิดาดวง, 2529)

3.2.2 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไปผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีไขมันอยู่มากและมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อทำหน้าที่เป็นตัวช่วยให้ไขมันและน้ำรวมตัวกันทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียวซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า อิมัลชัน เช่นไส้กรอกเวียนนา หรือแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ไส้กรอกโบโลญา เป็นต้น (ธิดาดวง, 2529)

3.2.3 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดเจลอิมัลชัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อจะถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ใช้เนื้อแดงล้วนมีไขมันอยู่น้อยหรือไม่มีเลยแต่มีโปรตีนไมโอซินที่แตกแยกตัวออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการคลายตัวเมื่อได้รับแรงกลในการนวดผสมและเส้นใยโปรตีนย่อยๆเกิดการจัดเรียงตัวกันขึ้นมาใหม่เกิดเป็นโครงสร้างเจลของโปรตีนในส่วนผสมของเนื้อที่แปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียวขึ้น เช่น ลูกชิ้น และหมูยอแม้เนื้อสัตว์จะผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว แต่ก็ยังคงมีการเสื่อมเสียได้เนื่องจากก่อนกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ในสภาพที่เหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (ธิดาดวง, 2529)

2.6 การเสื่อมเสียเนื่องจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย การเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์มีแหล่งที่มาของการปนเปื้อนดังต่อไปนี้

2.6.1 ตัวของสัตว์

จากตัวของสัตว์จะมีชนิดของจุลินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรียพวกโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในเศษอุจจาระและอวัยวะในระบบทางเดินอาหารซึ่งสามารถปนเปื้อนเข้าไปในซากได้ทำให้เนื้อสัตว์นั้นไม่ปลอดภัยที่จะบริโภคโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าซากเกิดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 และเนื้อนั้นนำไปผ่านความร้อนสูงไม่เพียงพอที่จะทำลายก็สามารถทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ ตัวอย่างเช่น การเกิดโรคอาหารเป็นพิษ เนื่องจากเชื้อ *E. coli* O157: H7 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเนื่องจากบริโภคเนื้อวัวบดที่ผ่านการให้ความร้อนไม่เพียงพอ (เยาวลักษณ์, 2550)

2.6.2 น้ำที่ใช้ในกระบวนการฆ่าสัตว์

การใช้น้ำต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำที่ใช้ในการล้างและลวกขนสุกรก่อนการขูดขนหรือน้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องมือต่าง ๆ เช่น ในกรณีที่ชำแหละสุกรจะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากมีดที่ใช้เชือดคอ ดังนั้นน้ำที่ใช้ในการล้างต้องมีคลอรีนที่ตกค้างอยู่ในปริมาณที่กำหนดและการใช้น้ำร้อนลวกขนสุกรก่อนการขูดขน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนเข้าสู่ซาก โดยผ่านจากหนังและขนสุกรเข้าไปยังเลือด จากเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อและเข้าไปยังไขกระดูก ทั้งนี้เพราะหัวใจสุกรยังมีการเต้นอยู่ภายหลังถูกเชือดใหม่ๆ จะทำให้เกิดการดูดน้ำลวกขนเข้าไปในซากได้นอกจากนี้น้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ควรจะเป็นน้ำที่ได้มาตรฐานตามมาตรฐานน้ำบริโภค เช่น น้ำหรือน้ำแข็งที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทำไส้กรอก (เยาวลักษณ์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 อากาศรอบข้างซากหรือเนื้อสัตว์ หรือในห้องที่ทำการแปรรูป

อาจจะปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอากาศตามธรรมชาติได้ ดังนั้นโรงงานต้องมีการสุขาภิบาลที่ดีโดยในห้องเย็นที่เก็บรักษาเนื้อผ่าครึ่งหรือผ่าสี่ อาจมีการใช้ตะเกียงลำแสงอุลตราไวโอเลต (ultraviolet ray lamb) ติดตั้งเพื่อช่วยทำลายบักเตรีที่ปนเปื้อนบนผิวหน้าของซากทำให้สามารถเก็บรักษาซากได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 15.6 องศาเซลเซียส เพื่อทำการบ่มให้เนื้อวัวนุ่ม แต่การใช้ตะเกียงลำแสงอุลตราไวโอเลตจะผลิตก๊าซโอโซนขึ้นซึ่งมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ได้ และยังอาจก่อให้เกิดการออกซิไดซ์ของกรดไขมันขึ้นได้ จึงต้องคำนึงถึงข้อเสียนี้ไว้ด้วย รักษาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องตัดแต่งเนื้อสดในห้องตัดแต่งเนื้อสดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าห้องเก็บเล็กน้อยเพื่อให้ความชื้นภายในชิ้นเนื้อซึมผ่านออกมาที่ผิวนอกได้ทำให้เนื้อที่ชำแหละได้จะดูสดกว่าเมื่อนำออกจากห้องเก็บอุณหภูมิห้องตัดแต่งควรใช้ประมาณ 10 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องตัดแต่งควรรักษาให้ต่ำเพื่อป้องกันการกลั่นตัวของความชื้นจากอากาศบนชิ้นเนื้อ (sweating) ซึ่งจะเป็นผลให้แบคทีเรียเจริญได้ดีและทำให้เกิดการเน่าเสียได้ รักษาอุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บชิ้นเนื้อที่ตัดแต่งแล้วต้องเก็บรักษาให้อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่เกิดการหลอมละลายของน้ำแข็งและเกิดเป็นน้ำแข็งขึ้นอีกสลับกัน ดังเช่น อุณหภูมิระหว่าง -1.1 ถึง -2.2 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้คุณภาพของเนื้อสดเสียไป ดังนั้นห้องเก็บในช่วงนี้ควรใช้อุณหภูมิระหว่าง -1.1 ถึง 1.7 องศาเซลเซียส และควรรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บเนื้อสดให้อยู่ระหว่างร้อยละ 90-95 โดยต้องพยายามรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บเนื้อสดให้มีค่าสูงสุด เพื่อป้องกันน้ำหนักสูญหายเนื่องจากการระเหยของน้ำและต้องควบคุมความเร็วลมหมุนเวียนในห้องเก็บให้เหมาะสมด้วย ยกตัวอย่างการเก็บเนื้อในห้องเก็บให้เนื้อมีผิวหน้าแห้งพอเหมาะสำหรับในห้องเก็บขนาด 115,000-120,000 ลูกบาศก์ฟุต จะต้องให้มีความเร็วลมหมุนเวียนประมาณ 135,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ในห้องเย็นช่วงแรก (cool room) และ40,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีในห้องเก็บ (เยาวลักษณ์, 2550)

2.6.4 ผู้ปฏิบัติงาน

โดยเฉพาะจากผู้ปฏิบัติงานที่มีอนามัยส่วนบุคคลไม่ดีเกิดได้จากมือของผู้ปฏิบัติงานในการเคลื่อนย้ายซาก การตัดแต่งซากและการบรรจุ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานควรล้างมือทุกครั้งก่อนและหลังปฏิบัติงาน สวมเสื้อผ้าที่สะอาด ทำความสะอาดที่คลุมผมและรองเท้าอย่างสม่ำเสมอไม่เป็นโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจหรือโรคผิวหนัง ควรตรวจสอบความสะอาดของคนงานทางจุลชีววิทยา (เยาวลักษณ์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ เช่น มีด ใบเลื่อย ที่ใช้ในการชำแหละและตัดแต่งซากรวมทั้งเครื่องมือและเครื่องใช้อื่นๆ ที่ใช้ในระหว่างการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไปจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่พร้อมรับประทานควรมีการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ทุกวัน มีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อวัสดุอุปกรณ์ที่สัมผัสกับเนื้อและผลิตภัณฑ์อย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงตลอดเวลา เช่น กำหนดให้ทำความสะอาดวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการฆ่าและชำแหละและการตัดแต่งซากทุกครั้งที่ปฏิบัติการเสร็จด้วยน้ำผสมคลอรีนหรือกรดแลคติก (เยาวลักษณ์, 2550)

2.6.6 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตได้แก่สภาพต่างๆ ขณะนำไปแปรรูปหรือประกอบอาหารทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวของเนื้อที่จุลินทรีย์จะปนเปื้อนได้มาก เช่น การตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาดเล็กลงหรือการบดสับให้ละเอียดเหล่านี้เป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนลงไปในเนื้อได้มาก และการบดสับหรือการบดผสมยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเนื้อที่สัมผัสกับอากาศ ค่า oxidation reduction potential จะสูงขึ้นซึ่งจะเหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ ดังนั้นเนื้อที่บดละเอียดควรนำไปแปรรูปทันทีและในการผลิตไส้กรอกสุก ควรให้ความร้อนที่กึ่งกลางชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิถึง 71.1 องศาเซลเซียสนอกจากนี้ยังอาจป้องกันได้โดย (เยาวลักษณ์, 2550)

- เนื้อที่จะนำมาใช้สำหรับการหมักเกลือหรือเพื่ออุตสาหกรรมไส้กรอกหรืออื่น ๆ ควรทำให้เย็นทันทีภายหลังการชำแหละให้อุณหภูมิภายในเป็น 1.7 องศาเซลเซียส

- ผลิตภัณฑ์ เช่น แฮม หรือเบคอนควรทำการฉีดด้วยสารละลายน้ำเกลือในวันเดียวกับที่ชำแหละ หรือควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -3.3 ถึง –2.2 องศาเซลเซียสถ้าต้องใช้เพื่อการผลิตในวันต่อไป

- เนื้อสดที่จะนำไปหมักหรือนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกต่างๆ ไม่ควรนำออกจากอุณหภูมิห้องเก็บไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า เพราะสภาพการณ์นี้จะเป็นผลทำให้เกิดการกลั่นตัวของความชื้นบนชิ้นเนื้อ (sweating) ซึ่งจะทำให้แบคทีเรียเจริญได้เป็นอย่างดี

- เนื้อที่ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมไส้กรอกไม่ควรเสียหรือเป็นเมือกมาก่อนและควรมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนในปริมาณต่ำ

- ไส้กรอกสดหรือไส้กรอกสุก เมื่อทำเสร็จควรนำเข้าเก็บรักษาในห้องเย็นทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ลักษณะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในอาหารจะเกิดการเสื่อมเสียได้หลายลักษณะดังนี้

2.7.1 การเหม็นหืน (rancidity)

เกิดจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยไขมันได้ (lipolytic bacteria) ได้แก่ เอนไซม์ออกซิเดสจะเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับกรดไขมันในองค์ประกอบที่เป็นไขมันในเนื้อสัตว์ เอนไซม์ไลเปสจะไฮโดรลิซิส (hydrolysis) โมเลกุลของไขมัน เป็นต้น ทำให้เกิดเป็นสารประกอบต่างๆ ได้แก่ กรดไขมันอิสระ กลีเซอรอล อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ เปอร์ออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติไป แบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยไขมันได้ ได้แก่ *Pseudomonas* spp., *Achromobactor* spp. โดยทั่วไปจุลินทรีย์เป็นสาเหตุใหญ่ประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการเหม็นหืน แต่ไม่ค่อยสำคัญมากในเนื้อ เพราะสารประกอบต่างๆ ที่ได้จากการย่อยสลายของไขมันจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลายๆ ชนิด โดยเฉพาะสารพวกเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ที่เกิดขึ้นระหว่างการออกซิเดชันของกรดไขมันจะเป็นพิษอย่างยิ่งต่อจุลินทรีย์และนอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเม็ดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักอีกด้วยและพบว่าเอนไซม์จากแบคทีเรียสามารถย่อยโปรตีนได้ดีกว่า ดังนั้นกลิ่นและรสต่างๆ ที่เกิดจากการย่อยโปรตีนหรือกลิ่นเหม็นเน่าจึงบดบังกลิ่นและรสที่เกิดการกระบวนการเติมออกซิเจนหรือกลิ่นเหม็นหืนจนหมดแต่ถ้าเป็นเนื้อสัตว์ที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำๆ ซึ่งไม่เหมาะกับกระบวนการย่อยโปรตีนจะเกิดกลิ่นและรสที่เกิดจากการเติมออกซิเจนจะเด่นชัดขึ้น (เยาวลักษณ์, 2550)

2.7.2 การเหม็นเน่า (putrefaction)

เกิดจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้ (proteolytic bacteria) เช่น *Proteus* sp., *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas* sp. จะไปย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีนหรือสายเปปไทด์หรือกรดอะมิโนอิสระซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดเป็นสารที่ระเหยได้ ได้แก่ พวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) เมอร์แคปแตน (mercaptans) อินโดล (indoles) แอมโมเนีย (ammonia) เอมีน (amines) และอื่นๆ เกิดเป็นกลิ่นเหม็นเน่าขึ้นมา เช่น การเกิด bone-taint หรือ bone-souring ซึ่งมักเกิดกับบริเวณใกล้ ๆ กระดูก ซึ่งได้รับความเย็นไม่เพียงพอ (เยาวลักษณ์, 2550)

2.7.3 การเกิดก๊าซและรสเปรี้ยว (gassing and souring)

เกิดจากแบคทีเรียพวกที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic bacteria) เช่น พวก lactic acid - bacteria ชนิดต่างๆ *Streptococcus faecium, Streptpcoccus faecalis, Microbacterium thermosphactum* ไปย่อยสลายองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตในเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้ง น้ำตาล ทำให้เกิดสารประกอบพวกกรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดอะซิติก ทำให้เนื้อมีค่า pH ลดลงและเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับแอลกอฮอล์ขึ้นมาในเวลาเดียวกันมักพบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกขนาดใหญ่ หรือในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ เช่น พบในแฮมและเบคอนที่นำมาหั่นบางๆ บรรจุพลาสติกแบบสุญญากาศ (เยาวลักษณ์, 2550)

2.7.4 การเกิดเมือกที่ผิวหน้า (slime surface)

เมือกเป็นสารพวก polysaccharides ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นมาและสะสมอยู่ภายในเซลล์ เมื่อเราสามารถมองเห็นโคโลนีของจุลินทรีย์ด้วยตาเปล่าได้ ก็จะมองเห็นเป็นเมือกเกิดขึ้น อาจมีสีขาวหรือสีเหลืองเกิดขึ้นบนผิวหน้าของชิ้นเนื้อและมีกลิ่นเหม็นด้วย มักเกิดภายใต้สภาวะมีอากาศ มักเกิดจากแบคทีเรียพวก *Pseudomonas* sp., *Achromobactor* sp. ในเนื้อสัตว์ที่แขวนไว้ในห้องเย็นที่มีความชื้นสูง แต่ถ้ามีความชื้นต่ำในห้องเย็นจะพบพวก micrococcus เช่น *Microbacterium thermosphactum* หรือ *Streptococcus* sp. หรือยีสต์ปะปน เช่น ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสุกพวกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ และโบโลญ่า ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมักไม่ค่อยพบการเน่าเสียในลักษณะนี้ เพราะการปนเปื้อนของ anaerobic bacteria ในธรรมชาติมีน้อยกว่าพวก aerobic bacteria และพวก aerobic bacteria โดยปรกติจะผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณกรดที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียเหล่านี้จะมีผลยับยั้งการเจริญของพวก anerobic bacteria ด้วย แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาสภาพสุญญากาศ มีการปนเปื้อนจาก anaerobic bacteria ขึ้น และเก็บรักษาไว้ในชั่วระยะเวลาหนึ่ง ก็อาจเกิดการเน่าเสียที่สังเกตได้เป็นเมือกสีขาวคล้ายน้ำนม (whitish liquid) ในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุธรรมดา เมือกของแบคทีเรียจะปรากฏเห็นเป็นรูปลูกปัดเล็กๆ ละเอียด แตะดูจะเป็นยางเหนียวและมีกลิ่นเหม็น (เยาวลักษณ์, 2550)

2.7.5 การเกิดสีต่างๆ บนผิวหน้า (discoloration)

เกิดเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่เจริญเติบโตแล้วสร้างเม็ดสีขึ้นมาทำให้มองเห็นเป็นจุดสีต่าง ๆ เช่น จุดสีแดงจาก *Serratia marcescens* จุดสีฟ้าจาก *Pseudomonas syncyanea* จุดสีน้ำเงินแกมเขียวหรือดำแกมน้ำตาลจาก *Chromobacterium lividum* เป็นต้น (เยาวลักษณ์, 2550)

2.7.6 การเปลี่ยนแปลงสีของเม็ดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

จุลินทรีย์ตัวที่มีบทบาทสำคัญคือ *Lactobacillus viridescens* หรืออาจเป็นพวก *Leuconostoc* sp. ที่ปนเปื้อนเข้ามาในส่วนผสมของเนื้อในขณะเตรียมการ ในการอบและการรมควันผลิตภัณฑ์ใช้ความร้อนไม่เพียงพอต่อการทำลายแบททีเรียที่ปนเปื้อนได้หมด แบททีเรียที่เหลือรอดอยู่จะเจริญเติบโตและสามารถสร้างสารพวกเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์อย่างแรงสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลเฟอรัสในโครงสร้างวงแหวนพอไพรินของเม็ดสีไมโอโกลบิน ทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไนโตรโซฮีโมโครมไปเป็น cholemyoglobin ซึ่งอยู่ในรูปของ verdoheme ทำให้เกิดเป็นสีเขียว (greening) ขึ้นในไส้ (เยาวลักษณ์, 2550)

2.8 วัตถุเจือปนอาหาร (Food Additives)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ. ศ. 2527) และประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 119 (พ.ศ. 2532) ได้ให้คำจำกัดความของวัตถุเจือปนอาหารไว้ว่า วัตถุเจือปนอาหารหมายถึง วัตถุที่ตามปกติมิได้ใช้เป็นอาหารหรือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร ไม่ว่าวัตถุนั้นจะมีคุณค่าทางอาหารหรือไม่ก็ตามแต่ใช้เจือปนในอาหารเพื่อประโยชน์ในทางเทคโนโลยีในการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษา หรือการขนส่งซึ่งมีผลต่อคุณภาพหรือมาตรฐานหรือลักษณะ

วัตถุเจือปนในอาหารคือ สารที่ไม่ใช่สารอาหารและเติมลงไปในอาหารโดยจงใจและมักใช้เติมลงไปในปริมาณเพียงเล็กน้อยเพื่อดัดแปลงคุณสมบัติต่างๆ ของอาหาร เช่น รูปร่าง ลักษณะ สี รส ตลอดจนคุณสมบัติในการรักษาแต่ในปัจจุบันนี้มีผู้ผลิตจำนวนไม่น้อยที่มุ่งหวังผลกำไร มุ่งแต่ประโยชน์ส่วนตนโดยไม่คำนึงถึงอันตรายที่จะเกิดกับผู้บริโภคได้คิดปลอมปนสารเคมีบางอย่างเข้าไปในอาหารเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นหรือลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง เรียกสิ่งเหล่านี้สารว่า สิ่งปลอมปนในอาหาร (Food Adulterant) ซึ่งหมายถึงสารใดๆ ที่เติมลงไปในอาหาร โดยเจตนาเพื่อลวงให้ผู้อื่นเข้าใจผิดหรือด้วยเจตนาจะลดต้นทุนการผลิต ทั้งนี้สารนั้นไม่ควรจะมีในอาหาร เช่น พวกสารปลอมปนในผงชูรส ได้แก่ โซเดียมเมตาฟอสเฟต ส่วนผสมของน้ำส้มสายชูปลอม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสิ่งปลอมเปื้อนในอาหาร (Food Contamination) ซึ่งเป็นสิ่งปะปนมากับอาหารโดยไม่เจตนาแต่เป็นผลที่เกิดขึ้นระหว่างกรรมวิธีการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาหรือติดมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (ศิวาพร, 2546)

วัตถุประสงค์ของการใช้วัตถุเจือปนในอาหารมีดังนี้คือ

- รักษาคุณภาพด้านอาหารและโภชนาการ
- รักษาคุณภาพโดยช่วยให้อาหารคงตัว ลดการสูญเสียลง
- ช่วยให้อาหารมีลักษณะดึงดูดใจผู้บริโภค
- ช่วยทำให้ส่วนประกอบของอาหารมีคุณภาพสม่ำเสมอ
- เพื่อช่วยในกรรมวิธีการผลิต

ประเภทของวัตถุเจือปนในอาหารแบ่งเป็น 4 ประเภทคือ

1. วัตถุกันเสีย (Preservatives) เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารนั้นเสียโดยมุ่งหมายจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์หรือยับยั้งการขยายพันธุ์การเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่เป็นสาเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้อาหารเกิดการเน่าเสีย เช่น สารประกอบไนไตรท์และไนเตรต (Nitrite and Nitrate) ส่วนใหญ่ใช้เพื่อช่วยให้มีการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ

2. วัตถุกันหืน (Antioxidants) เป็นสารที่ป้องกันการผสมกับก๊าซออกซิเจนในอาหารที่มีน้ำมันทำให้ป้องกันการหืน (Rancidity)ไม่ให้เกิดเร็วเกินไป

3. สีผสมอาหาร (Food Colors) ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการใช้วัตถุเจือปนอาหารในอุตสาหกรรมอาหารมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากวัตถุเจือปนอาหารมีประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารด้วยเหตุผลหลายประการ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้วัตถุเจือปนอาหาร เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอหรือยับยั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ รวมถึงการเจริญของจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนด้วย แต่ด้วยในปัจจุบันมีความสนใจในการเลือกใช้สารจากธรรมชาติแทนสารที่ได้จากสังเคราะห์มากขึ้น ก็ไม่ได้หมายความว่าจะมีการใช้สารจากธรรมชาติได้อย่างแพร่หลาย เนื่องมาจากสารจากธรรมชาติเหล่านั้นอาจถูกผลิตขึ้นในต่างประเทศทำให้สารเหล่านั้นมีราคาแพงซึ่งผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาจไม่เลือกใช้ ดังนั้นจึงมีการเลือกศึกษาวิจัยสารจากธรรมชาติที่มีอยู่ในภูมิลำเนาท้องถิ่น เพื่อให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างกว้างขวางและยังสามารถทำเป็นธุรกิจการค้าส่งออกเพิ่มรายได้อีกด้วยดังที่ในประเทศไทยได้มีการศึกษาวิจัยผักพื้นเมืองของไทยอย่างแพร่หลายของสารต้านออกซิเดชันจากผักพื้นบ้านของไทยที่หาได้ทั่วไป และนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ (ศิวาพร, 2546)

2.9 เกลือของกรดแลคติก

เกลือโซเดียม โพแตสเซียม และแคลเซียมของกรดแลคติกได้รับการยอมรับให้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้โดยตรงองค์ประกอบที่สำคัญและการใช้เกลือเหล่านี้สรุปไว้ในตารางที่ 2.3 โดยทั่วไป โซเดียมและโพแตสเซียมแลคเตทใช้ในรูปของสารละลายน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 60 มีค่าพีเอชปานกลาง ใช้เพื่อเป็นสารดูดความชื้น (humectants) ช่วยในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีกให้ดีขึ้น ช่วยเพิ่มผลผลิตและช่วยให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำดีขึ้น โซเดียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 (ร้อยละ 3.3 ของสารละลายโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 60) จะใช้ในฮอทดอก แฟรงค์เฟอร์เตอร์และผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกันการฉีดสารละลายโซเดียมแลคเตทร้อยละ 4 ลงในเนื้อย่างก่อนทำอาหาร มีรายงานว่าทำให้ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 15 เพิ่มรสชาติความอร่อยและลดจำนวนจุลินทรีย์เมื่อเก็บรักษาในตู้เย็น (Shelef, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 กลไกการยับยั้ง

การศึกษาถึงคุณสมบัติเฉพาะของกรดแลคเตทต่อเซลล์จุลินทรีย์นั้นถูกจำกัดแต่อย่างน้อยที่สุดมี 2 กลไกที่อาจเป็นไปได้คือ

1) ความสามารถของกรดอ่อนที่ชอบไขมัน (เช่น กรดแลคติก) ในการผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ในรูปของกรดที่ไม่แตกตัวและจะแตกตัวภายในเซลล์และทำให้ภายในเซลล์มีสภาพเป็นกรด

2) โซเดียมแลคเตทมีความสามารถเฉพาะโดยจะไปลดค่า a_w ให้ต่ำลงโมเลกุลของกรดที่ชอบไขมันมีความสามารถในการแพร่อย่างอิสระผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ในรูปของโปรตอนอาจมีตัวพาที่เชื่อมกับพลังงานและศักยภาพของเยื่อหุ้มเซลล์เกี่ยวข้องในการแพร่ของกรดดังกล่าวผ่านเข้าสู่เซลล์ ถ้าพีเอชภายนอกเซลล์ต่ำกว่าพีเอชภายในเซลล์ กรดจะแตกตัวและปล่อยโปรตอนทำให้ไซโตพลาสซึมมีความเป็นกรดโดยทั่วไปเซลล์จะกระทำตัวเพื่อรักษาสภาพพีเอชภายในให้คงที่โดยการขจัดโปรตอนออกไปและเมื่อพลังงานภายในเซลล์ถูกใช้ไปมากในการรักษาสภาพพีเอชภายใน ผลที่ตามมาคือ อัตราการเจริญก็จะลดลงการรบกวนการเคลื่อนที่ของโปรตอนผ่านเมมแบรนจะช่วยส่งเสริม การทำลายหน้าที่ของเซลล์ เช่น การขนส่งกรดอะมิโน กลไกนี้ได้รับการสนับสนุนซึ่งสังเกตได้จากกิจกรรมการต้านจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพีเอชลดต่ำลงมากกว่าที่พีเอชเป็นกลาง และในสภาพที่มีกรดอินทรีย์ (Shelef, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเกลือของกรดแลคติก

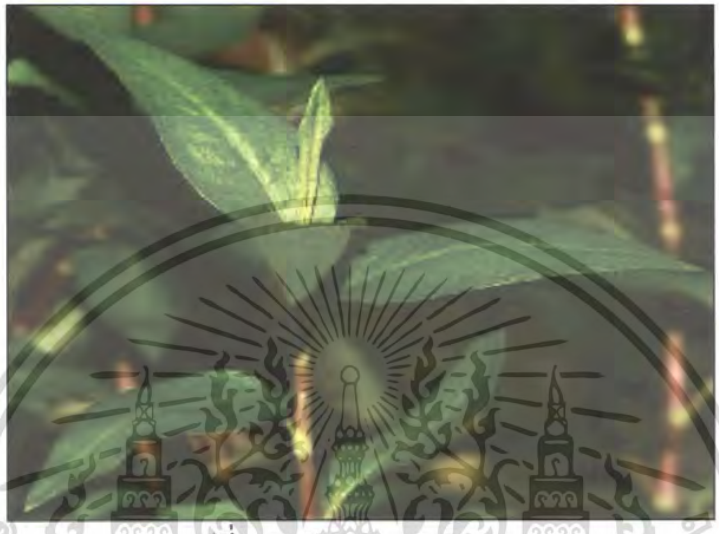
โซเดียมแลคเตทและโพแทสเซียมแลคเตท	แคลเซียมแลคเตท
1. โดยทั่วไปมีจำหน่ายในรูปของสารละลายความเข้มข้นร้อยละ60	1.โดยทั่วไปอยู่ในรูปผงแห้ง
2. ใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สารดูดความชื้น และสารควบคุมพีเอช (ปริมาณที่แนะนำให้ใช้คือความเข้มข้นร้อยละ 2-3)	2.ใช้ในการเสริมแคลเซียม
3. เป็นสารช่วยเพิ่มรสชาติในผลิตภัณฑ์จากเนื้อและสัตว์ปีกในกรณีช่วยเพิ่มผลผลิตและช่วยให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น	3.ใช้เป็นสารช่วยเพิ่มความคงรูปและยับยั้งการเปลี่ยนสีของชิ้นแอบเปิล
4. โซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือปริมาณที่แนะนำให้ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีก	4. ปริมาณร้อยละ 2 ช่วยป้องกันการเกิดropiness และร้อยละ 0.3 ช่วยป้องกันการเจริญของโคลิฟอร์มในขนมปังและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่
	5.ใช้เติมลงในอาหารสัตว์เพิ่มควบคุมการ เจริญของจุลินทรีย์ (ปริมาณร้อยละ1ในหญ้าหมัก) ใช้ในการสร้างในเจลจาก demethylated pectin ช่วยปรับคุณภาพของนมผง

ที่มา: Shelef (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ลักษณะของผักพื้นบ้านชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

2.11.1 ผักแพรว



รูปที่ 2.5 ลักษณะของผักแพรว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Polygonum odoratum* Lour.

ชื่อวงศ์ : Polygonaceae

ชื่ออื่นๆ : ผักกะเสริม ผักแพรว (จันทบุรี) ผักไผ่ (เหนือ) ผักแพว (อุดรธานี) จันทน์โฉม (นครราชสีมา) พริกม้า (อีสาน) หอมจันทน์ (อยุธยา)

ลักษณะทั่วไป

ไม้ล้มลุก ชอบขึ้นริมน้ำ ทั้งต้นมีกลิ่นหอมฉุน ลำต้นตรงหรืออาจเลื้อย สูงได้ 30-40 ซม. ลำต้นมีร่องลึกตามยาว ข้อที่อยู่ติดดินจะงอกราก ใบ เดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบรูปหอก มีหูใบที่เปลี่ยนเป็นกรอบล้อมรอบลำต้น ช่อ มีกลีบรวมสีชมพู หรือสีชมพูอมม่วง ผลเป็นปิรามิด

สรรพคุณ

ประโยชน์ อาหาร ใบ ยอดอ่อน ใส่ในแกงป่า แกงเผ็ด ใส่ลาบ ใบสด นิยมรับประทานกับแหนมเนืองทางยา ช่วยเจริญอาหาร ขับลมในกระเพาะ นำใบสดตำผสมกับเหล้าให้ คนหลังคลอดรับประทานใบสด ตำผสมแอลกอฮอล์ ทาแก้กลากเกลื้อน รากแก้ลม แก้ธาตุพิการ แก้ริดสีดวง แก้หืด แก้ไอ แก้ปวดท้อง ท้องขึ้น อืดเฟ้อ จุกเสียด ขับผายลม แก้ท้องมาน แก้กระเพาะอาหารพิการ แก้อุจจาระธาตุพิการ แก้เส้นประสาทพิการ แก้ปวดเมื่อยตาข้อกระดูกใบแก้ริดสีดวงแห้ง แก้หืดไอ (กองวิจัยทางการแพทย์, 2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ผักแขยง

รูปที่ 2.7 ลักษณะของผักแขยง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Limnophila aromatica* Merr

ชื่อวงศ์ : Scrophulariaceae

ชื่ออื่นๆ : ผักแขยง (จังหวัดมุกดาหาร) ผักพา (ภาคเหนือ) มะออม (ประเทศกัมพูชา)

ลักษณะทั่วไป

ผักแขยงเป็นพืชล้มลุกอายุปีเดียวขนาดเล็ก ประมาณ 30-40 เซนติเมตร ลำต้นสีเขียวกลวงเห็นข้อชัดเจน ลำต้นทั้งต้นจะมีกลิ่นหอมหรือกลิ่นฉุนรุนแรง ใบเป็นใบเดี่ยว ขนาดเล็กออกเป็นคู่ตรงข้ามกันหรืออาจมี 3 ใบ ออกอยู่รอบ ๆ ข้อรูปใบรี หรือรูปขอบขนาดหรือรูปหอก ใบยาว 1.5-5 เซนติเมตร กว้าง 1-2 เซนติเมตร ไม่มีก้านใบฐาน ใบจะหุ้มลำต้นเอาไว้ ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ด้านบนของใบมีต่อมเล็ก ๆ มากมาย ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตรงซอนใบหรือออกเป็นช่อกลีบเลี้ยง 5 กลีบ สีเขียวมีขน กลีบดอกสีแดง หรือสีม่วง

สรรพคุณ

ประโยชน์เป็นผักของท้องถิ่นอีสานมีจำหน่ายในตลาดปะปนอยู่กับผักชนิดอื่น ส่วนฤดูหนาวมีใบน้อยมีดอกปะปน ผักแขยงมีรสเผ็ดร้อน มีกลิ่นหอม ฉุน ช่วยเจริญอาหาร ขับลม ทั้งต้น ลดไข้ ระบายอ่อนๆ แก้คันรักษาฝีและช่วยลดอาการบวมสารเคมีที่พบภายในต้นจะมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีกลิ่นคล้ายน้ำมันสนมีอยู่ประมาณ 0.13% และสารประกอบด้วย d-limonene และ d-perillaldehyde (กองวิจัยทางการแพทย์, 2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 ใบขี้เหล็ก

รูปที่ 2.8 ลักษณะของใบขี้เหล็ก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cassia siamea lamk.* (C. Florida vahl)

ชื่อวงศ์ : Caeslpiniaceae

ชื่ออื่น ๆ : ขี้เหล็กหลวง (ภาคเหนือ), ขี้เหล็กบ้าน (ลำปาง) ,ขี้เหล็กใหญ่ (ภาคกลาง) ขี้เหล็กจีหรี้ (ภาคใต้)

ลักษณทั่วไป

ต้นขี้เหล็กเป็นพรรณไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลำต้นตั้งตรง หรือแผ่อยู่บนผิวดิน มีขนหยาบแข็ง เป็นใบรวมซึ่งประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 20 ใบ ลักษณะใบจะดกหนาทึบ คล้ายใบทรงบาดาล ไม่มีก้าน ออกเป็นคู่ตรงข้ามกัน หน้าใบเป็นตุ่มๆ มีขนหงิกงอแข็งๆ ออกจากตุ่มประปราย ใบใกล้ยอดเล็กลงมาก ดอกเดี่ยว 5 กลีบ กลีบรูปหอกสามเหลี่ยมปลายแหลม ยาว 1 -2 ซม. มีขนสีขาวออกตามง่ามใบหรือแทนใบ ผลรีแข็งเล็กมี 4 ผล

สรรพคุณ

ใบอ่อน พบว่ามีสารจำพวก chromone ซึ่งมีชื่อว่า barakol นอกจากนี้ใบสามารถนำมาปรุงเป็นอาหาร และใช้หมักปุ๋ย manure ใช้บ่มมะม่วงเพื่อให้มะม่วงสุกเร็ว ก่อนที่จะมีการนำแก๊สมาใช้บ่มผลไม้ แล้วยังพบ alkaloid ซึ่งเป็นพิษต่อหนูในเมล็ดและใบ จากการที่เรานำมาบริโภคจะได้คุณค่าทางอาหารแล้ว ยังช่วยระบายขับปัสสาวะ รักษานิ่ว ระดูขาวตกหนัก และยังรักษาอาการท้องผูก (กองวิจัยทางการแพทย์, 2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.4 ผักชะมวง

รูปที่ 2.9 ลักษณะของผักชะมวง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Garcinia cowa*, Roxb.

ชื่อวงศ์ : Gutttiferaceae

ชื่ออื่น ๆ : ส้มมวง (ภาคใต้), ชะมวง (ไทยกลางและตะวันออก) : มะระขี้นก, มะดะขี้นก

ลักษณะทั่วไป

ต้นเป็นพรรณไม้ยืนต้นมีขนาดย่อมจนถึงขนาดกลางใบจะมีลักษณะแข็งและยาวหนา คล้ายกับใบมะดันดอกดอกนั้นเล็ก กลีบดอกจะแข็งเช่นมะดันสีนวลเหลือง และมีกลิ่นหอม ดอกจะดกมาก ใหญ่ประมาณ 10-15 มิลลิเมตร การขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ดส่วนที่ใช้ใบและผล ใช้เป็นยา ถิ่นที่อยู่พรรณไม้นี้มักจะขึ้นตามป่าชื้นทางภาคใต้และภาคตะวันออก ทางภาคกลางก็มีปลูกกันบ้าง

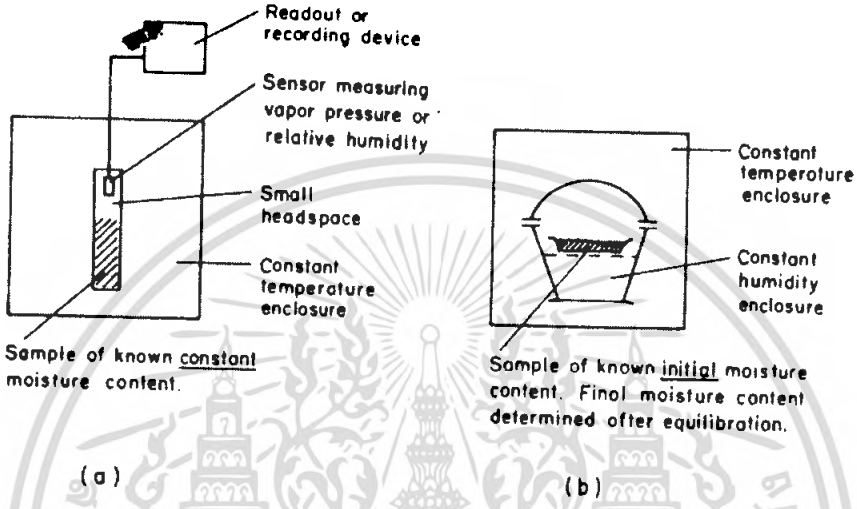
สรรพคุณ

ใบและดอก ใช้เป็นยาระบายท้อง รักษาโรคไข้กัดฟอกเสมหะ รักษาธาตุพิการ นอกจากนี้ใบอ่อนและผลยังใช้ปรุงเป็นอาหารกิน จะมีรสเปรี้ยวคล้ายใบมะดัน ถ้ากินมากๆ จะทำให้ท้องระบาย คล้ายดอกขี้เหล็ก (กองวิจัยทางการแพทย์, 2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 Water activity และ sorption behaviour ของอาหาร

โดยปกติแล้ว Isotherm ของอาหารหาได้จากการนำอาหารไปไว้ที่อุณหภูมิคงที่ตามวิธีพื้นฐาน 2 วิธีดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 หลักการใน 2 วิธีพื้นฐานในการหา sorption isotherm
ที่มา : Karel (1975)

วิธีการแรก (รูป a) อาหารที่ทราบปริมาณความชื้นจะถูกนำมาทิ้งไว้ให้อยู่ในสภาวะสมดุลในภาชนะปิดที่มีช่องอากาศเหนืออาหารเพียงเล็กน้อย จากนั้นวัด partial pressure ของ a_w หรือวัดความชื้นสัมพัทธ์ค่า water activity จะเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ที่ภาวะสมดุล (equilibrium relative humidity) หารด้วย 100 ดังสมการที่ 1

$$a_w = ERH/100 \quad \text{..... สมการที่ 1}$$

เมื่อ ERH เท่ากับ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ภาวะสมดุล

เซนเซอร์สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity sensor) ที่ใช้เพื่อจุดประสงค์นี้มีหลายชนิดได้แก่ electric hygrometer, dewpoint cells, hair psychrometer และอื่นๆ (Karel, 1975)

วิธีการพื้นฐานที่ 2 (รูป b) สำหรับการหา sorption isotherm โดยการนำตัวอย่างของอาหารไปวางไว้ในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่คงที่หลายๆ ระดับ หลังจากถึงสภาวะสมดุลจะทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้นหรือใช้วิธีการอื่นๆ สารละลายเกลืออิ่มตัวหลายชนิดใช้ได้สำหรับจุดประสงค์นี้ดังตารางที่ 2.3 ข้อดีของสารละลายเกลืออิ่มตัว คือสามารถทำให้ความชื้นสัมพัทธ์คงที่ได้ ตราบใดที่ยังมีปริมาณเกลือเหลืออยู่เกินพอเหนือระดับที่อิ่มตัว สารละลายกลีเซอรอล หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

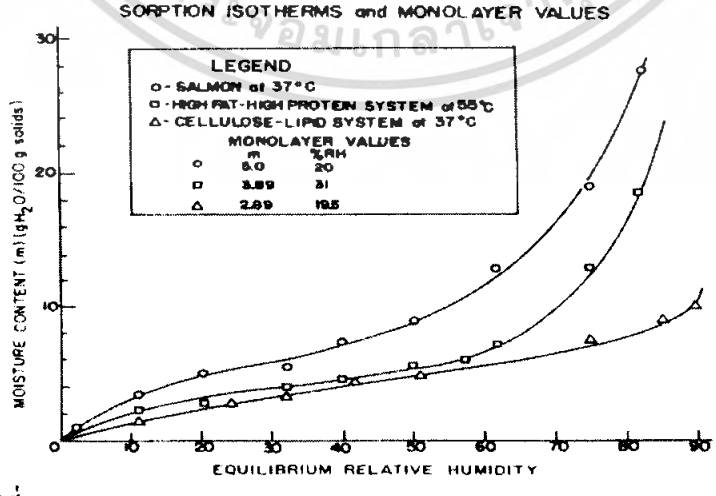
กรดซัลฟิวริกสามารถใช้ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ เตรียมโดยทราบความเข้มข้น (หรือทราบจากการวิเคราะห์) ที่สภาวะสมดุลสุดท้าย (Karel, 1975) ปกติกราฟ isotherm ของอาหารจะมีรูปร่างเป็นตัวเอส (s shaped) ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งsorption isotherm อาจถูกประมาณได้โดยใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์หลายๆ แบบดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ของสารละลายบางชนิด

ชนิดของเกลือ	ความสามารถในการละลายในน้ำร้อน (กรัมต่อ100มิลลิลิตร)	ความชื้นสัมพัทธ์ที่คงที่ที่อุณหภูมิห้อง(%)[a]
LiBr	240	7
$LiCl.H_2O$	100	11
$K(CH_3COO)$	500	22
$MgCl_2.6H_2O$	300	32
K_2CO_3	150	43
$NaBr.2H_2O$	120	58
$NaNO_2$	150	65
NaCl	40	75
KCl	50	85
BaCl2	50	90
K_2SO_4	20	97

[a] ความชื้นสัมพัทธ์ที่คงที่ที่ผันแปรเล็กน้อยตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ที่มา : Karel (1975)



รูปที่ 2.11 กราฟ sorption isotherm ของอาหาร

ที่มา : Karel (1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สมการที่ใช้ในการอธิบาย Food-water isotherm

สมการของ	สมการ
Henderson	$(1-a) = e^{-cm^{n}}$
Fugassi	$m = \frac{ca}{(ca)(1-a)+ca}$
Kuhn	$m = \frac{c_1}{(\ln a)^n} + c_2$
Oswin	$m = c\left(\frac{a}{1-a}\right)^n$
Mizrahi	$a = \frac{c_1 + m}{c_2 + m}$
Linear isotherm	$m = c_1 a + c_2$

เมื่อ a = water activity ; m = ปริมาณน้ำ ; c = ค่าคงที่; n = เลขยกกำลัง

ที่มา : Karel (1975)

ส่วนของน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหารจะมีพันธะที่แข็งแรงกับอนุภาคของอาหารที่จำเพาะเจาะจงบริเวณนี้รวมถึงหมู่ไฮดรอกซิล คาร์บอนิล และหมู่อะมิโนของโปรตีน หรือหมู่อื่นๆ ที่โมเลกุลของน้ำสามารถอยู่ได้โดยจับกับ พันธะไฮโดรเจน พันธะ ion-dipole หรือ พันธะที่แข็งแรงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง วิธีการที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาการดูดซับน้ำที่จุดที่จำเพาะในอนุภาคก็คือการใช้ BET (Brunauer-Emmet-Teller) isotherm ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แสดงในสมการที่ 2

$$\frac{a}{m(1-a)} = \frac{1}{m_1 C} + \frac{C-1}{m_1 C}\,a \quad \text{..... สมการที่ 2}$$

a = water activity

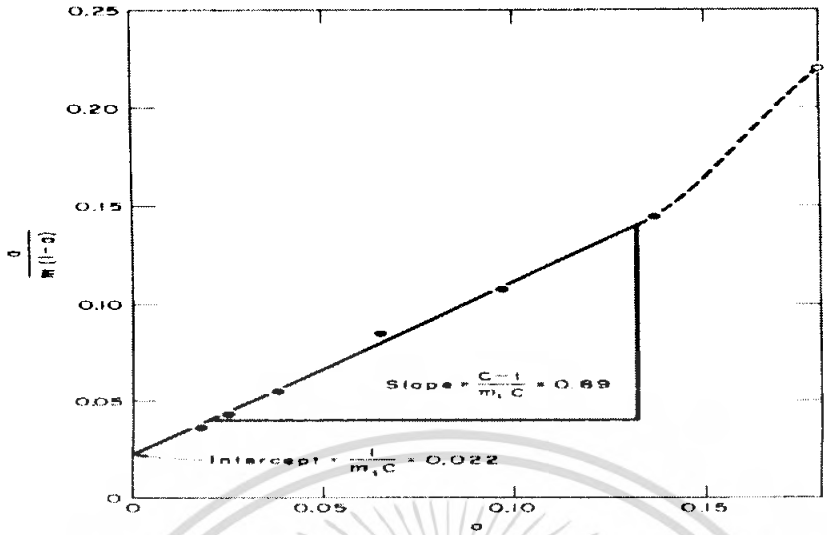
m = ปริมาณความชื้น (g H_2O/g solids)

m_1 = monolayer value

C = ค่าคงที่ (constant)

สมการของ BET มีประโยชน์มากมายในการประเมินค่าที่เรียกว่า "monolayer value" ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาว่าค่า monolayer value ที่หาได้นั้นเท่ากับปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับไว้ที่จุดที่เฉพาะของอนุภาคอาหาร รูปที่ 2.12 แสดงการนำข้อมูลที่ได้จากการหา sorption isotherm มาเขียนกราฟ เพื่อหาค่า monolayer value (m_1) และค่าคงที่ (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟของ BET สำหรับหา monolayer value สำหรับน้ำในอาหาร
ที่มา : Karel (1975)

รูปที่ 2.12 เป็นกราฟของ BET สำหรับหา sorption isotherm ของผลึกส้มแห้ง (dehydrated orange crystals) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า monolayer value สำหรับอาหารชนิดนี้สามารถคำนวณได้ดังนี้จากภาพที่จะได้ว่า

$1/m_1C = 0.022$ และ $(C-1)/m_1C = 0.89$

$m_1C = 1/0.022 = 45.45$ และ $C-1 = 0.89\, m_1C$

ดังนั้น $C = 1+(0.89)(45.45) = 41.45$

$m_1 = 41.45/c = 45.45/41.45 = 1.1$ กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง

นอกเหนือจากน้ำที่ดูดซับบริเวณที่จำเพาะแล้วยังมีน้ำบางส่วนที่มีความดันไอลดต่ำลงเพราะอยู่ในบริเวณที่เล็กมาก (small capillaries) ความสัมพันธ์ระหว่าง a_w และรัศมีของ capillary นี้แสดงดังสมการที่ 3

$$\ln(a) = \frac{(-2\gamma)}{r}(\cos\emptyset)c_1 \quad \text{..... สมการที่ 3}$$

γ = พลังงานอิสระที่ผิวหน้าของน้ำ (free surface energy of water)

R = รัศมีของ capillary (capillary radius)

$\emptyset$ = มุมที่สัมผัส (contact angle)

c_1 = ค่าคงที่ (constant)

เหตุผลของการที่ capillary ทำให้ค่า a_w ของอาหารลดลงนั้นยังไม่ชัดเจน การที่ค่า a_w จะลดลงเหลือ 0.9 ได้นันรัศมีของ capillary จะต้องเล็กต่ำกว่า 0.000001 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท้ายที่สุด ความสามารถของน้ำที่จะทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายจะเกี่ยวข้องกับการลดแรงดันไอน้ำ (vapour pressure) โดยตัวทำละลายโมเลกุลเล็กในอุดมคติเป็นไปตามกฎของ Raoult ในสมการที่ 4 แต่ในอาหารโดยปกติแล้วจะแตกต่างจากความสัมพันธ์ในอุดมคติ

$$a = X_w \quad \text{..... สมการที่ 4}$$

X_w คือ สัดส่วนของโมล (mole fraction) ของน้ำในสารละลาย

ในการหาค่า X_w จะนำจำนวนหน่วยจลน์ (Kinetic units) ในตัวทำละลายมาคิดด้วยเช่น NaCl 1 โมล นับได้ 2 โมลของหน่วยจลน์ คือ Na^+ และ Cl^- ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมของน้ำที่มีความเข้มข้นของตัวทำละลายต่างๆ ถ้าเป็นไปตามความสัมพันธ์ในอุดมคติ ค่า a_w ควรจะเท่ากับสัดส่วนโมลของน้ำในสารละลาย แต่ถ้าเบี่ยงเบนจากอุดมคติ อาจจะด้วยเหตุผลต่างๆ คือ

a น้ำในอาหารไม่ทั้งหมดที่สามารถกระทำตัวในฐานะของตัวทำละลายได้

b ตัวถูกละลายไม่ทั้งหมดที่อยู่ในสารละลายที่แท้จริง (ตัวถูกละลายบางส่วนอาจอยู่สารละลาย) แต่บางส่วนจับกับองค์ประกอบของอาหารที่ไม่ละลาย เช่นในกรณีของเกลือที่จับอยู่กับโปรตีน

c การกระทำกันระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลาย อาจเป็นสาเหตุของการเบี่ยงเบน

ตารางที่ 2.5 water activity ของสารละลาย

water activity	Molality (โมลของตัวถูกละลายต่อน้ำบริสุทธิ์ 1 ลิตร)			
	ตัวถูกละลายในอุดมคติ	โซเดียมคลไรด์	ซูโครส	กลีเซอรอล
0.9	6.17	2.83	4.11	5.6
0.8	13.9	5.15	-	11.5

ที่มา : Karel (1975)

กิจกรรมที่น้อยที่สุดที่มีผลมาจากตัวถูกละลายในอาหารแสดงในตารางที่ 2.5 ไม่ทั้งหมดของน้ำในอาหารที่สามารถเป็นตัวทำละลายได้ น้ำที่ถูกดูดยึดไว้ในบริเวณที่จำเพาะ (monolayer water) ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายได้และเมื่อไม่นานมานี้ Duckworth แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มสัดส่วนของน้ำจะไม่สามารถละลายตัวถูกละลาย (solute) ได้ เขาใช้เทคนิค NMR และได้บันทึกไว้ว่าตัวถูกละลายที่มีโปรตอน เช่น น้ำตาล ให้สัญญาณของ NMR ในสารละลาย ซึ่งต่างจากสัญญาณที่ให้ในสถานะของผลึกแต่ละตัวถูกละลายจะมีค่า a_w ที่เฉพาะ เมื่อตัวถูกละลายนั้นอยู่ในสารละลาย

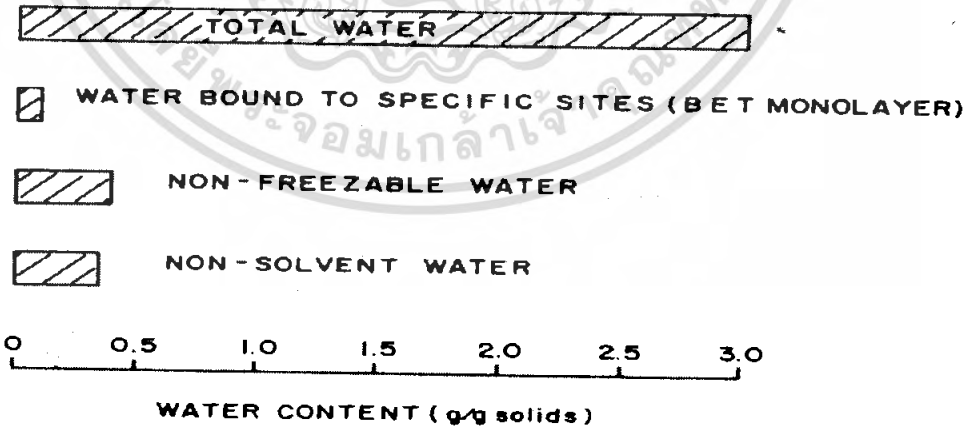
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมีของส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ละลายในอาหารจะไม่เปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมนี้ และเขาพบว่าซูโครสเมื่ออยู่ในสารละลายที่มี a_w เท่ากับ 0.82 ในหลายๆ ระบบของ sucrose polmer water ปริมาณของน้ำที่จะมีกิจกรรมระดับนี้ผันแปรในช่วง 0.11 ถึง 0.34 กรัมต่อกรัมของของแข็ง ปริมาณ monolayer value ต่ำกว่าระดับนี้มาก คือ 20-45 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำที่ไม่เป็นตัวทำละลาย ภาพที่ 2.6 แสดงชนิดของน้ำในอาหาร

ตารางที่ 2.6 กิจกรรมที่น้อยที่สุด (minimum activity) ของสารละลาย (ที่อุณหภูมิห้อง)

ตัวถูกละลาย	ความสามารถในการละลาย (%น้ำหนักโดยน้ำหนัก)	กิจกรรมที่น้อยที่สุด
ซูโครส	67	0.860
กลูโคส	47	0.915
น้ำตาลอินเวอร์ท (invert sugar)	63	0.820
กลูโคส (37.6%)+ น้ำตาลอินเวอร์ท (62.4%)	75	0.710
โซเดียมคลอไรด์	27	0.740

ที่มา : Karel (1975)



รูปที่ 2.13 ชนิดของน้ำที่ดูดยึดไว้ในอาหาร

ที่มา : Karel (1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การประยุกต์ใช้การดูดซึมน้ำ (sorption of water) ในอาหาร

ความรู้ในด้านพฤติกรรมของน้ำในอาหารมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในกระบวนการทำให้เข้มข้นและกระบวนการทำแห้งด้วยเหตุผล 2 ประการ

ก มีความสำคัญในการออกแบบกระบวนการเนื่องจากสำคัญต่อความยากหรือง่ายในการดึงน้ำออกซึ่งขึ้นอยู่กับ partial pressure ของน้ำเหนืออาหารและขึ้นอยู่กับการจับของน้ำในอาหาร

ข กิจกรรมของน้ำมีผลต่อความคงตัวของอาหารและดังนั้นจึงต้องทำให้ a_w อยู่ในระดับที่เหมาะสมในกระบวนการทำแห้งอาหารและรักษาระดับ a_w ให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ในระหว่างการเก็บรักษา

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการดูดซึมน้ำ (sorption behaviour) ของส่วนผสมของอาหารที่สลับซับซ้อน เช่น ซุบผง ส่วนผสมของเค้ก (cake mixes) และอาหารอื่นๆ ที่มีส่วนประกอบหลายชนิดผสมกันมักจะต้องหา sorption isotherm ของส่วนผสมจาก sorption isotherm ของส่วนประกอบซึ่งไม่บ่อยนักที่จะเป็นไปได้โดยเฉพาะกับอาหารที่มี humectants เป็นส่วนประกอบ เช่น ซุบข้าวโพด กลีเซอรอลและน้ำตาลซอร์บิทอล มีรายงานถึงการเบี่ยงเบนจากพฤติกรรมของน้ำที่คาดคะเนตามส่วนผสมในทางอุดมคติ (ideal mixture) อย่างไรก็ตามพฤติกรรมของส่วนผสมในทางอุดมคติมักมีประโยชน์ในฐานะของพฤติกรรมต้นแบบ (starting model of behaviour) และมีประโยชน์ในการคำนวณหาส่วนประกอบที่ต้องการ ในกรณีของส่วนผสมในลูกอม (confectionery product) เป็นไปได้ที่จะควบคุมความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบรวมทั้งน้ำตาลซูโครส น้ำตาลเทียม และน้ำตาลกลูโคส ขนมลูกกวาดและเจลลี่ มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.7- 0.85 แต่ลูกอมบางชนิด เช่น ลูกอมแข็งมี a_w ต่ำในช่วง 0.1-0.2 โดยปกติการคำนวณจำนวนโมลของตัวถูกละลายเพื่อให้ได้ระดับ a_w ตามที่ต้องการมักมีความสัมพันธ์ในทางอุดมคติ ($a = X_w$) จากนั้นทำการปรับในแง่ของส่วนผสมหลัก (เช่น กลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส) ความยุ่งยากที่เกิดขึ้นไม่ใช่เพราะความเบี่ยงเบนจากสมการทางอุดมคติเท่านั้นแต่ยังเป็นเพราะการจำกัดความสามารถในการละลายของตัวทำละลาย 1 ชนิดหรือมากกว่า 1 ชนิด แต่ในการเชื่อมโยงนี้ควรจำไว้ว่า ความสามารถในการละลายขององค์ประกอบแต่ละอย่างในของผสมถูกทำให้ลดลงโดยการมีอยู่ขององค์ประกอบอื่น ในกรณีของของผสมที่มีองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำ กิจกรรมของน้ำในส่วนผสมสามารถประมาณได้จากพฤติกรรมการดูดซึมน้ำที่ทราบ (known sorption behaviour) ขององค์ประกอบแต่ละชนิดในของผสมนั้น (Karel, 1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ผักพื้นบ้าน

ผักพื้นบ้านที่ใช้ในการดำเนินงานได้แก่ ผักแพรว (*Polygonum odoratum*Lour.) ผักแขยง (*Limnophila aromatica* Merr.) ผักชะมวง (*Garcinia cowa*) ใบขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.) และโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis'* L.)

3.1.1.2 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตกุนเชียง

ส่วนผสมที่ใช้ได้แก่ เนื้อหมู มันหมู ไส้หมู น้ำตาลทราย เกลือ สารละลายโซเดียมแลคเตท (sodium lactate, มีชื่อทางการค้า S-LAC FG60 ได้มาจากบริษัทวิคกี้ เอนเตอร์ไพรซ์จำกัด เป็นสารที่อยู่ในรูปของเหลวมีความเข้มข้นร้อยละ 58.5-61.5) มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin, DE Value = 17-19% ได้มาจากบริษัทกฤติยา รอยัลจำกัด) และบีเอชที (butylated hydroxyl toluene, BHT มีชื่อทางการค้า yoshinox BHT ได้จากบริษัท Food EQ)

3.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการดำเนินงานได้แก่ Plate count agar (PCA) และสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1

3.1.3 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการดำเนินงานได้แก่ กรดไทโอบาบิทูริก (thiobarbituric) กรดแอซิติก (acetic acid) 1,1,3,3 เตตราอิทอกซิลโพเพน (1,1,3,3-tetraethoxypropane, Sigma-Aldrich, Inc., Germany) เมทานอล (methanol) สารละลายโพแทสเซียมอะซิเตท (potassium acetate) สารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) สารละลายโซเดียมโบรไมด์ (sodium bromide) สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride) สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulphate)

3.1.4 เครื่องมือต่างๆ

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานได้แก่ ตู้ปลอดเชื้อ (BossTech, VT 90) เครื่องตีป่น (BEC THAI) เครื่องระเหยสุญญากาศ (Heidolph, LABOROTA 4001) หม้อนึ่งความดัน (HIRAMA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SHIMADZU, Spectrophotrometer UV - 1601) เครื่องเขย่า (Orbital Shaker, FTOI/156) เครื่องทำแห้งเยือกแข็ง (LABCONCO, BIO. 31/02) ชุดอุปกรณ์เครื่องกลั่น เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet Apparatus) เครื่องวัดพีเอช (Testo 205) เครื่องวัด a_w (Novasina Thermoconstanter) เครื่อง Automated Spiral Plater (Autoplate® 4000, Spiral Biotech) และเครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น

จากกนั้นจึงพิจารณาผลการต้านออกซิเดชันและผลการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมมาทำการทดลองต่อไป

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการต้านออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

3.2.1.1 การเตรียมสารสกัดผักพื้นบ้าน

นำผักพื้นบ้านแต่ละชนิดได้แก่ ผักแพรว ผักแขยง ผักชะมวงและใบขี้เหล็ก ล้างให้สะอาดนำผักไปแช่แข็งเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วไปทำให้แห้งโดยเครื่องทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dryer, LABCONCO, BIO.31/02) นำผักแห้งที่ได้ไปบดให้ละเอียดชั่งผงผักแห้ง 10 กรัม เติมเมทานอล 150 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันแล้วนำไปทำการเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบางและนำสารสกัดที่กรองได้มาระเหยเมทานอลโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator) จากนั้นนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจะได้สารสกัดจากผักพื้นบ้าน

3.2.1.2 การผลิตสารต้านออกซิเดชันจากผักพื้นบ้านเพื่อใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร

นำสารสกัดผักที่ได้แต่ละชนิดมาผลิตเป็นผงสารสกัดผักแห้ง 4 สูตรโดยผสมสารสกัดผักกับมอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin, DE value = 17-19%) ในอัตราส่วน 40:60 ได้แก่ 1) ผงสารสกัดผักแพรว (PE) ซึ่งประกอบด้วยผงสารสกัดผักแพรวอย่างเดียว 2) ผงสารสกัดผักผสมสูตร 1 (MVE_1) ซึ่งประกอบด้วยสารสกัดผักแพรวร้อยละ 15 สารสกัดจากใบขี้เหล็กร้อยละ 10 สารสกัดจากผักแขยงร้อยละ 5 และสารสกัดจากผักชะมวงร้อยละ 10 3) ผงสารสกัดผักผสมสูตร 2 (MVE_2) ซึ่งประกอบด้วยสารสกัดผักแพรวร้อยละ 15 สารสกัดจากใบขี้เหล็กร้อยละ 10 สารสกัดจากผักแขยงร้อยละ 10 และสารสกัดจากผักชะมวงร้อยละ 5 และ 4) ผงสารสกัดโรสแมรี่ (RM) ซึ่งประกอบด้วยผงสารสกัดโรสแมรี่อย่างเดียว เมื่อนำสารสกัดผักแห้งแต่ละสูตรมาผสมกับมอลโตเด็กซ์ตรินแล้วนำไปทำแห้งให้สมบูรณ์อีกครั้งด้วยเครื่องทำแห้งเยือกแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 การเปรียบเทียบผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการต้านออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

ทำการเตรียมกุนเชียงโดยมีส่วนผสมดังนี้ เนื้อหมูร้อยละ 62.30 มันหมูร้อยละ 23.36 น้ำตาลทรายร้อยละ 9.97 และเกลือร้อยละ 0.62 ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจากนั้นแบ่งส่วนผสมออกเป็น 14 ส่วน ส่วนละ 400 กรัม ในการทดลองนี้ได้เปรียบเทียบการเติมผงสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทย (PE, MVE_1 และ MVE_2) และสารสกัดจากโรสแมรี่ (RM) เพื่อให้มีเนื้อสารสกัดจากพืชความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1 และ 0.2 (ไม่รวมน้ำหนักของมอลโตเด็กซ์ตริน) โดยเปรียบเทียบกับการเติม BHT ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 (ความเข้มข้นสูงสุดที่กฎหมายอนุญาตให้เติมในอาหารได้) และการไม่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดใดๆ (ชุดควบคุม) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 14 ทรีตเมนต์ (treatment) ได้แก่ ชุดที่ 1 กุนเชียงชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารต้านออกซิเดชันชนิดใดๆลงไป ชุดที่ 2 กุนเชียงที่เติม BHT ร้อยละ 0.02 ชุดที่ 3 กุนเชียงที่เติม PE ร้อยละ 0.02 ชุดที่ 4 กุนเชียงที่เติม PE ร้อยละ 0.1 ชุดที่ 5 กุนเชียงที่เติมสารต้าน PE ร้อยละ 0.2 ชุดที่ 6 กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร้อยละ 0.02 ชุดที่ 7 กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร้อยละ 0.1 ชุดที่ 8 กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร้อยละ 0.2 ชุดที่ 9 กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร้อยละ 0.02 ชุดที่ 10 กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร้อยละ 0.1 ชุดที่ 11 กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร้อยละ 0.2 ชุดที่ 12 กุนเชียงที่เติม RM ร้อยละ 0.02 ชุดที่ 13 กุนเชียงที่เติม RM ร้อยละ 0.1 ชุดที่ 14 กุนเชียงที่เติม RM ร้อยละ 0.2

เมื่อทำการผสมส่วนผสมทุกชนิดของสูตรกุนเชียงกับสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ แต่ละทรีตเมนต์แล้วทำการบรรจุเนื้อหมูใส่ลงไปในไส้หมูนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในสภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 20 วัน แล้วทำการวิเคราะห์กุนเชียงแต่ละชุดที่เวลา 0, 5, 12, 16 และ 20 วันของการเก็บรักษาโดยวัดค่ากรดไทโอบาบิทูริก (thiobarbituric acid value, TBA value) ตามวิธีการของ Kirk และ Sawyer (1991) วิเคราะห์หาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable counts) ในกุนเชียง วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน วัดค่า a_w โดยเครื่องวัด a_w (Novasina Thermoconstanter รุ่น TH 200) วัดค่าพีเอชโดยเครื่องวัดพีเอช (Testo 205) และวัดค่าสีของกุนเชียงด้วยเครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300 ซึ่งวิธีการวิเคราะห์มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) การวัดค่าการเกิดปฏิกิริยาของกรดไทโอบาบิทูริกตามวิธีการของ Kirk และ Sawyer (1991)

การทดลองนี้จะเป็นการตรวจสอบการเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยทำการวัดค่าการเกิดปฏิกิริยาของกรดไทโอบาบิทูริกโดยนำตัวอย่างกุนเชียงมา 10 กรัมและทำการเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องตีป่นเป็นเวลา 1 นาทีแล้วชะล้างด้วยน้ำอีก 47.5 มิลลิลิตรใส่ลงไปในฟลาสก์สำหรับกลั่น เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เติมลูกแก้ว (เล็กน้อย) ลงไปในฟลาสก์ให้ความร้อนโดยใช้เตาไฟฟ้ากลั่น เก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิเปตต์สารที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิดเติมสาร TBA ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน โดยใช้เครื่อง Vortex และนำไปทำการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาทีโดยตัวอย่างที่ได้จะเกิดสีแดงขึ้นมาและหลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 10 นาทีสารที่ได้พร้อมที่จะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SHIMADZU,spectrophotro meter UV-1601) การเตรียมแบลงค์ (blank) ทำได้โดยใช้น้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร แทนสารละลายที่กลั่นได้ จากนั้นทำการทดลองขั้นต่อไปเช่นเดียวกับการหาค่า TBA ของตัวอย่างทุกประการ ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเปรียบเทียบกับแบลงค์นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้มาคูณกับค่า K จะได้ค่า TBA ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของมาลโลนาลดีไฮด์ (malonaldehyde) ที่มีอยู่ในตัวอย่าง (mg MAD/kg sample) ซึ่งค่า K หาได้จากการทำกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) ค่า TBA (thiobarbituric acid) ที่คำนวณได้แสดงอยู่ในรูปของค่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของมาลโลนาลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (mg MAD/kg sample)

การเตรียม Malonaldehyde standard curve

ในการทำกราฟมาตรฐานเริ่มจากการเตรียมสารละลาย stock solution ของสาร TEP จนได้ระดับความเข้มข้น 10^{-4} และ 10^{-5} โมลต่อลิตร จากนั้นนำมาทำการเจือจางต่อเพื่อให้ได้สารละลายของ TEP ที่มีความเข้มข้นของมาลโลนาลดีไฮด์ 8 ระดับคือ $1x10^{-8}$ ถึง $8x10^{-8}$ โมลของมาลโลนาลดีไฮด์ในสารละลาย 5 มิลลิลิตร (รายละเอียดการเตรียม TEP ความเข้มข้นต่างๆ แสดงในภาคผนวก ข) จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานของ TEP ที่ความเข้มข้นของมาลโลนาลดีไฮด์ทั้ง 8 ระดับ ระดับละ 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองเติมสาร TBA (thiobarbituric acid) ปริมาตร 5 มิลลิลิตรลงไปในหลอดและผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Vortex แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาทีหลังจากนั้นนำมาแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 10 นาทีและนำสารที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรและทำการเตรียมแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตรแทนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEP นำค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรกับปริมาณสารมาลโลนาลดีไฮด์ในสารละลาย 5 มิลลิลิตร (แสดงในภาคผนวก ข) จากกราฟมาตรฐานสามารถคำนวณหาค่า K ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$K = (S/A) \times MW \times (10^6/E) \times (100/P)$$

S = ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของสาร TEP ($1x10^{-8}$โมลใน 5 มิลลิลิตร)

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน TEP ($1x10^{-8}$โมลใน 5 มิลลิลิตร)

MW = ค่าน้ำหนักโมเลกุลของมาลโลนาลดีไฮด์ ($C_3H_4O_2$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 72

E = sample equivalent มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งคำนวณได้จากสัดส่วนของน้ำหนักตัวอย่างในสารที่กลั่นได้ที่นำมาใช้ เช่น ถ้าสารที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตร มาจากตัวอย่าง 10 กรัมดังนั้นเมื่อใช้สารที่ได้จากการกลั่นเพียง 5 มิลลิลิตร ซึ่งมาจากตัวอย่าง 1 กรัม

P = percent recovery ซึ่งหาค่าได้โดยเติมสาร TEP ปริมาตร 10ไมโครลิตร ที่ทราบปริมาณสารแน่นอนลงในกุนเชียง 10 กรัมที่เตรียมใหม่ๆ จากนั้นนำกุนเชียงที่เติมสาร TEP รวมทั้งกุนเชียงที่ไม่ได้เติมสาร TEP ไปหาค่า TBA ตามวิธีของ Tarladgis และคณะ (1960) โดยเตรียมสาร TEP เพื่อใช้เติมลงในกุนเชียงจะเตรียมที่ความเข้มข้น 2 ระดับเพื่อให้มีปริมาณสาร TEP เป็น 0.0919 มิลลิกรัม และ 0.1838 มิลลิกรัม ในสารละลาย TEP ปริมาตร 10 ไมโครลิตรที่จะใช้เติมในกุนเชียง (วิธีการเตรียมแสดงในภาคผนวก ข) โดยเติมสาร TEP แต่ละระดับความเข้มข้นลงในกุนเชียง 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 กรัม หาค่า TBA ในตัวอย่างดังกล่าวเช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น คำนวณหาปริมาณสารมาลโลนาลดีไฮด์ที่มีในตัวอย่างทุกตัวอย่าง คำนวณหาปริมาณสารมาลโลนาลดีไฮด์ที่ได้หลังกลั่น (หลังจากหักลบออกจากปริมาณสารนี้ในกุนเชียงชุดควบคุม) เปรียบเทียบกับปริมาณ TEP เริ่มต้นที่เติมลงไป จะได้ค่า percent recovery

ข) การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกุนเชียง

ชั่งกุนเชียง 25 กรัม ใส่ลงไปในจานแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อ นำกุนเชียงที่ได้ใส่ลงไปในถุงตีป่นปลอดเชื้อเติมสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตรลงในถุงตีป่นนั้น ตีป่นด้วยเครื่องตีป่นอาหารนาน 1 นาทีด้วยความเร็วปานกลางทำการเจือจางต่อไปจนได้ระดับความเจือจางถึง 10^{-4} ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4} ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงบนจานอาหาร PCA เกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วอาหารด้วยแท่งแก้วงอที่ปราศจากเชื้อคว่ำจานแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนับโคโลนีบนจานที่มีจำนวน 25-250 โคโลนี คำนวณในรูป CFU ต่อมิลลิกรัมของตัวอย่าง

ค) การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงใน extraction thimble ปิดด้านบนด้วยสำลีปราศจากไขมัน นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 97-100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำ thimble ดังกล่าวใส่ลงใน soxhlet tube ประกอบเข้ากับ condenser และฟลาสก์ (flask) ที่สะอาดและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ลงไปให้มากเกินพอปรับระดับความร้อนให้กับ soxhlet tube จนอีเทอร์ระเหยเป็นไอและควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่องกันเป็นเวลา 2 ชั่วโมงนำฟลาส์กที่มีสารที่สกัดได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator แล้วชั่งจนได้น้ำหนักที่คงที่ น้ำหนักของฟลาสก์ที่เพิ่มขึ้นเป็นน้ำหนักปริมาณไขมัน (crude fat) คำนวณหาน้ำหนักของไขมันในอาหารตามสมการดังนี้

$$\text{ร้อยละของปริมาณไขมัน (crude fat) ในอาหาร} = \frac{(B-A) \times 100}{W}$$

A คือน้ำหนักของฟลาสก์ที่รองรับ

B คือน้ำหนักของฟลาสก์ + น้ำหนักของ crude fat

W คือของตัวอย่างอาหาร

ง) วัดค่า a_w และค่าพีเอช

ทำการวัดค่า a_w โดยเครื่องวัด a_w (Novasina Thermoconstanter) โดยตัดตัวอย่างกุนเชียง 3 กรัมให้ละเอียดใส่ในตลับวัด นำไปเข้าเครื่องวัดรอให้เครื่องอ่านค่า (สังเกตจากลูกศรที่แสดงบนเครื่องครบทั้ง 8) และค่าพีเอชโดยเครื่องวัดพีเอช (testo 205) (วิธีการใช้เครื่องมือแสดงในภาคผนวก ค)

จ) การวัดค่าสี

ทำการวิเคราะห์สีของกุนเชียงด้วยเครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300 วัดค่าสีระบบ CIE L* a* b* โดยใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์สีปริมาตร 10 กรัม โดยนำหลอดฉายแสงวางลงบนกุนเชียง กดปุ่ม measure บนเครื่องประมวลผลข้อมูล เครื่องวัดสีจะทำการวัด 3 ครั้ง ข้อมูลที่วัดได้จะแสดงเป็นค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) ความเป็นสีเหลือง (b*) (วิธีการใช้เครื่องมือแสดงในภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ร่วมกับโซเดียมแลคเตทต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

การทดลองในขั้นนี้ได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้ผลจากการทดลองข้อ 3.2.1.3 ร่วมกับโซเดียมแลคเตทในกุนเชียง โดยทำการเตรียมกุนเชียงเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2 และแบ่งกุนเชียงออกเป็น 11 ส่วน ส่วนละ 550 กรัม นำมาเติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ซึ่งเปรียบเทียบการใช้สารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ อย่างเดียว ได้แก่ ผงสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทย (PE , MVE_1 และ MVE_2) กับผงสารสกัดจากโรสแมรี่ (RM) ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่คัดเลือก สารกันหืนสังเคราะห์ (BHT) ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 โซเดียมแลคเตทในรูปของเหลวความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (22.94 กรัมต่อกุนเชียง 550 กรัม) และสารต้านออกซิเดชันแต่ละชนิดดังกล่าวที่ความเข้มข้นเหมาะสมร่วมกับโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ซึ่งจะแบ่งการทดลองได้เป็น 11 ทรีตเมนต์ ดังนี้ ชุดที่ 1 กุนเชียงชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่สารใดๆ ชุดที่ 2 กุนเชียงที่เติม BHT ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ชุดที่ 3 กุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (22.94 กรัม) ชุดที่ 4 กุนเชียงที่เติม PE ความเข้มข้นที่เหมาะสม ชุดที่ 5 กุนเชียงที่เติม MVE_1 ความเข้มข้นที่เหมาะสม ชุดที่ 6 กุนเชียงที่เติม MVE_2 ความเข้มข้นที่เหมาะสม ชุดที่ 7 กุนเชียงที่เติม RM ความเข้มข้นที่เหมาะสม ชุดที่ 8 กุนเชียงที่เติม PE ความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ชุดที่ 9 กุนเชียงที่เติม MVE_1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ชุดที่ 10 กุนเชียงที่ เติม MVE_2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และชุดที่ 11 กุนเชียงที่เติม RM ความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับโซเดียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 2.5

เมื่อทำการผสมส่วนผสมของกุนเชียงและสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ดังกล่าวลงไปในแต่ละชุดแล้วทำการบรรจุเนื้อหมูใส่ลงไปในไส้หมูนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 21 วัน ทำการวิเคราะห์ค่าของกรดไทโอบาบิทูริกตามวิธีการของ Kirk และ Sawyer (1991) วิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้เทคนิค Spiral plater ด้วยเครื่อง Automated Spiral Plater และวัดค่าพีเอชในวันที่ 0, 3, 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษาและวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน วัดค่า a_w และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงในวันที่ 0 และวันที่ 21 ของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการพรรณนาเชิงทั่วไป (descriptive analysis) ของสเกลลำดับคุณภาพโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาก่อนจำนวน 7 คน ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสีที่ปรากฏ (color) ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) กลิ่นหืน (rancid flavour) ความหวาน (sweetness) และความชอบรวม (overall acceptibility) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนของคุณลักษณะดังกล่าว ซึ่งแบ่งสเกลการให้คะแนนเป็น 5 ระดับ (คะแนน 1- 5) ซึ่งบ่งบอกความเข้มของคุณลักษณะจากอ่อนไปจนถึงเข้มมากดังนี้

1) คุณลักษณะของสีที่ปรากฏ; คะแนน 1 หมายถึง สีแดงซีด คะแนน 2 หมายถึง สีแดง คะแนน 3 หมายถึง สีแดงเข้ม คะแนน 4 หมายถึง สีแดงผสมเขียว และคะแนน 5 หมายถึง สีแดงผสมน้ำตาล

2) คุณลักษณะของกลิ่นหืน; คะแนน 1 หมายถึง ไม่มีกลิ่น คะแนน 2 หมายถึง กลิ่นหืนเล็กน้อย คะแนน 3 หมายถึง กลิ่นหืนปานกลาง คะแนน 4 หมายถึง กลิ่นค่อนข้างหืน และคะแนน 5 หมายถึง กลิ่นหืนมาก

3) คุณลักษณะของความหวาน; คะแนน 1 หมายถึง หวานน้อย คะแนน 2 หมายถึง หวาน คะแนน 3 หมายถึง หวานปานกลาง คะแนน 4 หมายถึง หวานมาก และคะแนน 5 หมายถึง หวานมากที่สุด

4) คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส; คะแนน 1 หมายถึง เนื้อละเอียดมาก คะแนน 2 หมายถึง ละเอียดปานกลาง คะแนน 3 หมายถึง เนื้อละเอียดน้อย คะแนน 4 หมายถึง เนื้อหยาบ และคะแนน 5 หมายถึง เนื้อหยาบมาก

5) คุณลักษณะด้านความชอบรวม; คะแนน 1 หมายถึง ชอบ คะแนน 2 หมายถึง ชอบเล็กน้อย คะแนน 3 หมายถึง ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึง ชอบมาก และคะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

ในการทดลองนี้ได้จะแบ่งกุนเชียงแต่ละทรีตเมนต์ไปทอด แล้วหั่นเป็นชิ้นๆ ใส่ในภาชนะสำหรับทดสอบซึ่งติดรหัสเป็นตัวเลข 3 หลักไว้ ให้ผู้ทดสอบชิมและประเมินตัวอย่างตามรหัสที่ติดไว้ที่ภาชนะ

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการทดลองทั้ง 2 ซ้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ analysis variance (ANOVA) และ Duncan's multiple range test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คำนวณโดยใช้โปรแกรม SAS version 6.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1. ผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการต้านออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

จากการศึกษาผลของการใช้สารต้านออกซิเดชันธรรมชาติจากพืชได้แก่ PE, MVE_1, MVE_2และ RM รวมทั้งสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์คือ BHT ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1 และ 0.2 ต่อการต้านออกซิเดชันในกุนเชียงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 20 วัน การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในกุนเชียงแสดงดังรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ากุนเชียงชุดควบคุมคือกุนเชียงที่ไม่ได้เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดใดๆ จะมีค่า TBARS สูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 20 โดยค่า TBARS ของกุนเชียงชุดควบคุมมีค่ามากกว่าค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติม BHT, RM, PE, MVE_1 และ MVE_2 ที่ทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 (รูปที่ 4.1a) จะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชัน PE, MVE_1 และ MVE_2 มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชัน RM และกุนเชียงที่เติม BHT เมื่อเก็บรักษาครบ 20 วัน ค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติม BHT จะลดต่ำลงที่สุด (0.61) ตามด้วยกุนเชียงที่เติม RM, PE, MVE_1, MVE_2 และชุดควบคุมซึ่งมีค่า TBARS ลดลงเป็น 0.85, 1.65, 1.61, 1.60 และ 4.33 มิลลิกรัมของมาลโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง (mg malonaldehyde (MDA)/kg sample) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่า TBARS เริ่มต้นซึ่งมีค่า 1.09, 2.39, 1.94, 1.75, 1.61 และ 2.02 (mg MDA/kg) ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารต้านออกซิเดชันที่เติมในกุนเชียงเป็นร้อยละ 0.1 และ 0.2 พบว่าค่า TBARS ของกุนเชียงส่วนใหญ่ที่เติมสารต้านออกซิเดชันความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (รูปที่ 4.1c) และกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันร้อยละ 0.1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (รูปที่ 4.1b) แต่มีความแตกต่างกับกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ที่ทุกช่วงเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) สำหรับกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 พบว่าค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติม PE, MVE_1 และ MVE_2 มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นในช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษาและหลังจากวันที่ 12 ค่า TBARS ได้ลดลงเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาจนครบ 20 วัน ส่วนค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติมสาร RM และ BHT ลดน้อยลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งการเติม BHT มีผลทำให้ค่า TBARS ลดลงมากที่สุด ดังนั้นจะเห็นว่าการเติมสารกันหืนปริมาณมากใน

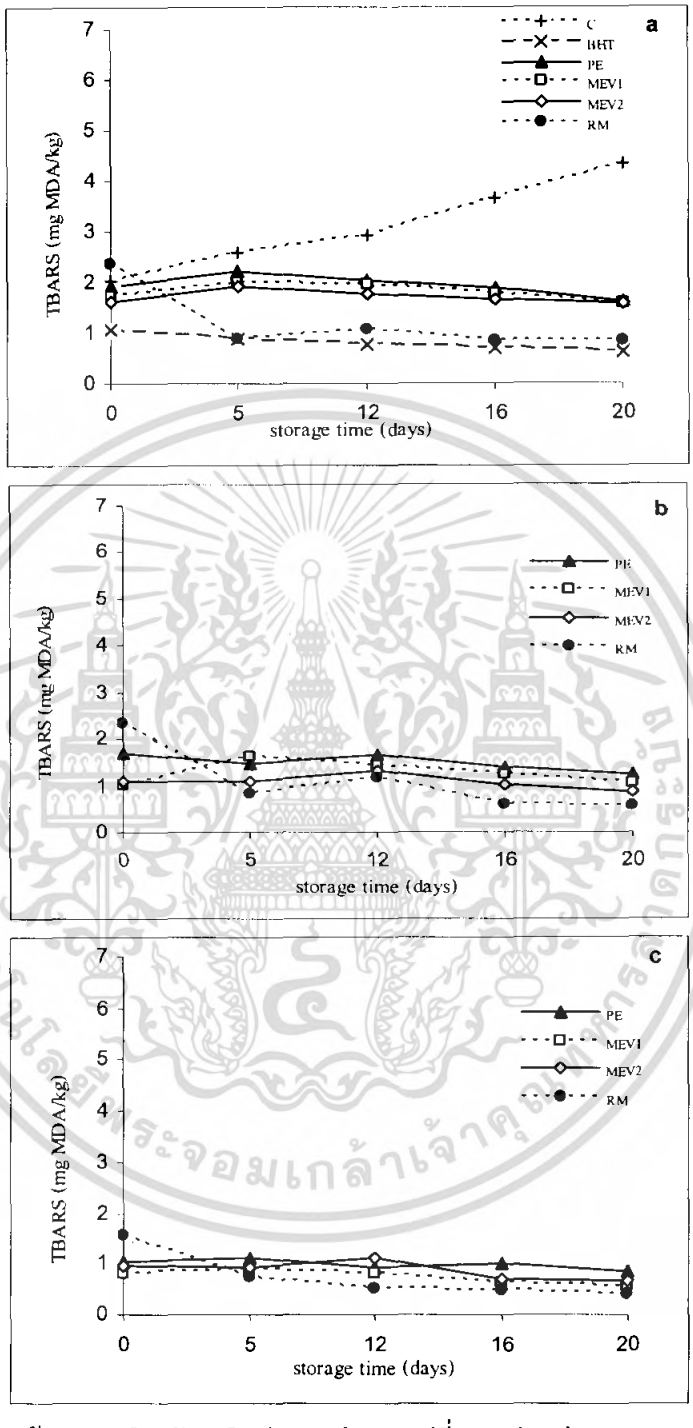
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุนเชียงจะช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าการเติมสารกันหืนปริมาณน้อยเนื่องจากระดับความเข้มข้นสูงจะทำให้ค่า TBARS ลดลงอย่างเห็นได้ชัด

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางเคมีและจุลินทรีย์ของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.1) จะพบว่ากุนเชียงที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วงร้อยละ 9.96-12.99 ค่าa_w (วัดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส) อยู่ในช่วง 0.731-0.882 และค่าพีเอชของกุนเชียงส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นคืออยู่ในช่วง 4.99-5.65 จุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงทุกทรีตเมนต์มีปริมาณค่อนข้างสูงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาคืออยู่ในช่วง $1.9 \times 10^{9} - 9.9 \times 10^{5}$ CFU ต่อกรัม

ในการวัดค่าสีของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และชุดควบคุมด้วยระบบสี L* a* b* ซึ่งค่า L* แสดงถึงความสว่างของวัตถุ ส่วนค่า a* ถ้าหากวัดได้ค่าบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง และถ้าหากวัดได้ค่าลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว สำหรับค่า b* ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง และถ้าเป็นค่าลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน จากข้อมูลการวัดสี (ตารางที่ 4.1) พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากุนเชียงที่เติม BHT, PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 รวมทั้งกุนเชียงชุดควบคุมจะมีค่าความสว่างมากกว่ากุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.2 ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วง 37.32-42.74, 34.56-38.94, 35.59-40.18, 35.49-40.35, 34.00-41.10 และ 35.40-42.12 ตามลำดับและพบว่ากุนเชียงที่เติม PE, MVE_1 , MVE_2 และ RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ให้ค่าความสว่างน้อยที่สุดค่าที่ได้อยู่ในช่วง 34.44-37.01, 32.80-37.66, 35.53-38.63 และ 32.10-50.30 ตามลำดับและยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานั้นกุนเชียงที่เติม RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 มีการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด เมื่อพิจารณาค่า a* ซึ่งแสดงถึงสีแดงนั้นพบว่ากุนเชียงที่เติม BHT, PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 รวมทั้งกุนเชียงชุดควบคุมให้ค่า a* มากกว่ากุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.2 ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วง 5.83-8.09, 6.85-9.50, 7.04-9.00, 6.41-9.32, 5.70-8.85 และ 5.57-11.47 ตามลำดับและพบว่ากุนเชียงที่เติม PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ให้ค่าน้อยที่สุดค่าที่ได้อยู่ในช่วง 3.32-6.99, 4.15-6.08, 1.55-7.04 และ 2.62-9.65 อีกทั้งยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากุนเชียงที่เติม PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด ส่วนค่า b* นั้นพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษากุนเชียงชุดควบคุม กุนเชียงที่เติม PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1 และ 0.2 ต่างก็ให้ค่า b* ใกล้เคียงกันซึ่งให้ค่าที่ต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงของสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ในกุนเชียง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (รูป a : ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 รูป b : ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และรูป c : ความเข้มข้นร้อยละ 0.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางเคมีและจุลินทรีย์ของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ พบว่ากุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นั้นมีคุณลักษณะด้านสีที่ดีแต่ให้ผลในการต้านออกซิเดชันที่ต่ำ ส่วนกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นั้นให้ผลในการต้านออกซิเดชันได้ดีที่สุดแต่ไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากมีผลทำให้กุนเชียงมีสีเขียวคล้ำไม่สวยอีกทั้งยังไม่พบความแตกต่างในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกผงสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นำมาใช้ในการศึกษาผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านร่วมกับโซเดียมแลคเตทในการต้านออกซิเดชันของไขมันและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียงในขั้นต่อไป

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางเคมีและจุลินทรีย์ของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน

ทรีตเมนต์	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)[a]	a_w (30 °C)[a]	พีเอช[a]	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)[a]	ค่าสี[a]		
					L*	a*	b*
ชุดควบคุม	10.25-12.42	0.814-0.882	5.16-5.57	$2.1x10^8$-$1.9x10^9$	35.40-42.12	5.57-11.47	2.21-5.44
BHT (0.02%)	11.42-13.53	0.778-0.831	5.23-5.65	$9.9x10^5$-$6.1x10^7$	37.32-42.74	5.83-8.09	0.26-3.25
PE (0.02%)	11.27-11.95	0.817-0.850	5.28-5.53	$1.2x10^7$-$1.0x10^9$	34.56-38.94	6.85-9.50	1.50-6.00
MVE_1 (0.02%)	9.96-11.99	0.820-0.855	5.31-5.53	$1.2x10^7$-$1.1x10^9$	35.59-40.18	7.04-9.00	0.84-5.79
MVE_2 (0.02%)	11.27-12.40	0.827-0.878	5.29-5.54	$1.4x10^7$x$7.0x10^8$	35.49-40.35	6.41-9.32	0.66-3.58
RM (0.02%)	11.95-12.11	0.830-0.876	5.17-5.47	$2.0x10^7$-$1.9x10^9$	34.00-41.10	5.70-8.85	1.32-3.30
PE (0.1%)	9.98-13.62	0.830-0.853	5.12-5.36	$6.8x10^6$-$6.4x10^8$	34.21-39.53	3.61-7.25	0.13-3.50
MVE_1 (0.1%)	10.76-11.35	0.810-0.851	5.23-5.37	$8.5x10^5$-$8.1x10^8$	34.17-38.90	2.90-6.92	1.53-4.81
MVE_2 (0.1%)	11.79-12.99	0.745-0.873	5.19-5.32	$2.2x10^6$-$9.4x10^7$	35.66-39.53	3.65-7.18	0.87-4.29
RM (0.1%)	11.14-12.13	0.736-0.856	5.15-5.38	$1.7x10^7$-$8.4x10^8$	35.50-43.30	4.51-7.02	1.04-7.16
PE (0.2%)	10.37-10.96	0.731-0.848	4.99-5.38	$2.0x10^6$-$3.8x10^8$	34.44-37.01	3.32-6.99	1.85-3.05
MVE_1 (0.2%)	10.85-11.06	0.827-0.848	5.12-5.31	$1.5x10^6$-$3.9x10^7$	32.80-37.06	4.15-6.08	1.64-3.29
MVE_2 (0.2%)	10.73-12.59	0.837-0.856	4.98-5.28	$1.7x10^6$-$7.8x10^7$	35.53-38.63	1.55-7.04	0.99-2.60
RM (0.2%)	10.73-11.39	0.830-0.878	4.99-5.30	$1.2x10^7$-$2.7x10^8$	32.10-50.30	2.62-9.65	0.986.04

[a]ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของสารสกัดจากผักพื้นบ้านร่วมกับโซเดียมแลคเตทในการต้านออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

4.1.2.1 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในกุนเชียง

ในการศึกษาผลของการใช้สารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ทั้งสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์และสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติได้แก่ BHT, PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ความเข้มข้นที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.1 โดยเปรียบเทียบการใช้สารต้านออกซิเดชันดังกล่าวอย่างเดียว และการใช้ร่วมกับโซเดียมแลคเตทในกุนเชียงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 21 วัน ผลการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่ากุนเชียงชุดควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสารใดๆ ลงไปมีค่า TBARS สูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและกุนเชียงชุดควบคุมมีค่า TBARS มากกว่าค่า TBARS ของกุนเชียงทรีตเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันชนิดใดชนิดหนึ่งกับการเติมและการไม่เติมโซเดียมแลคเตทในกุนเชียง (ตารางที่ 4.2) พบว่าการเติมโซเดียมแลคเตท (SL) ไม่มีผลในการช่วยลดค่า TBARS ของกุนเชียงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน เนื่องจากไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในทางตรงกันข้ามค่า TBARS ของกุนเชียงส่วนใหญ่ที่เติมสารต้านออกซิเดชันร่วมกับโซเดียมแลคเตทมีค่าสูงกว่าค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันอย่างเดียว ดังจะเห็นได้จากค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติม PE, MVE_1 และ MVE_2 อย่างเดียวมีค่าเป็น 0.57-1.01, 0.49-0.77 และ 0.54-0.83 (mg MDA/kg) ที่เวลา 0–21 วันของการเก็บรักษาขณะที่ค่า TBARS ของกุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับโซเดียมแลคเตท (PE+SL) กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับโซเดียมแลคเตท (MVE_1+SL) กุนเชียงที่เติมMVE_2 ร่วมกับโซเดียมแลคเตท (MVE_2+SL) มีค่าสูงกว่าที่ทุกช่วงของการเก็บรักษาโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.59-1.08, 0.58-0.98 และ 0.62-1.03 (mg MDA/kg) ตามลำดับ สำหรับกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตทอย่างเดียวมีค่า TBARS น้อยกว่ากุนเชียงชุดควบคุมเกือบทุกช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตทอย่างเดียวมีค่า TBARS มากกว่ากุนเชียงที่เติมสารสกัดจากธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการเติมโซเดียมแลคเตทเพียงเล็กน้อยจะช่วยในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแต่ก็ต้านได้ไม่ดีเท่ากับกุนเชียงที่เติมสารสกัดจากผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS[a] ในกุนเชียงหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	ค่า TBARS[a] (mg MDA/kg) ± SD				
	0 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
ชุดควบคุม	1.59±0.17A[b]	2.22±0.08A	2.67±0.32A	3.78±0.19A	3.97±0.09A
BHT (0.02%)	1.04±0.33B	0.98±0.25B	0.66±0.22C	0.45±0.01DE	0.34±0.03B
SL (2.5%)	0.96±0.03BC	1.85±0.12A	1.45±0.03B	1.43±0.16B	1.03±0.03B
PE (0.1%)	0.65±0.04BCD	1.01±0.13B	0.84±0.05C	0.66±0.03DC	0.57±0.04C
PE (0.1%)+ SL (2.5%)	0.67±0.02BCD	1.08±0.19B	0.87±0.01C	0.74±0.01C	0.59±0.08C
MVE_1 (0.1%)	0.56±0.03CD	0.77±0.09B	0.67±0.02C	0.57±0.05DC	0.49±0.02DC
MVE_1 (0.1%)+ SL (2.5%)	0.58±0.17CD	0.98±0.03B	0.71±0.01C	0.61±0.03CDE	0.61±0.08C
MVE_2 (0.1%)	0.67±0.02BCD	0.83±0.06B	0.71±0.04C	0.63±0.06CDE	0.54±0.01C
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	0.63±0.18BCD	1.03±0.32B	0.86±0.15C	0.69±0.06C	0.62±0.05DE
RM (0.1%)	0.73±0.27BCD	0.87±0.18B	0.62±0.01C	0.43±0.09E	0.37±0.05DE
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	0.42±0.17D	0.75±0.08B	0.64±0.04C	0.45±0.06DE	0.36±0.06DC

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 2 ซ้ำ

[b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.2.2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ร่วมกับการเติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างเดียวซึ่งไม่เติมโซเดียมแลคเตท ได้แก่ กุนเชียงที่เติม BHT, PE, MVE_1, MVE_2 และ RM รวมทั้งกุนเชียงชุดควบคุมมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงซึ่งอยู่ระหว่าง 6.93-7.66 log CFU ต่อกรัม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงค่อยๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่ากุนเชียงที่เติม BHT, PE, MVE_1, MVE_2 และ RM รวมทั้งกุนเชียงชุดควบคุมมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 7.24-8.35 log CFU ต่อกรัมหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน (ตารางที่ 4.3) โดยจุลินทรีย์ในกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตทส่วนใหญ่มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าในกุนเชียงที่ไม่เติมโซเดียมแลคเตทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจำนวนจุลินทรีย์เกือบทุกทรีตเมนต์ที่เติมโซเดียมแลคเตทมีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษา เช่น กุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตท (SL) อย่างเดียว กุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับ SL กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร่วมกับ SL และกุนเชียงที่เติม RM ร่วมกับ SL มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง 1.36, 1.35, 2.42 และ 0.85 log CFU ต่อกรัม หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน

ตารางที่ 4.3 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a] (log cfu/g) ±SD				
	0 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
ชุดควบคุม	7.60±0.57A[b]	7.80±0.54A	7.42±0.17A	7.93±0.67A	8.35±0.01A
BHT (0.02%)	6.93±1.5ABC	7.46±0.39A	7.39±0.44A	7.33±0.04AB	7.65±0.60A
SL (2.5%)	5.61±0.16BCD	5.61±0.16B	4.50±0.64CD	4.89±0.58C	4.25±0.92C
PE (0.1%)	7.33±0.95AB	7.42±0.59A	7.53±0.35A	7.63±0.21A	7.49±0.22A
PE (0.1%)-SL (2.5%)	5.55±0.49CD	5.25±0.66B	5.53±1.09CD	6.06±1.12C	4.20±0.13C
MVE_1 (0.1%)	7.26±0.76ABC	7.44±0.2A	7.39±0.55A	6.80±1.39ABC	7.24±0.34A
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	4.77±0.54D	4.84±0.65B	5.18±0.20CD	4.88±0.39C	5.48±0.33B
MVE_2 (0.1%)	7.66±0.48A	7.58±0.36A	7.37±0.27A	7.07±1.00AB	7.37±0.21A
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	7.00±1.02ABC	5.16±0.65B	5.82±0.94BC	5.44±0.86BC	4.58±0.31BC
RM (0.1%)	7.25±0.85ABC	6.97±1.05A	7.08±1.24AB	7.85±1.56A	8.30±0.50A
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	5.09±0.30D	4.74±0.23B	4.26±0.08CD	4.91±0.29C	4.24±0.72C

[a] ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 2 ซ้ำ

[b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันกายในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.1.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและค่า a_w ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาปริมาณไขมันเริ่มต้นของกุนเชียงที่ใช้ในการทดลองพบว่ากุนเชียงทุกทรีตเมนต์มีปริมาณไขมันใกล้เคียงกันอยู่ระหว่างร้อยละ 9.95 ถึง 12.41 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 21 พบว่ากุนเชียงชุดควบคุม กุนเชียงที่เติม BHT กุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตท (SL) กุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับ SL กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับ SL กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร่วมกับ SL และกุนเชียงที่เติม RM ร่วมกับ SL มีปริมาณไขมันลดลงระหว่างร้อยละ 0.34-2.00 ส่วนกุนเชียงที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MVE_1, MVE_2 และ RM พบว่ามีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นระหว่างร้อยละ 0.48-1.26 (ตารางที่ 4.4) และเมื่อพิจารณาค่า a_w เริ่มต้นของกุนเชียงเกือบทุกทรีตเมนต์พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.749 ถึง 0.859 ยกเว้นค่า a_w เริ่มต้นของกุนเชียงที่เติม RM ร่วมกับ SL มีค่า a_w น้อยที่สุดคือ 0.430 และเมื่อเก็บรักษากุนเชียงไว้จนครบ 21 วัน พบว่ากุนเชียงส่วนใหญ่มีค่า a_w เพิ่มขึ้น ยกเว้นกุนเชียงที่เติม MVE_2 และ RM มีค่า a_w ลดลงเล็กน้อยจาก 0.843 เป็น 0.841 และ 0.859 เป็น 0.856 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันและค่า a_w ในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)[a]		a_w (30 °C)[a]	
	0 วัน	21 วัน	0 วัน	21 วัน
ชุดควบคุม	11.39	10.42	0.857	0.862
BHT (0.02%)	11.38	9.38	0.786	0.792
SL (2.5%)	12.41	11.25	0.831	0.843
PE (0.1%)	10.98	10.03	0.841	0.843
PE (0.1%)+SL (2.5%)	11.88	10.89	0.753	0.830
MVE_1 (0.1%)	10.13	11.39	0.848	0.851
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	11.73	11.39	0.749	0.803
MVE_2 (0.1%)	11.89	12.53	0.843	0.841
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	11.09	9.54	0.837	0.813
RM (0.1%)	9.95	10.43	0.859	0.856
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	11.83	11.44	0.430	0.825

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 2 ซ้ำ

4.1.2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษา

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และกุนเชียงที่เติมสารต้านออกซิเดชันร่วมกับโซเดียมแลคเตทเมื่อทำการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 21 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าค่าพีเอชของกุนเชียงแต่ละทรีตเมนต์ค่อยๆ เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา กุนเชียงชุดควบคุมมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.50-5.66 และกุนเชียงที่เติม BHT มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.56-5.76 ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาซึ่งไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกุนเชียงทั้ง 2 ชุด ส่วนกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตท (SL) อย่างเดียวมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.83 ถึง 5.85 ซึ่งสูงกว่าค่าพีเอชของกุนเชียงที่เติม PE, MVE_1, MVE_2 และ RM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.25-5.62, 5.45-5.70, 5.48-5.73 และ 5.50-5.76 ตามลำดับ ส่วนกุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับโซเดียมแลคเตท กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับโซเดียมแลคเตท กุนเชียงที่เติม MVE_2 ร่วมกับโซเดียมแลคเตทและกุนเชียงที่เติม RM ร่วมกับโซเดียมแลคเตทมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.76-5.85, 5.79-5.89, 5.81-5.89 และ 5.84-5.90 ตามลำดับ ค่าพีเอชของกุนเชียงดังกล่าวสูงกว่าค่าพีเอชของกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตทเพียงอย่างเดียวเพียงเล็กน้อย แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 4.5 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	ค่าพีเอช [a] ±SD				
	0 วัน	5 วัน	12 วัน	16 วัน	20 วัน
ชุดควบคุม	5.50±0.03B[b]	5.54±0.12DE	5.61±0.02B	5.61±0.01C	5.66±0.04DC
BHT (0.02%)	5.56±0.04B	5.62±0.07BDC	5.67±0.07B	5.72±0.05B	5.76±0.04ABCD
SL (2.5%)	5.83±0.06A	5.84±0.04A	5.83±0.04A	5.84±0.08A	5.85±0.06ABCD
PE (0.%)	5.25±0.11C	5.37±0.01E	5.50±0.01C	5.53±0.01D	5.62±0.03D
PE (0.1%)+SL (2.5%)	5.76±0.04A	5.83±0.01A	5.81±0.05A	5.85±0.00A	5.85±0.03ABC
MVE_1 (0.1%)	5.45±0.11B	5.53±0.12DE	5.58±0.06BC	5.60±0.01C	5.70±0.08BCD
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	5.79±0.06A	5.79±0.08ABC	5.82±0.04A	5.84±0.02A	5.89±0.10BA
MVE_2 (0.1%)	5.48±0.11B	5.53±0.07DE	5.60±0.05BC	5.66±0.06BC	5.73±0.09ABCD
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	5.81±0.03A	5.81±0.06BA	5.82±0.04A	5.84±0.02A	5.89±0.13BA
RM (0.1%)	5.50±0.03B	5.60±0.04AC	5.61±0.06B	5.71±0.06B	5.76±0.02ABCD
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	5.84±0.05A	5.84±0.05A	5.85±0.07A	5.85±0.07A	5.90±0.12A

[a] ค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

[b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสีในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษา

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงจากการวัดในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.6) พบว่าค่าความสว่างของกุนเชียงทุกทรีตเมนต์ในช่วงเวลาเริ่มต้นจนถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า L* ของกุนเชียงส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงยกเว้นกุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับ SL ซึ่งให้ค่า L* เพิ่มขึ้นจาก 37.44 เป็น 38.33 หลังจากเก็บรักษาครบ 21 วัน ส่วนกุนเชียงที่เติม BHT และกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตท (SL) มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกุนเชียงทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีค่า L* ลดลงจาก 41.81 เป็น 40.31 และ 40.54 เป็น 39.57 ตามลำดับ หลังจากสิ้นสุดการเก็บรักษาและเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า L* ระหว่างการเก็บรักษาในช่วงวันที่ 7 - 21 พบว่ากุนเชียงชุดควบคุมและกุนเชียงที่เติม BHT จะให้ค่าความสว่างสูงกว่ากุนเชียงชุดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่าที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา กุนเชียงชุดควบคุมให้ค่า a* มากที่สุดคือ 8.83 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า a* ของกุนเชียงชุดอื่นๆ เกือบทุกทรีตเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกุนเชียงที่เติม BHT และ กุนเชียงที่เติม SL นอกจากนี้ยังพบว่ากุนเชียงที่เติมผงสารสกัดจากพืชให้ค่า a* ต่ำกว่ากุนเชียงชุดควบคุม กุนเชียงที่เติม BHT และ กุนเชียงที่เติม SL และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าค่า a* ของกุนเชียงทุกทรีตเมนต์ มีค่าลดลงเรื่อยๆ จาก 4.48-8.83 จนเหลือ 3.73-6.55 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษากุนเชียงชุดควบคุม กุนเชียงที่เติม BHT และ กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับ SL มีการเปลี่ยนแปลงค่า a* ในระหว่างการเก็บรักษามากที่สุดจาก 8.83, 8.16 และ 5.14 เป็น 6.55, 6.42 และ 3.73 ตามลำดับ แต่ค่า a* ของกุนเชียงทุกทรีตเมนต์ที่เก็บรักษาจนถึงวันที่ 21 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่าที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเริ่มต้น กุนเชียงที่เติม MVE_2 ให้ค่า b* สูงสุดคือ 4.79 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า b* ของกุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับ SL และกุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับ SL ซึ่งให้ค่า b* น้อยสุดคือ 2.65 และ 2.69 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่า b* ของกุนเชียงเกือบทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ยกเว้นค่า b* ชุดควบคุม กุนเชียงที่เติม BHT กุนเชียงที่เติม MVE_2 และกุนเชียงที่เติม RM ให้ค่า b* เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษาเท่านั้นหลังจากนั้นค่า b* จึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างการเก็บรักษา[a]				
	0 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
L*-value					
ชุดควบคุม	40.24±3.44A[b]	39.09±0.62A	41.23±6.42A	39.72±1.73A	37.84±0.69AB
BHT (0.02%)	41.81±4.07A	39.26±3.82A	40.76±1.82AB	41.93±1.18A	40.31±6.39A
SL (2.5%)	40.54±0.09A	37.70±0.72A	39.19±8.06AB	37.16±0.13ABCD	39.57±1.83A
PE (0.1%)	37.17±6.44A	36.18±3.92A	36.16±3.08B	34.90±4.64BCD	33.98±5.31AB
PE (0.1%)+SL (2.5%)	38.39±1.63A	35.86±3.68A	37.86±0.59AB	33.57±1.92D	35.59±6.26AB
MVE_1 (0.1%)	38.24±5.13A	35.14±0.73A	39.58±4.45AB	35.72±0.26BCD	33.40±1.27B
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	37.44±4.80A	38.66±3.60A	37.68±1.54B	36.42±1.99ABCD	38.33±2.26AB
MVE_2 (0.1%)	40.73±5.35A	40.87±5.02A	39.03±2.54AB	33.80±2.75CD	36.22±6.42AB
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	39.20±3.61A	34.72±4.19A	36.18±3.33B	33.64±4.22D	33.90±3.00AB
RM (0.1%)	41.48±1.87A	35.67±2.48A	37.83±0.03AB	38.02±0.86ABC	36.21±3.04AB
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	40.66±6.63A	39.98±0.64A	40.55±2.22AB	39.58±2.59AB	37.84±5.71AB
a*-value					
ชุดควบคุม	8.83±2.06A	8.95±0.93AB	5.59±1.80ABC	6.55±2.38AB	6.55±2.06A
BHT (0.02%)	8.16±1.62AB	6.64±0.08AB	5.99±1.20ABC	5.65±2.62AB	6.42±3.73A
SL (2.5%)	7.08±0.61ABC	8.30±1.77AB	7.76±0.91A	7.58±0.94A	6.20±0.16A
PE (0.1%)	6.51±0.24BD	5.52±0.60AB	5.76±0.81ABC	4.81±0.28AB	5.51±1.12A
PE (0.1%)+SL (2.5%)	4.48±0.89D	5.32±0.37A	3.79±1.06C	5.65±1.93AB	4.19±1.76A
MVE_1 (0.1%)	5.30±0.99CD	5.36±0.15AB	4.19±2.31BC	5.03±0.77AB	5.10±0.21A
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	5.14±0.28CD	4.26±0.40AB	4.18±0.25BC	4.21±0.11B	3.73±0.52A
MVE_2 (0.1%)	5.43±0.14CD	3.31±1.20B	4.71±0.31BC	5.47±0.05AB	4.56±0.39A
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	4.93±0.29CD	5.51±0.24AB	4.70±0.16BC	5.75±0.93AB	4.78±0.64A
RM (0.1%)	6.02±1.22BCD	8.55±0.66AB	6.87±1.68AB	6.12±0.42AB	5.76±0.81A
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	6.10±1.38BCD	6.20±1.15AB	5.04±0.01ABC	4.83±1.27AB	5.28±0.86A
b*-value					
ชุดควบคุม	4.55±0.96ABC	5.40±0.33A	5.69±0.88ABCD	5.40±0.86A	4.32±1.63A
BHT (0.02%)	4.47±1.07ABC	3.88±0.10A	5.80±0.75ABCD	5.88±1.26A	4.34±0.57A
SL (2.5%)	3.43±1.22ABC	4.11±0.19A	4.47±0.40D	3.31±0.71A	4.19±0.44A
PE (0.1%)	4.65±2.01AB	4.58±0.74A	4.28±0.36BCD	3.27±0.01A	4.77±0.76A
PE (0.1%)+SL (2.5%)	2.69±2.12BC	3.02±0.42A	5.20±1.16BCD	2.99±2.82A	5.09±0.38A
MVE_1 (0.1%)	3.14±0.86ABC	4.46±1.88A	8.00±1.18A	5.91±1.75A	3.64±1.36A
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	2.65±0.28ABC	5.88±0.88A	5.14±2.52BCD	6.47±2.97A	3.55±0.26A
MVE_2 (0.1%)	4.79±0.28A	6.10±2.91A	7.52±0.58ABC	4.93±0.86A	3.30±2.63A
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	3.23±0.81ABC	6.09±0.47A	7.24±0.36AB	3.86±0.71A	4.48±1.06A
RM (0.1%)	4.45±0.06ABC	5.17±1.07A	6.29±1.32BCD	6.56±0.19A	2.74±1.29A
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	3.41±1.18ABC	6.35±1.14A	4.55±1.35CD	4.31±0.16A	4.39±0.40A

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 2 ซ้ำ

[b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.6 การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุนเชียงในด้านสี (color) พบว่าที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาผู้ทดสอบชิมให้คะแนนในด้านสีของกุนเชียงซึ่งสรุปได้ว่ากุนเชียงที่เติม PE กุนเชียงที่เติม MVE_1 กุนเชียงที่เติม MVE_1 ร่วมกับ SL และกุนเชียงที่เติม MVE_2 ร่วมกับ SL มีสีเข้ม (แดงผสมเขียว) มากกว่ากุนเชียงทรีตเมนต์อื่นที่มีสีแดงซีดใกล้เคียงกันและวันที่ 21 ของการเก็บรักษาพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนกุนเชียงดังกล่าวมีสีแดงอ่อนยกเว้นกุนเชียงที่เติม MVE_2 ที่ยังคงมีสีเข้มอยู่ ส่วนกุนเชียงทรีตเมนต์อื่นผู้ทดสอบชิมให้คะแนนมีสีแดงซีดถึงสีแดง

เมื่อพิจารณาพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) และความหวาน (sweetness) ของกุนเชียงในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งสรุปได้ว่ากุนเชียงทุกทรีตเมนต์มีลักษณะเนื้อสัมผัสละเอียดน้อยถึงละเอียดปานกลางไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และกุนเชียงเกือบทุกทรีตเมนต์มีความหวานในระดับหวานถึงหวานปานกลางโดยส่วนใหญ่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นกุนเชียงที่เติม MVE_1ร่วมกับ SL ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความหวานมากกว่ากุนเชียงชุดอื่น และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษากุนเชียงส่วนใหญ่มีความหวานอยู่ในระดับเดิมยกเว้นกุนเชียงที่เติม MVE_1 ได้รับคะแนนความหวานมากกว่ากุนเชียงชุดอื่นสำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสของกุนเชียงส่วนใหญ่ยังคงมีลักษณะเนื้อสัมผัสละเอียดน้อยถึงละเอียดปานกลางยกเว้นกุนเชียงที่เติม SL อย่างเดียว และ MVE_2 ร่วมกับ SL ได้คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสมากกว่ากุนเชียงทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อพิจารณากลิ่นหืนในวันแรกของการเก็บรักษากุนเชียงทุกทรีตเมนต์มีกลิ่นหืนเล็กน้อย และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบชิมพบว่ากุนเชียงชุดควบคุมมีกลิ่นหืนใกล้เคียงระดับหืนปานกลางซึ่งมีกลิ่นหืนมากกว่ากุนเชียงชุดอื่นๆ และกุนเชียงที่มีกลิ่นหืนมากในอันดับ 2 คือ กุนเชียงที่เติม MVE_1ร่วมกับ SL ส่วนกุนเชียงที่มีกลิ่นหืนน้อยที่สุดคือ กุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับ SL

เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมของการเก็บรักษาพบว่า ผู้ทดสอบชิมมีความชอบกุนเชียงทุกทรีตเมนต์ใกล้เคียงกันอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลางโดยมีความชอบในกุนเชียงที่เติม MVE_1ร่วมกับ SL มากที่สุด และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในกุนเชียงที่เติม MVE_1 มากที่สุดและมีความชอบในกุนเชียงที่เติม PE ร่วมกับ SL น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของสารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ และโซเดียมแลคเตทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง

ทรีตเมนต์	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส[a] ± SD				
	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความหวาน	กลิ่นหืน	ความชอบ
วันที่ 0 ของการเก็บรักษา					
ชุดควบคุม	1.21±0.30E[b]	2.09±0.28A	2.89±0.21AB	1.99±0.21A	2.79±0.11A
BHT (0.02%)	1.72±0.60DE	3.14±1.61A	2.64±0.51AB	2.00±0.10A	2.86±0.61A
SL (2.5%)	1.86±0.21CDF	3.28±0.11A	2.64±1.92AB	1.86±0.21A	2.50±0.10AB
PE (0.1%)	3.50±1.12AB	3.07±1.73A	2.50±0.71AB	1.93±0.10A	2.36±0.50AB
PE (0.1%)+ SL (2.5%)	2.71±0.30BCD	2.57±0.51A	1.26±0.11B	2.07±0.60A	2.00±1.32AB
MVE_1 (0.1%)	2.93±0.61ABC	2.93±0.60A	2.78±0.51AB	1.72±0.71A	2.50±0.09AB
MVE_1 (0.1%)+ SL (2.5%)	4.01±0.00A	3.49±1.31A	3.78±0.60A	1.71±1.51A	2.99±0.18A
MVE_2 (0.1%)	2.70±0.40BCD	2.99±0.40A	2.07±0.11B	2.50±0.51A	1.93±0.41AB
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	3.79±0.18AB	2.22±1.31A	2.59±0.50AB	2.00±0.41A	2.24±1.21AB
RM (0.1%)	2.00±0.11CDE	3.22±0.50A	1.43±0.42B	2.07±0.81A	2.13±0.21AB
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	1.86±0.21CDE	2.27±0.30A	2.39±0.30AB	1.79±0.70A	1.43±0.21B
วันที่ 21 ของการเก็บรักษา					
ชุดควบคุม	2.29±0.21D	2.14±0.20C	1.86±0.01CDE	2.72±0.40A	2.95±0.08B
BHT (0.02%)	1.36±0.11EF	2.36±0.10C	2.43±0.20B	1.93±0.11BC	2.22±0.30CD
SL (2.5%)	1.78±0.10E	2.95±0.08A	2.07±0.10BCD	1.71±0.30D	2.73±0.23B
PE (0.1%)	3.72±0.21B	2.50±0.10BC	1.43±0.20E	1.65±0.30BCD	2.50±0.10BC
PE (0.1%)+ SL (2.5%)	2.28±0.11B	2.45±0.17BC	1.73±0.00CD	1.38±0.20CD	1.43±0.12E
MVE_1 (0.1%)	3.78±0.30B	2.45±0.10BC	3.00±0.20A	1.43±0.20CD	3.79±0.21A
MVE_1 (0.1%)+ SL (2.5%)	4.28±0.07A	2.38±0.21BC	2.00±0.11BCD	2.254±0.30B	2.11±0.30CD
MVE_2 (0.1%)	4.36±0.01A	2.50±0.17BC	2.14±0.18BCD	1.71±0.07BCD	2.88±0.20B
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	2.92±0.40C	3.22±0.07A	2.43±0.41CD	1.78±0.30BCD	2.50±0.23B
RM (0.1%)	1.38±0.11EF	2.71±0.10BC	2.21±0.10BC	1.64±0.11BCD	2.80±0.10B
RM (0.1%)+ SL (2.5%)	1.31±0.02E	2.64±0.30A	1.93±0.11CD	1.79±0.11BCD	1.43±0.10D

[a] ค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

[b] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.2.1 คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของผงสารสกัดผักพื้นบ้าน

ในการผลิตผงสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทยได้นำการผสมสารสกัดกับ maltodextrin (DE 17-19 เปอร์เซ็นต์) ซึ่ง Blanchard และ Katz (2006) ได้กล่าวว่า maltodextrin คือสารละลายเข้มข้นของแซคคาไรด์ (Saccharide) บริสุทธิ์ที่ได้จาก edible starch หรือ maltodextrin อาจอยู่ในรูปของแห้งที่มีลักษณะเป็นผงได้มาจากสารละลายเข้มข้นของแซคคาไรด์ (Saccharide) บริสุทธิ์ดังกล่าว มีค่า Dextrose Equivalent (DE) ต่ำกว่า 20 เป็นสารที่ไม่มีรส สำหรับสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่ใช้ในการทดลอง 3 สูตร ได้แก่ PE, MVE_1 และ MVE_2 นั้นพบว่ามีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของไขมันได้บ้างแต่ยังไม่ดีเท่า BHT และสารสกัดจากโรสแมรี่ (RM) ซึ่งคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของผักที่นำมาศึกษานั้นประกอบด้วยสารประกอบฟีนอล เช่น ในผักแพรว อาจเป็นไปได้ที่จะมีสารฟลาโวนอยด์เป็นส่วนประกอบ ดังเช่นการรายงานของ Haraguchi และคณะ (1992), Haraguchi และคณะ (1996) และ Yagi และคณะ (1996) ได้ทำการแยกสาร sulphated, methylated และ glycosidal flavonoids จาก *Polygonum hydropiper* สารฟลาโวนอยด์ เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่พบมากในพืชหลายชนิดรวมทั้งผัก ผลไม้ และชา มีผู้รายงานว่า ในยางและเปลือกของต้นชะมวงมีสาร prenylated xanthones, cowaxanthone, cowanin, cowano, 1,1,3,6-trihydroxy-7-methoxy-2,5-bis (3-methyl-2-butenyl) xanthone, ß-mangotin, 7-methoxygacinone E และ norcowanin ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mahabusarakam และคณะ (2005) ได้ทำการทดลองศึกษา Xanthones ที่ได้จากยางของ *Garcinia cowa* Roxb. พบว่ามี xanthone 5 ชนิดให้ชื่อว่า A-E และชนิดที่ 6 คือ xanthone ที่รายงานมาก่อนหน้านี้ในยางของ *Garcinia cowa* Roxb. ส่วนในผักแขยงก็มีสารประกอบฟีนอลลิกเช่นเดียวกัน Bui และคณะ (2004) ได้ตรวจพบสารฟลาโวนอยด์ในผักแขยงได้แก่ 7-0-glycoside และ 8-hydroxylatate flavones 3 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่พบบ่อยนักในพืชทั่วไปและจากการทดลองพบว่า โรสแมรี่สามารถต้านออกซิเดชันของไขมันได้ดีเนื่องจากมีสารประกอฟีนอลิกเป็ส่วนประกอบในปริมาณสูง Bauman และคณะ (1999) กล่าวโรสแมรี่ประกอบด้วย monoterpenes (eteric oils), diterpene phenols (carnosic acid, carnosol, rosmanol, epirosmanol isorosmanol, methyl carnosate) phenolic acid (rosmarinic acid), flavonols และ triterpene acids (ursolic acid, olemolic acid และ butilinic acid) การทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Riznar และคณะ (1991) ซึ่งได้ทำการทดลองกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และการต้านจุลินทรีย์ของโรสแมรี่ที่อยู่ในรูปที่ละลายในน้ำมัน (Vivox 20 และVivox 4) ที่มี carnosic acid เป็นส่วนประกอบหลักในสารสกัดร้อยละ 20 และ 4 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ในไส้กรอกไก่แฟรงค์เฟอร์เตอร์พบว่า โรสแมรี่มีความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต้านออกซิเดชันของไขมันและการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้

สำหรับการเติมโซเดียมแลคเตท (SL) อย่างเดียวลงในกุนเชียงให้ผลในการต้านออกซิเดชันได้บ้าง เนื่องจากค่า TBA ของกุนเชียงที่เติมโซเดียมแลคเตทอย่างเดียว มีค่าต่ำกว่ากุนเชียงชุดควบคุมทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษาแต่มีค่าสูงกว่า TBA ของกุนเชียงชุดอื่นๆ ที่เติมผงสารสกัดจากพืชอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับโซเดียมแลคเตทซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Sallam (2007) ที่พบว่าโซเดียมแลคเตทมีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้แต่ไม่ดีนักซึ่งคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของโซเดียมแลคเตทนั้นต่ำกว่าคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของโซเดียมซิเตรทและโซเดียมอะซิเตท

4.2.2. คุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ของผงสารสกัดผักพื้นบ้าน

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาคุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ของผงสารสกัดจากพืชได้แก่ PE, MVE_1 MVE_2 และ RM พบว่าการเติมสารสกัดจากพืชดังกล่าวไม่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ในกุนเชียงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอาจเป็นเพราะสารสกัดจากผัก (ร้อยละ 0.1) ที่เติมลงในกุนเชียงมีความเข้มข้นไม่สูงพอที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้แต่ถ้าเติมสารสกัดผักปริมาณมากจนเกินไปจะมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกุนเชียง โดยทำให้กุนเชียงมีสีออกเขียวและมีกลิ่นฉุนของผัก ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าสารสกัดจากผักพื้นบ้านที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มีคุณสมบัติในการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ดังเช่น ผักแขยงซึ่งเป็นผักสมุนไพรที่ใช้กันมากในหลายประเทศในแถบทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีรายงานว่า ผักแขยงให้น้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.1 เป็นน้ำมันที่ไม่มีสีและมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในน้ำมันหอมระเหยของผักแขยงมีสารลิโมนิน (limonene) และเพอริลอัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีผู้แยกสารฟลาโวน (flavone) ออกจากผักแขยงพบว่า เป็นสารประกอบของ 5,7-dihydroxy-6,8,4-trimethoxy flavone และ 5-hydroxy-6,7,4-trimethoxy flavone นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าพบสาร chlorogenic และ caffeic acid นอกจากนี้ สุรีย์ และนันทิชา (2550) ได้ทำการทดลองพบว่า สารสกัดจากผักแพรว ใบแขยง ใบขี้เหล็ก และใบชะมวงมีฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น *Bacillus cereus, Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Rissen, *Pseudomonas fluorescens* และ *Yesinia enterocolitica* ได้ดีโดยเฉพาะผักแขยงสามารถยับยั้ง การเจริญของ *B. cereus* และ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด ส่วนในใบชะมวงสามารถยับยั้งการเจริญของ *Listeria monocytogenes* และ *Yesinia enterocolitica*

จากการทดลองนี้พบว่าการเติมโซเดียมแลคเตท (SL) ในกุนเชียงมีผลช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นผลมาจากโซเดียมแลคเตทมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่โซเดียมแลคเตทอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวจะผ่านเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์และเกิดการแตกตัวภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้เซลล์ภายในมีสภาพเป็นกรดเมื่อเซลล์พยายามที่จะรักษาสภาพพีเอชภายในให้คงที่ จึงทำให้เซลล์ใช้พลังงานหมดไปทำให้อัตราการเจริญของเซลล์ลดลง (Shelef, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mbandi และ Shelef (2001) พบว่าการเติมโซเดียมแลคเตทร้อยละ 1.8 ลงในเนื้อบดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสและ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน สามารถลดอัตราการเจริญของ *L. monocytogeness* และ *Salmonella* Enteritidis และยังพบว่าการใช้โซเดียมแลคเตทร้อยละ 2.5 ร่วมกับโซเดียมไดแอซิเตท (sodium diacetat) ร้อยละ 0.2 สามารถทำลาย *Salmonella* Enteritidis หลังจากเก็บรักษาเนื้อไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน นอกจากนี้ Houtsma และคณะ (1996) ยังได้รายงานว่าความเข้มข้นต่ำสุด (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของโซเดียมแลคเตทในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย จะลดลงในสภาพที่มีพีเอชต่ำ เช่น ในสภาพที่พีเอชเท่ากับ 5.7 การเติมโซเดียมแลคเตท (ไม่น้อยกว่า 268 มิลลิโมลาร์) จะไม่ทำให้มีการเจริญของแบคทีเรียเกิดขึ้นได้และแบคทีเรียจะมีความไวต่อโซเดียมแลคเตทมากกว่ายีสต์

เมื่อพิจารณาค่าพีเอชของกุนเชียงพบว่า ค่าพีเอชของกุนเชียงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากการที่กุนเชียงมีจำนวนจุลินทรีย์สูง เมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์มีผลทำให้ค่าพีเอชของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นสอดคล้องกับรายงานของ Jay และคณะ (2005) ที่ว่าเมื่อกรดอะมิโนเกิดดีคาร์บอกซิเลต (decarboxylate) เอมีน (amines) ที่เกิดขึ้นเป็นผลทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการใช้สารต้านออกซิเดชันธรรมชาติจากผักพื้นบ้านรวมทั้งสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1 และ 0.2 ต่อการต้านออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์เป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าการเติมสารสกัดจากผักพื้นบ้าน 3 สูตร ได้แก่ PE, MVE_1 และ MVE_2 ที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ มีผลต่อการต้านออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงได้ดี เนื่องจากให้ค่า TBARS ที่ต่ำกว่าค่า TBARS ของกุนเชียงชุดควบคุมแต่คุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากผักพื้นบ้านดังกล่าวยังด้อยกว่าคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของ BHT และสารสกัดจากโรสแมรี่ (RM) และพบว่าการเติมผงสารสกัดดังกล่าวที่ความเข้มข้นสูงช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงได้ดีกว่าเติมผงสารสกัดที่ความเข้มข้นต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมสารสกัดจากผักรวมทั้งการเติม BHT ไม่มีผลช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงมีปริมาณค่อนข้างสูง (10^7 -10^8 CFU ต่อกรัม) ที่ทุกช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาและพบว่ากุนเชียงที่เติมผงสารสกัดผักชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 0.2) ถึงแม้ว่าจะให้ผลการต้านออกซิเดชันของไขมันได้ดีที่สุดแต่ปริมาณที่เติมนั้นมีผลทำให้สีของกุนเชียงไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกความเข้มข้นของสารสกัดผักที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มาใช้ในการศึกษาผลของสารสกัดดังกล่าวร่วมกับโซเดียมแลคเตท (SL) ในการต้านออกซิเดชันของไขมันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกุนเชียง

ในการศึกษาผลของการใช้สารต้านออกซิเดชันชนิดต่างๆ ทั้งสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์และสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติจากผัก ได้แก่ BHT, PE, MVE_1, MVE_2 และ RM ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยเปรียบเทียบกับกุนเชียงที่เติม SL อย่างเดียวและการใช้สารสกัดผักแต่ละชนิดร่วมกับ SL พบว่าการเติมสารต้านออกซิเดชันจากผักร่วมกับ SL มีผลเล็กน้อยในการลดค่า TBARS ของกุนเชียง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียง ที่เติมสารต้านออกซิเดชันจากผักร่วมกับ SL พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในกุนเชียงมีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันเกือบทุกทรีตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 9.38 -12.53 ค่า a_w ในช่วงเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.749-0.859 เมื่อเก็บรักษาไว้ 21 วันพบว่าค่า a_w เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ค่าพีเอชของกุนเชียงเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงแต่ละทรีตเมนต์ เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกุนเชียงมีแนวโน้มลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a*) มีแนวโน้มลดลง และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

จากผลการทดลองในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าผักพื้นบ้านของไทยที่นำมาศึกษามีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันของไขมันได้แต่ยังไม่ดีพอ ดังนั้นจึงควรค้นหาพืชผักสมุนไพรของไทยชนิดอื่นต่อไปเพื่อนำมาศึกษาคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันและการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เพื่อจะได้ทราบชนิดของพืชที่มีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อเพื่อทดแทนการใช้สารกันหืนสังเคราะห์และสามารถใช้ในความเข้มข้นสูงโดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยทางการแพทย์. 2526. สมุนไพรพื้นบ้าน ตอนที่ 1. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพฯ.

ธิดาดวง ฟอลเล็ต. 2549. การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร. โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. กรุงเทพฯ.

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2550. เทคโนโลยีการผลิตเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. โครงการตำราคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. วัตถุเจือปนอาหาร. เล่ม1. สำนักศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. กรุงเทพฯ.

สุรีย์ นานาสมบัติ และนันทิชา เต็กชื่น. 2550. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และฤทธิ์ต้านการเกิดอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ในสารสกัดจากผักพื้นบ้านของไทย รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

Ahn, J., Grun, I.U., & Mustaph, A. (2004). Antimicrobial and antioxidant of natural extract in vitro and in ground beef. *Journal of Food Protection*, 67(1), 148-155.

A'Herne, S.A., & O'Brien, M.S. (1999). The flavonoids myricetin quercetin and rutin, protect against cholestan-3β, 5α, 6β-triol induced toxicity in Chinese hamster ovary cells in vitro. *Nutrition Research*, 19(5), 749-760.

Bauman, D., Hadolin, M., Riner, H.A., & Knez, Z. (1999). Supercritical fluid extraction of rosemary and sage antioxidants. *Acta Aliment*, 28(1), 15-28.

Blanchard, P.H., & Katz, F.R. (2006). Starch hydrolysates. In A.M. stephen, G.O. Phillips, & P.A. Williams, *Food polysaccharides and their application, 2nd ed* (pp. 119-145). Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group.

Buckley, D.J., Morrissey, P.A., & Gray, J.I. (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal of Animal Science*, 73, 3122-3130.

Bui, M.L., Grayer, R.J., Veitch, N.C., Kite, G.C., Tran, H., & Nguyen, Q.C.K. (2004). Uncommon 8-oxygenated flavonoids from *Limnophila aromatica* (Scriphulariaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 32, 943-947.

Caldwell, E.F., Nehring, E.W., Postweiler, J., Smith, G.M., & Wilbur, C.J. (1964). Package treatment versus direct application as a means of incorporating antioxidant in shredded breakfast cereals. *Food Technology*, 18(3), 125-128.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Davidson, P.M., & Zivanovic, S. (2003). The use of natural antimicrobials. In P. Zeuthen, & L. BØgh – SØrensen, *Food presention techniques* (pp. 5-30). Cornwall, England: TJ International Limited Padstow.

Fang, Y.Z., & Yang, S. (2002). Free radicals antioxidants and nutrition. *Journal of Food Protection*, 18, 872- 879.

Gordon, M.H. (2001). Measuring antioxidant activity. In J. Pokorny, N. Yanishlieva, & M. Gordon, *Antioxidants in food: practical applications* (pp. 71-83). Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.

Goula, A.M., Karapantisios, T.P., Achilas, D.S., & Adamopoulos, K.G. (2008). Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *Journal of Food Engineering*, 85, 73-83.

Hamilton, R. J. (1994). The chemistry of rancidity in foods. In J.C. Allen, & R.J. Hamilton, *Rancidity in foods* (pp. 1-21). Suffolk: Chapman and Hall.

Haraguchi, H., Hashimoto, K., & Yagi, A. (1992). Antioxidative substances in leaves of *Polygonum hydropiper*. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 40, 1349-1351.

Haraguchi, H., Ohmi, I., Fukuda, A., Toihara, Y., Okamura, N., & Yagi, A. (1996). Effect of *Polygonum hydropiper* sulfated flavonoids on lens aldose reductase and related enzyme. *Journal of Natural Products*, 59, 443-445.

Haraguchi, H. (2001). Antioxidative plant constituents. In C. Tringali, *Bioactive compound from natural sources* (pp. 339-377). London: Taylor & Francis Group.

Houtsma, P.C., Dewit J.C., & Rombouts, F.M. (1996). Minimum inhibitiory concentration (MIC) of sodium acetate and sodium chloride for spoilage organisms and pathogens at different pH values and temperatures. *Journal of Food Protection*, 59(12), 1300-1304.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D.A. (2005). *Modern Food Microbiology,* 7 th ed. New York: Springer Science+Business Media, Inc.

Karel, M. (1975). Water activity and food preservation. In M. Karel, O.R. Fennema, & D.B. Lund, *Principles of food science Part II : physical principles of food preservation* (pp. 237-263). New York: Marcel Dekker, Inc.

Kirk, R.S., & Sawyer, R. (1991). *Pearson's composition and analysis of foods*. Singapore: Longman Scientific & Technical.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Love, J.D., & Pearson, A.M. (1971). Lipid oxidation in meat and meat products-a review. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48, 547-551.

Mahabusarakom, W., Chairerk, P., & Taylor, W.C. (2005). Xanthones from *Garcinia cowa* Roxb Latex. *Phytochemistry*, 66, 1148-1153.

Mbandi, E., & Shelef, L.A. (2001). Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Enteritidis* in meat by combinations of sodium lactate and diacetate. *Journal of Food Protection*, 64(5), 640-644.

Minami, H., Kinoshita, M., Fukuyama, Y., Kodama, M., Yoshizawa, T., Sugiura, M., Nakagawa, K., & Taga, H. (1994). Antioxidant xanthones from *Garcina subellipica* *Phytochemistry*, 36, 501-506.

Pay'a, M., Halliwell, B., & Hoult, J.R.S. (1992). Interaction of a series of coumarins with reactive Oxygen species. *Biochemical & Pharmaceutical Bulletin*, 44, 205-214.

Pryor, W.A., Lightsey, J.W., & Church, D.F. (1982). Is nitric oxide (NO) an antioxidant or a prooxidant for lipid peroxidation ? *Journal of the American Chemists' Society*, 104, 6685-6692.

Ray, A.I., Hopia, A., Kivikari, R., & Kahkonen, M. (2005). Use of natural food / plant extract : cloudberry (*Rubus Chamaemorus*), beetroot (*Beta Vulagaris* "Vulgaris") or willow herb (*Epilobium angustifolium*) to reduce lipid oxidation of cooked pook patties. *Food Science and Technology*, 38, 363-370.

Riznar, K., Celan, S., Knez, Z., Skerjet, M., Bauman, D., & Glaser, R. (1991). Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary extract in chicken frankfurters. *Journal of Food Science,* 71(7) , 425–429.

Rossell, J.B. (1994). Measurement of rancidity. In J.C. Allen, & R.J. Hamiklon, *Rancidity in foods, 3rd* [ed.] (pp. 22-67). London: Elsevier.

Sallam, K.I. (2007). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control,* 18, 566-575.

Schuler, P. (1990). Natural antioxidant exploited commercially. In B.J.F. Hudson, *Food Antioxidants* (pp. 99-100). New York: Elsevier Science Publischer., Ltd.

Shelef, L.A. (1994). Antimicrobial effects of lactates. *Journal of Food Protection*, 57(5), 445-450.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sherwin, E.R. (1978). Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(11), 809-812.

Sherwin, E.R. (1990). Antioxidants. In A.L. Branen, P.M. Davidson, & S. Davidson, *Food additives* (pp. 139-183). New York: Marcel Dekker, Inc.

Stauffer, C. E. (1996). *Fats and oil : practical guides for the food industry.* Minnesota : Association of Cereal Chemists, Inc.

Tarladgis, B.G., Watts, B.M., & Younathan, M.T. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37, 44-48.

Williams, G.M., Iatropoulos, M.J., & Whysner, J. (1999). Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additive. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 1027-1038.

Yagi, Q., Kadota, S., Tani, T.I., & Namba, T. (1996). Antioxidative effects of phenylethanoids from *Cistanche deserticola*. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 21, 123-140

Yanishlieva-Maslarova, N.V. (2001). Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. In J. Pokorny, & N. Yanishlieva, *Antioxidants in food: Practical applications* (pp. 210-262). Boca Raton, Florida: CRC Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การศึกษาผลของ maltodextrin ต่อ water sorption isotherm ของผงสารสกัดผักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การศึกษาผลของ maltodextrin ต่อ water sorption isotherm ของ ผลสารสกัดผักแห้ง (Vegetable extract powder)

1.1 วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้จะทำการหาค่า Water sorption isotherm ของสารสกัดผักแพรว (PE) สารสกัดผักผสมสูตร 1 (MVE_1) และสารสกัดผักผสมสูตร 2 (MVE_2) ที่ผ่านการเตรียมโดยผสมกับ maltodextrin จาก 3.2.1.2 โดยหา water sorption isotherm ที่ 3 ระดับอุณหภูมิคือ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส การทดลองทำได้โดยนำสารสกัดแต่ละชนิดมาเก็บไว้ในภาชนะปิดที่มีความชื้นสัมพันธ์ (relative humidity, RH) ต่างกัน 7 ระดับซึ่งได้จากการเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว 7 ชนิด ได้แก่ 1) สารละลายโพแทสเซียมอะซิเตท (potassium acetate) มีค่า a_w 0.22 (22 % RH) 2) สารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) มีค่า a_w 0.32 (32% RH) 3) สารละลายโซเดียมโบรไมด์ (sodium bromide) มีค่า a_w 0.58 (58 % RH) 4) สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide) มีค่า a_w 0.68 (68 % RH) 5) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) มีค่า a_w 0.75 (75% RH) 6) สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride) มีค่า a_w 0.85 (85 % RH) และ 7) สารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulphate) มีค่า a_w0.97 (97 % RH) เมื่อเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวทั้ง 7 ชนิดแล้วนำไปบรรจุในโถดูดความชื้น (dessicator) รอจนกระทั่งสารละลายเกลืออิ่มตัวอยู่ในภาวะสมดุล (ประมาณ 2 สัปดาห์) จากนั้นชั่งตัวอย่างผงสารสกัดผักแห้ง 3 กรัม ใส่ในภาชนะที่มีฝาปิดที่ชั่งหาน้ำหนักมาก่อน (ทำ 2 ซ้ำ) เปิดฝาภาชนะแล้ววางในโถดูดความชื้นเหนือสารละลายเกลืออิ่มตัว นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 – 5 สัปดาห์ หรือจนกระทั่งสารสกัดอยู่ในภาวะสมดุลของการดูดซึม (absorb) น้ำระหว่างตัวอย่างกับบรรยากาศ ซึ่งจะทราบได้จากการนำตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนัก และนำไปเก็บไว้ที่เดิม ทำการชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างทุกวันจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างนิ่ง และหลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 1.5 กรัม โดยตัวอย่างส่วนแรกนำไปวัดค่า a_w (อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส) ส่วนที่สองนำไปหาปริมาณความชื้นโดยนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบต่อทำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ และนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำที่สภาวะสมดุล (dry basis) มีหน่วยเป็น กรัมของน้ำต่อ100 กรัมของของแข็งแห้ง ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำในตัวอย่าง = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ = y

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) = 100 – y = x

ดังนั้นปริมาณน้ำที่สภาวะสมดุล (dry basis) มีค่าเท่ากับ $\frac{100\ y}{x}$ กรัมต่อ 100 กรัมของของแข็งแห้ง

จากนั้นนำค่า a_w และปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ภาวะสมดุล มาเขียนกราฟของ water sorption isotherm ที่แต่ละระดับอุณหภูมิ ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า a_w กับปริมาณความชื้นที่ภาวะสมดุลของผงสารสกัดแต่ละชนิดพร้อมทั้งหาสมการเส้นตรง จากนั้นนำสมการเส้นตรงมาคำนวณหาค่า monolayer value ตามสมการของ BET (Brunauer - Emmet -Teller) ดังนี้

$$\frac{a}{m\,(1-a)} = \frac{1}{m_1 C} + \frac{C-1\ a}{m_1 C}$$

เมื่อ a คือ ค่า water activity

m คือ ปริมาณน้ำ (กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง)

m_1 คือ monolayer value

C คือ ค่าคงที่

1.2 ผลการทดลอง

เมื่อตัวอย่างผงสกัดผักอยู่ในภาวะสมดุลแล้ว นำตัวอย่างมาวัดค่า a_w และหาปริมาณความชื้น ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ ก.1 และสรุปค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ ก.2 นำข้อมูลที่ได้ในตาราง ก.2 มาเขียนกราฟ sorption isotherm ดังแสดงในภาพ ก.1 , ก.2 และ ก.3 และจากการคำนวณหาค่า monolayer value ได้ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การศึกษาผลของ maltodextrin ต่อ water sorption isotherm ของผงสารสกัดผักแห้ง (Vegetable extract powder) ที่อุณหภูมิต่างๆ

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	อุณหภูมิ					
		25°C		30 °C		35 °C	
		a_w(30°C)	%M[a]	a_w(30°C)	%M	a_w(30°C)	%M
PE	1	0.235	2.96	0.253	3.79	0.245	3.69
	2	0.214	3.64	0.215	2.87	0.230	3.75
	เฉลี่ย	0.225	3.30	0.234	3.33	0.242	3.68
MVE_1	1	0.235	3.41	0.232	2.51	0.234	2.50
	2	0.214	3.11	0.222	4.51	0.214	4.73
	เฉลี่ย	0.224	3.26	0.227	3.51	0.224	3.44
MVE_2	1	0.230	7.64	0.241	3.29	0.230	0.37
	2	0.630	3.66	0.265	1.68	0.254	3.64
	เฉลี่ย	0.248	5.65	0.253	2.49	0.244	3.45
PE	1	0.325	3.66	0.356	3.62	0.326	2.20
	2	0.324	2.64	0.359	3.71	0.345	4.68
	เฉลี่ย	0.324	3.15	0.357	3.66	0.330	3.44
MVE_1	1	0.326	2.32	0.326	3.15	0.356	4.40
	2	0.354	3.20	0.365	3.78	0.346	3.76
	เฉลี่ย	0.340	2.76	0.345	3.47	0.351	4.08
MVE_2	1	0.345	3.21	0.532	2.57	0.366	5.10
	2	0.354	3.28	0.522	4.29	0.354	6.69
	เฉลี่ย	0.349	3.24	0.527	3.43	0.360	5.89
PE	1	0.56	7.52	0.527	6.25	0.523	6.51
	2	0.502	7.52	0.534	5.17	0.534	7.62
	เฉลี่ย	0.531	7.52	0.553	5.71	0.528	7.06
MVE_1	1	0.564	7.52	0.566	4.95	0.554	5.00
	2	0.568	7.41	0.561	4.58	5.490	5.49
	เฉลี่ย	0.566	7.46	0.563	4.77	0.550	5.25
MVE_2	1	0.536	7.85	0.594	5.70	.0.554	6.46
	2	0.567	6.071	0.544	5.836	0.55	6.51
	เฉลี่ย	0.551	6.96	0.569	5.77	0.546	6.48
PE	1	0.66	6.071	0.659	1.317	0.659	2.48
	2	0.654	8.435	0.689	0.959	0.685	2.13
	เฉลี่ย	0.657	7.253	0.674	1.138	0.672	2.30

[a] % M คือ กรัมของน้ำ/100กรัมของของแข็งแห้ง (g H_2O/100g dry solid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การศึกษาผลของ maltodextrin ต่อ water sorption isotherm ของผงสารสกัดผักแห้ง (Vegetable extract powder) ที่อุณหภูมิต่างๆ **(ต่อ)**

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	อุณหภูมิ					
		25 °C		30 °C		35°C	
		a_w(30°C)	%M[a]	a_w(30°C)	%M	a_w(30°C)	%M
MVE_1	1	0.662	3.81	0.680	1.69	0.650	1.76
	2	0.657	3.87	0.642	1.14	0.530	1.78
	เฉลี่ย	0.622	3.84	0.661	1.42	0.593	1.77
MVE_2	1	0.641	2.65	0.65	1.24	0.635	2.76
	2	0.315	2.48	0.685	0.70	0.625	2.88
	เฉลี่ย	0.723	2.56	0.667	0.97	0.630	2.82
PE	1	0.725	1.93	0.762	2.15	0.766	3.95
	2	0.724	2.60	0.768	2.11	0.756	3.41
	เฉลี่ย	0.732	2.27	0.765	2.13	0.761	3.68
MVE_1	1	0.755	3.62	0.722	2.08	0.756	2.92
	2	0.743	4.73	0.723	3.64	0.675	3.35
	เฉลี่ย	0.765	4.18	0.722	2.86	0.715	3.14
MVE_2	1	0.743	3.22	0.738	11.95	0.765	3.54
	2	0.765	4.59	0.745	3.73	0.745	7.56
	เฉลี่ย	0.770	3.91	0.741	7.84	0.755	5.55
PE	1	0.845	8.60	0.854	7.17	0.865	3.73
	2	0.835	3.40	0.856	4.67	0.863	4.43
	เฉลี่ย	0.840	5.29	0.855	5.92	0.864	4.08
MVE_1	1	0.839	8.00	0.830	9.57	0.862	7.84
	2	0.866	9.26	0.835	9.33	0.845	8.80
	เฉลี่ย	0.852	0.58	0.832	6.64	0.853	8.32
MVE_2	1	0.833	9.96	0.835	5.78	0.835	6.06
	2	0.845	6.82	0.865	6.50	0.839	8.47
	เฉลี่ย	0.839	8.39	0.85	6.14	0.837	7.27
PE	1	0.920	3.13	0.945	7.71	0.932	8.86
	2	0.923	7.46	0.954	11.95	0.923	10.13
	เฉลี่ย	0.921	6.00	0.949	9.83	0.927	9.49
MVE_1	1	0.966	4.93	0.945	4.20	0.933	12.28
	2	0.966	6.80	0.952	9.09	0.954	14.34
	เฉลี่ย	0.966	8.63	0.948	9.45	0.94	13.31
MVE_2	1	0.952	10.84	0.955	8.62	0.962	8.80
	2	0.965	8.77	0.945	12.00	0.956	14.93
	เฉลี่ย	0.958	9.80	0.950	10.31	0.959	11.86

[a] % M คือ กรัมของน้ำ/100กรัมของของแข็งแห้ง (g H_2O/100g dry solid)

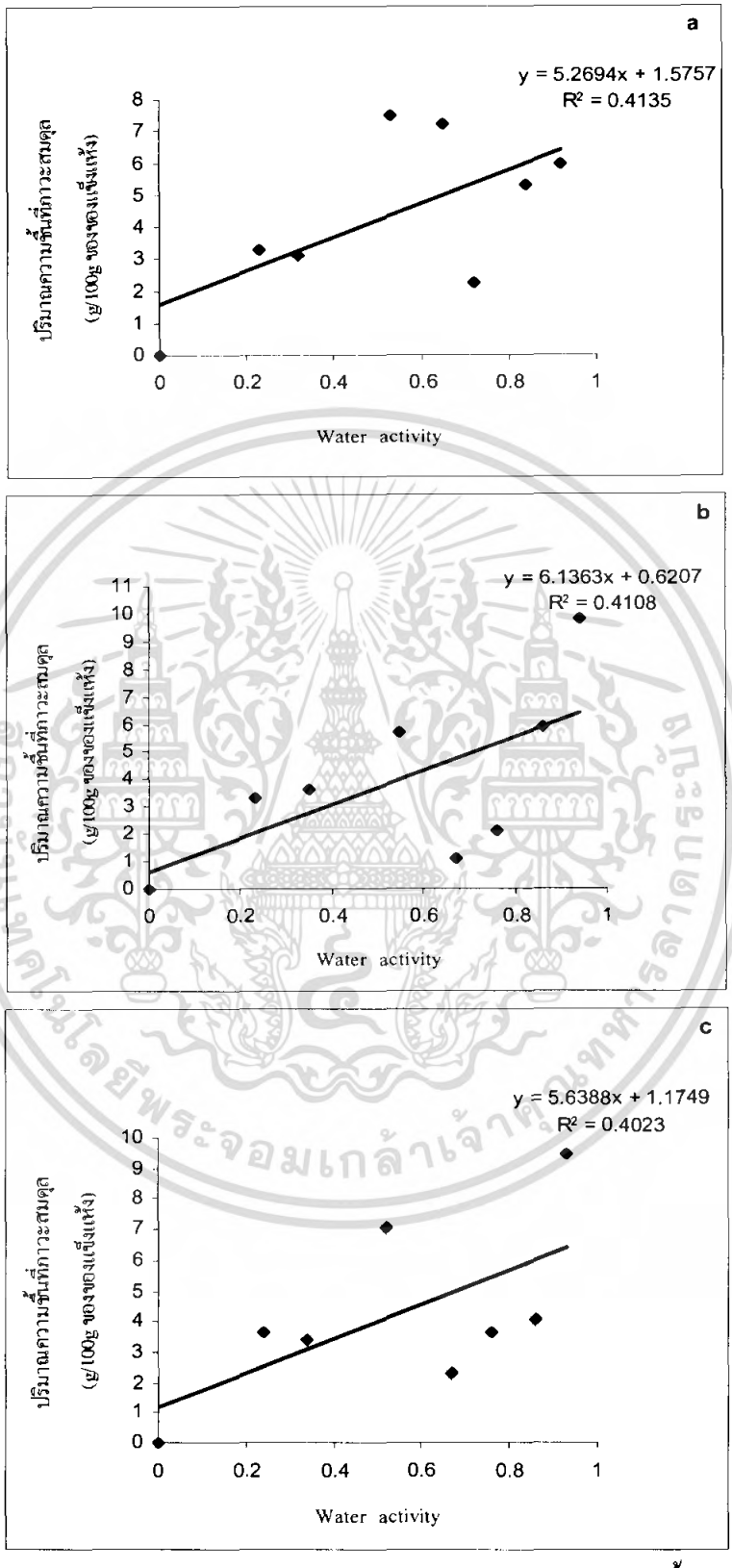
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อปริมาณความชื้นที่สภาวะสมดุล (dry basis) ของผงสารสกัดผักพื้นบ้าน

อุณหภูมิ	ทรีตเมนต์					
	PE		MVE_1		MVE_2	
	a_w (30°C) [a]	% M [a]	a_w (30°C)	% M	a_w (30°C)	% M
25° C	0.23	3.30	0.22	3.26	0.24	5.65
	0.32	3.15	0.34	2.76	0.34	3.24
	0.53	7.52	0.56	7.46	0.56	6.07
	0.65	7.25	0.65	3.84	0.63	2.56
	0.72	2.27	0.74	4.18	0.77	3.91
	0.84	5.29	0.85	5.86	0.83	8.39
	0.92	6.00	0.96	8.63	0.95	9.80
30° C	0.22	3.33	0.22	3.51	0.25	2.49
	0.35	3.67	0.34	3.47	0.52	3.34
	0.55	5.71	0.56	4.77	0.56	5.77
	0.67	1.13	0.66	1.41	0.66	0.97
	0.76	2.13	0.72	2.86	0.74	7.84
	0.86	5.92	0.83	6.64	0.85	6.14
	0.94	9.83	0.94	9.45	0.95	10.32
35° C	0.24	3.68	0.22	3.44	0.24	3.45
	0.34	3.44	0.35	4.08	0.36	5.89
	0.52	7.08	0.54	5.25	0.54	6.48
	0.67	2.3	0.59	1.77	0.63	2.82
	0.76	3.68	0.71	3.14	0.75	5.55
	0.86	4.08	0.85	8.32	0.83	7.26
	0.93	9.49	0.94	13.31	0.96	11.87

[a] คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

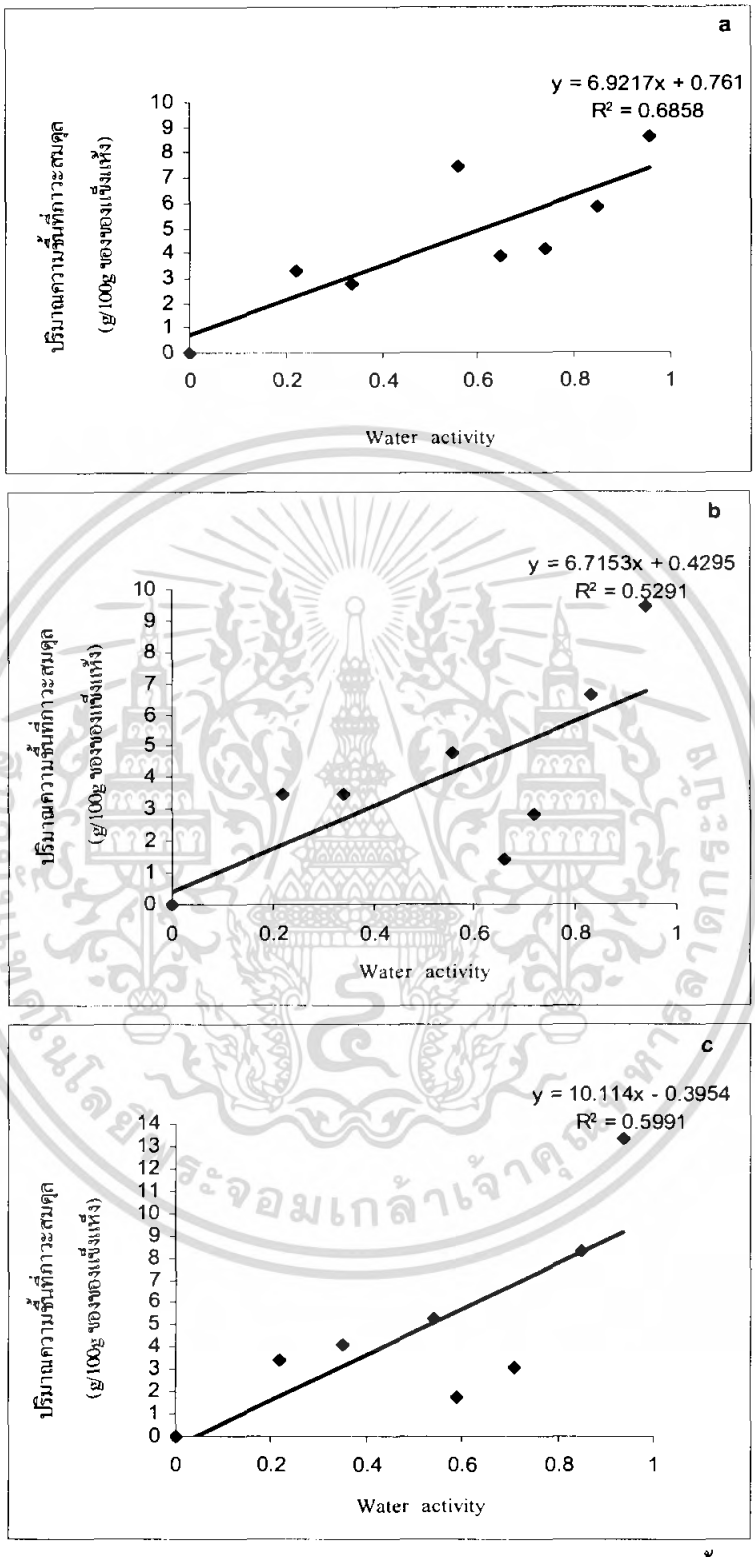
% M คือ กรัมของน้ำ/100กรัมของของแข็งแห้ง (g H_2O/100g dry solid)



รูปที่ ก.1 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อ sorption isotherm ของผงสารสกัดพื้นบ้านชนิด PE

รูป a : 25 °C รูป b : 30 °C รูป c : 35 °C

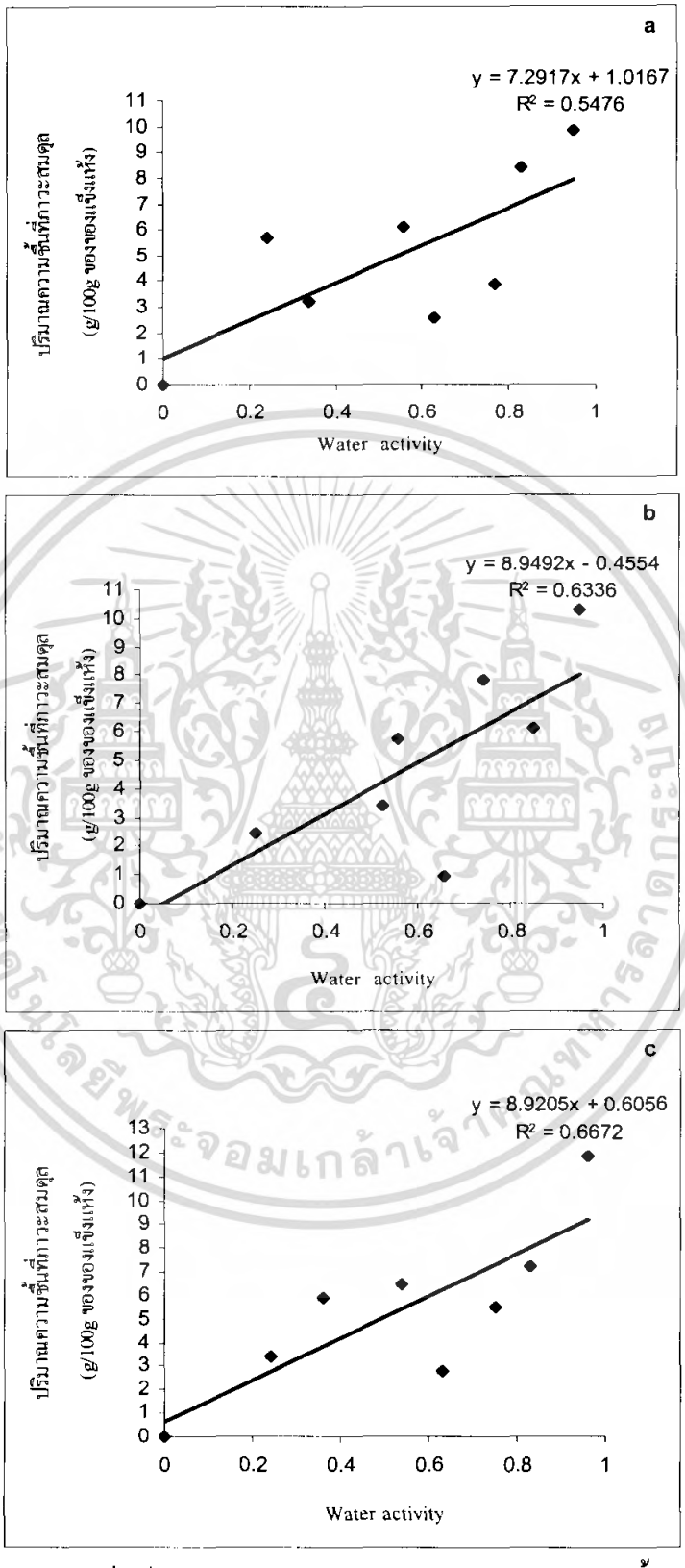
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อ sorption isotherm ของผงสารสกัดพื้นบ้านชนิด MVE_1

รูป a : 25 °C รูป b : 30 °C รูป c : 35 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อ sorption isotherm ของผงสารสกัดพื้นบ้านชนิด MEV_2

รูป a : 25 °C รูป b : 30 °C รูป c : 35 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 การใช้สมการของ BET (Brunauer-Emmet-Teller) ในการคำนวณหาค่า monolayer Value

ชนิดของสารสกัดผักพื้นบ้าน	อุณหภูมิ	สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟ sorption isotherm ของสารสกัดพื้นบ้าน	$\frac{C-1}{m_1 C}$	$\frac{1}{m_1 C}$	C	m_1
PE	25°C	y = 5.27X + 1.58	5.27	1.58	3.34	0.19
	30°C	y = 6.14X +0.62	6.14	0.62	9.90	0.16
	35°C	y = 5.64X +1.18	5.64	1.18	4.78	0.18
MVE_1	25°C	y = 6.92X+0.76	6.92	0.76	9.10	0.14
	30°C	y = 6.72X+0.43	6.72	0.43	15.6	0.15
	35°C	y = 10.11X -0.40	10.11	-0.40	-25.3	0.10
MVE_2	25°C	y = 7.29X+1.02	7.29	1.20	7.15	0.14
	30°C	y = 8.95X -0.46	8.95	-0.46	-19.46	0.11
	35 °C	y = 8.92X+0.61	8.92	0.61	14.62	0.11

หมายเหตุ : $\frac{C-1}{m_1 C}$ คือ slope ของสมการเส้นตรง

$\frac{1}{m_1 C}$ คือ intercept ของสมการเส้นตรง

C คือ ค่าคงที่

m_1 คือ monolayer value

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า monolayer value

การหาค่า monolayer value ของสารสกัด PE ที่อุณหภูมิ 25 °C ได้สมการเส้นตรงของกราฟ sorption isotherm คือ y = 5.27X + 1.58

ดังนั้น

$\frac{1}{m_1 C} = 1.58$; $\frac{C-1}{m_1 C} = 5.27$

$m_1 C = \frac{1}{1.58}$ จะได้ $\frac{C-1}{m_1 C} = 5.27$; $C-1 = 5.27 \times \frac{(1)}{1.58}$

$(1/1.58)$

$C = 3.34$

$m_1 (3.34) = \frac{1}{1.58}$; $m_1 = \frac{1}{(3.34)(1.58)} = 0.19$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาค่า M (Monolayer value) ซึ่งหมายถึงปริมาณของน้ำที่อนุภาคของตัวอย่างดูดยึดไว้ พบว่าการเก็บรักษาผงสารสกัด PE ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุดในปริมาณ 0.19 กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าผงสารสกัด PE ดูดซับน้ำไว้ได้น้อยที่สุดคือ 0.16 กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง เมื่อพิจารณาการผงสารสกัด MVE_1 พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ผงสารสกัดดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุดที่ปริมาณ 0.15 กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ผงสารสกัด MVE_1 จะดูดซับน้ำไว้ได้น้อยที่สุดคือ 0.10 กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง เมื่อพิจารณาผงสารสกัด MVE_2 พบว่าอุณหภูมิที่ทำให้ผงสารสกัดดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุดคืออุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำที่ผงสารสกัดดูดซับไว้ได้คือ 0.14 กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง และการเก็บรักษาผงสารสกัด MVE_2 ไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ผงสารสกัดจะดูดซับน้ำไว้ได้น้อยเท่ากันคือ 0.11 กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง

การเก็บรักษาผงสารสกัด PE , MVE_1 และ MVE_2 พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำให้ผงสารสกัด MVE_1 และ MVE_2 ดูดซับน้ำไว้ได้น้อยที่สุด การเก็บรักษาผงสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสทำให้ผงสารสกัด PE และ MVE_2 ดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุด และ ผงสารสกัด MVE_1 จะดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เหตุที่ผงสารสกัด PE และ MVE_2 สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุดเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างจากผงสารสกัด MVE_1 ซึ่งดูดซับน้ำไว้ได้มากที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสอาจเนื่องมาจากผงสารสกัดทั้ง 3 ชนิดมีส่วนผสมของสารสกัดผงที่แตกต่างกัน และในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Karel และคณะ (1975) ที่ว่าในการวิเคราะห์พฤติกรรมการดูดซับน้ำ (sorption behaviour) ของส่วนผสมของอาหารที่สลับซับซ้อน เช่น ซุบผง ส่วนผสมของเค้ก (cake mixes) และอาหารอื่นๆ ที่มีส่วนประกอบหลายชนิดผสมกันมักจะต้องหา sorption isotherm ของส่วนผสมจาก sorption isotherm ของส่วนประกอบซึ่งไม่บ่อยนักที่อาจจะเป็นไปได้ โดยเฉพาะกับอาหารที่มี humectants เป็นส่วนประกอบ เช่น ซุบข้าวโพด กลีเซอรอล และน้ำตาลซอร์บิทอล ซึ่งมีรายงานถึงการเบี่ยงเบนจากพฤติกรรมของน้ำที่คาดคะเนตามส่วนผสมในทางอุดมคติ (ideal mixture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การเตรียม Malonaldehyde standard curve เพื่อหาค่า K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า K

1. การทำกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP)

1.1 การเตรียม stock solution ของสาร1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP)เพื่อทำกราฟมาตรฐาน สาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.919 กรัมต่อมิลลิลิตรและมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 220.31 กรัม เมื่อมีสารนี้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.1.1 ต้องการทราบมวลของสารสามารถคำนวณหาได้จากสูตร $d = \frac{m}{V}$

เมื่อ d = ความหนาแน่น, m = มวล และ V = ปริมาตร

$$0.919 \text{ g/ml} = \frac{m}{100 \text{ มิลลิลิตร}}$$

ดังนั้นมวลของสาร TEP = 91.9 กรัม

1.1.2 ต้องการทราบจำนวนโมลของสาร TEP ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เมื่อ 220.31 กรัม = 1 โมล

ดังนั้นจำนวนโมลของสาร TEP $= \frac{91.9 \text{ g}}{220.30} = 0.41713$ โมลต่อ100 มิลลิลิตร

$= 4.1713$ โมลต่อลิตร

1.1.3 ถ้าต้องการเตรียมสาร TEP ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตรจะต้องปิเปตสาร TEP บริสุทธิ์มาปริมาตรเท่าไร คำนวณได้โดยจากสูตร

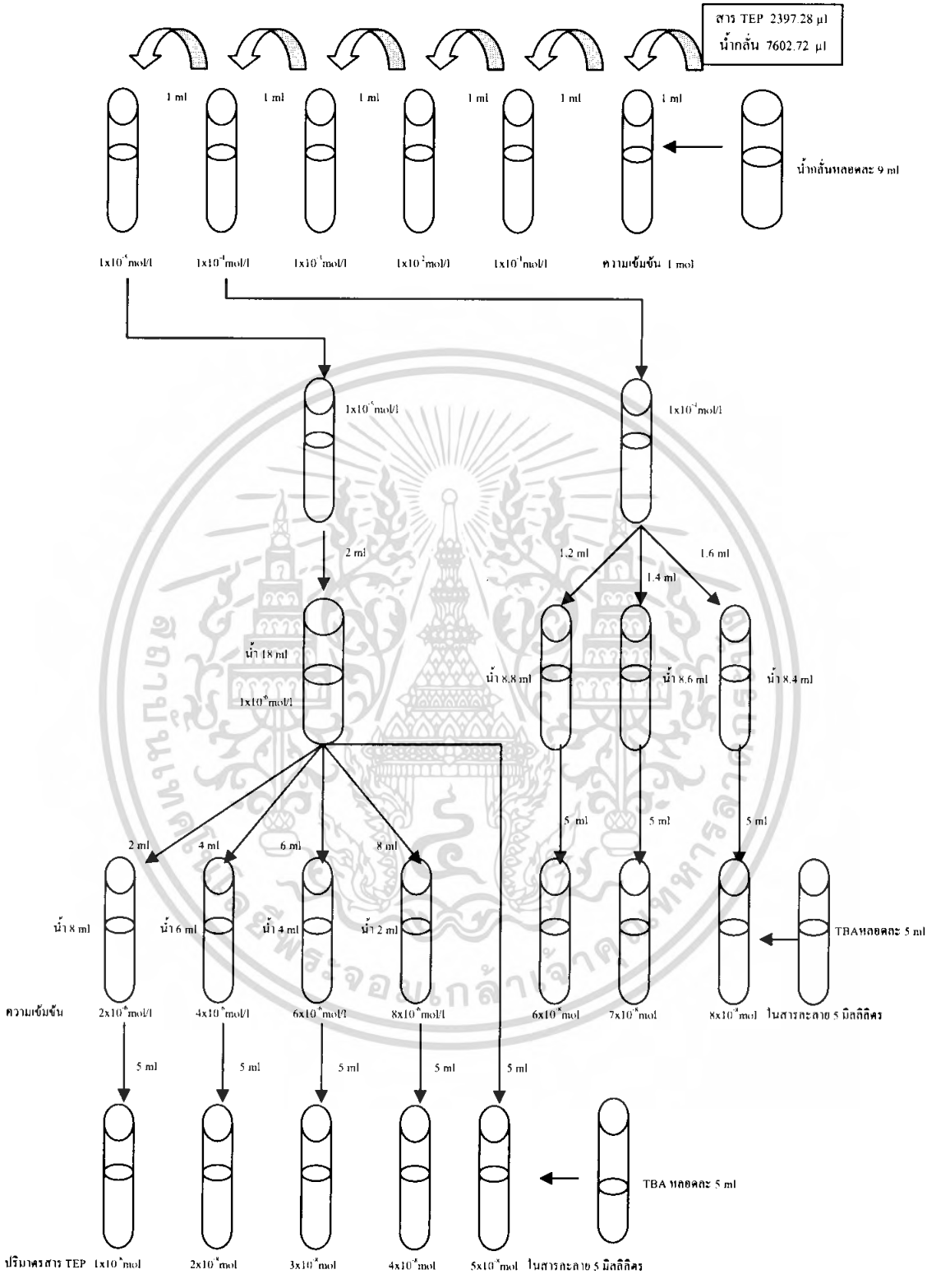
$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$4.1713V_1 = 1 \times 10$$

$$V_1 = 2.3972 \text{ มิลลิลิตร}$$

ดังนั้นการเตรียมสาร TEP บริสุทธิ์ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร หรือ 1 โมลาร์ ปริมาตรทั้งหมด 10 มิลลิลิตรจะต้องปิเปตสาร TEP บริสุทธิ์ 2397.28 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 7602.72 ไมโครลิตรจะได้ปริมาตรสารละลาย TEP ทั้งหมด 10 มิลลิลิตรแสดงขั้นตอนการเตรียมดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

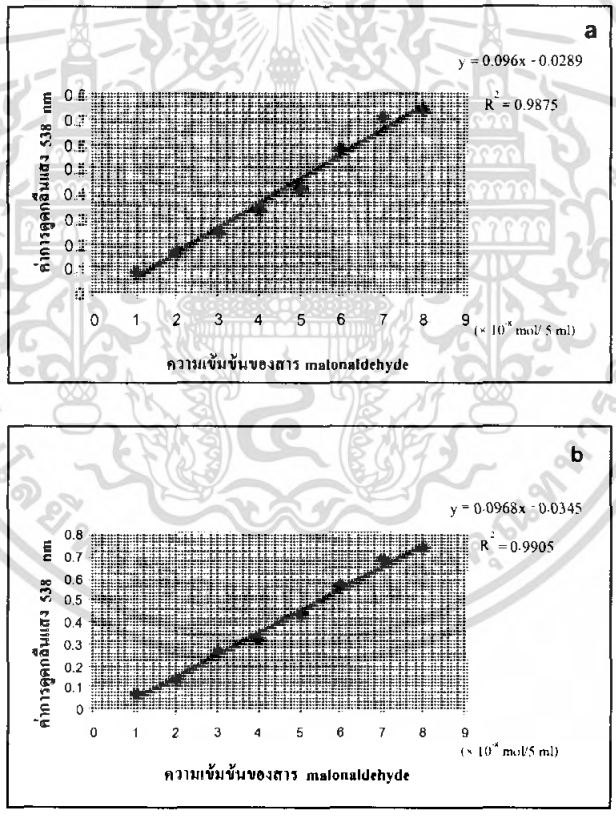


ปิเปตสารละลาย TEP ทั้ง 8 ระดับคือ 1×10^{-8} - 8×10^{-8} ปริมาตร 5 ml ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติม TBA 5 ml นำไปต้มในน้ำเดือด 35 นาที และแช่ในน้ำเย็น 10 นาทีนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรและนำค่าการดูดกลืนแสงทั้ง 8 ระดับไปเขียนกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐาน TEP

ความเข้มข้นสารละลาย TEP (mol/5ml)	OD_{538} ครั้งที่ 1	OD_{538} ครั้งที่ 2
0(blank)	0.000	0.000
$1x10^{-4}$	0.076	0.064
$2x10^{-4}$	0.159	0.134
$3x10^{-4}$	0.236	0.258
$4x10^{-4}$	0.324	0.319
$5x10^{-4}$	0.412	0.424
$6x10^{-4}$	0.566	0.559
$7x10^{-4}$	0.694	0.683
$8x10^{-4}$	0.729	0.734



รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) รูป a: ครั้งที่ 1 ; รูป b: ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหาค่า K ครั้งที่ 1

หลังจากที่ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานของสาร TEP แล้วต้องการทราบค่า percent recovery เพื่อแทนค่าในสมการหาค่า K ดั้งต่อไปนี้

ตารางที่ ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตรที่วัดได้หลังจากการหาค่า TBA ของกุนเชียงที่เติม TEP บริสุทธ์

ปริมาณสาร TEP มิลลิกรัมใน กุนเชียงตัวอย่าง 10 กรัม	OD_{538}	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2
0.0000	0.138	0.365
0.0919	0.697	1.420
0.1838	0.719	1.450

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหา percent recovery

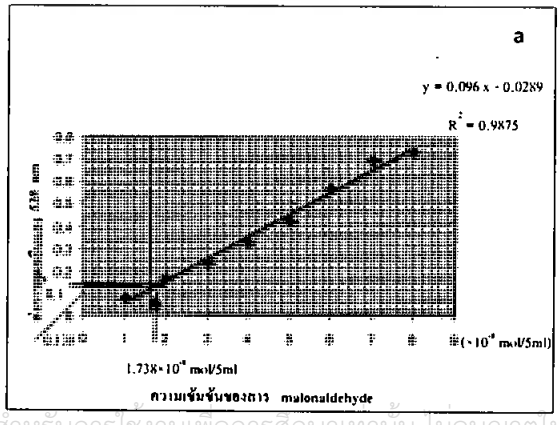
2.1 การคำนวณหาปริมาณ malonaldehyde ที่ได้หลังการกลั่นและทำปฏิกิริยากับสาร TBA

อาจหาได้โดยลากเส้นที่แกน y ณ จุดที่วัดค่า OD_{538} ได้ เช่น วัดได้ 0.138 โดยลากส้นขนานไปตัดกับกราฟมาตรฐาน ณ จุดตัดนั้นให้ลากเส้นตรงตามแนวดิ่งลงมาตัดที่แกน X ตัดที่จุดไหนอ่านค่าความเข้มข้น ณ จุดนั้น (ดังรูปที่ ข.1 a) หรืออีกวิธีหนึ่งทำได้โดยคำนวณจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานโดยแทนค่า y ด้วยค่า OD_{538} ที่วัดได้ (เช่นวัดได้ 0.138) แล้วแก้สมการเพื่อหาค่า X ค่า X ที่ได้คือปริมาณสาร malonaldehyde ที่ได้หลังการกลั่น ดังนี้

จากสมการเส้นตรง $y = 0.096X - 0.0289$ แทนค่า y ด้วย 0.138

$$0.138 = 0.096X - 0.0289$$

$$X = \frac{0.138 + 0.0289}{0.096} = 1.738 \times 10^{-8} \text{ โมลต่อ 5 มิลลิลิตร}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปลี่ยนหน่วยจากโมลเป็นมิลลิกรัม

สาร TEP 1 โมล = 220.31 กรัม = 220, 310 มิลลิกรัม

ดังนั้น 1.738×10^{-8} โมลต่อ 5 มิลลิลิตร = $220.31 \times 1.738 \times 10^{-8}$

= 0.0038 มิลลิกรัมต่อ 5 มิลลิลิตร

2.2 หา percent recovery ของสาร TEP ที่เติมในกุนเชียง

2.2.1 การเตรียมสาร TEP

ทำการเตรียมสาร TEP บริสุทธิ์ 2 ระดับความเข้มข้นคือ 0.0919 มิลลิกรัมและ 0.1838 มิลลิกรัมในสารละลาย TEP ปริมาตร 10 ไมโครลิตรที่ใช้เติมในกุนเชียง 10 กรัม ทำได้ดังนี้

2.2.2.1 เตรียมสาร TEP (0.0919 มิลลิกรัมในสารละลาย 10 ไมโครลิตร)

ปิเปตสาร TEP บริสุทธิ์ 10 ไมโครลิตรเติมน้ำกลั่น 990 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้สารละลาย TEP เจือจางปริมาตรทั้งหมด 1000 ไมโครลิตรซึ่งมีสาร TEP ปริมาตร 9.19 มิลลิกรัม จากนั้นจึงปิเปตสารละลาย TEP เจือจางนี้มา 10 ไมโครลิตร (มีเนื้อสาร TEP = 9.19×10/1000 = 0.0919 มิลลิกรัม) เติมลงในกุนเชียง 10 กรัม ดั้งนั้นในกุนเชียง 10 กรัมจึงมีสาร TEP เท่ากับ 0.0919 มิลลิกรัมและกุนเชียง 1 กรัมจึงมีสาร TEP เท่ากับ 0.00919 มิลลิกรัม

หมายเหตุ : ในสาร TEP ปริมาณ 1 มิลลิลิตรหรือ 1000 ไมโครลิตร มีเนื้อสารเท่ากับ 0.919 กรัมหรือ 919 มิลลิกรัม ดั้งนั้นถ้าสาร TEP ปริมาตร 10 ไมโครลิตร มีเนื้อสาร เท่ากับ 9.19 กรัมต่อมิลลิลิตร

2.2.2.2 เตรียมสาร TEP (0.1838 มิลลิกรัมในสารละลาย 10 ไมโครลิตร)

ปิเปตสาร TEP บริสุทธิ์ 20 ไมโครลิตรเติมน้ำกลั่น 980 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้สารละลาย TEP เจือจางปริมาตรทั้งหมด 1000 ไมโครลิตรซึ่งมีสาร TEP ปริมาตร 18.38 มิลลิกรัม จากนั้นจึงปิเปตสารละลาย TEP เจือจางนี้มา 20 ไมโครลิตร (มีเนื้อสาร TEP = 18.38 ×20/1000 = 0.1838 มิลลิกรัม) เติมลงในกุนเชียง 10 กรัม ดั้งนั้นในกุนเชียง 10 กรัมจึงมีสาร TEP เท่ากับ 0.1838 มิลลิกรัมและกุนเชียง 1 กรัมจึงมีสาร TEP เท่ากับ 0.01838 มิลลิกรัม

ผลของการคำนวณหาปริมาณสาร malonaldehyde ในกุนเชียงที่เติมสาร TEP รวมทั้งการหา percent recovery แสดงในตารางที่ ข. 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 3 ค่าปริมาณสาร malonaldehyde ในกุนเชียงที่เติมสาร TEP และค่า percent recovery

ปริมาณสาร TEP เริ่มต้นที่เติมในกุนเชียง (มิลลิกรัมต่อกุนเชียง10กรัม)	ครั้งที่	OD_{538}	ปริมาณสาร malonaldehyd หลังกลั่น (ต่อ 5 มิลลิลิตร)		ปริมาณสาร malonaldehyde ที่ได้จริงจากสาร TEP บริสุทธิ์ที่เติมลงไป (มิลลิกรัม)	recovery (%)	เฉลี่ย
			โมล	มิลลิกรัม			
0.0000	1	0.138	1.738×10^{-8}	0.0038	-	-	
	2	0.365	4.020×10^{-8}	0.0088	-	-	
0.0919	1	0.697	7.561×10^{-8}	0.0166	0.0128	139.49	106.115
0.1838	1	0.719	7.790×10^{-8}	0.0172	0.0134	72.74	
0.0919	2	1.420	15.656×10^{-8}	0.0344	0.0256	278.56	211.095
0.1838	2	1.450	15.986×10^{-8}	0.0352	0.0264	143.63	

2.3 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสาร malonaldehyde และ percent recovery

สารTEP บริสุทธิ์ปริมาณ 0.0919 มิลลิกรัมที่เติมในกุนเชียง 10 กรัม (ครั้งที่ 1 ค่า OD ที่วัดได้เท่ากับ 0.697)

จากสมการเส้นตรง $y = 0.096X - 0.0289$

แทน y ด้วย 0.697

$$0.697 = 0.096X - 0.0289$$

$$X = \frac{0.697 + 0.0289}{0.096}$$

$$= 7.561\times10^{-8} \text{ โมลต่อ 5 มิลลิลิตร}$$

ทำการเปลี่ยนหน่วยจากโมลเป็นมิลลิกรัม

สาร TEP 1 โมล = 220.31 กรัม

= 220, 310 มิลลิกรัม

ดังนั้น 7.561×10^{-8} โมลต่อ 5 มิลลิลิตร $= 220.31\times7.561\times10^{-8}$

= 0.0166 มิลลิกรัมต่อ 5 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสาร malonaldehyde ที่ได้จริงจากสาร TEP ที่เติมลงในกุนเชียง = 0.0166 – X

เมื่อ X คือ ปริมาณสาร malonaldehyde ที่มีอยู่ในกุนเชียงชุดควบคุม(ไม่มีการเติมสาร TEP)

ดังนั้นปริมาณสาร malonaldehyde ที่ได้จริงจากสาร TEP = 0.0166 - 0.038

= 0.0128 มิลลิกรัม

$$\text{recovery (\%)} = \frac{100\ (0.0128)}{0.0919}$$

= 139.49 %

เมื่อหา % recovery ครั้งที่ 2 (คำนวณด้วยวิธีเช่นเดียวกับข้างต้น) ได้ = 72.74 %

ดังนั้น recovery (%) เฉลี่ย $= \frac{139.49 + 72.74}{2} = 106.115$ %

นำ % recovery ที่คำนวณได้มาคำนวณหาค่า K ดังสมการข้างล่าง

<u>การหาค่า K</u>

ค่า K หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$K = (S/A) \times MW \times (10^6/E) \times (100/P)$$

S = ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของ 1,1,3,3-tetraethoxypopane (TEP)($1x10^{-8}$ โมลใน 5 มิลลิลิตร)

A = ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน TEP

MW = ค่าน้ำหนักโมเลกุลของมาลโลนาลดีไฮด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 72

E = คือ sample equivalent มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งคำนวณได้โดยสารที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตรมาจากตัวอย่าง 10 กรัม ดังนั้นเมื่อใช้สารที่ได้จากการกลั่นเพียง 5 มิลลิลิตรซึ่งมาตัวอย่าง 1 กรัม

P = คือ percent recovery ซึ่งหาค่าได้โดย เติมสาร TEP ที่ทราบปริมาณแน่นอนลงในกุนเชียง 10 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ค่า K ครั้งที่ 1 คำนวณได้ดังนี้

$$K = \frac{10^{-8}}{0.076} \times 72 \times \frac{10^{6}}{1} \times \frac{100}{106.115} = 8.89$$

ค่า K ครั้งที่ 2 คำนวณเช่นเดียวกัน ได้ค่า = 4.48

เมื่อทำการคำนวณหาค่า K ทั้ง 2 ครั้ง นำมาทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่แท้จริงดังต่อไปนี้

$$\text{ดังนั้นค่า K ที่แท้จริง} = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

$$= \frac{8.89 + 4.48}{2}$$

$$K = 6.7$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การใช้เครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวัดค่าพีเอช

วิธีการใช้เครื่องวัดพีเอช (tasto 205)

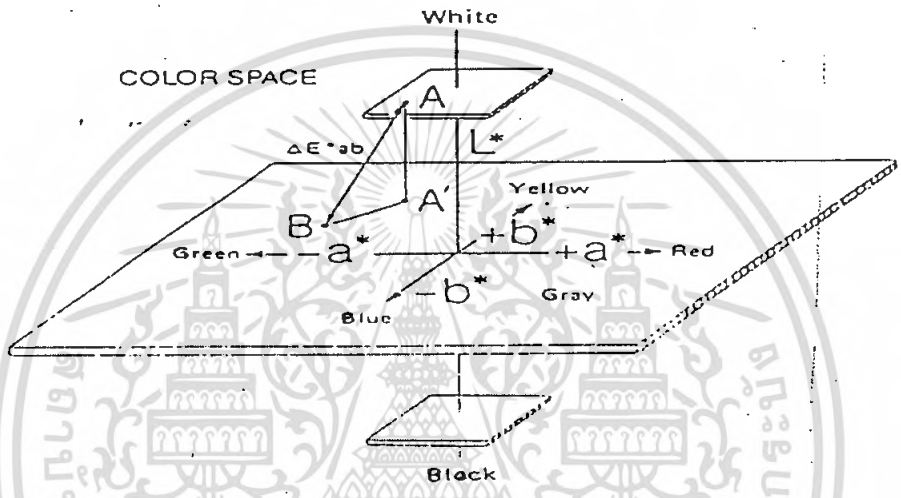
1. ดึงเครื่องออกจาก Storage Cap อย่างระมัดระวัง (มือซ้ายจับ Storage Cap ไว้ มือขวาค่อยๆดึงเครื่องมือออก ใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางประคองเครื่องไว้ ง้างปลาย Storage Cap เล็กน้อยเพื่อดันเครื่องขึ้นมา จับอย่างระมัดระวัง
2. กดปุ่ม ON (กดแล้วปล่อยทันทีเพื่อเปิดเครื่อง)
3. ทำการ Calibrate โดยกดปุ่ม Cal เครื่องจะบอกให้ Calibrate ที่ pH 4 ได้ (ตัวอักษร Calที่หน้าปัดจะกระพริบ) จุ่ม Probe ลงใน Buffer pH 4 (อย่าให้ Probe สัมผัสกับภาชนะใส่ Buffer) รอจนค่านิ่ง กดปุ่ม Cal อีกครั้ง (ตัวอักษร "Auto" จะกระพริบ รอเสียงสัญญาณดังติ๊ด แสดงว่าเครื่อง Calibrate เสร็จแล้ว) ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น เช็ดด้วยทิชชู่
4. ทำการ Calibrate ที่ค่า pH 7 ต่อไปโดยจุ่ม Probe ลงใน Buffer pH 7 รอจนค่านิ่ง กดปุ่ม Cal อีกครั้ง ตัวอักษร"Auto" จะกระพริบ รอเสียงสัญญาณดังติ๊ด เมื่อการ Calibrate เสร็จสิ้น เครื่องจะแสดงปริมาณ Gradient และ Offset Value ที่หน้าปัด (หน่วยมิลลิโวลต์)จากนั้นล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น เช็ดด้วยกระดาษทิชชู่
5. เปลี่ยนไปสู่โหมดการวัดโดยกดปุ่ม Cal อีกครั้ง(ตัวอักษร "Auto Hold" จะกระพริบ) จึงทำการวัดค่าpH ของตัวอย่างได้
6. จุ่ม Probe ลงในตัวอย่างรอสัญญาณดังติ๊ดบันทึกค่า pH และอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อวัดเสร็จแล้วก่อนจะวัดตัวอย่างต่อไป ล้าง Probe ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้งด้วยทิชชู่
7. เมื่อจะวัด pH ของตัวอย่างถัดไป ให้จุ่ม Probe ลงในตัวอย่างแล้วกดปุ่ม ON HOLD อีกครั้ง เพื่อให้เครื่องทำการวัด pH ของตัวอย่าง รอสัญญาณดังติ๊ด บันทึกค่า pH และอุณหภูมิที่วัดได้
8. เมื่อเลิกใช้เครื่องมือให้ปิดเครื่องโดยกดปุ่ม ON HOLD ค้างไว้สัก 2-3 นาที จนตัวเลขที่หน้าปัดจะหายไป
9. ทำความสะอาด Probe โดยล้างด้วยน้ำสบู่เจือจาง ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 40 °C (ห้ามใช้น้ำยาทำความสะอาดที่แรงเกินไป) ตามด้วยการล้างด้วยน้ำกลั่น เช็ดเครื่องให้สะอาดด้วยผ้าที่สะอาดหรือกระดาษทิชชู่ชุบน้ำพอหมาดๆ ห้ามถู
10. เสียบหัว Probe ลงใน Storage Cap ที่มี Electrolyte gel (สีส้ม)อยู่ โดยเสียบเครื่องเข้าทางขวาของ Storage Cap

หมายเหตุ: หัว Probe ต้องจุ่มลงใน Electrolyte gel ขณะปิดเครื่องต้องรักษาให้ Electrolyte gel ให้สะอาดอยู่เสมอ ถ้า Probe อยู่นอก Electrolyte gel เป็นเวลานาน จะต้องจุ่มหัว Probe ลงใน Electrolyte gel เป็นเวลาประมาณ 12 ชม. เพื่อ regenerate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดสี

เครื่องวัดสีของมินอลต้ารุ่น CR-300 แสดงความแตกต่างสี 5 ระบบ สำหรับการวัดสมบูรณ์โครมาติคซิตี้ (Charomaticity absolute) [CIE Yxy, L* a* b* และ L* C* H*] และความแตกต่างความหนาแน่น (Colouimetric) [▲ (Dx Dy Dz) ความแตกต่างค่าสัมบูรณ์ ▲ E*ab ก็จะถูกแสดงด้วย เมื่อความแตกต่างสีถูกวัดในรูป L* a* b* หรือ L*C* H* ของระบบสี



A = สีที่กำหนด

B = สีของตัวอย่าง

A' = ระดับความเบาที่เท่ากันของสีที่กำหนดให้

รูปที่ ค.1 ระบบทางสี L* a* b* และพิกัดสี ▲ E*ab

ที่มา : คู่มือเครื่องวัดสีของมินอลต้ารุ่น CR-300

ระยะทางเท่ากันในแผนภาพ CIE x, y Charomaticity ไม่ได้แสดงความแตกต่างของสีที่เท่าเทียมกัน ดังเช่นที่เห็น อย่างไรก็ตาม ระบบสี CIE L* a* b* แสดงตวามรู้สึกต่อสีของคนได้ใกล้เคียงกว่า ดังที่แสดงในภาพ ระยะทางที่เท่ากันในระบบนี้ ใกล้เคียงกับความแตกต่างที่ได้รับ L* คือ องค์ประกอบไลท์เนส (Lightness factor) a*และ b* คือ พิกัดโครมาติคซิตี้

ข้อกำหนด L* a* b* ของสีที่ต้องการอยู่ในช่วงที่ไม่อนุญาติ ไม่สามารถวัดได้ L* > 107.26 , a* หรือ b* >199.99 , L* < 0.09 ในระบบสีระบบสี L* a* b* โดยการวัดค่า L* แสดงถึงความสว่างของสี a* (มีค่าบวก) แสดงว่าวัตถุมีสีแดง (มีค่าลบ) แสดงว่าวัตถุมีสีเขียว b* (มีค่าบวก) แสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง (มีค่าลบ) แสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าสี L*a*b* โดยเครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300

วิธีการตั้งค่า

1. เปิดสวิทซ์ POWER
2. กด INDEX SET แสดงเมนูของฟังก์ชัน ใช้ Y/N เพื่อเปลี่ยนการตั้งค่า
   - เลือก "Print" กด Y เป็นการพิมพ์อัตโนมัติหลังจากการวัดแต่ละครั้ง
   - เลือก "Color Space" กด N เมื่อใช้ Colour Space เดิม
3. กด Scroll key ( )
   - เลือก "Data Protect" กด Y เป็นการไม่เก็บค่าที่วัดได้หลังจากมีการวัด 300 ครั้ง
   - เลือก "Multi Measyre" กด Y เป็นการวัด 3 ครั้ง แล้วนำค่ามาเฉลี่ย
   - เลือก "Auto select" กด Y เพื่อให้ตัวประมวลผลข้อมูลจะเลือกช่วงปรับแต่งให้ใกล้เคียวกับวัตถุที่จะวัดเพื่ออ้างอิง
   - เลือก "Light Source" CIE Illuminate C กดคีย์เคอร์เซอร์เลื่อน (←/→)
4. เมื่อตั้งค่าได้ตามต้องการแล้วกด ENTER

วิธีการ Calibrate เครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR-300

1. เปิดสวิทซ์ POWER
2. กดปุ่ม Calibrate หน้าจอแสดงข้อมูล Yxz ที่ได้กำหนดไว้ครั้งล่าสุด ถ้าไม่มีการปรับก่อนหน้านี้ ก็จะไม่มีข้อมูลแสดง
3. ใช้ปุ่มเลื่อนเคอร์เซอร์ (←/→) และตัวเลขในการกำหนดค่าการปรับในฟังก์ชัน "ch00"
4. ถ้ายังไม่ได้กำหนดค่าช่วงสี Yxz ให้กดปุ่ม Color Space Select ซ้ำจนกระทั่งปรากฏช่วงสี Yxz
5. กำหนดข้อมูลการปรับ ตามที่ได้แสดงในฝาครอบด้านในแผ่น White calibration plate) โดยปรับตำแหน่งให้กับตรงกับค่าที่จะใส่ โดยเลื่อนไปที่ระบบสี L* a* b*
6. เมื่อค่า L* a* b* ตรงกับแหล่งกำเนิดแสงแล้ว นำหัววัดวางบนพื้นผิวสีขาวมาตรฐานแผ่น (White calibration plate)
7. กดปุ่ม measure บนเครื่องประมวลผลข้อมูล หลังจากที่มีไฟ READY บนหัววัดปรากฏขึ้น และทำการวัด 3 ครั้ง ติดกันเพื่อความถูกต้องของข้อมูล (ต้องแน่ใจว่าไม่ได้เคลื่อนหัววัดในขณะที่ทำการวัด)
8. จากนั้นประมาณ 5 วินาที อักษร "CAL" ก็จะถูกรบกวนด้วย "END" กับภาพขวามือ เป็นการเสร็จการ Calibrate เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

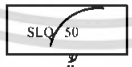
3. การวัด a_w

การใช้เครื่องวัด a_w เพื่อทำการวัดสารตัวอย่าง

1. หมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง Thermoconstanter
2. นำตลับพลาสติก (Sample Cup) มาใส่สารตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์
3. นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring Chamber
4. ปิดฝาให้เรียบร้อย
5. ตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ เช่นถ้าถ้าต้องการควบคุมตัวอย่างให้ได้ 25 องศาเซลเซียส ก็ให้ตั้งปุ่มสีดำตรงขวามือให้ได้หมายเลข 190 เป็นต้น
6. จากนั้นรอจนกระทั่งอ่านอุณหภูมิที่ต้องการ และ Relative Humidity ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุล (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง สภาวะนี้เราเรียกว่า Equilibrium Relative Humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 จะได้ค่า a_w (Water activity) ตามที่ต้องการ

4. การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Spiral plating

วิธีการใช้เครื่อง Spiral Plater ในการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Spiral plating

1. เปิดสวิทซ์ เครื่อง Autoplate
2. เปิดสวิทซ์ Vacuum ความดันจะต้องอยู่ที่ระดับ 15-20 inches (380-510 mm.)Hg
3. วางอ่างของเหลวที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (อาจนำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave หรือ rinse ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ (10% bleach solution หรือ 70% ethanol แล้วปิดฝาไว้) ทางซ้ายของแท่นหมุนตามลำดับดังนี้ จากขวาไปซ้ายคือ อ่างน้ำยาฆ่าเชื้อ(disinfectant) อ่างน้ำที่ 1 (water station1) อ่างน้ำที่ 2 (water station 2) จากนั้นเทน้ำกลั่นปลอดเชื้อลงในอ่างน้ำที่ 1 และอ่างน้ำที่ 2 ส่วนอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อให้เติมโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 5% ลงไปจนเต็ม
4. ตั้งโหมดการจ่ายตัวอย่างโดยกดปุ่ม  สำหรับการจ่าย 50 ไมโครลิตร ต่อ จาน และกดปุ่ม 100 mm. สำหรับการใช้จานเพาะเชื้อขนาด 100 มิลลิเมตร
5. กดปุ่ม CLEAN
6. กดปุ่ม MAX เพื่อที่จะเลือกจ่ายตัวอย่างลงบนจาน 5 จาน
7. เติมสารละลาย crystal violet ความเข้มข้น 0.7% ปริมาตร 3-4 มิลลิลิตร ลงในถ้วยใส่ตัวอย่าง วางถ้วยที่หลุมด้านซ้ายมือหลังสุดของที่วางถ้วยใส่ตัวอย่าง ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่ตัวอย่างจะถูกดูดขึ้นไป
8. กดปุ่ม FILL เพื่อให้เข็มจ่ายตัวอย่างดูดตัวอย่างขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

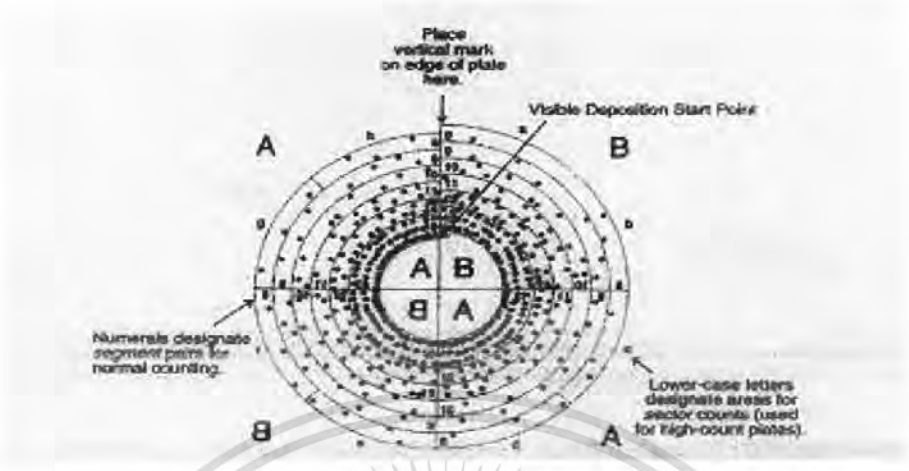
9. วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อบนแท่นหมุนใช้ปากกาขีด 1 เส้น ตรงกลางขอบจานเพื่อให้ทราบตำแหน่งเริ่มต้นของ spiral line
10. เปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ กดปุ่ม PLATE เพื่อให้เข็มจ่ายจ่ายตัวอย่าง (crystal violet)ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ปิดฝา ตรวจดูความสม่ำเสมอในการจ่าย crystal violet ของหัวจ่าย
11. กดปุ่ม CLEAN เพื่อทำความสะอาดหัวเข็มจ่ายตัวอย่าง
12. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 7-11 เมื่อจ่ายเพื่อการวิเคราะห์จำนวนเชื้อ (กดปุ่ม FILL ⟶ วางจานอาหาร ⟶ ขีดตำแหน่งเริ่มต้น ⟶ เปิดฝาจานออก ⟶ กดปุ่ม PLATE ⟶ กดปุ่ม CLEAN
13. ก่อนปิดเครื่อง ถ้าจ่ายตัวอย่างที่มีเศษชิ้นส่วน ให้กดปุ่ม EXPELเพื่อไล่ตัวอย่างที่ค้างอยู่ออก ก่อนกดปุ่ม POWER CLEAN (ไฟที่ปุ่มทั้งสองจะติด) จากนั้นกดปุ่ม CLEAN เข็มจ่าย (stylus) จะถูกฆ่าเชื้อ syringe จะดันน้ำยาฆ่าเชื้อเข้า และออกจากท่อ แบคทีเรียที่ยากต่อการทำลายจะถูกขจัดออกเพื่อทำความสะอาดเข็มจ่าย กรณีที่ตัวอย่างที่ใช้อาจมีเศษอาหาร
14. กดปิดสวิทซ์เครื่องAutoplate และสวิทซ์ Vacuum

5. การตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค spiral plater

การตรวนับจุลินทรีย์บนจานอาหารที่จ่ายตัวอย่างด้วยเครื่อง spiral plater ทำได้โดยวิธีที่ง่าย โคโลนีที่ขึ้นวงนอกๆ (outer region) ของจานเป็นโคโลนีเดี่ยวที่แยกกันอย่างชัดเจน นำจำนวนโคโลนีที่นับได้หารด้วยปริมาตรของตัวอย่างที่กระจายอยู่ในบริเวณที่นับ ควรใช้เวลาในการบ่มอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างเหมาะสมเพื่อให้นับได้โดยที่ไม่ใหญ่จนเกินไป

ในการนับจำนวนโคโลนีด้วยมือ (manual counting) ต้องใช้ spiral grid ในการทาบจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่จะนับ counting grid มีอยู่ 3 แบบคือ 1) disposable Cling-On™ ซึ่งใช้ทาบโดยตรงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2) spiral grid ชนิดที่ทำด้วยแก้ว 3) spiral grid ชนิดที่ทำด้วยพลาสติก ก่อนนับให้วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อโดยให้จุดที่ทำเครื่องหมายเริ่มต้นไว้อยู่ในตำแหน่ง 12 นาฬิกา วางแผ่น spiral grid ทาบกับจานให้ส่วนที่อยู่ในสุดอยู่ใน segment ที่ 13 ในส่วนของ sector A ดังรูปที่ ค.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.2 วาง counting grid ทาบกับจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้น โดยให้จุดเริ่มต้นไว้อยู่ในตำแหน่ง 12 นาฬิกา

ที่มา : คู่มือการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค spiral plater

การคำนวณหาจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)

1. เริ่มนับจำนวนโคโลนีที่วงนอกสุด (outer segment เบอร์ 8 สำหรับจานอาหารขนาด 100 มิลลิเมตร และ segment เบอร์ 1 สำหรับจานอาหารขนาด 150 มิลลิเมตร) โดยนับใน quadrant A หรือ quadrant B อย่างใดอย่างหนึ่ง นับจากข้างนอกเข้ามาข้างในจนกระทั่งได้อย่างน้อย 20 โคโลนี ถ้าในวงนอกสุดยังได้ไม่ถึง 20 โคโลนีให้นับใน segment ที่ติดกันถัดเข้ามาจนกระทั่งได้อย่างน้อย 20 โคโลนี โดยนับโคโลนีที่ขึ้นทุกโคโลนีใน segment สุดท้ายนั้น

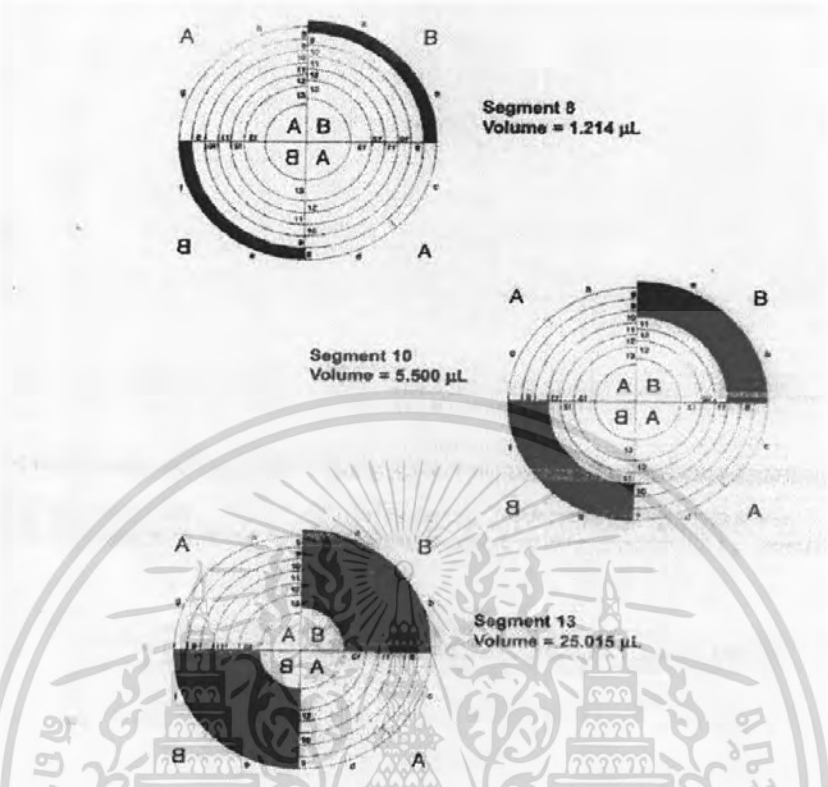
   หมายเหตุ : ไม่ต้องนับโคโลนีที่อยู่นอกวงที่ให้นับ (grid marking)

2. นับจำนวนโคโลนีใน segment เดียวกันในด้านทแยงมุมตรงข้ามที่อยู่ใน quadrant เดียวกัน เช่นถ้านับใน quadrant A ด้านบนก็ต้องนับใน quadrant A ด้านล่างฝั่งทแยงมุม หรือถ้านับใน quadrant B ก็ต้องนับทั้งสองด้านเช่นเดียวกัน

   หมายเหตุ : ถ้านับจำนวนโคโลนี segment ที่ 8-13 น้อยกว่า 20 โคโลนีให้นับโคโลนีทั้งหมดในจาน

3. บวกจำนวนโคโลนีทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน (ควรได้อย่างน้อย 40 โคโลนีถ้าไม่ได้นับทั้งจาน) แล้วหารด้วยค่าคงที่ของปริมาตร (volume constant ในตารางที่ ค.1) ตัวอย่างที่จ่ายลงบนจานครอบคลุมถึง segment สุดท้ายที่นับ (รวมปริมาตรที่จ่ายทั้งสองด้านดังรูปที่ ค.3) จากนั้นคูณด้วย 1000 แล้วคูณด้วย dilution factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 การนับจำนวนโคโลนีใน segment ทั้งสองด้าน segment ที่ระบายสีดำคือ segment ที่นับโคโลนี ปริมาตรของตัวอย่างที่เขียนไว้คือ ปริมาตรตัวอย่างรวมที่จ่ายลงบน segment ที่ระบายสีดำทั้งสองด้าน

ที่มา : คู่มือการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค spiral plater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ค่าคงที่ของปริมาตรตัวอย่างที่จ่ายลงบน segment ที่นับโคโลนีทั้งสองด้านโดยจ่ายแบบ exponential

Segment Pair	50 µl Setting		100 µl Setting	
	100 mm Plate µl Deposited	150 mm Plate µl Deposited	100 mm Plate µl Deposited	150 mm Plate µl Deposited
1	-	0.043	-	0.086
2	-	0.115	-	0.23
3	-	0.234	-	0.468
4	-	0.431	-	0.862
5	-	0.757	-	1.514
6	-	1.295	-	2.59
7	-	2.136	-	4.272
8	1.214	3.35	2.428	6.7
9	2.968	5.103	5.936	10.206
10	5.5	7.636	11	15.272
11	9.157	11.292	18.314	22.584
12	14.482	16.618	28.964	33.236
13	25.015	27.15	50.03	54.3
Plate	50.03	54.3	100.06	108.6

ที่มา : คู่มือการตรวจนับจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค spiral plater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ร้อยละ 0.02			ร้อยละ 0.1			ร้อยละ 0.2		
			OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
0	ชุดควบคุม	1	0.303	2.030	5.18	-[b]	-	-	-	-	-
		2	0.301	2.016	5.15	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.302	2.023	5.17	-	-	-	-	-	-
	BHT	1	0.152	1.018	5.26	-	-	-	-	-	-
		2	0.172	1.152	5.19	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.162	1.085	5.23	-	-	-	-	-	-
	PE	1	0.285	1.909	5.32	0.269	1.802	5.18	0.134	0.897	5.16
		2	0.295	1.976	5.24	0.243	1.628	5.06	0.183	1.226	4.83
		เฉลี่ย	0.290	1.943	5.28	0.256	1.715	5.12	0.158	1.0619	4.99
	MVE_1	1	0.247	1.654	5.38	0.115	0.770	5.29	0.102	0.683	5.20
		2	0.275	1.842	5.23	0.185	1.239	5.18	0.143	0.958	5.04
		เฉลี่ย	0.261	1.748	5.31	0.150	1.005	5.23	0.122	0.820	5.12
	MVE_2	1	0.229	1.534	5.31	0.168	1.125	5.31	0.146	0.978	5.12
		2	0.253	1.695	5.28	0.159	1.065	5.08	0.14	0.938	4.85
		เฉลี่ย	0.241	1.614	5.30	0.1635	1.095	5.19	0.143	0.958	4.98
	RM	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	0.356	2.385	5.17	0.349	2.338	5.15	0.234	1.567	4.99
		เฉลี่ย	0.356	2.385	5.17	0.349	2.338	5.15	0.234	1.567	4.99

[a] ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

[b] ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน **(ต่อ)**

ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ร้อยละ 0.02			ร้อยละ 0.1			ร้อยละ 0.2		
			OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
5	ชุดควบคุม	1	0.366	2.452	5.31	-[b]	-	-	-	-	-
		2	0.386	2.586	5.22	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.376	2.519	5.26	-	-	-	-	-	-
	BHT	1	0.129	0.8643	5.42	-	-	-	-	-	-
		2	0.131	0.877	5.29	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.130	0.871	5.35	-	-	-	-	-	-
	PE	1	0.340	2.278	5.38	0.234	1.567	5.23	0.156	1.045	5.18
		2	0.320	2.144	5.32	0.207	1.386	5.11	0.183	1.226	4.83
		เฉลี่ย	0.330	2.211	5.35	0.220	1.477	5.17	0.169	1.135	5.00
	MVE1	1	0.330	2.211	5.31	0.212	1.420	5.39	0.146	0.978	5.36
		2	0.268	1.795	5.24	0.203	1.806	5.14	0.127	0.850	5.00
		เฉลี่ย	0.299	2.003	5.27	0.207	1.613	5.26	0.136	0.914	5.18
	MVE2	1	0.320	2.144	5.34	0.145	0.971	5.2	0.136	0.911	5.15
		2	0.254	1.701	5.16	0.185	1.239	5.19	0.148	0.991	4.98
		เฉลี่ย	0.287	1.922	5.25	0.165	1.105	5.19	0.142	0.951	5.06
	RM	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	0.135	0.904	5.24	0.124	0.830	5.15	0.109	0.730	5.14
		เฉลี่ย	0.135	0.904	5.24	0.124	0.830	5.15	0.109	0.730	5.14

[a] ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

[b] ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน **(ต่อ)**

ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ร้อยละ 0.02			ร้อยละ 0.1			ร้อยละ 0.2		
			OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
12	ชุดควบคุม	1	0.435	2.914	5.48	-[b]	-	-	-	-	-
		2	0.436	2.921	5.25	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.435	2.917	5.36	-	-	-	-	-	-
	BHT	1	0.114	0.763	5.59	-	-	-	-	-	-
		2	0.122	0.817	5.39	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.118	0.790	5.49	-	-	-	-	-	-
	PE	1	0.325	2.177	5.45	0.296	1.983	5.40	0.153	1.025	5.37
		2	0.285	1.909	5.40	0.200	1.340	5.24	0.128	0.857	5.02
		เฉลี่ย	0.305	2.043	5.42	0.248	1.661	5.32	0.140	0.941	5.19
	MVE_1	1	0.327	2.190	5.40	0.23	1.541	5.31	0.130	0.871	5.10
		2	0.263	1.762	5.35	0.198	1.326	5.23	0.120	0.804	5.18
		เฉลี่ย	0.295	1.976	5.37	0.214	1.433	5.27	0.125	0.837	5.14
	MVE_2	1	0.285	1.909	5.37	0.223	1.494	5.24	0.203	1.360	5.18
		2	0.25	1.675	5.29	0.173	1.159	5.21	0.134	0.897	5.00
		เฉลี่ย	0.2675	1.792	5.33	0.198	1.326	5.22	0.168	1.128	5.09
	RM	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	0.120	1.068	5.31	0.173	1.159	5.21	0.081	0.542	5.20
		เฉลี่ย	0.120	1.068	5.31	0.173	1.159	5.21	0.081	0.542	5.20

[a] ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

[b] ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน **(ต่อ)**

ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ร้อยละ 0.02			ร้อยละ 0.1			ร้อยละ 0.2		
			OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
16	ชุดควบคุม	1	0.593	3.973	5.55	-	-	-	-	-	-
		2	0.502	3.363	5.41	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.547	3.668	5.48	-	-	-	-	-	-
	BHT	1	0.104	0.696	5.60	-	-	-	-	-	-
		2	0.102	0.683	5.55	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.103	0.690	5.57	-	-	-	-	-	-
	PE	1	0.286	1.916	5.46	0.215	1.440	5.40	0.182	1.219	5.35
		2	0.280	1.876	5.44	0.203	1.360	5.30	0.117	0.783	5.12
		เฉลี่ย	0.283	1.896	5.45	0.209	1.400	5.35	0.149	1.001	5.23
	MVE_1	1	0.274	1.835	5.45	0.195	1.306	5.39	0.110	0.737	5.15
		2	0.256	1.715	5.40	0.180	1.206	5.29	0.077	0.515	5.23
		เฉลี่ย	0.265	1.775	5.42	0.1875	1.256	5.34	0.093	0.626	5.19
	MVE_2	1	0.250	1.675	5.04	0.152	1.018	5.55	0.109	0.730	5.41
		2	0.244	1.634	5.37	0.154	1.031	5.3	0.107	0.716	5.10
		เฉลี่ย	0.247	1.654	5.20	0.153	1.025	5.42	0.108	0.723	5.25
	RM	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	0.127	0.850	5.40	0.09	0.603	5.31	0.071	0.475	5.28
		เฉลี่ย	0.127	0.850	5.40	0.09	0.603	5.31	0.071	0.475	5.28

[a] ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

[b] ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ผลของสารต้านออกซิเดชันต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน **(ต่อ)**

ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	ร้อยละ 0.02			ร้อยละ 0.1			ร้อยละ 0.2		
			OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
20	ชุดควบคุม	1	0.680	4.556	5.62	-[b]	-	-	-	-	-
		2	0.612	4.100	5.52	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.646	4.328	5.57	-	-	-	-	-	-
	BHT	1	0.100	0.670	5.67	-	-	-	-	-	-
		2	0.083	0.556	5.63	-	-	-	-	-	-
		เฉลี่ย	0.091	0.613	5.65	-	-	-	-	-	-
	PE	1	0.262	1.755	5.57	0.202	1.353	5.34	0.146	0.978	5.55
		2	0.230	1.541	5.50	0.173	1.159	5.39	0.107	0.716	5.22
		เฉลี่ย	0.246	1.648	5.53	0.187	1.256	5.36	0.126	0.847	5.38
	MVE_1	1	0.236	1.581	5.59	0.141	0.944	5.42	0.108	0.723	5.34
		2	0.245	1.641	5.47	0.179	1.199	5.33	0.063	0.422	5.28
		เฉลี่ย	0.2405	1.611	5.53	0.160	1.072	5.37	0.085	0.572	5.31
	MVE_2	1	0.242	1.621	5.6	0.129	0.864	5.33	0.099	0.663	5.30
		2	0.236	1.581	5.47	0.134	0.897	5.31	0.102	0.683	5.27
		เฉลี่ย	0.239	1.601	5.53	0.131	0.881	5.32	0.100	0.673	5.28
	RM	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	0.127	0.850	5.47	0.082	0.549	5.38	0.064	0.428	5.30
		เฉลี่ย	0.127	0.850	5.47	0.082	0.549	5.38	0.064	0.428	5.30

[a] ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

[b] ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน

ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a](CFU ต่อกรัม)						ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a](CFU ต่อกรัม)						ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a](CFU ต่อกรัม)					
	ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน
ชุดควบคุม	1	1.8×10^{3}	2.0×10^{3}	3.2×10^{5}	1.5×10^{6}	1.5×10^{7}	PE (0.2%)	1	2.6×10^{3}	2.0×10^{3}	8.1×10^{3}	3.7×10^{5}	3.0×10^{6}	MVE_2 (0.02%)	1	1.4×10^{3}	1.2×10^{3}	8.2×10^{5}	6.7×10^{6}	2.0×10^{7}
	2	2.0×10^{3}	1.7×10^{3}	6.1×10^{5}	2.7×10^{6}	8.1×10^{6}		2	1.4×10^{3}	3.1×10^{3}	6.8×10^{5}	1.9×10^{6}	1.3×10^{7}		2	9.4×10^{2}	1.6×10^{3}	5.8×10^{5}	2.2×10^{6}	1.9×10^{7}
	เฉลี่ย	1.0×10^{3}	1.9×10^{3}	4.7×10^{5}	2.1×10^{6}	1.2×10^{7}		เฉลี่ย	2.0×10^{3}	2.6×10^{3}	3.8×10^{5}	1.2×10^{6}	2.2×10^{7}		เฉลี่ย	5.4×10^{2}	1.4×10^{3}	7.0×10^{5}	4.5×10^{6}	2.0×10^{7}
BHT (0.02%)	1	9.9×10^{2}	2.0×10^{3}	1.9×10^{3}	8.6×10^{3}	7.9×10^{4}	MVE_1 (0.02%)	1	1.3×10^{3}	1.2×10^{3}	6.2×10^{3}	1.3×10^{5}	1.3×10^{5}	MVE_2 (0.1%)	1	4.3×10^{2}	6.9×10^{3}	1.4×10^{5}	9.4×10^{5}	9.6×10^{6}
	2	9.8×10^{2}	4.9×10^{3}	2.1×10^{3}	3.5×10^{4}	1.0×10^{5}		2	2.2×10^{3}	7.8×10^{3}	2.6×10^{5}	2.1×10^{6}	2.1×10^{7}		2	4.1×10^{2}	1.5×10^{3}	1.7×10^{5}	7.2×10^{5}	9.2×10^{6}
	เฉลี่ย	9.9×10^{2}	3.5×10^{3}	2.0×10^{3}	6.1×10^{4}	9.9×10^{4}		เฉลี่ย	1.2×10^{3}	4.5×10^{3}	1.6×10^{5}	1.7×10^{6}	1.1×10^{7}		เฉลี่ย	2.2×10^{2}	4.2×10^{3}	1.6×10^{5}	8.3×10^{5}	9.4×10^{6}
PE (0.02%)	1	9.5×10^{2}	1.6×10^{3}	1.7×10^{5}	7.1×10^{5}	2.9×10^{6}	MVE_1 (0.1%)	1	9.1×10^{2}	2.0×10^{3}	1.9×10^{5}	5.6×10^{5}	8.6×10^{6}	MVE_2 (0.2%)	1	1.8×10^{2}	1.2×10^{3}	9.3×10^{4}	9.3×10^{5}	3.3×10^{6}
	2	1.0×10^{3}	1.8×10^{3}	7.5×10^{5}	1.6×10^{6}	5.8×10^{6}		2	7.9×10^{2}	2.0×10^{3}	4.2×10^{5}	7.4×10^{5}	7.6×10^{6}		2	1.6×10^{2}	6.2×10^{3}	8.5×10^{5}	6.3×10^{6}	7.4×10^{6}
	เฉลี่ย	1.0×10^{3}	1.2×10^{3}	4.6×10^{5}	3.9×10^{6}	4.4×10^{6}		เฉลี่ย	8.5×10^{2}	2.0×10^{3}	3.1×10^{5}	6.5×10^{5}	8.1×10^{6}		เฉลี่ย	1.7×10^{2}	3.7×10^{3}	8.9×10^{4}	7.8×10^{5}	2.0×10^{6}
PE (0.1%)	1	1.2×10^{3}	2.4×10^{3}	3.0×10^{4}	7.6×10^{5}	4.1×10^{6}	MVE_1 (0.2%)	1	2.1×10^{3}	4.1×10^{3}	1.6×10^{5}	3.2×10^{5}	2.7×10^{6}	RM (0.02%)	1	2.0×10^{2}	1.4×10^{3}	1.8×10^{4}	1.5×10^{5}	1.7×10^{6}
	2	8.3×10^{2}	5.3×10^{3}	9.8×10^{4}	6.0×10^{5}	2.1×10^{6}		2	9.0×10^{2}	2.7×10^{3}	2.7×10^{5}	3.9×10^{5}	3.1×10^{6}	RM (0.1%)	1	8.4×10^{1}	9.1×10^{2}	8.7×10^{3}	7.1×10^{4}	1.7×10^{5}
	เฉลี่ย	4.8×10^{2}	3.9×10^{3}	6.4×10^{4}	6.8×10^{5}	3.1×10^{6}		เฉลี่ย	1.5×10^{3}	1.6×10^{3}	2.2×10^{5}	3.9×10^{5}	2.9×10^{6}	RM (0.2%)	1	1.1×10^{2}	1.6×10^{3}	1.9×10^{4}	1.7×10^{5}	7.9×10^{5}

[a] คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน

ทรีตเมนต์	ค่าสี*						ทรีตเมนต์	ค่าสี*						ทรีตเมนต์	ค่าสี*					
	ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน
L value																				
ชุดควบคุม	1	33.56	38.61	35.64	42.80	37.13	PE (0.2%)	1	32.51	31.09	35.88	36.62	32.14	MVE_2 (0.02%)	1	35.59	38.42	40.14	40.52	37.90
	2	37.23	45.63	35.95	35.43	40.37		2	41.01	37.79	38.13	34.64	37.22		2	35.39	38.77	34.39	35.15	42.80
	เฉลี่ย	35.40	42.12	35.80	39.12	38.75		เฉลี่ย	36.67	34.44	37.01	35.63	34.68		เฉลี่ย	35.49	38.60	37.27	37.84	40.35
BHT (0.02%)	1	35.52	40.99	37.94	41.56	39.54	MVE_1 (0.02%)	1	33.59	39.08	41.72	40.24	37.39	MVE_2 (0.1%)	1	35.28	35.52	36.23	38.45	40.47
	2	39.12	44.49	36.85	36.94	35.45		2	39.59	39.98	38.64	37.90	39.71		2	36.35	42.26	35.25	32.86	38.59
	เฉลี่ย	37.32	42.74	37.40	39.25	37.50		เฉลี่ย	36.59	39.53	40.18	39.07	38.55		เฉลี่ย	35.77	38.59	35.74	35.66	39.53
PE (0.02%)	1	33.92	36.08	38.01	37.72	41.25	MVE_1 (0.1%)	1	34.09	34.76	37.33	37.79	37.49	MVE_2 (0.2%)	1	32.93	35.33	40.57	36.18	40.81
	2	35.19	39.16	33.89	34.09	36.62		2	34.24	36.40	37.75	31.17	46.31		2	40.06	35.73	36.69	34.95	35.17
	เฉลี่ย	34.56	37.62	35.95	35.91	38.94		เฉลี่ย	34.17	35.58	37.54	34.48	38.90		เฉลี่ย	36.77	35.53	38.63	35.57	37.99
PE (0.1%)	1	36.34	35.58	36.52	38.92	34.66	MVE_1 (0.2%)	1	36.71	35.78	34.26	40.36	39.99	RM (0.02%)	1	40.60	41.06	36.95	34.00	39.76
	2	32.07	43.48	37.41	31.92	35.41		2	30.56	38.34	31.34	33.76	36.92	RM (0.1%)	1	35.79	41.76	38.34	35.48	43.28
	เฉลี่ย	34.21	39.53	36.97	35.42	35.04		เฉลี่ย	33.64	37.06	32.80	37.06	35.46	RM (0.2%)	1	32.12	50.33	35.38	34.79	40.78

* คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน **(ต่อ)**

ทรีตเมนต์	ค่าสี*					ทรีตเมนต์	ค่าสี*					ทรีตเมนต์	ค่าสี*				
	ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน
a value																				
ชุดควบคุม	1	9.43	9.70	9.44	8.09	8.58	PE (0.2%)	1	5.23	1.80	3.33	3.58	4.18	MVE_2 (0.02%)	1	8.18	7.18	6.56	7.08	7.68
	2	13.41	6.32	7.25	9.47	2.56		2	8.74	5.01	3.30	4.73	3.67		2	10.46	7.27	7.95	5.73	7.31
	เฉลี่ย	11.47	8.01	8.35	8.78	5.57		เฉลี่ย	6.99	3.41	3.32	4.16	3.93		เฉลี่ย	9.32	7.23	7.27	6.41	7.50
BHT (0.02%)	1	7.38	7.11	6.79	5.51	6.15	MVE_1 (0.02%)	1	10.31	9.31	6.24	6.74	8.53	MVE_2 (0.1%)	1	7.68	5.39	5.29	3.76	4.26
	2	8.79	5.32	6.48	6.14	3.06		2	7.68	8.24	8.21	7.33	3.33		2	6.68	4.22	5.22	5.95	3.03
	เฉลี่ย	8.09	6.22	6.64	5.83	4.61		เฉลี่ย	9.00	8.78	7.23	7.04	5.93		เฉลี่ย	7.18	4.81	5.26	4.86	3.65
PE (0.02%)	1	8.90	6.01	7.23	6.30	3.49	MVE_1 (0. 1%)	1	6.07	5.68	5.59	5.82	5.41	MVE_2 (0.2%)	1	5.82	4.88	3.60	3.52	1.56
	2	10.10	8.04	8.53	7.40	6.22		2	7.77	6.41	5.46	6.10	0.39		2	8.26	5.23	4.09	4.41	1.54
	เฉลี่ย	9.50	7.03	7.88	6.85	4.86		เฉลี่ย	6.92	6.05	5.71	5.96	2.90		เฉลี่ย	7.04	5.06	3.85	3.97	1.55
PE (0.1%)	1	4.34	4.21	3.90	3.23	4.29	MVE_1(0.2%)	1	4.28	4.69	6.56	7.08	7.68	RM (0.02%)	1	8.85	7.46	6.04	5.70	5.88
	2	10.15	3.24	3.60	2.92	2.93		2	10.46	7.27	7.95	6.41	7.31	RM (0.1%)	1	7.02	6.49	6.78	6.81	4.51
	เฉลี่ย	7.25	3.73	3.75	4.58	3.61		เฉลี่ย	6.08	4.80	4.95	4.15	4.31	RM (0.2%)	1	7.90	5.88	9.65	8.72	2.62

* คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของกุนเชียงที่เติมสารกันหืนชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02, 0.1, 0.2 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน **(ต่อ)**

ทรีตเมนต์	ค่าสี[a]						ทรีตเมนต์	ค่าสี[a]						ทรีตเมนต์	ค่าสี[a]					
	ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน		ซ้ำที่	0วัน	5วัน	12วัน	16วัน	20วัน
b value																				
ชุดควบคุม	1	0.58	3.37	1.70	5.69	4.08	PE (0.2%)	1	0.32	1.56	1.02	-0.32	0.18	MVE_2 (0.02%)	1	-0.10	2.80	2.19	3.29	2.78
	2	3.83	5.05	4.02	5.17	2.56		2	4.01	4.35	5.07	4.02	3.67		2	1.42	3.21	4.97	3.44	7.31
	เฉลี่ย	2.21	4.21	2.86	5.44	3.32		เฉลี่ย	2.17	2.96	3.05	1.85	1.93		เฉลี่ย	0.66	3.01	3.58	3.37	5.05
BHT (0.02%)	1	-0.37	4.03	1.95	2.77	3.23	MVE_1 (0.02%)	1	1.50	4.86	6.75	4.12	5.71	MVE_2 (0.1%)	1	0.71	2.71	1.34	4.50	2.80
	2	0.88	2.46	2.98	2.47	3.06		2	0.62	3.43	4.83	2.26	3.33		2	1.03	3.53	3.99	4.08	3.03
	เฉลี่ย	0.26	3.25	2.47	2.62	3.15		เฉลี่ย	0.84	4.15	5.79	3.19	4.52		เฉลี่ย	0.87	3.12	2.67	4.29	2.92
PE (0.02%)	1	1.84	2.83	3.53	4.17	5.77	MVE_1 (0.1%)	1	0.16	1.89	1.83	2.54	2.66	MVE_2 (0.2%)	1	-0.04	3.16	0.93	2.53	3.37
	2	1.66	3.10	3.54	2.56	6.22		2	3.87	2.13	7.78	1.95	0.39		2	2.01	2.04	3.64	1.85	1.54
	เฉลี่ย	1.50	2.97	3.54	3.37	6.00		เฉลี่ย	2.02	2.01	4.81	2.25	1.53		เฉลี่ย	0.99	2.60	2.29	2.19	2.46
PE (0.1%)	1	-0.72	0.51	1.44	-0.70	1.39	MVE_1 (0.2%)	1	0.79	2.27	-0.13	0.82	1.65	RM (0.02%)	1	1.32	3.06	2.80	2.89	3.30
	2	1.80	3.82	5.56	0.96	2.93		2	3.03	4.12	3.40	3.12	4.93	RM (0.1%)	1	1.04	4.50	7.16	4.59	5.26
	เฉลี่ย	0.54	2.17	3.50	0.13	2.16		เฉลี่ย	1.91	3.20	1.64	1.97	3.29	RM (0.2%)	1	4.02	6.04	6.00	3.69	0.98

[a] คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.4 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	0 วัน			3 วัน			7 วัน			14 วัน			21 วัน		
		OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
ชุดควบคุม	1	0.255	1.708	5.48	0.323	2.164	5.50	0.433	2.901	5.63	0.584	3.912	5.62	0.602	4.033	5.64
	2	0.220	1.474	5.52	0.341	2.284	5.58	0.365	2.445	5.60	0.544	3.644	5.60	0.583	3.906	5.69
	เฉลี่ย	0.238	1.591	5.50	0.332	2.224	5.54	0.399	2.673	5.61	0.564	3.778	5.61	0.592	3.969	5.66
BHT (0.02%)	1	0.189	1.266	5.54	0.173	1.159	5.60	0.096	0.643	5.65	0.062	0.415	5.76	0.051	0.341	5.79
	2	0.120	0.804	5.59	0.121	0.810	5.65	0.101	0.676	5.69	0.072	0.482	5.69	0.051	0.341	5.73
	เฉลี่ย	0.154	1.035	5.56	0.147	0.984	5.62	0.098	0.660	5.67	0.067	0.448	5.72	0.051	0.341	5.76
SL (2.5%)	1	0.140	0.938	5.85	0.289	1.936	5.87	0.220	1.474	5.88	0.23	1.541	5.88	0.157	1.051	5.89
	2	0.146	0.978	5.81	0.263	1.762	5.82	0.214	1.433	5.79	0.197	1.319	5.80	0.15	1.005	5.81
	เฉลี่ย	0.143	0.958	5.83	0.276	1.849	5.84	0.217	1.453	5.83	0.213	1.430	5.84	0.153	1.028	5.85
PE (0.1%)	1	0.101	0.676	5.30	0.123	1.094	5.50	0.120	0.804	5.53	0.096	0.643	5.59	0.08	0.536	5.60
	2	0.092	0.616	5.21	0.137	0.917	5.24	0.131	0.877	5.48	0.102	0.683	5.48	0.089	0.590	5.64
	เฉลี่ย	0.097	0.646	5.25	0.13	1.006	5.37	0.125	0.840	5.50	0.099	0.663	5.53	0.084	0.566	5.62
PE (0.1%)+ SL (2.5%)	1	0.102	0.683	5.73	0.14	0.938	5.84	0.129	0.864	5.85	0.110	0.737	5.85	0.081	0.542	5.87
	2	0.097	0.649	5.79	0.181	1.212	5.82	0.131	0.877	5.78	0.112	0.750	5.85	0.098	0.656	5.83
	เฉลี่ย	0.099	0.666	5.76	0.160	1.075	5.83	0.13	0.871	5.81	0.111	0.743	5.85	0.089	0.599	5.85

[a]ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

ตารางที่ ง.4 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS และ pH ในกุนเชียงที่เติมสารออกซิเดชันชนิดต่างๆ ที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน **(ต่อ)**

ทรีตเมนต์	ซ้ำที่	0 วัน			3 วัน			7 วัน			14 วัน			21 วัน		
		OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH	OD_{538}	TBARS[a] (mg MDA/kg)	pH
MVE_1 (0.1%)	1	0.087	0.582	5.38	0.106	0.710	5.52	0.098	0.656	5.59	0.08	0.536	5.60	0.072	0.482	5.65
	2	0.080	0.536	5.53	0.125	0.837	5.55	0.102	0.683	5.57	0.091	0.609	5.61	0.076	0.509	5.76
	เฉลี่ย	0.084	0.559	5.45	0.115	0.773	5.53	0.100	0.670	5.58	0.085	0.572	5.60	0.074	0.495	5.70
MVE_1 (0.1%)+SL (2.5%)	1	0.069	0.462	5.83	0.114	0.763	5.84	0.105	0.703	5.85	0.088	0.589	5.85	0.100	0.670	5.96
	2	0.104	0.696	5.75	0.179	1.199	5.73	0.108	0.723	5.79	0.094	0.629	5.82	0.084	0.562	5.82
	เฉลี่ย	0.086	0.579	5.79	0.146	0.981	5.78	0.106	0.713	5.82	0.091	0.609	5.84	0.092	0.616	5.89
MVE_2 (0.1%)	1	0.098	0.656	5.4	0.118	0.790	5.45	0.102	0.683	5.56	0.089	0.596	5.67	0.081	0.542	5.67
	2	0.102	0.683	5.55	0.130	0.871	5.62	0.11	0.737	5.64	0.101	0.676	5.65	0.080	0.536	5.80
	เฉลี่ย	0.100	0.670	5.47	0.124	0.830	5.53	0.106	0.710	5.60	0.095	0.636	5.66	0.080	0.539	5.73
MVE_2 (0.1%)+SL (2.5%)	1	0.075	0.502	5.83	0.120	0.804	5.85	0.112	0.750	5.85	0.097	0.649	5.85	0.084	0.562	5.98
	2	0.113	0.757	5.79	0.188	1.259	5.77	0.144	0.964	5.80	0.109	0.730	5.82	0.100	0.670	5.80
	เฉลี่ย	0.094	0.629	5.81	0.154	1.031	5.81	0.128	0.857	5.82	0.103	0.690	5.84	0.092	0.616	5.89
RM (0.1%)	1	0.080	0.536	5.43	0.149	0.998	5.55	0.094	0.629	5.58	0.054	0.361	5.75	0.049	0.328	5.78
	2	0.138	0.924	5.58	0.112	0.750	5.65	0.092	0.616	5.65	0.073	0.489	5.67	0.060	0.402	5.75
	เฉลี่ย	0.109	0.730	5.50	0.130	0.874	5.60	0.093	0.623	5.61	0.063	0.425	5.71	0.054	0.365	5.76
RM (0.1%)+SL (2.5%)	1	0.045	0.302	5.87	0.103	0.690	5.87	0.091	0.610	5.90	0.061	0.409	5.90	0.047	0.315	5.99
	2	0.08	0.536	5.8	0.121	0.811	5.80	0.100	0.670	5.80	0.074	0.496	5.80	0.061	0.409	5.82
	เฉลี่ย	0.063	0.419	5.84	0.112	0.750	5.84	0.096	0.640	5.85	0.0675	0.452	5.85	0.054	0.362	5.90

[a] ค่า TBA คือผลคูณของค่า OD_{538} และค่า K เท่ากับ 6.7

ตารางที่ ง.5 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกุนเชียงที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a](CFU ต่อกรัม)						ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a](CFU ต่อกรัม)						ทรีตเมนต์	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด[a](CFU ต่อกรัม)					
	ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน
ชุดควบคุม	1	1.0×10^{5}	1.5×10^{6}	2.0×10^{7}	2.5×10^{8}	2.3×10^{8}	PE (0.1%) +SL (2.5%)	1	1.6×10^{5}	5.1×10^{5}	2.0×10^{6}	7.0×10^{6}	2.0×10^{7}	MVE_2 (0.1%) +SL (2.5%)	1	1.9×10^{6}	4.2×10^{7}	1.4×10^{8}	6.8×10^{8}	6.3×10^{8}
	2	1.6×10^{5}	2.6×10^{6}	6.9×10^{7}	2.8×10^{8}	2.2×10^{8}		2	8.0×10^{4}	0.6×10^{5}	5.7×10^{5}	1.8×10^{6}	1.3×10^{7}		2	5.2×10^{5}	5.0×10^{6}	3.0×10^{7}	1.1×10^{8}	2.3×10^{8}
	เฉลี่ย	6.0×10^{5}	9.0×10^{5}	4.5×10^{7}	2.7×10^{8}	2.3×10^{8}		เฉลี่ย	4.8×10^{5}	2.9×10^{5}	1.1×10^{6}	3.6×10^{6}	1.7×10^{7}		เฉลี่ย	2.7×10^{6}	2.4×10^{7}	1.6×10^{8}	0.6×10^{8}	4.3×10^{8}
BHT (0.02%)	1	1.0×10^{5}	5.4×10^{5}	5.0×10^{6}	2.0×10^{7}	1.7×10^{8}	MVE_1 (0.1%)	1	6.1×10^{4}	3.8×10^{5}	6.0×10^{5}	6.0×10^{6}	3.0×10^{7}	RM (0.1%)	1	7.0×10^{5}	5.1×10^{6}	9.0×10^{7}	9.0×10^{8}	9.0×10^{8}
	2	7.2×10^{4}	1.5×10^{5}	1.2×10^{6}	2.3×10^{7}	1.8×10^{8}		2	5.2×10^{4}	2.0×10^{5}	1.0×10^{6}	6.5×10^{6}	1.0×10^{7}		2	4.5×10^{6}	1.7×10^{7}	1.6×10^{8}	5.5×10^{8}	4.6×10^{8}
	เฉลี่ย	5.0×10^{4}	3.5×10^{5}	3.1×10^{6}	2.2×10^{7}	1.0×10^{8}		เฉลี่ย	3.3×10^{4}	2.9×10^{5}	3.5×10^{5}	3.0×10^{6}	2.0×10^{7}		เฉลี่ย	7.0×10^{6}	5.1×10^{6}	9.0×10^{7}	9.0×10^{8}	9.0×10^{8}
SL (2.5%)	1	3.1×10^{4}	9.5×10^{4}	1.1×10^{6}	3.0×10^{7}	4.0×10^{8}	MVE_1 (0.1%) + SL (2.5%)	1	1.4×10^{4}	2.4×10^{4}	1.1×10^{5}	4.0×10^{5}	1.8×10^{6}	RM (0.1%) + SL (2.5%)	1	2.0×10^{5}	3.8×10^{6}	1.6×10^{7}	1.3×10^{8}	5.6×10^{8}
	2	5.3×10^{4}	1.4×10^{5}	9.0×10^{5}	2.0×10^{6}	0.8×10^{8}		2	2.4×10^{4}	2.0×10^{5}	2.1×10^{6}	1.4×10^{7}	3.5×10^{7}		2	7.5×10^{6}	8.0×10^{7}	2.1×10^{8}	5.0×10^{8}	5.4×10^{8}
	เฉลี่ย	4.2×10^{4}	0.6×10^{5}	5.1×10^{5}	8.0×10^{6}	4.4×10^{7}		เฉลี่ย	0.8×10^{4}	1.1×10^{5}	1.6×10^{6}	0.9×10^{7}	2.7×10^{7}		เฉลี่ย	1.4×10^{6}	5.9×10^{7}	1.9×10^{8}	0.7×10^{8}	5.5×10^{8}
PE (0.1%)	1	1.0×10^{5}	6.7×10^{5}	6.0×10^{6}	6.0×10^{7}	4.5×10^{8}	MVE_2 (0.1%)	1	1.0×10^{4}	6.7×10^{4}	3.6×10^{5}	6.0×10^{6}	3.3×10^{7}							
	2	4.5×10^{4}	1.0×10^{5}	1.9×10^{6}	3.0×10^{7}	2.2×10^{8}		2	2.1×10^{4}	2.1×10^{4}	1.5×10^{5}	2.4×10^{6}	1.0×10^{7}							
	เฉลี่ย	5.2×10^{4}	3.9×10^{5}	4.0×10^{6}	4.5×10^{7}	3.4×10^{8}		เฉลี่ย	6.0×10^{4}	4.4×10^{4}	2.6×10^{5}	3.1×10^{6}	2.2×10^{7}							

[a] คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในกุนเชียงที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน

ทรีตเมนต์	ค่าสี[a]						ทรีตเมนต์	ค่าสี[a]						ทรีตเมนต์	ค่าสี[a]					
	ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน
L value																				
ชุดควบคุม	1	37.81	38.65	45.77	40.94	37.35	PE (0.1%)+ SL (2.5%)	1	37.24	33.26	38.27	32.21	31.16	MVE_2 (0.1%)+ SL (2.5%)	1	36.65	31.75	33.82	30.65	31.77
	2	40.68	39.53	39.69	38.50	38.33		2	39.54	38.46	37.44	34.92	40.02		2	41.75	37.68	38.53	36.62	36.02
	เฉลี่ย	38.84	39.09	41.23	39.72	37.84		เฉลี่ย	38.39	35.86	37.86	33.57	35.59		เฉลี่ย	39.20	34.72	36.18	33.64	33.90
BHT (0.02%)	1	38.93	41.96	39.47	42.76	35.79	MVE_1 (0.1%)	1	34.61	34.62	36.43	35.90	32.50	RM (0.1%)	1	40.16	37.42	37.81	37.41	34.06
	2	44.68	36.56	42.05	41.09	44.83		2	41.87	35.65	42.73	35.53	34.30		2	42.80	33.91	37.85	38.63	38.36
	เฉลี่ย	41.81	39.26	40.76	41.93	40.31		เฉลี่ย	38.24	35.14	39.58	35.72	33.40		เฉลี่ย	41.48	35.67	37.83	38.02	36.21
SL (2.5%)	1	40.6	38.21	40.06	37.25	40.86	MVE_1 (0.1%)+ SL (2.5%)	1	34.04	36.11	36.59	35.01	36.73	RM (0.1%)+ SL (2.5%)	1	35.97	40.43	38.98	41.41	33.80
	2	40.47	37.19	38.31	37.07	38.27		2	40.83	41.2	38.77	37.82	39.93		2	45.35	39.52	42.12	37.75	41.88
	เฉลี่ย	40.54	37.70	39.19	37.16	39.57		เฉลี่ย	37.44	38.66	37.68	36.42	38.33		เฉลี่ย	40.66	39.98	40.55	39.58	37.84
PE (0.1%)	1	32.61	33.40	33.98	31.62	30.22	MVE_2 (0.1%)	1	36.94	44.42	37.23	31.85	31.68							
	2	41.72	38.95	38.34	38.18	37.73		2	44.51	37.32	40.82	35.74	40.76							
	เฉลี่ย	37.17	36.18	36.16	34.90	33.98		เฉลี่ย	40.73	40.87	39.03	33.80	36.22							

[a] คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในกุนเชียงที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน **(ต่อ)**

ทรีตเมนต์	ค่าสี*						ทรีตเมนต์	ค่าสี*						ทรีตเมนต์	ค่าสี*					
	ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน
a value																				
ชุดควบคุม	1	10.29	9.61	4.31	4.87	5.09	PE (0.1%)+SL (2.5%)	1	3.84	5.58	3.04	4.28	5.43	MVE_2 (0.1%)+ SL (2.5%)	1	4.73	5.34	4.58	6.41	4.33
	2	7.37	8.29	6.86	8.23	8.00		2	5.11	5.05	4.54	7.01	2.94		2	5.13	5.68	4.81	5.09	5.23
	เฉลี่ย	8.83	8.95	5.59	6.55	6.55		เฉลี่ย	4.48	5.32	3.79	5.65	4.19		เฉลี่ย	4.93	5.51	4.70	5.75	4.78
BHT (0.02%)	1	9.30	6.58	6.83	3.79	9.06	MVE_1 (0.1%)	1	6.00	5.25	5.82	5.57	5.25	RM (0.1%)	1	6.88	8.08	8.05	6.42	6.33
	2	7.01	6.70	5.14	7.50	3.78		2	4.60	5.46	2.55	4.48	4.95		2	5.16	9.01	5.68	5.82	5.18
	เฉลี่ย	8.16	6.64	5.99	5.65	6.42		เฉลี่ย	5.30	5.36	4.19	5.03	5.10		เฉลี่ย	6.02	8.55	6.87	6.12	5.76
SL (2.5%)	1	7.51	9.55	8.40	8.24	6.09	MVE_1 (0.1%)+ SL (2.5%)	1	5.34	4.54	4.36	4.28	4.10	RM (0.1%)+ SL (2.5%)	1	7.07	7.01	5.03	3.94	5.89
	2	6.65	7.04	7.11	6.91	6.31		2	4.94	3.98	4.00	4.13	3.36		2	5.12	5.38	5.04	5.73	4.67
	เฉลี่ย	7.08	8.30	7.76	7.58	6.20		เฉลี่ย	5.14	4.26	4.18	4.21	3.73		เฉลี่ย	6.10	6.20	5.04	4.83	5.28
PE (0.1%)	1	6.68	5.09	6.33	4.61	4.72	MVE_2 (0.1%)	1	5.33	2.46	4.49	5.50	4.83							
	2	6.34	5.94	5.19	5.00	6.31		2	5.53	4.16	4.93	5.43	4.28							
	เฉลี่ย	6.51	5.52	5.76	4.81	5.51		เฉลี่ย	5.43	3.31	4.71	5.47	4.56							

* คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ ง.6 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในกุนเชียงที่เติมและไม่เติมโซเดียมแลคเตทในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน **(ต่อ)**

ทรีตเมนต์	ค่าสี*						ทรีตเมนต์	ค่าสี*						ทรีตเมนต์	ค่าสี*					
	ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน		ซ้ำที่	0วัน	3วัน	7วัน	14วัน	21วัน
b value																				
ชุดควบคุม	1	3.87	5.16	6.31	4.79	3.17	PE (0.1%)+ SL (2.5%)	1	1.20	3.31	6.02	4.98	4.82	MVE_2 (0.1%)+ SL (2.5%)	1	2.66	5.76	6.98	3.36	3.73
	2	5.23	5.63	5.06	6.01	5.47		2	4.18	2.72	4.38	0.99	5.36		2	3.8	6.42	7.49	4.36	5.23
	เฉลี่ย	4.55	5.40	5.69	5.40	4.32		เฉลี่ย	2.69	3.02	5.20	2.99	5.09		เฉลี่ย	3.23	6.09	7.24	3.86	4.48
BHT (0.02%)	1	3.71	4.02	5.27	4.99	3.93	MVE_1 (0.1%)	1	2.53	3.13	7.16	7.15	2.67	RM (0.1%)	1	4.49	5.92	7.22	6.42	3.65
	2	5.22	3.74	6.33	6.77	4.74		2	41.87	35.65	42.73	35.53	34.30		2	4.40	4.41	5.35	6.69	1.82
	เฉลี่ย	4.47	3.88	5.80	5.88	4.34		เฉลี่ย	3.75	5.79	8.83	4.67	4.60		เฉลี่ย	4.45	5.17	6.29	6.56	2.74
SL (2.5%)	1	2.57	3.94	4.75	2.80	4.50	MVE_1 (0.1%)+ SL (2.5%)	1	3.14	4.46	8.00	5.91	3.64	RM (0.1%)+ SL (2.5%)	1	2.57	7.15	5.50	4.19	4.10
	2	4.29	4.24	4.18	3.81	3.88		2	2.85	3.31	6.92	8.57	3.73		2	4.24	5.38	3.59	4.42	4.67
	เฉลี่ย	3.43	4.11	4.47	3.31	4.19		เฉลี่ย	2.45	5.25	3.35	4.37	3.36		เฉลี่ย	3.41	6.35	4.55	4.31	4.39
PE (0.1%)	1	3.23	4.05	5.63	3.27	4.23	MVE_2 (0.1%)	1	2.65	5.88	5.14	6.47	3.55							
	2	6.07	5.10	4.51	3.26	5.30		2	4.98	8.15	7.22	5.54	5.16							
	เฉลี่ย	4.65	4.58	4.28	3.27	4.77		เฉลี่ย	4.69	4.04	7.11	4.32	1.44							

[a] คือค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 2 ซ้ำ

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ประเภทการพรรณนาเชิงทั่วไปของสเกลลำดับคุณภาพ

ผลิตภัณฑ์ กุนเชียง

คำชี้แจง กรุณาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รส และความเนียนของลักษณะเนื้อสัมผัส

ชื่อ วันที่

สีที่ปรากฏ

คะแนน	อธิบายลักษณะที่ปรากฏ	รหัสตัวอย่าง									
1	สีแดงซีด										
2	สีแดง										
3	สีแดงเข้ม										
4	สีแดงผสมเขียว										
5	สีแดงผสมน้ำตาล										

กลิ่นหืน

คะแนน	อธิบายกลิ่นหืน	รหัสตัวอย่าง									
1	ไม่มีกลิ่น										
2	กลิ่นหืนเล็กน้อย										
3	กลิ่นหืนปานกลาง										
4	กลิ่นค่อนข้างหืน										
5	กลิ่นหืนมาก										

ความหวาน

คะแนน	อธิบายรสชาติ	รหัสตัวอย่าง									
1	หวานน้อย										
2	หวาน										
3	หวานปานกลาง										
4	หวานมาก										
5	หวานมากที่สุด										

ลักษณะเนื้อสัมผัส

คะแนน	อธิบายรสชาติ	รหัสตัวอย่าง									
1	เนื้อละเอียดมาก										
2	ละเอียดปานกลาง										
3	เนื้อละเอียดน้อย										
4	เนื้อหยาบ										
5	เนื้อหยาบมาก										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบรวม

คะแนน	ความชอบรวม	รหัสตัวอย่าง										
1	ชอบ											
2	ชอบเล็กน้อย											
3	ชอบปานกลาง											
4	ชอบมาก											
5	ชอบมากที่สุด											

สรุปและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้