อิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียทั่วไปในครัวเรือนและความร้อนต่ำต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* ในผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.)

Combination effect of Common Household food preservation and Mild heat treatment against *Escherichia coli* in Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

กานต์ แย้มพงษ์

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2556

อิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียทั่วไปในครัวเรือนและความร้อนต่ำต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* ในผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.)

Combination effect of Common Household food preservation and Mild heat treatment against *Escherichia coli* in Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

กานต์ แย้มพงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจพร ศรีสุวรมาส

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2556

กานต์ แย้มพงษ์. 2556. ***อิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียทั่วไปในครัวเรือนและความร้อนต่ำต่อการยับยั้ง Escherichia coli ในผักกาดหอม (Lactuca sativa L.)***. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชเพชรบูรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นศึกษาอิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียในครัวเรือนทั่วไปและความร้อนต่ำในการลดปริมาณ *Escherichia coli* ATCC 25922 ในผักกาดหอม โดยใช้สารละลายน้ำส้มสายชู และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ร่วมกับการใช้ความร้อนต่ำที่อุณหภูมิ 25 30 35 และ 40°C โดยเปรียบเทียบกับสารละลายควบคุม (น้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นสารละลายควบคุมลบ และสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 120 ppm เป็นสารละลายควบคุมลบ) ทำการแช่ผักกาดหอมที่ผ่านการสร้างการปนเปื้อนด้วยเซลล์แขวนลอย *E. coli* ATCC 25922 ปริมาณ 7.37±0.01 $\log_{10}$cfu/g เป็นเวลา 1 นาที พบว่าสารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 ร่วมกับอุณหภูมิ 40°C มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ที่ยึดติดบนผักกาดหอม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) จากตัวอย่างทดลองอื่นๆ สามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้ 3.44±0.01 $\log_{10}$cfu/g จากการศึกษาพบว่าสารละลายน้ำส้มชายชูมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน และการใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายร่วมกับความร้อนต่ำจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลาย หรือการใช้ความร้อนต่ำเพียงอย่างเดียว

Karn Yaempongsa. 2013. ***Combination effect of Common Household food preservation and Mild heat treatment against Escherichia coli in Lettuce (Lactuca sativa L.)***. Research in Biology, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University.

ABSTRACT

This research investigated the reduction efficacy of the combination of common household food preservation and mild heat treatments against *Escherichia* coli ATCC 25922 in lettuce. 0.5, 1.0, and 1.5% of vinegar and sodium chloride ware used as common household food preservation compared with chlorine solution (120 ppm) and sterile distilled water were used as positive and negative control, respectively, combined with mild heat at 25, 30, 35 and 40˚C. The lettuce inoculated with *E.* coli ATCC 25922 as 7.37±0.01 $\log_{10}$cfu/g then soaked in testing solutions for 1 min and subsequently enumerated for survival bacteria. The data showed 1.5% of vinegar solution combined with 40˚C was that the most effective solutions that was significance level of 0.05 ($p<0.05$) from other solutions. That was able reduced 3.44±0.01 $\log_{10}$cfu/g. The study showed combination effect of solution and mind heat had more efficiency than using only solution or only mild heat.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการได้ด้วยความอนุเคราะห์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้เล็งเห็นความสำคัญของงานวิจัย และได้พิจารณามอบทุนอุดหนุน การวิจัยประเภททั่วไปให้กับผู้วิจัย ทำให้สามารถดำเนินทำการวิจัยได้อย่างลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านในหลักสูตร สาขาวิชาชีววิทยา รวมไปถึงผู้ช่วยวิจัย ที่คอยให้ความช่วยเหลือระหว่างการทำวิจัยจนงานเสร็จ สมบูรณ์ได้

กานต์ แย้มพงษ์

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1. ความเป็นมาของปัญหา	1
	2. จุดมุ่งหมายของงานวิจัย	2
	3. ขอบเขตงานวิจัย	2
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	1. อาหารประเภทผักและผลไม้	3
	2. ความต้องการของผู้บริโภค	3
	3. การปนเปื้อนของผักและผลไม้	5
	4. เชื้อที่มีการปนเปื้อนในผักและผลไม้สด	6
	5. การควบคุมจุลินทรีย์โดยใช้สารเคมี	8
	6. กลไกการทำลายจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์	8
	7. กลไกการทำลายจุลินทรีย์ของเกลืออินทรีย์	11
	8. การใช้ความร้อน (heat) ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร	13
	9. เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology)	13
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	16
	1. ตัวอย่างผักที่ใช้การทดลอง	16
	2. เชื้อจุลินทรีย์	16
	3. วิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์	16
	4. วิธีการเตรียมเซลล์แขวนลอย	16
	5. การเตรียมสารละลายทดสอบ	16
	6. การควบคุมอุณหภูมิของสารละลาย	17
	7. วิธีการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์	17
	8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัย 18

1. การเตรียมเซลล์แบคทีเรียแขวนลอย 18
2. ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และน้ำส้มสายชู ต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม 18
3. ผลร่วมของระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และน้ำส้มสายชู ต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม 20
4. ค่า pH ของสารละลาย 23

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 26

1. สรุปผลการศึกษา 26
2. อภิปรายผลการศึกษา 27
3. ข้อเสนอแนะ 28

บรรณานุกรม 29

ภาคผนวก 34

ภาคผนวก ก. วิธีเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 35

ภาคผนวก ข. ประมวลภาพการศึกษา 39

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ 50

ประวัตินักวิจัย 77

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบ เป็นเวลา 1 นาที	17
ตารางที่ 2	ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที	19
ตารางที่ 3	ค่า pH ของสารลายก่อนและหลังการล้างที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที	21

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ตัวอย่างผลของเฮอร์เดิล	12
ภาพที่ 2	ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบ เป็นเวลา 1 นาที	17
ภาพที่ 3	ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที	20
ภาพที่ 4	ค่า pH ของสารลายก่อนและหลังการล้างที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที	22

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคมีความตื่นตัวเป็นอย่างมากในเรื่องของสุขภาพ ดังจะเห็นได้จากพฤติกรรมการบริโภคและการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนไป โดยผู้บริโภคจะหันไปใส่ใจไปทางด้านอาหารเพื่อสุขภาพที่มีความปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ผู้บริโภคส่วนมากเริ่มมีแนวโน้มที่จะบริโภคผักและผลไม้สดที่ไม่ผ่านการแปรรูป หรือผ่านการแปรรูปเพียงเล็กน้อยมีจำนวนเพิ่มขึ้น จากพฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนไปนี้เองทำให้ผักและผลไม้พร้อมรับประทานมีส่วนแบ่งในตลาดเพิ่มจากเดิม อย่างไรก็ตามการผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้นั้นจำเป็นต้องคำนึงปัญหาด้านความปลอดภัยเป็นสำคัญ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีโอกาสที่จะมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดโรคซึ่งจะส่งผลต่อความปลอดภัยในของผู้บริโภคโดยตรงซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์นั้นสามารถเกิดได้ง่าย ตั้งแต่กระบวนการผลิต ระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา รวมไปถึงการจำหน่าย นอกจากนี้ผู้บริโภคส่วนมากทำการล้างผลิตผลเหล่านี้ด้วยน้ำประปาก่อนการบริโภค ซึ่งมีรายงานว่าการล้างด้วยน้ำประปานอกจากจะไม่ทำให้ปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนมากับผลิตผลลดลงแล้วอาจทำให้มีการปนเปื้อนมากขึ้นอีกด้วย มีรายงานการเกิดโรคระบาดอันเนื่องมาจากอาหารเป็นพิษส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากผักสดพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Escherichia coli* O157:H7 และ *Salmonella* ในผักและผลไม้ (Tauxe, 1991)

สารเคมีที่ใช้ในการล้างผักและผลไม้สดนั้นมีมากมายหลายชนิด เช่น สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite) น้ำโอโซน (ozone water) ด่างทับทิม (potassium permanganate) แต่อย่างไรก็ตามสารที่นิยมใช้มากที่สุดในการล้างผักสด คือ สารประกอบคลอรีน (chlorine compound) ซึ่งเมื่อนำมาใช้ล้างผักสดแล้วไม่เปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของผักสด (ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์ และคณะ, 2545) นอกจากนี้ในระดับอุตสาหกรรมการผลิตผักหรือผลไม้สดนั้นนิยมล้างผักและผลไม้ด้วยน้ำผสมคลอรีน (50-200 ppm) ซึ่งยังมีผลจำกัดต่อการในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ (Lin, et al., 2000; Mcwatters, et al., 2002) เช่นเดียวกับในระดับครัวเรือนน้ำยาล้างผักนั้นมีส่วนประกอบหลักเป็นคลอรีนซึ่งทำให้มีความเสี่ยงต่อการตกค้างของคลอรีนที่อาจเป็นพิษต่อผู้บริโภค โดยคลอรีนจะให้สารข้างเคียงที่เป็นอันตราย คือ คลอรามีนและไตรฮาโลมีเธนที่เป็นสารที่มีศักยภาพในการก่อมะเร็ง (มัลลิกา ปัญญาคะโป และผ่องศรี เผ่าภูรี, 2550) รวมทั้งผักที่ล้างแล้วอาจมีกลิ่นคลอรีนหลงเหลืออยู่ (Sagoo, et al., 2001) นอกจากนี้แล้วผู้บริโภคยังมีแนวโน้มที่จะหลีกเลี่ยงอาหารที่ผ่านการจัดการจาก

สารเคมีโดยหันไปใส่ใจอาหารปราศจากสารเคมีหรืออาหารที่ผ่านสารสกัดจากธรรมชาติ ที่มีความปลอดภัยที่มากกว่า (Rauha, et al., 2000)

การพัฒนาสูตรน้ำยาล้างผักผลไม้ที่มีประสิทธิภาพและไม่มีพิษต่อผู้บริโภคถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้ประกอบการ โดยเฉพาะการใช้สารกันเสียภายในครัวเรือน เช่น เกลือแกง น้ำส้มชายชู ซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ทั่วไปในครัวเรือน และเป็นสารที่มีความปลอดภัยไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ รวมไปถึงความสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค

งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและอัตราส่วนของสารกันเสียทั่วไปในครัวเรือน 2 ชนิด คือ เกลือแกง และน้ำส้มสายชู ร่วมกับการใช้ความร้อนต่ำในการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคบนผักกาดหอมด้วยการล้าง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตน้ำยาล้างผักและผลไม้เชิงพาณิชย์ที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่จะลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่เกิดจากแบคทีเรียซึ่งอาจปนเปื้อนมาได้

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และน้ำส้มสายชู ต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม

2.2 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม

2.3 เพื่อศึกษาผลร่วมของอัตราส่วนของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และอุณหภูมิต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม

2.4 เพื่อศึกษาผลร่วมของอัตราส่วนของสารละลายน้ำส้มสายชูและอุณหภูมิต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายสารกันเสียที่ใช้ทั่วไปในครัวเรือน 2 ชนิด ได้แก่ สารละลายเกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์) และน้ำส้มสายชู (สารละลายกรดอะซิติก) ในอัตราส่วนร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 และใช้อุณหภูมิในการทดสอบ 4 อุณหภูมิ คือ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ในการลดปริมาณ *Escherichia coli* ATCC 25922 ที่ทำการสเปรย์บนผักกาดหอม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อาหารประเภทผักและผลไม้

ผักส่วนใหญ่จะมีพลังงานและโปรตีนต่ำ ในผักไม่มีวิตามินเอ แต่มีโปรวิตามินเอ เช่น แคโรทีน ซึ่งมีสีส้มเข้ม เมื่อรับประทานเข้าไปจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอที่ลำไส้เล็ก โปรวิตามินเอ มีมากในผักใบเขียว ผักสีส้มหรือแดง วิตามินซีมีมากในผักใบเขียว พริกหยวก มะรุม ฯลฯ นอกจากวิตามินเอและซีแล้วผักส่วนใหญ่จะมีวิตามินบี1 และไนอะซินน้อย ผักใบเขียวยังให้แคลเซียมและเหล็กแต่ผักใบเขียวบางชนิด เช่น ผักโขม และใบพลู มีกรดออกซาลิค เมื่อรวมตัวกับแคลเซียมแล้วจะทำให้แคลเซียมไม่ถูกดูดซึม ผักส่วนมากนั้นไม่มีโปรตีนและไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในผักได้แก่ แป้ง กลูโคส เซลลูโลส และสารประกอบจำพวกเพคติน เมื่อร่างกายได้รับเซลลูโลสเข้าไปแล้วจะไม่สามารถย่อยได้ แต่จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นกากอาหาร ช่วยป้องกันโรคท้องผูก ผักมีน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญ ผักใดที่มีน้ำมากจะมีคาร์โบไฮเดรตน้อย ผักใบเขียวที่มีเซลลูโลสมากก็ให้พลังงานต่ำ ทำให้สามารถบริโภคผักใบเขียวได้ไม่จำกัดปริมาณ (เกศราภรณ์ มนชัยภูมิวัฒน์, 2545)

2. ความต้องการของผู้บริโภค

ผักและผลไม้สดนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยอีกประเภทหนึ่งที่นำเงินตราเข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาททั้งในรูปของผักและผลไม้สดแช่เย็นแช่แข็ง และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ส่งออกของไทยได้เป็นอย่างดี ด้วยสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศ ทำให้ประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกผักผลไม้หลากหลายชนิดและเป็นที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ อาทิ ญี่ปุ่น สหภาพยุโรป จีน และฮ่องกง ดังนั้น การเพาะปลูกจึงไม่ได้มุ่งเพียงเพื่อการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น แต่ยังมุ่งเพื่อการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผักและผลไม้สดของไทยจะมีมูลค่าการส่งออกมากในแต่ละปีเมื่อเทียบกับสินค้าอุตสาหกรรม แต่มักประสบปัญหาในกระบวนการผลิตและการส่งออกหลายประการ อาทิ ปัญหาด้านภาษี ปัญหาสินค้าไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ปัญหามาตรการกีดกันทางการค้า ปัญหาด้านสุขอนามัย ปัญหาการแข่งขัน และปัญหาการขนส่ง เป็นต้น (สิรินาฏ พรศิริประทาน, ม.ป.ป.)

ประเทศไทยส่งออกผักสู่ตลาดโลก (World Market) ได้ปีละ 0.2 ล้านเมตริกตันคิดเป็นมูลค่า 6,300-8,000 ล้านบาท ในปัจจุบันด้วยวิทยาการและความรู้ในการเพาะปลูกผักเกษตรอินทรีย์สร้างสรรค์นวัตกรรมผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตระดับประเทศ จากการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรที่ดิน แหล่งน้ำ บุคลากรทั้งระดับเกษตรกรและนักวิชาการ พันธุ์ผัก มีระบบควบคุมและป้องกันการ

ปนเปื้อนตลอดขั้นตอนการผลิต และตรงตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ทำให้ประเทศไทยสามารถผลักดันให้มีการส่งออกผักไปสู่ตลาดโลกเพิ่มเป็น 10,000 ล้านบาท (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2554) ทั้งในรูปของผักและผลไม้สดแช่เย็นแช่แข็งและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกและผู้ส่งออกของไทยได้เป็นอย่างดี ด้วยสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศทำให้ประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกผักผลไม้หลากหลายชนิดและเป็นที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ อาทิ ญี่ปุ่น สหภาพยุโรป จีน และฮ่องกง ดังนั้น การเพาะปลูกจึงไม่ได้มุ่งเพียงเพื่อการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น แต่ยังมุ่งเพื่อการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผักและผลไม้สดของไทยจะมีมูลค่าการส่งออกมากในแต่ละปีเมื่อเทียบกับสินค้าอุตสาหกรรม แต่มักประสบปัญหาในกระบวนการผลิตและการส่งออกหลายประการ อาทิ ปัญหาด้านภาษี ปัญหาสินค้าไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน ปัญหามาตรการกีดกันทางการค้า ปัญหาด้านสุขอนามัย ปัญหาการแข่งขันและปัญหาการขนส่ง เป็นต้น

จากภาพรวมการส่งออกผักสดแช่เย็นแช่แข็งไปยังตลาดโลก พบว่า มูลค่าการส่งออกสินค้าดังกล่าวของไทยไปยังตลาดโลกมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2533 แต่การขยายตัวมีอัตราลดลงในปี 2549 โดยในปี 2553 ไทยส่งออกผักสดแช่เย็นแช่แข็งไปยังตลาดโลกเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 6,142.32 ล้านบาท ลดลงจากปี 2552 ที่มีมูลค่ากว่า 6,216 ล้านบาท ตลาดส่งออกผักสดแช่เย็นแช่แข็งสำคัญ 5 อันดับแรกของไทยในปี 2553 ได้แก่ ญี่ปุ่น อังกฤษ มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา และไต้หวันซึ่งญี่ปุ่นนับเป็นตลาดส่งออกผักสดแช่เย็นแช่แข็งของไทยอันดับหนึ่งมาโดยตลอดตั้งแต่ปี 2532โดยในปี 2553 มูลค่าการส่งออกไปยังตลาดญี่ปุ่นอยู่ที่ 2,898.8 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 47.19 ของมูลค่าการส่งออกผักสดแช่เย็นแช่แข็งของไทยทั้งหมด (ปี 2534 ถึงปี 2541 มีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 60) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการส่งออกในรูปผักสดแช่แข็ง หากพิจารณาตลาดสหภาพยุโรป (รวม 27 ประเทศ) พบว่า ไทยส่งออกสินค้าผักสดแช่เย็นและผัดสดแช่แข็งไปยังตลาดสหภาพยุโรปมากเป็นอันดับสองรองจากตลาดญี่ปุ่นมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2545 โดยในปี 2553 มูลค่าการส่งออกไปยังตลาดสหภาพยุโรปอยู่ที่ 1,086 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 17.68 ของมูลค่าการส่งออกผักสดแช่เย็นแช่แข็งทั้งหมด ซึ่งผักสดที่ไทยส่งออกไปยังตลาดสหภาพยุโรป ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง หน่อไม้สด ข้าวโพดฝักอ่อน กระเจี๊ยบขาว ขึ้นฉ่าย และผักในกลุ่มมะเขือ กลุ่มกะหล่ำ ถั่วฝักยาว รวมทั้งพืชผักสวนครัวกลุ่มกะเพรา โหระพา แมงลักและยี่หร่า กลุ่มพริกหยวก พริกชี้ฟ้าและพริกขี้หนู กลุ่มมะระจีน มะระขี้นก กลุ่มมะเขือเปราะ มะเขือยาว มะเขือม่วง มะเขือเหลือง มะเขือขาว และมะเขือขื่น กลุ่มผักชีฝรั่งและใบผักชี เป็นต้น (สิรินาฏ พรศิริประทาน, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อาหารที่ให้ความสะดวกสบาย อาหารที่ปลอดภัย และมีความสนใจที่จะปรุงอาหารเองโดยใช้วัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ (Ohlsson, 1994) กระบวนการถนอมอาหารแบบดั้งเดิมนั้นอาจเปลี่ยนแปลงสภาพของของสดเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีวิธีการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงในการถนอมอาหาร เช่น การทำอาหารกระป๋อง การทำแห้ง

และการแช่เยือกแข็ง จึงเกิดแนวคิดในการถนอมอาหารที่ไม่รุนแรงเกินไปโดยอาศัยเทคนิคหรือวิธีการถนอมอาหารต่าง ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกับของสดเรียกวิธีนี้ว่าเทคโนโลยีเฮอร์เดิล (Hurdle Technology) (Leistner and Gorris, 1995) ในปัจจุบันผู้บริโภคจึงหันมานิยมบริโภคผักและผลไม้สดมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้สดตัดแต่ง (fresh–cut fruit and vegetable products) จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดีเนื่องจากมีลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงผักและผลไม้สดมากที่สุด (รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย และนัฏชรี ศรีบูรณศรี, 2548)

3. การปนเปื้อนของผักและผลไม้

ผักและผลไม้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ตั้งแต่อยู่ในแปลงหรือในสวนอยู่เดิมแล้วจากเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่นนอกจากนี้ทันทีที่ผักและผลไม้ถูกเก็บเกี่ยวเพื่อนำไปจำหน่ายยังมีการปนเปื้อนเพิ่มขึ้นจากผู้เกี่ยวข้อง ภาชนะบรรจุ แม้กระทั่งจากผักและผลไม้ด้วยกันเอง เนื่องจากการเก็บเกี่ยวมักนำผลผลิตที่ได้มาใส่ภาชนะบรรจุเดียวกันจนเต็มทำให้ผลผลิตบางชิ้นอาจเกิดการเน่าเสียจากอาการช้ำซึ่งถ้าไม่ได้ทำการคัดออกจะทำให้เกิดการปนเปื้อนไปส่งทอดไปยังผลผลิตที่สมบูรณ์ นอกจากนี้การบรรจุที่แน่นเกินไป การโยนใส่ภาชนะบรรจุ หรือการทับถมกันมากๆ จะทำให้เกิดการช้ำ และส่งผลให้ผลผลิตอ่อนแอต่อการทำลายของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเข้ามา นอกจากนี้การล้างหรือการพรมน้ำผักและผลไม้ให้สด เช่น การจุ่มแกว่งน้ำ หรือสเปรย์ซึ่งอาจเป็นการเพิ่มการแพร่กระจายของจุลินทรีย์จากส่วนเสียไปยังส่วนดี และเป็นการเพิ่มความชื้นทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีขึ้น (สุมาลี เหลืองสกุล, 2527, หน้า 138-139) ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยควรจะมีการล้างผักและผลไม้ให้สะอาดหรือมีการใช้สารเคมีกับผลไม้โดยตรง เช่น การชุบ การสเปรย์ลงพื้นผิวบนผลิตภัณฑ์

การชะลอการเน่าเสียของผักผลไม้หลังจากเก็บจากแปลงสวน ควรล้างให้สะอาดและเก็บไว้ในตู้เย็น ถ้าต้องการเก็บถนอมผักผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาจใช้วิธีการแช่แข็ง การให้ความร้อน การทำให้แห้ง หรือการฉายรังสีเป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549)

อย่างไรก็ตามการล้างผักด้วยน้ำที่ไม่สะอาดหรือการใช้น้ำแข็งที่มีการปนเปื้อนในการขนส่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์เช่น *Escherichia coli* O157:H7 และ *Salmonella enterica* serovars Typhimurium (Chang and Fang, 2006) หรือแม้แต่ผักที่ผ่านกระบวนการแล้วถ้าไม่ได้ล้างทำความสะอาดก่อนรับประทานก็อาจพบการปนเปื้อนของเชื้อโรคได้เช่นกัน มีรายงานการปนเปื้อนของผักสลัดจากการสำรวจจากซูเปอร์มาร์เก็ตท้องถิ่น เฟรนไชส์ฟาสฟู้ดและภัตตาคารขนาดเล็ก พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในผักสลัดได้แก่ *Listeria monocytogenes Salmonella* spp. *E. coli*

และ *E. coli* O157:H7 ซึ่งอาจมาจากการทำความสะอาดที่ไม่ทั่วถึง รวมไปถึงน้ำแข็งที่ทำการเก็บรักษา (Lin, Fernando and Wei, 1996)

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์นอกจากกระบวนการผลิต ระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา รวมไปถึงการจำหน่าย ยังอาจเกิดการปนเปื้อนจากการล้างก่อนนำไปบริโภคมีรายงานว่าการล้างด้วยน้ำประปานอกจากจะไม่ทำให้ปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนมากับผลิตผลลดลงแล้วอาจทำให้มีการปนเปื้อนมากขึ้นอีกด้วย มีรายงานการเกิดโรคระบาดอันเนื่องมาจากอาหารเป็นพิษส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากผักสดพร้อมบริโภคที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *E. coli* O157:H7 และ *Salmonella* ในผักและผลไม้ (Tauxe, 1991)

4. เชื้อที่มีการปนเปื้อนในผักและผลไม้สด

ผักและผลไม้สดมักติดเชื้อแบคทีเรีย ราและไวรัส โดยเข้าสู่เนื้อเยื่อในขณะที่ผักและผลไม้กำลังเจริญและในระยะหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อเกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อจะทำให้ติดเชื้อได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์มาสามารถเจริญได้ใน แป้ง น้ำตาล โปรตีน และเกลือแร่ที่ละลายน้ำ ซึ่งซึมออกมาจากผักและผลไม้

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและเป็นสาเหตุให้ผักและผลไม้เกิดการเน่าเสียนั้นมักติดมาจากดิน ฝุ่นละออง และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ แบคทีเรียที่ติดมาจากดินส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ ผลไม้และผักที่มีน้ำตาลมากมักเน่าเสียเนื่องจากราและยีสต์ ส่วนผักที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบเหมาะสำหรับแบคมีเรียสร้างกรด (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544) แบคทีเรียที่ก่อโรคนั้นสามารถพบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่อยู่บนใบนั้นจะอยู่ในส่วนที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของปากใบ ส่วนฐานของไตรโครม (trichomes) ชั้นของ อิพิเดอมอล (epidermal) และในส่วนของท่อลำเลียง (Beattie and Lindow, 1999) จากการศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของใบกะหล่ำปลีซึ่งยังไม่ได้ทำการล้างพบว่าบริเวณผิวชั้นบนและล่างนั้นมีแบคทีเรียและเศษซากอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อทำการล้างด้วยน้ำประปานั้นจะสามารถที่จะลดจำนวนของแบคทีเรียและเศษซากออกจากบริเวณผิวหน้าของใบที่ไม่มีการกำบังออกได้ อย่างไรก็ตามยังพบเชื้อแบคทีเรียอยู่เป็นจำนวนมากในชั้นของอิพิเดอมอลและรอบพับต่อ (Adams, Hartley, and Cox, 1989) นอกจากนี้ยังมีรายงานการพบ *Escherichia coli* O157:H7 ในผักและผลไม้ที่บริเวณผิวหน้าของใบกะหล่ำ แครอทหั่น แตงกวา เมลอน กะหล่ำปลีหั่นฝอย (Abdul-Raouf, et al., 1993; Del Rosario and Beuchat, 1995; Gleeson and O'Beirne, 2005; Seo and Frank, 1999) *Salmonella* typhimurium ในเนื้อดิบ ผลิตภัณฑ์นม ผัก และน้ำ (Bopp, et al., 2003; Franz, et al., 2005; Johannessen, et al., 2005; Sivapalasingam, et al., 2004)

Escherichia coli เป็นแบคทีเรียที่ตั้งชื่อตามที่อยู่ คำว่า coli มาจาก colon หมายถึงอยู่ในลำไส้ ฉะนั้น *Escherichia coli* จึงเป็นแบคทีเรียที่พบมากในลำไส้ของคนและสัตว์ และในบางครั้งพบในน้ำใช้

และน้ำดื่ม ในสัตว์ทะเลจำพวกหอย นมและอาหารอื่น ๆ จัดเป็นแบคทีเรียที่อยู่ใน Family *Enterobacteriaceae* ในกลุ่ม Coliform bacteria แบคทีเรียชนิดนี้เมื่อออกนอกร่างกายจะมีอายุได้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์เท่านั้น ไม่สามารถมีชีวิตแบบอิสระได้ ดังนั้นถ้าตรวจพบเชื้อ *Escherichia coli* ในที่อื่น ๆ แสดงว่าเกิดจากการปนเปื้อนจากของเสียซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปบริโภคเนื่องจากอาจมีจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคในทางเดินอาหารอื่น ๆ ที่ติดมาจากของเสียปนเปื้อนตามมาด้วย เช่น *Vibrio cholerae* Hepatitis virus เชื้อ *Escherichia coli* ตามปกติเมื่ออยู่ในลำไส้จะไม่ก่อโรคแต่จะเกิดประโยชน์ให้กับ host โดยช่วยสังเคราะห์วิตามิน B และ K แต่ถ้าอยู่นอกระบบทางเดินอาหารด้วยสาเหตุใดก็ตาม *Escherichia coli* จะสามารถก่อโรคได้ที่อวัยวะนั้น ๆ ซึ่ง *Escherichia coli* เป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของโรคติดต่อที่เกิดจากแบคทีเรียกลุ่ม gram–negative bacilli *Escherichia coli* ก่อให้เกิดโรคดังนี้ คือ โรคติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ โรคทั่วไป เช่น การติดเชื้อที่บาดแผล ทางเดินถุงน้ำดี ติดเชื้อที่ตับ การติดเชื้อที่กระแสเลือด และอุจจาระร่วง (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2539)

จากรายงานการสำรวจของอดิสร เสวตวิวัฒน์ และปรีชา จึงสมานุกุล (2538) ตรวจพบ *Salmonella* และ *Listeria monocytogenes* ในผักที่วางจำหน่ายในตลาดและห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพฯ จำนวน 80 ตัวอย่าง จากผักที่นิยมรับประทานสด 6 ชนิด (ต้นหอม ผักกาดหอม สะระแหน่ กะหล่ำปลี ผักชี และโหระพา) ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พบ *Salmonella* จำนวน 7 ตัวอย่าง พบมากที่สุดใน สะระแหน่ รองลงมา คือ โหระพา กะหล่ำปลี และผักกาดหอม ส่วน *Listeria monocytogenes* พบ 3 ตัวอย่างจาก ผักกาดหอม ผักชี และสะระแหน่

Szabo, et al. (2000) ได้รายงานการตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผักกาดหั่นและบรรจุขายในถุงพลาสติกในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ 10^3-10^9 cfu/g จากจำนวนสุ่มตรวจ 120 ตัวอย่าง ซึ่งในจำนวนที่ตรวจพบนั้นเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่สามารถเพิ่มจำนวนได้แม้ว่าเก็บไว้ในตู้เย็นถึง 3 ชนิด คือ *Listeria monocytogenes* พบจาก 3 ตัวอย่าง *Aeromonas hydrophila* พบ 66 ตัวอย่าง และ *Yersinia enterocolitica* 71 ตัวอย่าง

จากสรุปรายงานปัญหาการนำเข้า/ส่งออกสินค้าเกษตรของไทยประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2552 (กรมวิชาการเกษตร, 2552) พบรายงานการแจ้งข้อมูลสินค้าที่มีปัญหาจากประเทศไทย 11 รายการ ซึ่งเป็นปัญหาการตรวจพบ *Salmonella* ในสินค้าการเกษตรถึง 4 รายการ โดยพบในใบบัวบก ผักแพร้ว ใบโหระพา และใบชะอม โดยแจ้งพบจากประเทศเนเธอร์แลนด์ทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีรายงานการแจ้งเตือนของสหภาพยุโรป (EU) พบสินค้าทางการเกษตร-อาหารที่มีปัญหารวมทั้งหมด 294 รายการ ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเดือนมกราคมในปีเดียวกัน (เดือนมกราคม 2552 พบ 248 รายการ) แบ่งเป็นสินค้าที่ได้มีการวางขายในท้องตลาดแล้ว 64 รายการ สินค้าที่ยังไม่ได้มีการวางขายในท้องตลาด 84 รายการ และสินค้าที่ถูกควบคุม ณ ด่านนำเข้า 149 รายการ โดยที่ 87 รายการเป็นสินค้าที่มีปัญหาจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์หรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ (รวมถึงการพบปรสิต ซากแมลง มูลสัตว์ อาหาร

เน่าเสีย อาหารเป็นพิษประเภทต่าง ๆ) ซึ่งส่วนมากเป็นการตรวจพบ *salmonella* พบมากถึง 40 รายการ ถัดมาคืออาหารเน่าเสีย 19 รายการ เชื้อปรสิต 10 รายการ *Listeria monocytogenes* 5 รายการ พบซากสัตว์และแมลง 5 รายการ นอกนั้นเป็นปัญหาการตรวจพบ *Escherichia coli Enterobacteriaceae Bacillus cereus* แบคทีเรียและเชื้อราอื่น ๆ อีก 8 รายการ

จากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่หลงเหลือบนผักและผลไม้ ย่อมสามารถส่งผลไปยังผลิตภัณฑ์สดที่แปรรูปต่อไป ซึ่งในจุดนี้จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเป็นอย่างมากดังนั้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้จึงจำเป็นที่จะต้องมีการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคเพื่อให้อาหารที่ได้มีความปลอดภัย

5. การควบคุมจุลินทรีย์โดยใช้สารเคมี

การตายของจุลินทรีย์เนื่องมาจากสารเคมี เมื่อนำข้อมูลระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตเมื่อได้รับความเข้มข้นของสารเคมีในระดับหนึ่ง ๆ และเวลามาสร้างกราฟบนกระดาษเซมิลอก (semi–log paper) จะทำให้ได้กราฟที่มีลักษณะเช่นเดียวกับการตายของจุลินทรีย์เนื่องมาจากความร้อน โดยเวลาที่สารเคมีสัมผัสกับจุลินทรีย์นั้นเรียกว่า contact time เมื่อเส้นกราฟผ่าน 1 วงจรลอก (1 log cycle) จะทำให้ได้ค่า D ของสารเคมีชนิดหนึ่ง ๆ ซึ่งหมายถึงเวลาที่สารเคมีสัมผัสกับจุลินทรีย์และทำให้จุลินทรีย์นั้นลดจำนวนลงร้อยละ 90 กลุ่มของสารเคมีประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์ยกตัวอย่างเช่น ฮาโลเจน (halogens) กรดอินทรีย์ (organic acids) ด่าง (alkalis) กรด อนินทรีย์ (inorganic acids) โอโซน (ozone) สารปฏิชีวนะ (antibiotics) ยาต้านจุลชีพสังเคราะห์ (synthetic antimicrobial drugs) เป็นต้น

เนื่องจากสารเคมีต่าง ๆ ที่กล่าวมามีความเป็นพิษ (toxicity) ต่อมนุษย์แตกต่างกันจึงไม่สามารถนำมาใช้ในอาหารหรืออุตสาหกรรมได้ทั้งหมด สารเคมีที่นำมาใช้กับอาหารนั้นจะต้องไม่เป็นพิษในปริมาณที่ใช้ได้ รวมทั้งไม่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติเนื่องจากตัวสารเองหรือเมื่อทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของอาหาร เช่น คลอรีนที่ทำปฏิกิริยากับแทนนินในเบียร์ทำให้เกิดกลิ่นของฟีนอลที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (ธีรพร กงบังเกิด, 2546)

6. กลไกการทำลายจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก กรดซิตริกและทาร์ทาริก มักพบในผลไม้ตามธรรมชาติและสามารถยับยั้งแบคทีเรียส่วนใหญ่ รวมทั้งกรดแลกติกและอะซิติก ที่สร้างจากจุลินทรีย์บางชนิดจะให้ผลเช่นเดียวกัน กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) สร้างโดย *Propionibacterium* spp. ที่มีในเนยแข็ง และกรดเบนโซอิก (benzoic acid) พบในแครนเบอรี่ (cranberries) จุลินทรีย์ต่าง ๆ จะดูดซึมกรดเหล่านี้เข้าไปในเซลล์ในรูปของกรดที่ไม่แตกตัว และเข้าไปแตกตัวภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้ค่า pH

ภายในเซลล์ลดลงและส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) จากการพยายามรักษาระดับ pH ไว้ให้เป็นกลางเพื่อความอยู่รอด เซลล์จุลินทรีย์จะทำการขับไล่โปรตอนออกจากเซลล์ โดยแบ่งพลังงานบางส่วนเพื่อจัดการโปรตอน ซึ่งทำให้เซลล์เสียพลังงานไปมาก (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Hunter and Segel, 1973) นอกจากนี้เมื่อระบบถูกกระตุ้นต่อเนื่องสันนิษฐานว่าระบบการสร้าง Adenosine triphosphate (ATP) และการลำเลียงเซลล์ด้วยวิธี Active transport จะถูกส่งผลกระทบไปด้วยซึ่งจะส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Eklund, 1983; Eklund, 1985) และส่งผลต่อกระบวนการเมเทบอลิซึมทำให้เซลล์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สำหรับปริมาณการแตกตัวของกรดชนิดต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น ดังนั้นกรดต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งทำลายจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดในสภาพที่เป็นกรด ซึ่งจะมีปริมาณกรดที่ไม่แตกตัวอยู่มาก กรดอินทรีย์เหล่านี้มักใช้ในการควบคุมยีสต์และเชื้อรา เช่น กรด โพรพิโอนิก นอกจากนี้ยังมีการใช้สำหรับป้องกันการเกิดเมือก (ropiness) ในขนมปังที่เกิดจาก *Bacillus subtilis* (ธีรพร กงบังเกิด, 2546)

กรดอินทรีย์เป็นกรดที่พบจากอาหารทั่วไปในธรรมชาติ ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายในการใช้เป็นสารถนอมอาหาร คุณสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์นั้นจะมีพื้นฐานจากความสามารถในการลดค่า pH ในอาหาร ซึ่งเมื่อ pH มีค่าต่ำว่า 4.0 กรดจะจำกัดการเจริญเติบโตของเชื้อ โดยกรดจะทำการเจาะเข้าไปในชั้นของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ในรูปของกรดที่ไม่แตกตัวเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำให้เซลล์ตายโดยทำให้เกิดการแยกตัวและเปลี่ยนสภาพให้เป็นกรดของไซโตพลาสซึม กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์นั้นจะเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ความสามารถในการเลือกผ่านการขนส่งแร่ธาตุ สารอาหารและกระบวนการเผาผลาญพลังงาน (Samelis, Greece and Sofos, 2003) โดยมากแล้วจะเน้นไปที่การทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้สมบัติการยอมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลงไป มีผลให้องค์ประกอบภายในของเซลล์รั่วไหลออกมา ซึ่งเมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายจะมีผลต่อการชะงักการเจริญเติบโตของเซลล์และนำไปสู่การตายของเซลล์ในที่สุด (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544)

กรดอะซิติก (Acetic Acid)

เป็นของเหลวไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ใช้ละลายน้ำทำให้เกิดความเปรี้ยว ในน้ำส้มสายชูมีส่วนประกอบของกรดอะซิติกประมาณร้อยละ 4-5 มีค่า pH ประมาณ 2.5 นิยมใช้เพิ่มความเปรี้ยว ความหอม ปรุงแต่งรสอาหาร ได้รับการรับรองให้ใช้ได้ตามความเหมาะสมโดยมาตรฐานของสาธารณรัฐประชาชนจีน Nation standard (GB 2760-96) องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO) FEMA (Flavor and Extract Manufacturers' Association) และองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (United States Food and Drug Administration; USFDA) (สุกิจ นววงศ์, 2548) มีรายงานการศึกษาเรื่องความสามารถของกรดอินทรีย์ที่ช่วยลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคมาเป็นจำนวนมาก ในปี 1994 Hwang และ Beuchat ได้ทำการศึกษาผลของกรด

แลกติกและโซเดียมเบนโซเอทในน้ำล้างไก่เพื่อที่จะลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียในไก่ที่จะทำการผลิต โดยทำการทดสอบกับ *Salmonella Campylobacter jejuni Listeria monocytogenes Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* O157:H7 ที่กำหนดปริมาณเชื้อเริ่มต้นไว้ที่ 10^9 cfu/ml. หลังจากนั้น การล้างเพื่อลดปริมาณของเชื้อแบคทีเรียด้วยการล้างน้ำที่เป็นชุดควบคุมและชุดทดสอบที่เป็นสารละลายกรดแลกติก 5% ผสมสารละลายโซเดียมเบนโซเอท 0.05% โดยใช้ไก่แช่แข็งจากซุปเปอร์มาเกตมาทำการทดลองทำการล้างเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปทำการทดสอบเพื่อศึกษาปริมาณการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย ผลการศึกษาพบว่าการใช้สารละลายร่วมระหว่างกรดแลกติกและโซเดียมเบนโซเอทสามารถที่จะลดปริมาณของเชื้อที่ทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี 1998 Beuchat และคณะ ได้ทำการทดสอบการลดปริมาณจุลินทรีย์โดยฉีดพ่นสารละลายคลอรีนความเข้มข้นประมาณ 2,000 ppm. ในแอปเปิล ฝรั่งหั่นชิ้นและผักกาด โดยให้ระยะเวลาการสัมผัสผักผลไม้นาน 1 - 10 นาที ปรากฏว่าสามารถลดปริมาณ *Salmonella Escherichia coli* O157:H7 และ *Listeria monocytogenes* ได้ หรืออาจจะมีการใช้สารเคลือบผิวผลไม้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เช่น ใช้ไข (wax) ไฮโปคลอไรท์ (Hypochlorite) ไบเฟนิล (biphenyl) และด่าง (base) หรือใช้ก๊าซในการเก็บรักษา ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) โอโซน (ozone) และเอธิลีนผสมสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนผสมอยู่

ในปี 2545 ได้มีการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์จากผักสดที่ผ่านการล้างด้วยวิธี Rinse test พบว่าถึงจะผ่านการล้างแล้วก็ตาม ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในตัวอย่างก็ยังคงสูงอยู่ในช่วง 10^4-10^6 cfu/g และหากมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในกลุ่มเชื้อ เช่น Pathogenic *Escherichia coli Salmonella* sp. *Shigella* sp. ฯลฯ การล้างด้วยน้ำธรรมดาไม่สามารถลดการปนเปื้อนได้ (วราภา มหากาญจนกุล และปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2545 อ้างอิงใน สาวิตรี วทัญญูไพศาล, 2548)

Dubal, et al. (2003) ทดสอบกรดอินทรีย์ที่เป็นเกรดผสมอาหารในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus Listeria monocytogenes Escherichia coli* และ *Salmonella* typhimurium ในเนื้อแพะและแกะแช่เย็น เนื้อที่ทำการทดสอบจะผ่านการสเปรย์น้ำด้วยความร้อน 90 °C ก่อนที่จะนำไปป้ายเชื้อเริ่มต้นที่กำหนดจำนวนเริ่มต้นไว้ที่ 10^3 cfu/ml. หลังจากนั้นทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที ก่อนนำไปศึกษาผลของกรดโดยการสเปรย์ กรดที่ใช้ในการศึกษาคือกรดแลกติก 2% และกรดที่ผสมระหว่าง กรดแลกติก 1.5% กับกรดโพรพิโอนิค 1.5% เป็นชุดทดลอง ผลการศึกษาพบว่าการใช้กรดแลกติกและกรดผสมนั้นสามารถลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์โดยรวมได้โดยลดจำนวนได้ถึง 0.52 และ 1.16 $\log_{10}$ cfu/g (Dubal et. al., 2003)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษากรดอินทรีย์จากธรรมชาติโดยตรง เช่น การใช้น้ำมะนาว น้ำส้มสายชูเพื่อยับยั้ง *Salmonella* typhimurium น้ำส้มสายชูจากข้าวในการยับยั้ง *Escherichia coli* O157:H7

และ *Salmonella enterica* serovars Typhimurium อีกด้วย (Sengun and Karapinar, 2004; Chang and Fang, 2006)

Sengun and Karapinar (2004) ได้ศึกษาการใช้กรดจากธรรมชาติในการลดจำนวน *Salmonella* typhimurium ในแครอท โดยใช้น้ำมะนาวคั้นสด (ประกอบด้วยกรดซิตริก 4.46% v/v) น้ำส้มสายชู และสารละลายผสมระหว่างน้ำมะนาวและน้ำส้มสายชู (ประกอบด้วยกรดอะซิติก 4.03% v/v) ในอัตราส่วน 1:1 ทดสอบกับแครอทหั่นชิ้นที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยจุ่มลงในสารละลายแอลกอฮอล์ 70% หลังจากนั้นทำการปลูกเชื้อเริ่มต้นที่ 10^8 cfu/ml แล้วจึงทำการทดสอบด้วยกรด โดยการใช้แครอทหั่นชิ้นแช่กรดอินทรีย์เป็นเวลา 0 15 30 และ 60 นาที จากการทดสอบพบว่ากรดอินทรีย์ผสมนั้นมีความสามารถในการลดจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ที่ทำการทดสอบได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยที่การแช่ตัวอย่างตั้งแต่เวลา 30 นาทีขึ้นไปจะตรวจไม่พบ *Salmonella* typhimurium รองลงมา คือ กรดจากน้ำมะนาวคั้นสดและน้ำส้มสายชู ตามลำดับ (Sengun and Karapinar, 2004)

Chang and Fang (2006) ได้ศึกษาการใช้กรดอินทรีย์จากธรรมชาติเช่นกัน แต่เป็นการศึกษาความสามารถของกรดน้ำส้มสายชูที่ทำจากข้าว (มีส่วนประกอบของกรดอะซิติก) ต่อเชื้อ *Escherichia coli* O157:H7 และ *Salmonella enterica* serovars typhimurium โดยทำการศึกษาในกะหล่ำปลีหั่นซึ่งปลูกเชื้อตั้งต้นที่ 10^8 cfu/ml ทดสอบด้วยน้ำส้มสายชูจากข้าวที่ผ่านการควบคุมความเข้มข้นของกรดอะซิติกให้อยู่ที่ 0 0.05 0.5 และ 5% ซึ่งพบว่าการใช้น้ำส้มสายชูจากข้าวที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 5% สามารถที่จะลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ได้สูงที่สุด (Chang and Fang, 2006)

7. กลไกการทำลายจุลินทรีย์ของเกลืออินทรีย์

ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเกลืออินทรีย์นั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ความความสามารถในการซึมผ่านและผลของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_W) สำหรับเกลือของกรดอินทรีย์นั้นส่วนมากจะมีค่า pH อยู่ค่อนข้างเป็นกลางจึงไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของ pH ภายในและภายนอกของเซลล์แบคทีเรียมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม Inhibition mechanism จะเป็นไปตามทฤษฎีดังที่เกิดในกรดอินทรีย์ แต่ในกรณีของเกลืออินทรีย์แล้วการแตกตัวนั้นจะเกิดขึ้นใน aqueous phase เป็นส่วนมาก และในส่วนของค่า A_W นั้นส่วนของไอออนลบที่แตกตัวออกและละลายในน้ำนั้นจะส่งผลให้ค่า A_W ลดลง (Miller,1992; Nolan, Chamblin, and Troller,1992; Shelef, 1994)

จุลินทรีย์ทุกชนิดต้องการสารอาหารจากน้ำที่อยู่ล้อมรอบ ดังนั้นจึงต้องการน้ำมากว่า 80-90% สำหรับใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นมากว่าภายในเซลล์ น้ำภายในเซลล์จะไหลออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นมากกว่าเป็นผลทำให้เซลล์เหี่ยว (plasmolysis) ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์หดตัวแยกจากผังเซลล์ส่งผลให้การเจริญถูกยับยั้งทำ

ให้จุลินทรีย์เติบโตช้าลงหรือเกิดการตายได้ (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549; Tortora, Funke, and Case, 2006)

โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride)

มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาว สามารถละลายน้ำได้ มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-8.5 ใช้ในการปรับปรุงรสชาติเพื่อให้ความเค็ม ใช้เป็นสารกันบูด โดยทั่วไปใช้ที่ร้อยละ 1.5-2.0 ซึ่งองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (United States Food and Drug Administration; USFDA) จัดอยู่ในกลุ่มของ GRAS (Generally Recognized as Safe)

จากรายงานการศึกษาความสามารถในการลดปริมาณจุลินทรีย์ด้วยสารละลายเกลืออินทรีย์หลายชนิด เช่น โซเดียมอะซิเตท โซเดียมแลกเตท โซเดียมซิเตรท ที่ระดับความเข้มข้น 2-4% สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น Arcobacter butzleri NCTC 12481 Bacillus cereus Clostridium perfringens Listeria monocytogenes ได้ (Aran, 2007; Bedie, et. al. 2001; Khalid, 2007; Miller and Acuff, 1994; Shelef, 1994)

Scannell, et al. (1997) พบว่าเมื่อผสมโซเดียมแลกเตทกับไนซินจะมีประสิทธิภาพในการช่วยลดจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์และเพิ่มการป้องกันการถูกปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูสด (Scannell, et al., 1997) และจากการศึกษาของ Wang ในปี 2000 รายงานว่าการใช้โซเดียมแลกเตท 3% ในไส้หรอกแบบจีนที่ถูกบรรจุในสภาพสุญญากาศแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าโซเดียมแลกเตทจะยับยั้งจุลินทรีย์และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเป็น 25 วัน (Wang, 2000)

Mbandi and Shelef (2001) กล่าวว่าเมื่อใช้โซเดียมแลกเตท 1.8% สามารถลดอัตราการเจริญของ Salmonella ได้ และเมื่อใช้โซเดียมแลกเตทร่วมกับโซเดียมไดอะซิเตท 0.2% พบว่าสามารถเพิ่มความปลอดภัยในเนื้อพร้อมบริโภคที่ถูกเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมและในตู้เย็นได้ (Mbandi and Shelef, 2001)

Cegielska-Radziejewska and Pikul (2004) ได้ทำการศึกษาผลของโซเดียมแลกเตทในการใช้กับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่บรรจุในผลิตภัณฑ์ที่ดัดแปลงบรรยากาศ พบว่าการใช้โซเดียมแลกเตท 1% ให้ผลใกล้เคียงกับการใช้ที่ 2% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส ได้ประมาณ 3-4 เท่าตามลำดับ โดยไส้กรอกไก่ที่มีอายุการเก็บรักษาสูงสุดคือไส้กรอกไก้ที่เติมโซเดียมแลกเตท 2% แล้วนำไปบรรจุไนโตรเจน (Cegielska-Radziejewska and Pikul, 2004)

8. การใช้ความร้อน (heat) ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร

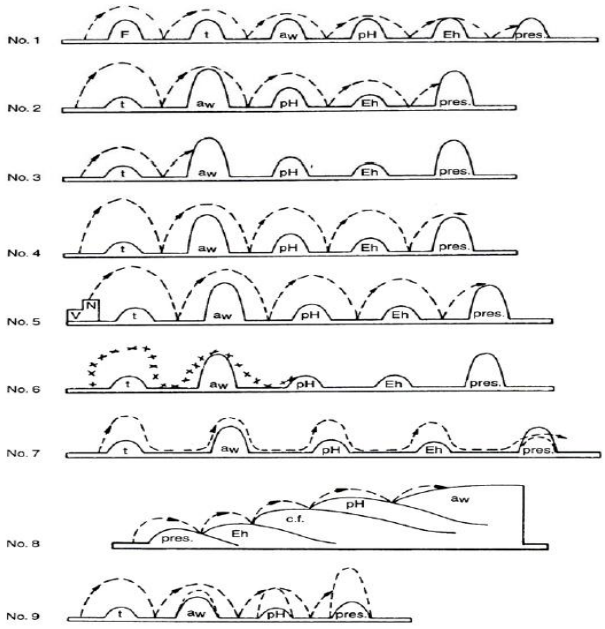
การพาสเจอไรส์และการสเตอริไลส์อาหารเป็นกระบวนการแปรรูปที่สำคัญและนิยมใช้กันมาอย่างต่อเนื่อง การทนต่อความร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสปีซีส์ (species) หรือสายพันธุ์ (strain) รวมทั้งสภาวะที่เป็นเซลล์ปกติ (vegetative cell) หรือสปอร์ (spore) ค่า D (D – values) ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ความร้อนในการทำให้จุลินทรีย์ลดลง 90% หรือ 1 วงจรลอก (log cycle) ของจุลินทรีย์บางชนิดแสดงดังตารางที่ 6.8 จากตารางจะเห็นว่า *Campylobacter jejuni* เป็นเชื้อที่ทนร้อนได้ต่ำที่สุด โดยมีค่า D เพียงไม่กี่วินาทีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสามารถทำลายเชื้อนี้ได้โดยใช้การพาสเจอไรส์ในขณะที่พวกเอนเทอโรคอคไค (enterococci) บางชนิด มีค่า D สูงกว่ามาก ซึ่งจะสามารถรอดชีวิตและทำให้อาหารที่ผ่านการพาสเจอไรส์เกิดการเสื่อมเสียได้ จุลินทรีย์จำพวกยีสต์และเชื้อรามีความทนต่อความร้อนอยู่ระหว่างเซลล์แบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรีย แต่แอสโคสปอร์ของเชื้อรา *Byssochlamys* และ *Talaromyce* จะมีความทนต่อความร้อนสูงใกล้เคียงสปอร์แบคทีเรียที่ทนความร้อนในระดับต่ำ ดังนั้นเชื้อนี้จึงเป็นเชื้อที่พบเสมอในการทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสีย ในส่วนของสปอร์แบคทีเรียนั้นพบว่าสปอร์ของ *Clostridium botulinum* type E ทนต่อความร้อนได้ต่ำสุดในขณะที่สปอร์ของ *C. botulinum* type A จะมีค่า D ประมาณ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ในส่วนของประเทศที่กำลังพัฒนาพบว่าการใช้ความร้อนในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารเป็นกระบวนการที่สำคัญและใช้มากในการทำลายหรือยับยั้งจุลินทรียท์ี่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย แต่โดยส่วนใหญ่แล้วมักกระทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากขาดแคลนอุปกรณ์ในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นการพาสเจอไรส์ในประเทศต่าง ๆ ดังกล่าว ซึ่งมีภูมิอากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษได้ดีและขาดแคลนกระบวนการทำความเย็นแบบต่อเนื่อง จึงต้องกระทำด้วยความระมัดระวังมากกว่าในประเทศอุตสาหกรรม (ธีรพร กงบังเกิด, 2547)

9. เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology)

แนวคิดของการใช้เฮอร์เดิลเป็นการนำปัจจัยหรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มความคงตัว (stability) ความปลอดภัยและคุณภาพของอาหาร เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารและยังสามารถคงคุณลักษณะที่ดีทางประสาทสัมผัสไว้ได้ ผลของเฮอร์เดิลเป็นความสำคัญพื้นฐานในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร เฮอร์เดิลหรือปัจจัยที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารนั้นจะต้องสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ปกติในอาหารแต่ละชนิดไว้ได้ การใช้ผลของเฮอร์เดิลอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถก้าวข้ามปัจจัยที่นำมาใช้ ไม่เช่นนั้นอาหารจะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และอาจทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ ตัวอย่างผลของเฮอร์เดิลแสดงดังภาพ 1 (Leistner and Gould, 2002)

เทคโนโลยีเฮอร์เดิลเป็นการเลือกใช้ปัจจัยหรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมในอาหารแต่ละชนิด เพื่อการควบคุมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย และเทคโนโลยีนี้ไม่ได้เน้นเพียงการควบคุมจุลินทรีย์เท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับการรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารรวมทั้งความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตอาหารและการขนส่งอีกด้วย การเสื่อมคุณภาพของอาหารอาจเกิดขึ้นได้ในหลายขั้นตอนตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยววัตถุดิบจนถึงการนำอาหารมาบริโภค เช่น ในช่วงการเจริญของพืชหรือสัตว์ สภาวะในการเก็บเกี่ยวหรือการฆ่าสัตว์ การเก็บรักษาวัตถุดิบที่ได้จากพืชหรือสัตว์ การขนส่งการพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การบรรจุ การจำหน่าย การเก็บรักษาภายในครัวเรือนและการนำไปบริโภค (ธีรพร กงบังเกิด, 2547)



การใช้ความร้อน (F); การแช่เย็น(t); วอเตอร์แอคติวิตี้ (aw); ความเป็นกรด (pH), รีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh); การใช้สารกันเสีย (pres.); วิตามิน (V); สารอาหาร (N); จุลินทรีย์คู่แข่ง (c.f.)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลของเฮอร์เดิล

ที่มา: ดัดแปลงจาก Leistner and Roedel, 1976

ปัจจุบันเป็นที่ทราบแล้วว่าการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยส่วนใหญ่นั้น มิได้มีเพียงปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความคงตัวและความปลอดภัยของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ แต่เกิดจากผลรวมของหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ที่นำมาใช้เพื่อการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารเหล่านี้เรียกว่าเฮอร์เดิล (hurdles) (Leistner and Roedel, 1976 อ้างอิงใน ธีรพร กงบังเกิด, 2547) และต่อมาได้มี

รายงานเกี่ยวกับผลของเฮอร์เดิล (hurdle effects) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายมากขึ้นเมื่อแสดงให้เห็นภาพของปฏิกิริยาที่ซับซ้อนของการใช้ปัจจัยหลายปัจจัยในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร แนวคิดเฮอร์เดิลรวมไปถึงผลของการใช้ปัจจัยหลายปัจจัยที่อาจให้ผลเรียงตามลำดับ หรือให้ผลในเวลาเดียวกัน รวมทั้งปัจจัยที่ใช้ ได้แก่ ปัจจัยภายใน ปัจจัยภายนอก ปัจจัยจากกระบวนการแปรรูป และมีความเฉพาะในอาหารชนิดหนึ่ง ๆ จากผลของเฮอร์เดิลดังกล่าว ทำให้เกิดเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายไม่เพียงแต่ทำให้อาหารเกิดความปลอดภัยและคงตัว แต่ยังปรับปรุงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยการเลือกใช้สภาวะหรือปัจจัยที่เหมาะสมและดัดแปลงเฮอร์เดิลที่มีอยู่อย่างฉลาด ขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาคือการมุ่งผลิตอาหารที่ไม่เพียงแต่มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์และมีความคงตัว แต่ยังต้องคงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการไว้ ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นคุณภาพโดยรวมของอาหารนั่นเอง (Leistner,1994 อ้างอิงใน ธีรพร กงบังเกิด, 2547)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ตัวอย่างผักที่ใช้การทดลอง

ตัวอย่างผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่ใช้ในการทดลองจากตลาดสดเทศบาล 2 จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C จนกว่าจะทำการทดสอบ ทำการทดสอบภายในเวลา 4 ชั่วโมง ทำการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับผักด้วยการอาบแสง UV เป็นระยะเวลา 10 นาที ก่อนการทดลอง

2. เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* ATCC 25922 ที่ใช้ในการทดสอบได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย จังหวัดปทุมธานี

3. วิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ทำการเลี้ยงเชื้อ บนอาหารแข็ง Tryptic soy agar (TSA) ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำไปเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ทำการถ่ายเชื้อทุก 1 เดือน

4. วิธีการเตรียมเซลล์แขวนลอย

ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 3 ชนิด ในอาหารเหลว Tryptic soy borth (TSB) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทำการถ่ายเชื้อบริสุทธิ์ 20 มิลลิลิตร ลงขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุอาหารเหลว TSB ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ในตู้บ่มชนิดควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 °C หลังจากนั้นทำการเก็บเกี่ยวเซลล์โดยการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์แบบควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 นาที ล้างเซลล์ที่ได้ด้วยสารละลายเปปโทนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/v) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง ทิ้งสารละลายส่วนใส นำเซลล์ที่ตกตะกอนมาทำการปรับปริมาตรด้วยสารละลายเปปโทนอีกครั้งให้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 200 มิลลิลิตร นำเซลล์แขวนลอยที่ได้ไปใช้ในการปลูกถ่ายลงบนผักกาดหอมโดยการสเปรย์ในอัตราส่วน 1:10 (v/w)

5. การเตรียมสารละลายทดสอบ

สารลายที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 2 ชนิด คือ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 และสารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5

6. การควบคุมอุณหภูมิของสารละลาย

สารละลายที่ทำการทดลองทำการปรับอุณหภูมิด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส

7. วิธีการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

การตรวจปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ทำการตรวจสอบโดยใช้เทคนิคสเปรดเพลท (spread plate) บนอาหาร violet red bile agar (VRB Agar) (HiMedia; India) ที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแบ่งแยกและคัดเลือก (selective and differential media) โดยทำการคัดเลือกโคโลนีที่มีลักษณะสีแดงชมพูและเกิดตะกอน

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การเตรียมเซลล์แบคทีเรียแขวนลอย

การเตรียมเซลล์แขวนลอยของ *Escherichia coli* ATCC 25922 เพื่อใช้เป็นเชื้อตั้งต้น โดยทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในอาหารเหลว ทริปติกซอย (Tryptic soy borth; TSB) จากการนั้นทำการแยกเซลล์ออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบ/ นาที โดยใช้อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา10 นาที พบว่ามีปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 เท่ากับ 8.27±0.01 $\log_{10}$cfu/g

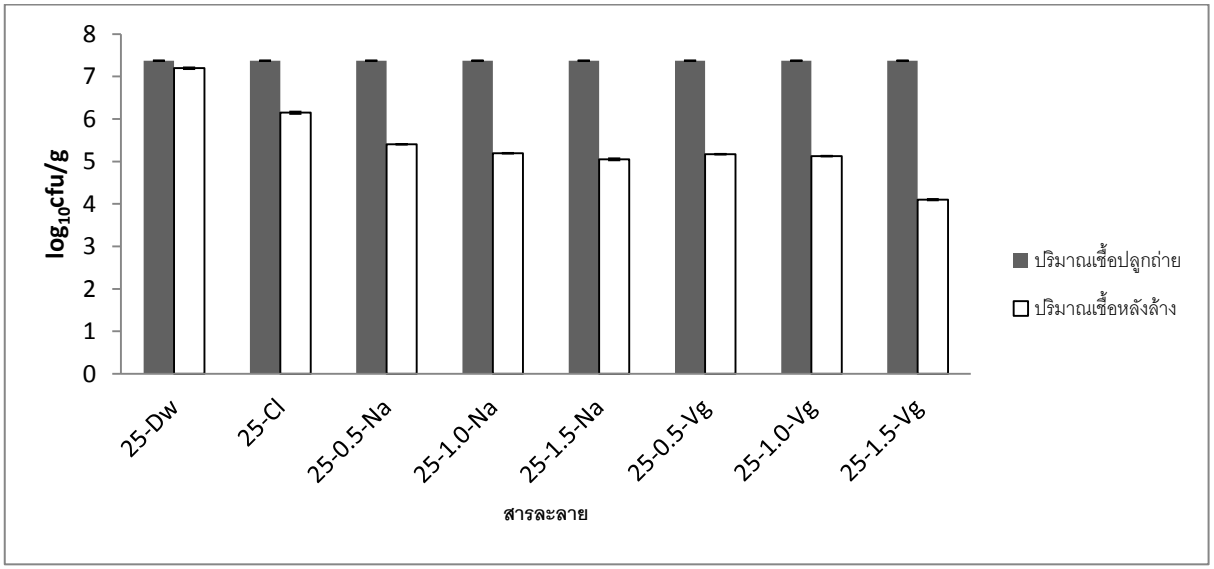
2. ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และน้ำส้มสายชู ต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม

เมื่อนำเซลล์แขวนลอย *E. coli* ATCC 25922 ไปปลูกถ่ายลงบนผักกาดหอมโดยวิธีการสเปรย์เซลล์แขวนลอยบนผักกาดหอมในอัตราส่วน 1:10 (v/w) พบว่ามีปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ที่สามารถยึดติดกับผักกาดหอมเท่ากับ 7.37±0.01 $\log_{10}$cfu/g หลังจากนำไปแช่ในสารละลายทดสอบเป็นเวลา 1 นาที โดยทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 25°C เพื่อตรวจนับปริมาณเชื้อที่เหลือรอดจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม [น้ำกลั่นปลอดเชื้อ (Dw) เป็นสารละลายควบคุมลบและสารละลายคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 120 ppm (Cl) เป็นสารละลายควบคุมบวก] และชุดทดสอบ [สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 (25-0.5-Na) 1.0 (25-1.0-Na) 1.5% (25-1.5-Na) สารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้น 0.5 (25-0.5-Vg) 1.0 (25-1.0-Vg) 1.5% (25-1.5-Vg)] การผลการศึกษาพบว่าปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ที่เหลือรอดบนผักกาดหอมหลังจากการแช่ในสารละลายมีปริมาณเท่ากับ 7.19±0.02 ($\overline{X}$ ±s.d.) 6.15±0.03 5.40±0.01 5.19±0.01 5.05±0.02 5.17±0.01 5.12±0.01 และ 4.10±0.01 $\log_{10}$cfu/g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณที่ลดลงพบว่าสามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้ 0.17±0.03 1.22±0.04 1.96±0.02 2.17±0.01 2.32±0.01 2.19±0.02 2.24±0.01 และ 3.26±0.01 $\log_{10}$cfu/g ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบ เป็นเวลา 1 นาที

เชื้อตั้งต้น (log_{10}cfu/g)	สารละลาย	ปริมาณเชื้อรอดชีวิต (log_{10}cfu/g)	ปริมาณเชื้อที่ลดลง (log_{10}cfu/g)
7.37±0.01	25-Dw	7.19±0.02^{g}	0.17±0.03^{a}
	25-Cl	6.15±0.03^{f}	1.22±0.04^{b}
	25-0.5-Na	5.40±0.01^{e}	1.96±0.02^{c}
	25-1.0-Na	5.19±0.01^{d}	2.17±0.01^{d}
	25-1.5-Na	5.05±0.02^{b}	2.32±0.01^{f}
	25-0.5-Vg	5.17±0.01^{d}	2.19±0.02^{d}
	25-1.0-Vg	5.12±0.01^{c}	2.24±0.01^{e}
	25-1.5-Vg	4.10±0.01^{a}	3.26±0.01^{g}

ค่า $^{a-g}$ ที่แตกต่างภายในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน



ภาพที่ 2 ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบ เป็นเวลา 1 นาที

จากผลการการศึกษาพบว่าสารละลายที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมหลังจากการแช่เป็นระยะเวลา 1 นาที คือสารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (25-1.5-Vg) สามารถลดปริมาณได้ 3.26±0.01 log_{10}cfu/g โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) จากตัวอย่างทดลองอื่นๆ

3. ผลร่วมของระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารละลายโซเดียมคลอไรด์และน้ำส้มสายชู ต่อการลดปริมาณ *E. coli* บนผักกาดหอม

เมื่อนำเซลล์แขวนลอย *E. coli* ATCC 25922 ไปปลูกถ่ายลงบนผักกาดหอมโดยวิธีการสเปรย์เซลล์แขวนลอยบนผักกาดหอมในอัตราส่วน 1:10 (v/w) พบว่ามีปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ที่สามารถยึดติดกับผักกาดหอมเท่ากับ 7.37±0.01 log_{10}cfu/g หลังจากนำไปแช่ในสารละลายทดสอบเป็นเวลา 1 นาที โดยทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 30 35 และ 40°C เพื่อตรวจนับปริมาณเชื้อที่เหลือรอดจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม [น้ำกลั่นปลอดเชื้อ (Dw) เป็นสารละลายควบคุมลบและสารละลายคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 120 ppm (Cl) เป็นสารละลายควบคุมบวก] และชุดทดสอบ [สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 (-0.5-Na) 1.0 (-1.0-Na) 1.5% (-1.5-Na) สารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้น 0.5 (-0.5-Vg) 1.0 (-1.0-Vg) 1.5% (-1.5-Vg)] ทั้งหมด 32 สารละลาย (อุณหภูมิ-ระดับความเข้มข้น-สารละลาย) พบว่าปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ที่เหลือบนผักกาดหอมมีปริมาณ 7.19±0.02 7.13±0.017.10±0.02 7.07±0.01 6.15±0.03 6.08±0.01 6.06±0.01 6.03±0.01 5.40±0.01 5.39±0.01 5.36±0.01 5.35±0.01 5.19±0.01 5.15±0.01 5.15±0.01 5.12±0.01 5.05±0.02 5.01±0.02 4.93±0.02 4.87±0.03 5.17±0.01 5.12±0.01 5.10±0.01 5.03±0.01 5.12±0.01 5.10±0.01 5.02±0.01 4.99±0.01 4.10±0.01 4.06±0.02 4.00±0.01 และ 3.93±0.01 log_{10}cfu/g ตามลำดับ โดยสามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้ 0.17±0.03 0.24±0.01 0.27±0.01 0.30±0.01 1.22±0.04 1.29±0.02 1.31±0.02 1.34±0.01 1.96±0.02 1.98±0.01 2.00±0.01 2.02±0.02 2.17±0.01 2.21±0.02 2.22±0.01 2.24±0.01 2.32±0.01 2.35±0.01 2.44±0.03 2.50±0.01 2.19±0.02 2.24±0.01 2.27±0.01 2.34±0.02 2.24±0.01 2.27±0.01 2.34±0.02 2.37±0.01 3.26±0.03 3.31±0.01 3.37±0.01 และ 3.44±0.01 log_{10}cfu/g ตามลำดับ ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 3

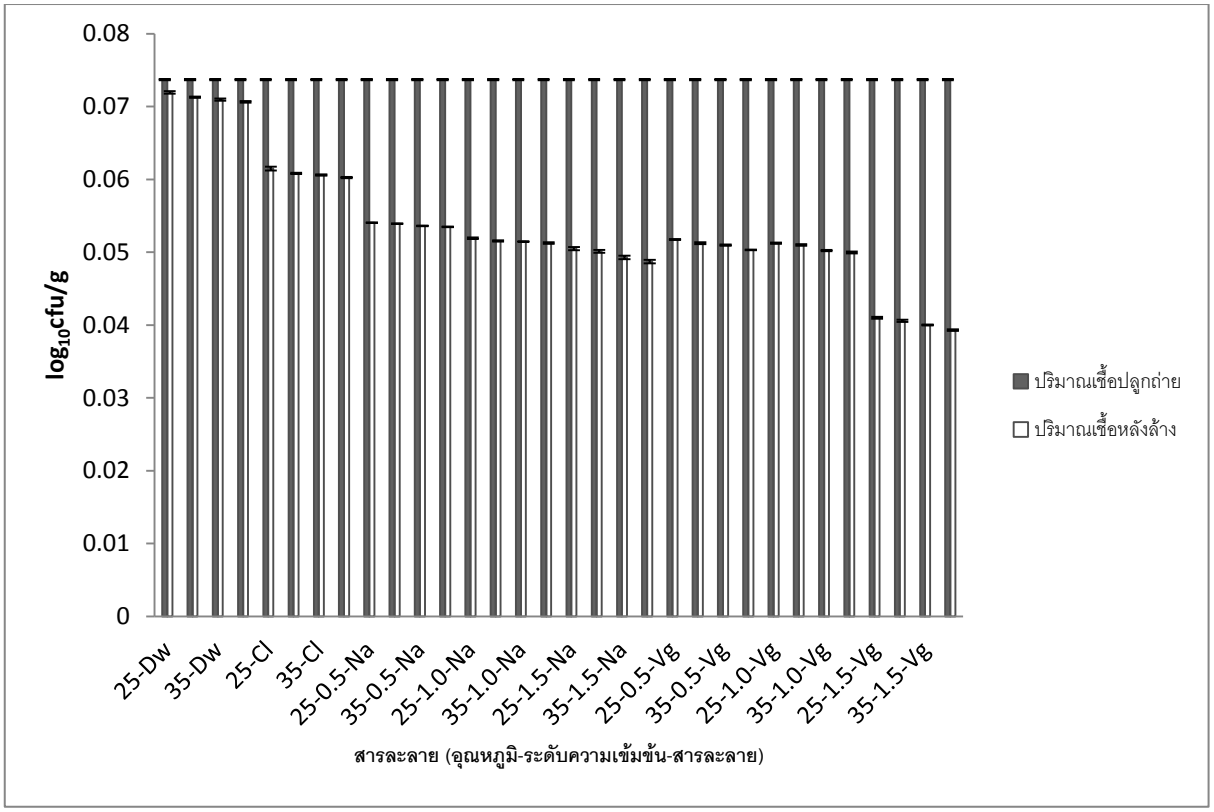
ตารางที่ 2 ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที

เชื้อตั้งต้น (log_{10}cfu/g)	สารละลาย*	ปริมาณเชื้อรอดชีวิต (log_{10}cfu/g)	ปริมาณเชื้อที่ลดลง (log_{10}cfu/g)
7.37±0.01	25-Dw	7.19±0.02^{w}	0.17±0.03^{a}
	30-Dw	7.13±0.01^{v}	0.24±0.01^{b}
	35-Dw	7.10±0.02^{u}	0.27±0.01^{b}
	40-Dw	7.07±0.01^{t}	0.30±0.01^{c}
	25-Cl	6.15±0.03^{s}	1.22±0.04^{d}
	30-Cl	6.08±0.01^{v}	1.29±0.02^{e}
	35-Cl	6.06±0.01^{v}	1.31±0.02^{e}
	40-Cl	6.03±0.01^{q}	1.34±0.01^{f}
	25-0.5-Na	5.40±0.01^{p}	1.96±0.02^{g}
	30-0.5-Na	5.39±0.01^{p}	1.98±0.01^{g}
	35-0.5-Na	5.36±0.01^{o}	2.00±0.01^{h}
	40-0.5-Na	5.35±0.01^{o}	2.02±0.02^{h}
	25-1.0-Na	5.19±0.01^{n}	2.17±0.01^{i}
	30-1.0-Na	5.15±0.01^{lm}	2.21±0.02^{jk}
	35-1.0-Na	5.15±0.01^{kl}	2.22±0.01^{kl}
	40-1.0-Na	5.12±0.01^{jk}	2.24±0.01^{lm}
	25-1.5-Na	5.05±0.02^{i}	2.32±0.01^{n}
	30-1.5-Na	5.01±0.02^{gh}	2.35±0.01^{op}
	35-1.5-Na	4.93±0.02^{f}	2.44±0.03^{q}
	40-1.5-Na	4.87±0.03^{e}	2.50±0.01^{r}
	25-0.5-Vg	5.17±0.01^{mn}	2.19±0.02^{ij}
	30-0.5-Vg	5.12±0.01^{jk}	2.24±0.01^{lm}
	35-0.5-Vg	5.10±0.01^{j}	2.27±0.01^{m}
	40-0.5-Vg	5.03±0.01^{hi}	2.34±0.02^{no}
	25-1.0-Vg	5.12±0.01^{jk}	2.24±0.01^{lm}
	30-1.0-Vg	5.10±0.01^{j}	2.27±0.01^{m}

เชื้อตั้งต้น (log_{10}cfu/g)	สารละลาย*	ปริมาณเชื้อรอดชีวิต (log_{10}cfu/g)	ปริมาณเชื้อที่ลดลง (log_{10}cfu/g)
	35-1.0-Vg	5.02 ± 0.01^{h}	2.34 ± 0.02^{nop}
	40-1.0-Vg	4.99 ± 0.01^{g}	2.37 ± 0.01^{p}
	25-1.5-Vg	4.10 ± 0.01^{d}	3.26 ± 0.03^{s}
	30-1.5-Vg	4.06 ± 0.02^{c}	3.31 ± 0.01^{t}
	35-1.5-Vg	4.00 ± 0.01^{b}	3.37 ± 0.01^{u}
	40-1.5-Vg	3.93 ± 0.01^{a}	3.44 ± 0.01^{v}

ค่า $^{a-w}$ ที่แตกต่างภายในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

*สารละลาย = [อุณหภูมิ (°C) –ระดับความเข้มข้นความเข้มข้น (%) –สารละลาย (Dw Cl Na Vg)]



ภาพที่ 3 ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนผักกาดหอมก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม และชุดทดสอบที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที

จากผลการศึกษาพบผลร่วมของอุณหภูมิและระดับความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อการลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 โดยกลุ่มทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ สารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ร่วมกับอุณหภูมิ 40°C (40-1.5-Vg) สามารถลดปริมาณได้ 3.44±0.01 log_{10}cfu/g โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) จากตัวอย่างทดลองอื่นๆ

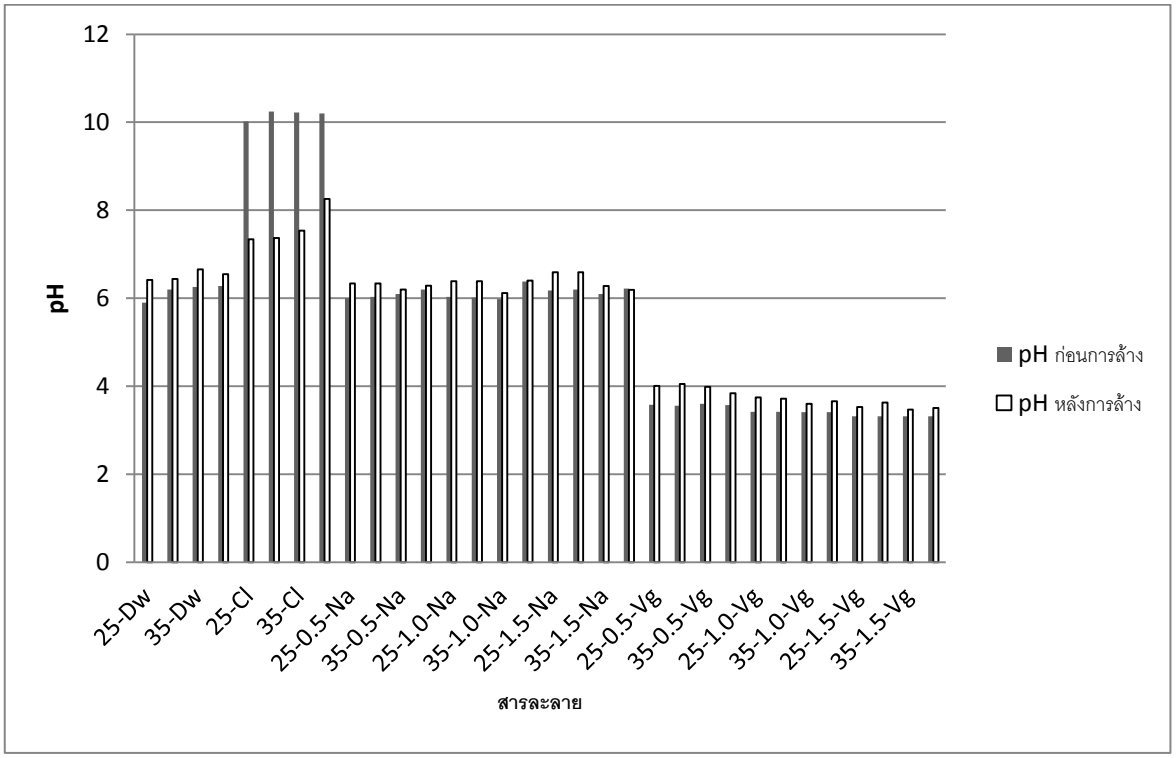
4. ค่า pH ของสารละลาย

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายทดสอบต่างๆ ให้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 3 ค่า pH ของสารลายก่อนและหลังการล้างที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที

สารละลาย	pH ก่อนการล้าง	pH หลังการล้าง
25-Dw	5.90	6.42
30-Dw	6.20	6.44
35-Dw	6.26	6.66
40-Dw	6.28	6.55
25-Cl	10.25	7.34
30-Cl	10.24	7.37
35-Cl	10.22	7.54
40-Cl	10.20	8.26
25-0.5-Na	6.00	6.34
30-0.5-Na	6.03	6.34
35-0.5-Na	6.10	6.20
40-0.5-Na	6.20	6.29
25-1.0-Na	6.03	6.39
30-1.0-Na	6.02	6.39
35-1.0-Na	5.98	6.12
40-1.0-Na	6.38	6.40
25-1.5-Na	6.18	6.59
30-1.5-Na	6.20	6.59

สารละลาย	pH ก่อนการล้าง	pH หลังการล้าง
35-1.5-Na	6.10	6.28
40-1.5-Na	6.22	6.19
25-0.5-Vg	3.58	4.01
30-0.5-Vg	3.56	4.05
35-0.5-Vg	3.60	3.99
40-0.5-Vg	3.57	3.84
25-1.0-Vg	3.42	3.75
30-1.0-Vg	3.42	3.72
35-1.0-Vg	3.41	3.60
40-1.0-Vg	3.41	3.66
25-1.5-Vg	3.32	3.53
30-1.5-Vg	3.32	3.63
35-1.5-Vg	3.32	3.47
40-1.5-Vg	3.32	3.51



ภาพที่ 4 ค่า pH ของสารลายก่อนและหลังการล้างที่อุณหภูมิความร้อนต่ำ เป็นเวลา 1 นาที

จากการศึกษาพบว่าค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH มีค่าอยู่ประมาณ 0.10 ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาผลการศึกษาผลของอิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียทั่วไปในครัวเรือนและความร้อนต่ำต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* ในผักกาดหอม โดยใช้ *E. coli* ATCC 25922 เป็นเชื้อทดสอบ ทำการสร้างการปนเปื้อนบนผักกาดหอมด้วยการสเปรย์เซลล์แขวนลอย *Escherichia coli* ATCC 25922 ที่แยกตัวเซลล์ออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ (Tryptic soy borth; TSB) หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในอัตราส่วน 1:10 (v/w) พบว่ามี *E. coli* ATCC 25922 ยึดเกาะเซลล์ผักกาดหอมเท่ากับ 7.37±0.01 $\log_{10}$cfu/g หลังจากนั้นนำไปทดสอบในสารละลายเป็นเวลา 1 นาที โดยทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 30 35 และ 40°C เพื่อตรวจนับปริมาณเชื้อที่เหลือรอดจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม [น้ำกลั่นปลอดเชื้อ (Dw) เป็นสารละลายควบคุมลบและสารละลายคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 120 ppm (Cl) เป็นสารละลายควบคุมบวก] และชุดทดสอบ [สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 (-0.5-Na) 1.0 (-1.0-Na) 1.5% (-1.5-Na) สารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้น 0.5 (-0.5-Vg) 1.0 (-1.0-Vg) 1.5% (-1.5-Vg)] ทั้งหมด 32 สารละลาย (อุณหภูมิ-ระดับความเข้มข้น-สารละลาย) จากผลการศึกษาพบว่าการใช้ความร้อนร่วมกับระดับความเข้มข้นของสารละลายมีผลทำให้ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ลดลงโดยผลของระดับความเข้มข้นและความร้อนแปรผันผกผันกับปริมาณของ *E. coli* ATCC 25922 ที่รอดชีวิต กล่าวคือถ้าเพิ่มระดับความร้อนหรืออุณหภูมิอย่างใดอย่างหนึ่งจะส่งผลให้ปริมาณของ *E. coli* ATCC 25922 ลดลง นอกจากนี้อุณหภูมิและความร้อนยังส่งผลร่วมกันโดยจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลาย *E. coli* ATCC 25922 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายน้ำส้มสายชูที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 40°C จะให้ผลการทำลายที่สูงที่สุดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) จากตัวอย่างทดลองอื่นๆ

2. อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าการล้างด้วยสารละลายทดสอบทุกชนิดสามารถที่จะลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ยึดติดกับผักกาดหอมลงได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความสามารถของตัวทำละลายในการชะล้างโดยตรงโดยไม่เกี่ยวข้องกับชนิดของตัวถูกละลาย แต่อย่างไรก็ตามการกำจัดด้วยกลไกเช่นนี้สามารถลดปริมาณเซลล์ได้เพียงส่วนหนึ่ง ดังจะเห็นได้จากการล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (Dw) สามารถที่จะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Beuchat, 1992 อ้างอิงใน สุดสายชล หอมทอง และนันทวัน กรัตพงศ์, 2552)

เมื่อแยกพิจารณาตามปัจจัยจะพบว่าสารละลายทดสอบทุกชนิดนั้นมีประสิทธิภาพเหนือกว่าสารละลายควบคุมลบและบวก ($p<0.05$) นอกจากนี้ถ้าจำแนกตามประเภทของสารละลายพบว่าสารละลายกรด (น้ำส้มสายชู) จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารละลายเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ที่ระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากกลไกการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของกรดนั้นมีความรุนแรงมากกว่าการใช้สารละลายเกลือ เนื่องจากความสามารถของกรดในการทำให้ค่า pH ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ลดลงจากการที่กรดอินทรีย์ในรูปแบบไม่แตกตัวซึมผ่านผนังเซลล์เมมเบรนเข้าไปและเปลี่ยนรูปเป็นกรดที่แตกตัวในเซลล์ จากการที่เซลล์ของจุลินทรีย์นั้นจะพยายามที่จะรักษาระดับ pH ไว้ให้เป็นกลางเพื่อความอยู่รอดทำให้เกิดการขับไล่โปรตอนออกจากเซลล์ซึ่งทำให้เซลล์ต้องแบ่งพลังงานเพื่อจัดการโปรตอน ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Hunter and Segel, 1973) และเมื่อระบบนี้ถูกกระตุ้นอย่างต่อเนื่องจากการแรงดันโปรตอนที่เกิดจากปริมาณไฮโดรเจนอิออนภายในและภายนอกเซลล์ที่แตกต่าง จึงการสันนิษฐานว่าระบบการสร้าง Adenosine triphosphate (ATP) และการลำเลียงเซลล์ด้วยวิธี Active transport อาจถูกส่งผลกระทบไปด้วยซึ่งจะส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Eklund, 1983; Eklund, 1985) และส่งผลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมทำให้เซลล์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด นอกจากนี้จากการลดค่า pH ภายในเซลล์ยังส่งผลให้เอนไซม์ต่าง ๆ ในเซลล์ถูกยับยั้งและทำลาย การสังเคราะห์โปรตีนหยุดชะงัก ซึ่งจะนำไปสู่การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์หยุดชะงักและตายได้ (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549; Branen, 2002) แต่สำหรับสารละลายเกลืออินทรีย์นั้นจะเกิดการแตกตัวขึ้นใน aqueous phase เป็นส่วนมากซึ่งจะส่งผลต่อค่าวอเตอร์ แอคทิวิตี้ (water activity; Aw) จากการที่ไอออนลบที่แตกตัวนั้นละลายในน้ำทำให้ค่า AW ลดลง (Miller, 1992; Nolan, Chamblin, and Troller, 1992; Shelef, 1994) เมื่อเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นมากว่าภายในเซลล์ น้ำภายในเซลล์จะไหลออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นมากกว่าเป็นผลทำให้เซลล์เหี่ยว (plasmolysis) ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์หดตัวแยกจากผังเซลล์ส่งผลให้การเจริญถูกยับยั้งทำให้จุลินทรีย์เติบโตช้าลงหรือเกิดการตายได้ (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549; Tortora, et al., 2006) ทั้งนี้คาดว่ากลไกในการทำลายเซลล์จุลินทรีย์เกิดจากค่า pH ที่แตกต่างกันไม่มาก เนื่องจากสารละลายเกลือมี pH ค่อนข้างเป็นกลางทำให้ผลการลดและยับยั้งการเจริญของ

จุลินทรีย์นั้นมีค่าน้อยซึ่งมีสอดคล้องกับรายงานของ Na-ngam และคณะ ในปี 2004 ที่กล่าวว่าการกำจัดเชื้อแบคทีเรียนั้น pH ที่มีความเป็นเบสแต่น้อยกว่า 10 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อต่ำ (Na-ngam, et al., 2004) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารละลายกรดที่มีค่าความแตกต่างของ pH ที่มากกว่า

อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังไม่สามารถที่จะคาดเดาความสามารถในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์จากผลร่วมของอุณหภูมิและสารละลายได้ทั้งหมดทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพร่วมอาจสามารถในการส่งเสริมกันและกันได้ตามแนวความคิดของเทคนิคเฮอร์เดิลซึ่งผลโดยรวมที่เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการรวมกันของปัจจัยที่อาจจะไม่สามารถทำนายผลได้แน่นอนซึ่งคาดว่าอาจจะมีผลมากกว่าปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว (Leistner and Gorris, 1995) แม้ว่าจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการทำลาย *E. coli* ATCC 25922 ก็ตาม

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 สำหรับการศึกษาผลร่วมของปัจจัยจำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดมากยิ่งขึ้น อาจมีการเพิ่มตัวแปรร่วม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานวิจัยให้มากขึ้น

3.2 เชื้อจุลินทรีย์ควรทำมากจาก 2 แกรม เนื่องจากจุลินทรีย์แต่ละแกรมนั้นมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันมาก ซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อการทำลายของปัจจัยที่เติมเข้าไป

3.3 ในการศึกษาอาจเพิ่มปัจจัยการเก็บรักษาเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเจริญของแบคทีเรียร่วม เพื่อติดตามจุลินทรีย์ทดสอบ ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการเก็บรักษา ยืดอายุผลิตภัณฑ์ต่อไป

บรรณานุกรม

กรมวิชาการการเกษตร. (2552). **สรุปรายงานปัญหาการนำเข้า/ส่งออกสินค้าเกษตรของไทย ประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2552**. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2555, จาก http://www.doa.go.th/th/index.php?option=com_jotloader&view=categories&cid=3_939527fba27ed6df888676375d999cc8&Itemid=79.

เกศราภรณ์ มนชัยภูมิวัฒน์. (7 ตุลาคม 2545). **ผักและผลไม้**. โภชนาการ. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2555, จากhttp://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st 2545/45/no12/vegetablepic.html.

ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์, ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์, กฤติยา เลี่ยวชวลิตและเสริมสิริ วิจัยวรกิจ. (2545). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการล้างผักด้วยสารไตรโซเดียมฟอสเฟตคลอรีนและการใช้โอโซน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 6, 225-228.

ธีรพร กงบังเกิด. (2546). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. (2544). **จุลชีววิทยาทั่วไป** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพ: เท็กซ์ แอนด์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

นวพร ล้ำเลิศกุล. (2549). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. เชียงใหม่: พิทักษ์การพิมพ์.

บัญญัติ สุขศรีงาม. (2539). **จุลชีววิทยาทั่วไป**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชฎา ตั้งวงศไชย และนัฏชรี ศรีบูรณศรี. (2548). ผลไม้ตัดแต่งและการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์. **Food**, 35, 115-118.

วราภา มหากาญจนกุล และปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. (2545). **การล้างผักสดอย่างไรให้ปลอดจากเชื้อโรคทางเดินอาหาร**. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2555, จาก http://www.rdi.ku.ac.th/ Techno_ku 60/res-46/index46.html.

สุกิจ นววงศ์. (2548). วัตถุเจือปนอาหาร. กรุงเทพฯ: เอมี่ เทรดดิ้ง.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2549). ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุมาลี เหลืองสกุล. (2527). จุลชีววิทยาทางอาหาร . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สิรินาฏ พรศิริประทาน. (ม.ป.ป.). การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2555, จาก http://www.tid.or.th.

อดิสร เสวตวิวัฒน์ และปรีชา จึงสมานุกูล. (2538). *ซาลโมแนลลา*และ*ลิสทีเรีย*ในผักสด. **วารสารอาหาร**, 25(3), 185-186.

Abdul-Raouf, U.M., Beuchat, L.R. and Ammar, M.S. (1993). Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 on salad vegetables. **Applied and Environmental Microbiology**, 59, 1999–2006.

Adams, M. R., Hartley, A. D. and Cox, L. J. (1989). Factors affecting the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. **Food Microbiology**, 6, 69–77.

Aran, N. (2007). The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in a 'sous-vide' beef goulash under temperature abuse. **International Journal of Food Microbiology**, 63(1-2), 117–123.

Bedie, G.K., Samelis, J., Sofos, J.N., Belk, K.E., Scanga, J.A. and Smith, G.C. (2001). Antimicrobials in the formulation to control *Listeria monocytogenes*

Beuchat L.R., Nail B.V., Adler B.B. and Clavero M.R., (1998). Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce. **Journal of Food Protection**, 61(10), 1305-11.

Bopp, D.J., Sauders, B.D., Waring, A.L., Ackelsberg, J., Dumas, N., Braun-Howland, E., et al. (2003). Detection, isolation, and molecular subtyping of *Escherichia coli* O157:H7 and

Campylobacter jejuni associated with a large waterborne outbreak. **Journal of Clinical Microbiology**, 41, 174–180.

Cegielska-Radziejewska, R. and Pikul, J. (2004). Sodium lactate addition on the quality and shelf life of refrigerated sliced poultry sausage packaged in air or nitrogen atmosphere. Journal of Food Protection, 67(3), 601-6.

Chang, J.-M. and Fang, T. J. (2006). Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovars Typhimurium in iceberg lettuce and the antimicrobial effect of rice vinegar against *E. coli* O157:H7. **Food Microbiology**, 24, 745–751.

Del Rosario, B. A. and Beuchat, L. R. (1995). Survival and growth of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in cantaloupe and watermelon. **Journal of Food Protection**, 58, 105-107.

Dubal Z.B., Paturkar A.M., Waskar V.S., Zende R.J., Latha C., Rawool D.B. and Kadam M.M. (2003). Effect of food grade organic acids on inoculated *S. aureus*, *L.*

monocytogenes, *E. coli* and *S.* Typhimurium in sheep/goat meat stored at refrigeration temperature. **Meat Science**, 66, 817–821.

Eklund, T. (1983). The antimicrobial effect of dissociated and undissociated sorbic acid at different pH levels. **Journal of Applied Microbiology**, 54(3), 383-389

Eklund, T. (1985). Inhibition of microbial growth at different pH levels by benzoic and propionic acids and esters of p-hydroxybenzoic acid. **International Journal of Food Microbiology,** 2(3), 159-167

Franz E., Diepeningen A. D. v., Vos O. J. d. and Bruggen A. H. C. v. (2005). Effects of Cattle Feeding Regimen and Soil Management Type on the Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium in Manure, Manure-Amended Soil, and Lettuce. **Applied and Environmental Microbiology**, 71(10), 6165–6174.

Gleeson, E. and O'Beirne, D. (2005). Effects of process severity on survival and growth of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* on minimally processed vegetables. **Food Control**, 16, 677–685.

Hunter, D. R. and Segel, I. H. (1973). Effect of Weak Acids on Amino Acid Transport by *Penicillium chrysogenum*: Evidence for a Proton or Charge Gradient as the Driving Force. **Journal of Bacteriology**, 113(3), 1184-1192.

Hwang, C. and Beuchat, L. R. (1994). Efficacy of a lactic acid/sodium benzoate wash solution in reducing bacterial contamination of raw chicken. **International Journal of Food Microbiology**, 27, 91-98.

Johannessen G. S., Bengtsson G. B., Heier B. T., Bredholt S., Wasteson Y. and Marit Rørvik L. (2005). Potential Uptake of *Escherichia coli* O157:H7 from Organic Manure into Crisphead Lettuce. **Applied and Environmental Microbiology**, 71(5), 2221–2225.

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

Leistner L. and Gould G. W. (2002). **Hurdle technologies: combination treatments for food stability, safety, and quality**. New York: Plenum Publishers.

Lin, C., Kim, J., Du, W. and Wei, C. (2000). Bactericidal activity of isothiocyanate against pathogens on fresh produce. **Journal of Food Protection**, 63, 25–30.

Mbandi E. and 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), 640-4.

Miller A.J. (1992). Combined water activity and solute effects on growth and survival of *Listeria monocytogenes* Scott A. **Journal of Food Protection**, 55, 414-18.

Miller, R.K. and Acuff, G.R., (1994). Sodium lactate affects pathogens in cooked beef. **Journal of Food Science**, 59, 15–19.

Nolan D.A., Chamblin D.C. and Troller J.A. (1992). Minimal water activity levels for growth and survival of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua*. **International Journal of Food Microbiology**, 16(4), 323-335.

Ohlsson, T. (1994). Minimal processing-preservation methods of the future: an overview. **Trends in Food Science & Technology**, 5(11), 341-344.

Samelis J., Greece and Sofos, J. N. (2003). **Natural antimicrobials for the minimal processing of foods**. England: Woodhead Publishing Limited.

Scannell A.G., Hill C., Buckley D.J. and Arendt E.K. (1997). Determination of the influence of organic acids and nisin on shelf-life and microbiological safety aspects of fresh pork sausage. **Journal of Applied Microbiology**, 83(4), 407-12.

Sengun, I. Y. and Karapinar, M. (2004). Effectiveness of lemon juice, vinegar and their mixture in the elimination of *Salmonella* typhimurium on carrots (Daucus carota L.). **International Journal of Food Microbiology**, 96, 301– 305.

Seo, K. H. and Frank, J. F. (1999). Attachment of *Escherichia coli* O157:H7 to lettuce leaf surface and bacterial viability in response to chlorine treatment as demonstrated by using confocal scanning laser microscopy. **Journal of Food Protection**, 62, 3–9.

Sivapalasingam, S., Friedman, C.R., Cohen, L. and Tauxe, R.V. (2004). Fresh produce: A growing cause of outbreaks of foodborne illness in the United States, 1973 through 1997.

Journal of Food Protection, 67, 2342–2353.

Shelef, L.A., (1994). Antimicrobial effects of sodium lactate and other additives in a cooked ham product on sensory quality and development of a strain of *Lactobacillus curvatus* and *Listeria monocytogenes*. **International Journal of Food Microbiology**, 66, 197–203.

Shelef, L.A., (1994). Antimicrobial effects of sodium lactate and other additives in a cooked ham product on sensory quality and development of a strain of *Lactobacillus curvatus* and *Listeria monocytogenes*. **International Journal of Food Microbiology**, 66, 197–203.

Szabo, E.A., K.J. Scurrah and J.M. Burrows. (2000). Survey for psychotropic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. **Letters in Applied Microbiology**, 30, 456-460.

Tauxe, R.V. (1991). *Salmonella*: a postmodern pathogen. **Journal of Food Protection**, 54, 563-568.

Tortora, G. J., Funke, B. R. and Case, C. L. (2006). Microbiology: an introduction. United States of America: Pearson Benjamin Cummings.

Wang, F.S. (2000). Effects of three preservative agents on the shelf life of vacuum packaged Chinese-style sausage stored at 20°C. **Meat Science**, 16(1), 67–71.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Buffered Peptone Water (BPW)

1.1 ส่วนประกอบ

Tryptone	10.0	g
NaCl	5.0	g
$Na_2 H_2PO_4 (12H_2O)$	9.0	g
KH_2PO_4	1.5	g
น้ำกลั่น	1,000	ml

1.2 วิธีการเตรียม

1.2.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อตามอัตราส่วนที่กำหนด กรณีใช้อาหารสำเร็จรูปให้ชั่งตามผู้ผลิตระบุไว้ข้างขวด ใส่ลงใน Beaker ขนาดที่เหมาะสมแล้วเติมน้ำกลั่นหรือน้ำกรอง ผสมให้เข้ากันดี

1.2.1 ปรับ pH ในกรณีที่ค่า pH ไม่ได้ตามช่วงที่กำหนดด้วย 1N NaOH และ 1N HCl

1.2.3 บรรจุใส่ขวดเตรียมอาหารขนาดที่เหมาะสม ปริมาตรขวดละ 225 ml หรือใส่หลอดทดลองขนาดที่เหมาะสม ปริมาตรหลอดละ 10 ml

1.2.4 ติดฉลากชื่ออาหารเลี้ยงเชื้อ Batch no. ผู้เตรียม ปริมาตรที่เตรียม วันที่เตรียม และวันหมดอายุ

1.2.5 นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121±3°C เป็นเวลา 15 นาที

1.2.6 ทำการสุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรวจสอบคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.3 คุณสมบัติ

1.3.1 ลักษณะสี (Color) = สีเหลืองอ่อน

1.3.2 ความใส (Clearity) = ใส

1.3.3 เนื้อสัมผัส (Texture) = ของเหลว

1.3.4 Final pH = 7.0±0.2

1.4 การเก็บรักษา

1.4.1 Dehydrate medium เก็บที่อุณหภูมิ 25±3°C ตามวันหมดอายุที่ผู้ผลิตระบุไว้ข้างขวด

1.4.2 BPW ที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว เก็บที่อุณหภูมิ 25±3°C ได้เป็นเวลา 3 วัน

2. Butterfield's Phosphate-Buffered dilution water (BPB)

2.1 ส่วนประกอบ (Stock solution)

KH_2PO_4	34.0	g
น้ำกลั่นหรือน้ำกรอง	500	ml

2.2 วิธีการเตรียม Stock solution

2.2.1 ชั่งสารเคมีตามอัตราส่วนที่ระบุไว้ในข้อ 1 ใส่ลงใน Beaker ขนาดที่เหมาะสม เติมน้ำกลั่นหรือน้ำกรอง ตามอัตราส่วนที่กำหนด

2.2.2 บรรจุใส่ Volumetric flask (1,000 ml) ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 ml

2.2.3 ปรับ pH ให้ได้ 7.2 ด้วย 1N NaOH และ 1N HCl

2.2.4 ติดฉลาก แสดงชื่ออาหารเลี้ยงเชื้อ Batch No. ผู้เตรียม ปริมาตรที่เตรียม วันที่เตรียม และวันหมดอายุ

2.2.5 นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121±3°C เป็นเวลา 15 นาที

2.2.6 เก็บที่อุณหภูมิ 2-8°C ได้เป็นเวลา 3 เดือน

2.3 วิธีเตรียม Dilution blanks

2.3.1 ดูด 1.25 ml ของ Stock solution ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำกรองให้ได้ 1,000 ml

2.3.2 บรรจุอาหารใส่ขวดเตรียมอาหารขนาดที่เหมาะสม ปริมาตร 450 ml 90 ml หรือ 9 ml ตามความเหมาะสมของวิธีการทดสอบ

2.3.3 ติดฉลาก แสดงชื่ออาหารเลี้ยงเชื้อ Batch No. ผู้เตรียม ปริมาตรที่เตรียม วันที่เตรียม และวันหมดอายุ

2.3.4 นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121±3°C เป็นเวลา 15 นาที

2.3.5 ทำการสุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรวจสอบคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.4 คุณสมบัติ

2.4.1 ลักษณะสี (Color) = ไม่มีสี

2.4.2 ความใส (Clearity) = ใส

2.4.3 เนื้อสัมผัส (Texture) = ของเหลว

2.4.4 Final pH = 7.2±0.2

2.5 การเก็บรักษา

เก็บ BPB ที่อุณหภูมิ 25±3°C ได้เป็นเวลา 3 วัน

3. 0.1 % Peptone water

3.1 ส่วนประกอบ

Peptone	1.0 g
น้ำกลั่น	1,000 ml

3.2 วิธีการเตรียม

3.2.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อตามอัตราส่วนที่ระบุในข้อ 1 กรณีใช้อาหารสำเร็จรูปให้ชั่งตามผู้ผลิตระบุไว้ข้างขวด ใส่ลงในขวดขนาดที่เหมาะสมแล้วเติม น้ำกลั่นหรือน้ำกรอง ผสมให้เข้ากันดี

3.2.2 ปรับ pH ให้ได้ตามที่กำหนดด้วย 1N NaOH และ 1N HCl

3.2.3 ติดฉลากชื่ออาหารเลี้ยงเชื้อ Batch No. ผู้เตรียม ปริมาตรที่เตรียม วันที่เตรียมและวันที่หมดอายุ

3.2.4 นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121±3°C เป็นเวลา 15 นาที

3.2.5 ทำการสุ่มอาหารเลี้ยงเชื้อมาตรวจสอบคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ

33 คุณสมบัติ

3.3.1 ลักษณะสี (Color) = สีเหลือง

3.3.2 ความใส (Clearity) = ใส

3.3.3 เนื้อสัมผัส (Texture) = ของเหลว

3.3.4 Final pH = 7.2±0.2

8.4 การเก็บรักษา

3.4.1 Dehydrate medium เก็บที่อุณหภูมิ 25±3°C ตามวันหมดอายุที่ผู้ผลิต ระบุไว้ข้างขวด

3.4.2 อาหาร 0.1% Peptone water ที่เตรียมเรียบร้อย เก็บที่อุณหภูมิ 25±3°C ได้เป็นเวลา 3 วัน

4. Violet Red Bile Agar (VRBA)

4.1 ส่วนประกอบ

Peptic digest of animal tissue	7.0	g
Yeast extract	5.0	g
Sodium chloride	5.000	g
Bile salts mixture	1.500	g
Lactose	10.000	g
Neutral red	0.030	g
Crystal violet	0.002	g
Agar	15.000	g

Final pH (at 25°C) 7.4±0.2

น้ำกลั่น 1,000 ml

4.2 วิธีการเตรียม

9.2.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อตามอัตราส่วนที่กำหนด กรณีใช้อาหารสำเร็จรูปให้ชั่งตามผู้ผลิตระบุไว้ข้างขวด ใส่ลงใน Beaker ขนาดที่เหมาะสมแล้วเติมน้ำกลั่นหรือน้ำกรอง ผสมให้เข้ากันดี

4.3 คุณสมบัติ

9.3.1 ลักษณะสี (Color) = สีแดง

9.3.2 ความใส (Clearity) = ใส

9.3.3 เนื้อสัมผัส (Texture) = ของแข็ง

9.3.4 Final pH = 7.4±0.2

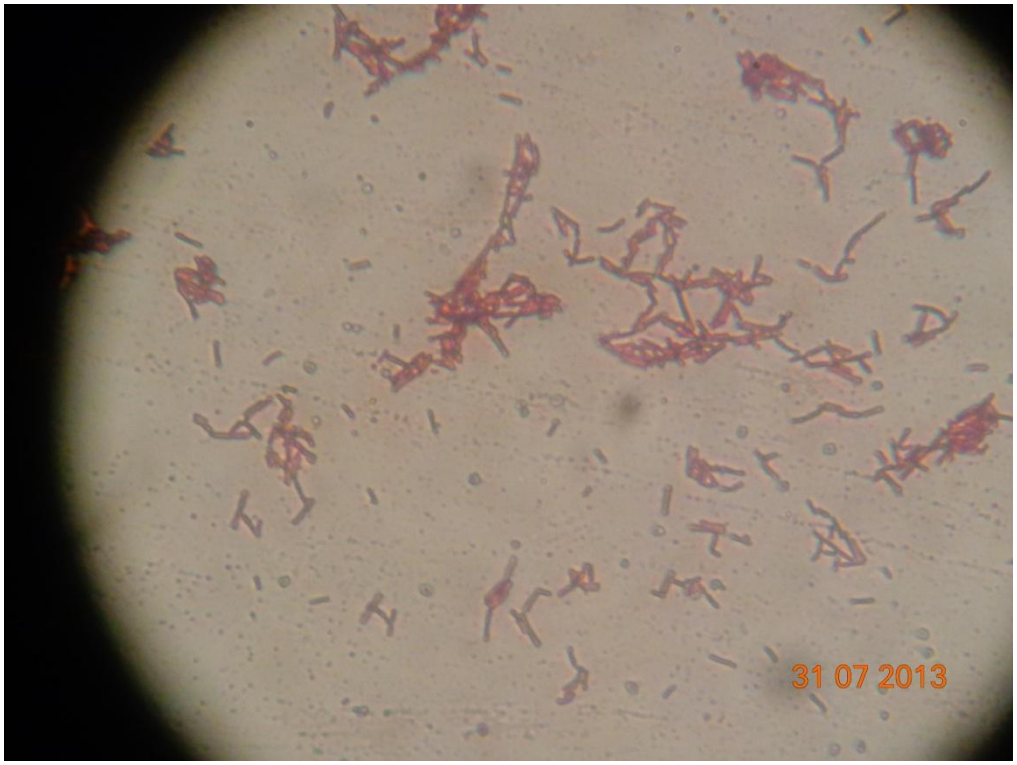
4.4 การเก็บรักษา

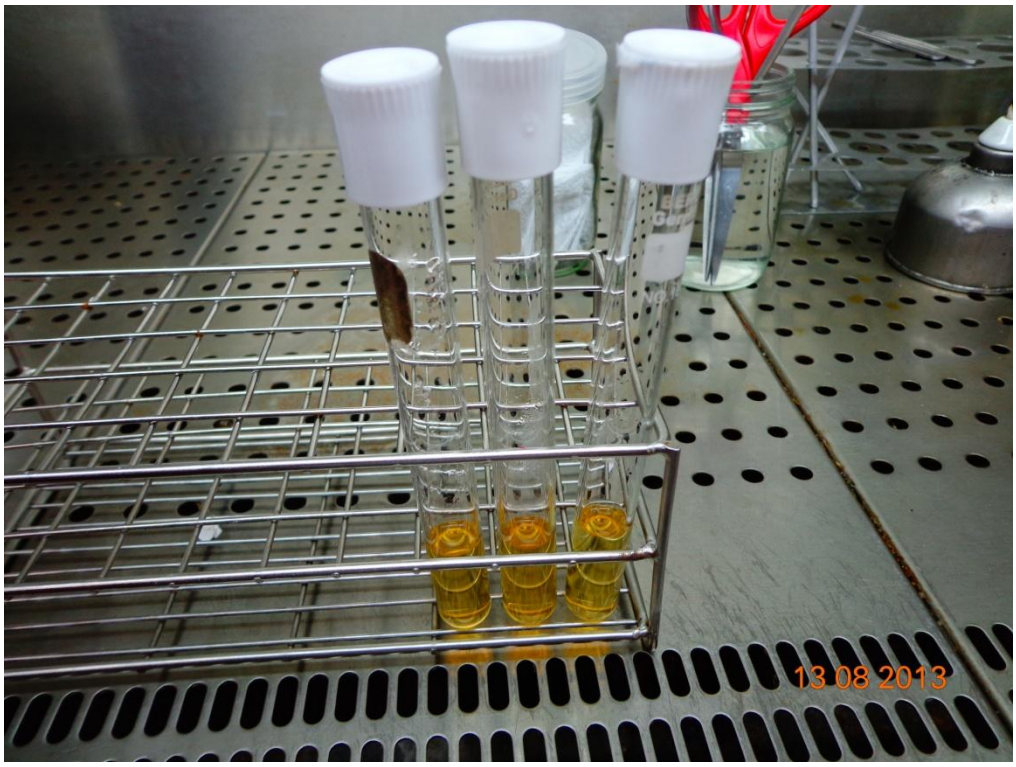
9.4.1 Dehydrate medium เก็บที่อุณหภูมิ 25±3°C ตามวันหมดอายุที่ผู้ผลิตระบุไว้ข้างขวด

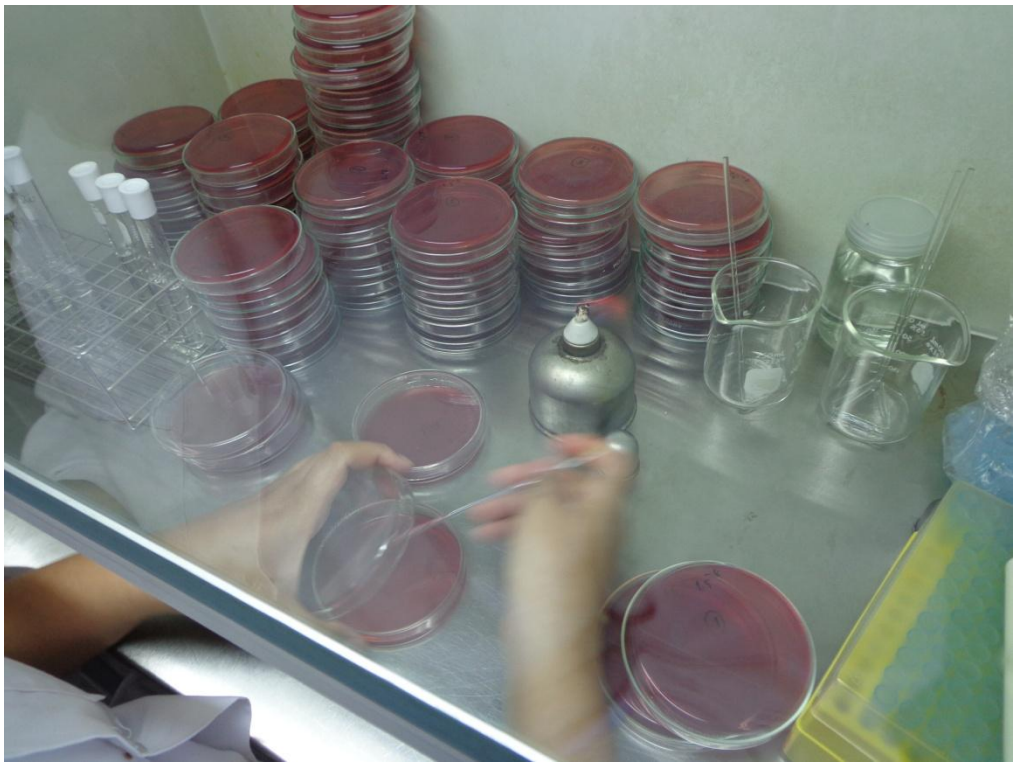
ภาคผนวก ข

ประมวลภาพการศึกษา

28 NOV 2012
13 08 2013


31 07 2013


13 08 2013

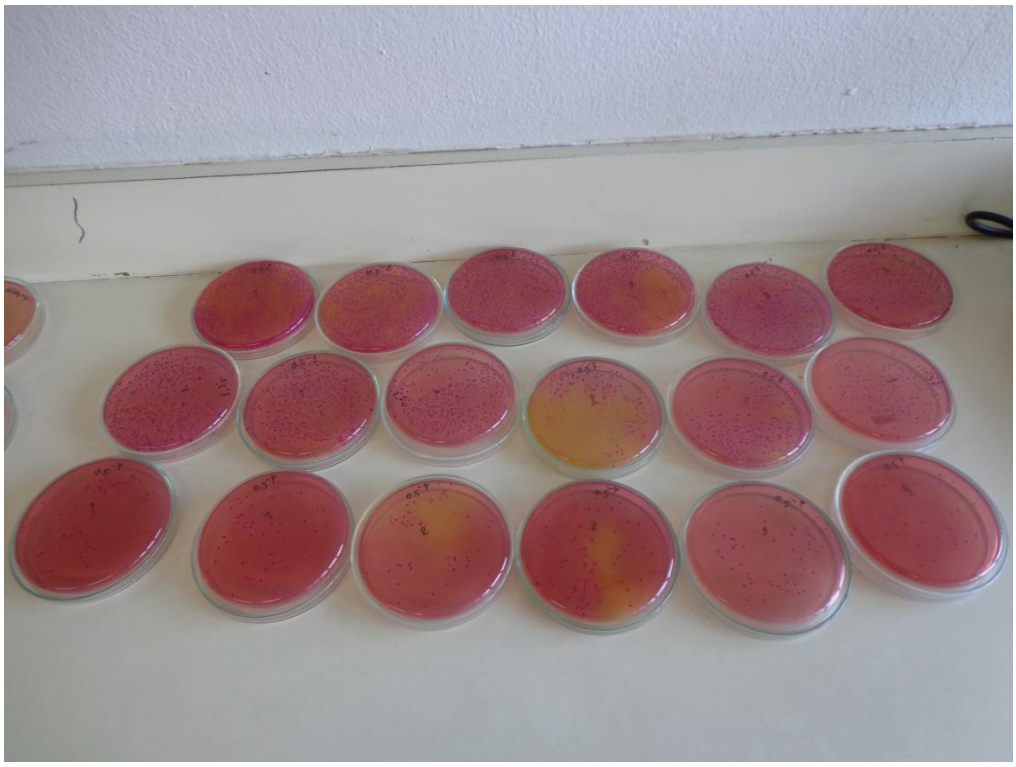


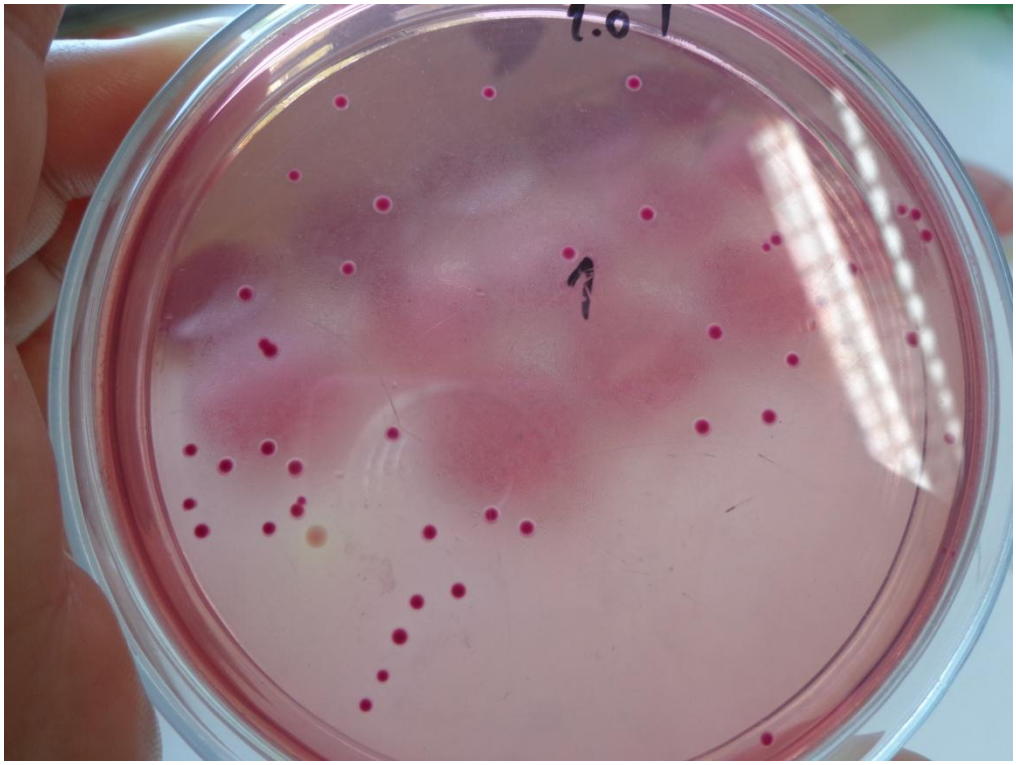
SORVALL® A-641
41000 RPM MAX.
1
2
3
4
5
6

SORVALL ULTRA 80

METTLER TOLEDO
7.07
Read

memmert
57-2
35.0




1.0 1

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยเรื่อง อิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียทั่วไปในครัวเรือนและความร้อนต่ำต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* ในผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) นี้ได้นำผลจากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการในรายวิชา BIOL501 จุลชีววิทยา ในบทที่ 8 และ 9 เรื่องการควบคุมจุลินทรีย์และจุลชีววิทยาอาหาร และ รายวิชา BIOL507 จุลชีววิทยาทางอาหาร ในหัวข้อเรื่อง อาหารประเภทผัก ผลไม้และผลิตภัณฑ์จากผลไม้ ซึ่งอยู่ในการเนื้อหาบทที่ 5 ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับผัก การเน่าเสียของผัก ผลไม้ เครื่องดื่มน้ำผลไม้และผัก ความปลอดภัยของผักและผลไม้ต่อผู้บริโภค เนื้อหาในบทที่ 15 ในเรื่อง กรรมวิธีป้องกันอาหารด้วยวิธีอื่นๆ การป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ และเนื้อหาบทที่ 16 ในเรื่อง เทคโนโลยีเฮอเดิล ซึ่งในส่วนของงานวิจัยจะแสดงความปลอดภัยของผัก เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน จนกระทั้งการควบคุมจุลินทรีย์ด้วยสารเคมี และหลักแนวคิดของเทคโนโลยีเฮอเดิล ดังแสดงใน มคอ. 3 ของรายวิชา BIOL501 จุลชีววิทยา และ BIOL507 จุลชีววิทยาทางอาหาร

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	ชีววิทยา

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

BIOL501 จุลชีววิทยา (Microbiology)

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา และวิชาเฉพาะด้านเอกบังคับ

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ที่ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นผู้สอนหมวดวิชาชีววิทยา ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และได้รับการฝึกอบรมด้านการสอนวิชานี้มาแล้ว

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ระดับปริญญาตรี

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

BIOL101 ชีววิทยาเบื้องต้น

BIOL102 ปฏิบัติการชีววิทยาเบื้องต้น

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

BIOL502 ปฏิบัติการจุลชีววิทยา

8. สถานที่เรียน

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด

วันที่ 26 พฤศจิกายน 2554

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. มีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของจุลชีววิทยา
2. มีความรู้ความเข้าใจโครงสร้างของเซลล์โปรคาริโอตและยูคาริโอต
3. สามารถจำแนกและบอกความแตกต่างของจุลินทรีย์ โดยใช้หลักฐานสัญฐานวิทยา สรีรวิทยา การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์
4. การควบคุมและประยุกต์ใช้งานด้านจุลินทรีย์ให้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมสาธารณสุข อาหาร การอุตสาหกรรม การสุขาภิบาล ฯลฯ
5. โรคติดต่อและภูมิต้านทาน

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้สอดคล้องกับสาระวิชาในกรอบมาตรฐานหลักสูตรกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับอัตลักษณ์และลักษณะที่พึงประสงค์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของหมวด วิชาเฉพาะและเปิดโอกาสให้แต่ละหลักสูตรได้เลือกเรียนวิชาในกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาก ขึ้น

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความรู้พื้นฐานของจุลชีววิทยา เปรียบเทียบเซลล์โพรคาริโอตและยูคาริโอต การจำแนกประเภทสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การควบคุม ความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ต่ออาหาร น้ำ ดิน อากาศ อุตสาหกรรม การสุขาภิบาลโรคติดต่อและภูมิต้านทาน ภาคสนาม

Study basic knowledge of microbiology. Compare of prokaryote and eukaryote cell. Classification, morphology, physiology, growth, reproduction, control, microorganisms relationship to food, industry, water, soil, air, sanitation disease and resistance. Field study.

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้/ภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง	มี	มี(แทรกในชั่วโมงบรรยาย)	90 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

1.1.1 มีความเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต

1.1.2 มีวินัยตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม

1.1.3 เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นรวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์

1.1.4 เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม

1.1.5 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

1.2.1 กำหนดให้มีวัฒนธรรมองค์กรเพื่อปลูกฝังความมีระเบียบวินัย เคารพในกฎระเบียบของมหาวิทยาลัย เช่น การเข้าชั้นเรียนตรงเวลา แต่งกายตามระเบียบของมหาวิทยาลัย มีความซื่อสัตย์ไม่ทุจริตในการสอบหรือการลอกการบ้าน

1.2.2 จัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรและสอนสอดแทรกตามโอกาสอันควรเพื่อเน้นย้ำให้ผู้เรียนเข้าใจ เข้าถึงคุณธรรมจริยธรรมที่ต้องการปลูกฝังบ่มเพาะให้ปรากฏในตัวผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม

1.3 วิธีการประเมินผล

1.3.1 ประเมินจากการตรงเวลาของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามกำหนดเวลา และการร่วมกิจกรรม

1.3.2 ประเมินจากการมีวินัย และพร้อมเพรียงของนักศึกษาในการเข้าร่วมกิจกรรม

1.3.3 ประเมินจากการกระทำทุจริตในการสอบ และความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

1.3.4 ประเมินจากความร่วมมือในการแต่งกายที่ถูกระเบียบ

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

2.1.1 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่สำคัญของชีววิทยาสาขาต่าง ๆ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ให้มีความก้าวหน้าทางวิชาการอยู่เสมอ

2.1.2 มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับกฎ ระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับทางชีววิทยา

2.2 วิธีการสอน

2.2.1 จัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะยึดผู้เรียนเป็นสำคัญโดยจัดกิจกรรมในลักษณะการบรรยาย ค้นคว้า เน้นทฤษฎี และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในเชิงวิเคราะห์

2.2.2 มีการมอบหมายงานให้ผู้เรียนฝึกฝนทักษะให้รู้จักคิด วางแผนการทดลอง วิจัย วิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2.3 วิธีการประเมินผล

2.3.1 ประเมินด้วยการสอบย่อย สอบปฏิบัติการ สอบกลางภาคการศึกษาและสอบปลายภาคการศึกษา

2.3.2 ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ของรายวิชา เช่น การนำเสนอ รายงาน โครงการวิจัย

2.3.3 ประเมินจากการแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย และจากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

3.1.1 มีทักษะในการจัดการประมวลความคิดอย่างเป็นระบบ

3.1.2 สามารถนำความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีทางชีววิทยามาแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3.1.3 มีทักษะในการทำปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐานที่ทันสมัย

3.1.4 มีสมรรถนะในการวางแผนการทำวิจัย ออกแบบปฏิบัติการ รวมถึงเลือกใช้เครื่องมือเทคนิคที่เหมาะสมเป็นปัจจุบัน

3.2 วิธีการสอน

3.2.1 การทำรายงาน และการนำเสนอ

3.2.2 การอภิปรายกลุ่ม

3.2.3 การฝึกให้นักศึกษามีโอกาสปฏิบัติจริง

3.3 วิธีการประเมินผล

3.3.1 ประเมินตามสภาพจริงจากผลงาน และการปฏิบัติของนักศึกษา

3.3.2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน การทดสอบ การสัมภาษณ์ การทดลอง

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1.ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

4.1.1 การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงานและพร้อมมีส่วนร่วมในกิจกรรมในทางสร้างสรรค์ทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตาม

4.1.2 ความรับผิดชอบในการทำงานทั้งที่เป็นงานอิสระและงานที่ร่วมกับผู้อื่น และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

4.2.วิธีการสอน

4.2.1 จัดกิจกรรมให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม และการทำงานที่ต้องประสานกับผู้อื่น

4.2.2 ค้นคว้าหาข้อมูลจากการสัมภาษณ์บุคคลอื่น หรือผู้มีประสบการณ์

4.3.วิธีการประเมินผล

4.3.1 ประเมินจากพฤติกรรม และการแสดงออกของนักศึกษาในการนำเสนอรายงานในชั้นเรียน

4.3.2 สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการร่วมกิจกรรมต่าง ๆ

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
5.1.ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา 5.1.1 ทักษะด้านการสื่อสาร สามารถถ่ายทอดความรู้ นำเสนอผลงานได้อย่างถูกต้อง 5.1.2 ทักษะในการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทั้งในและต่างประเทศได้อย่างเหมาะสม 5.1.3 ทักษะในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลใหม่ ๆ เก็บรวบรวม วิเคราะห์ และประมวลผลโดยใช้เครื่องมือสารสนเทศได้เหมาะสม
5.2.วิธีการสอน 5.2.1 จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง และเสมือนจริง 5.2.2 การนำเสนอการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่หลากหลายสถานการณ์
5.3.วิธีการประเมินผล 5.3.1 ประเมินจากเทคนิค และการใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอ 5.3.2 ประเมินจากความสามารถในการอภิปราย นำเสนอต่อชั้นเรียน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	**ปฐมนิเทศการเรียนรู้** (Pre-school) - แนะนำการเรียนและการประเมินผล - แนะนำแหล่งเรียนรู้และเอกสารการ ค้นคว้า - วิเคราะห์ความรู้พื้นฐานผู้เรียน - วิเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้ผู้เรียน	5	- อธิบายประมวลการสอนรายวิชา - อธิบายแผนการเรียน วิธีการเรียน การให้คะแนน - กำหนดกิจกรรมการเรียน - Power Point	

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
2	**บทที่ 1 บทนำ** - ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจุลินทรีย์	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
3	**บทที่ 2 วิธีการทางจุลชีววิทยา** - หลักการปฏิบัติงานทางด้านจุลชีววิทยา	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม - แบบฝึกหัด ทดสอบย่อย	
4	**บทที่ 3 สาหร่าย, โปรโตซัว**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
5	**บทที่ 4 แบคทีเรีย**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
6	**บทที่ 5 เห็ด รา และยีสต์**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
7	**บทที่ 6 ไวรัส**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
8	**สอบกลางภาค**	**-**	-	
9	**บทที่ 7 อาหารเลี้ยงเชื้อและการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์**	3	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
10	**บทที่ 8 การควบคุมจุลินทรีย์**	3	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
11	**บทที่ 9 จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม**	3	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
12	**บทที่ 10 จุลชีววิทยาอาหาร**	3	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
13	**บทที่ 11 จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม**	3	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
14	**บทที่ 12 โรคติดต่อและภูมิต้านทาน**	3	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
15	**นำเสนองานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในปัจจุบัน**	3	- อภิปรายกลุ่ม	
16	**สอบปลายภาค**	**-**	-	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1	1.3, 2.3, 3.3	**สังเกตและจดบันทึก** - การเข้าเรียน - การตรงต่อเวลา - การรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย	2 - 7 9 - 15	15 %
2	2.3, 3.3	**สอบกลางภาค**	8	20 %
3	1.3, 2.3, 3.3, 4.3, 5.3	**สังเกตและสอบปากเปล่า** - การนำเสนอ - การสื่อความหมาย - การแสดงเหตุผลจากการอภิปรายและนำเสนอ	14 - 15	15 %
4	1.3, 2.3, 3.3, 4.3	**สอบบทปฏิบัติการ**	15	20%
5	2.3, 3.3	**สอบปลายภาค**	16	30 %

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

ธีรพร กงบังเกิด. (2546). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ. (2544**). จุลชีววิทยาทั่วไป** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพ: เท็กซ์ แอนด์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

บัญญัติ สุขศรีงาม. (2539). **จุลชีววิทยาทั่วไป.** กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

Tortora, G. J., Funke, B. R., Case, C. L. (2006). **Microbiology : an introduction**. United States of America: Pearson Benjamin Cummings.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ที่เกี่ยวกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1.1 การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

1.2 การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน

1.3 แบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชา

1.4 ขอเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ดที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเป็นช่องทางการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

2.1 สังเกตการสอนของผู้ร่วมทีมการสอน

2.2 ผลการสอบ

2.3 การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

2.4 การตอบสนองและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอนโดยการจัดกิจกรรมในการระดมสมองและหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอน ดังนี้

3.1 สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

3.2 การวิจัยในและนอกชั้นเรียน

3.3 ใช้สื่อการสอนที่มีความหลากหลาย

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ในระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อ ตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในวิชา ได้จากการสอบถามนักศึกษา หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อย และหลังการออกผลการเรียนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์โดยรวมในวิชาได้ ดังนี้

4.1 การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

4.3 ทวนสอบจากการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน (ลักษณะนิสัย ได้แก่ การเข้าเรียน และการสังเกตพฤติกรรม) โดยอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

4.2 มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชาตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ รายงานวิธีการให้คะแนนสอบและการให้คะแนนพฤติกรรม รวมถึงประเมินผลการเรียน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมิน และทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลรายวิชา ได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอน และรายละเอียดวิชาเพื่อให้เกิดคุณภาพมากขึ้น ดังนี้

5.1 ปรับปรุงรายวิชาทุก 3 ปีหรือตามข้อเสนอแนะและผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ4

5.2 เปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

5.3 นำผลประเมินจากนักศึกษามาปรับปรุงแก้ไขในการสอน

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	ชีววิทยา

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

10. รหัสและชื่อรายวิชา

BIOL507 จุลชีววิทยาทางอาหาร (Food Microbiology)

11. จำนวนหน่วยกิต

3(2-3-6)

12. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา และวิชาเฉพาะด้านเอกเลือก

13. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ที่ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นผู้สอนหมวดวิชาชีววิทยา ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และได้รับการฝึกอบรมด้านการสอนวิชานี้มาแล้ว

14. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ระดับปริญญาตรี

15. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

BIOL501 จุลชีววิทยา

BIOL502 ปฏิบัติการจุลชีววิทยา

16. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

17. สถานที่เรียน

สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

18. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด

วันที่ 26 พฤศจิกายน 2554

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

2. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

6. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจุลินทรีย์
7. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียเชื้อโรคและสารพิษจากจุลินทรีย์ในอาหาร
8. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของอาหารที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และลักษณะการเน่าเสีย
9. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเน่าเสียของอาหารประเภทต่าง ๆ
10. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสุ่มตัวอย่าง วิธีการตรวจหาจุลินทรีย์ในอาหาร
11. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการถนอมอาหารทางจุลชีววิทยา
12. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีป้องกันและกำจัดจุลินทรีย์ในอาหาร

3. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้สอดคล้องกับสาระวิชาในกรอบมาตรฐานหลักสูตรกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับอัตลักษณ์และลักษณะที่พึงประสงค์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของหมวดวิชาเฉพาะและเปิดโอกาสให้แต่ละหลักสูตรได้เลือกเรียนวิชาในกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

4. คำอธิบายรายวิชา

จุลินทรีย์กับอาหาร จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย เชื้อโรคและสารพิษจากจุลินทรีย์ในอาหาร องค์ประกอบของอาหารที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์และลักษณะการเน่าเสีย การเน่าเสียของอาหารประเภทต่าง ๆ การสุ่มตัวอย่าง วิธีการตรวจหาจุลินทรีย์ในอาหาร น้ำนม ผลิตภัณฑ์นม มาตรฐานอาหารทางจุลชีววิทยา วิธีป้องกันและกำจัด จุลินทรีย์ในอาหาร การถนอมอาหารทางจุลชีววิทยา วิธีป้องกันและกำจัดจุลินทรีย์ในอาหาร การถนอมอาหาร การศึกษาภาคสนาม

Microbial food. Microorganisms cause spoilage. Pathogens and toxins from microorganisms in food. Composition of foods that affect microbial growth and spoilage characteristics. Spoilage of various food samples. How to detect microorganisms in food, milk products, milk. Food standards in microbiology. How to prevent and eliminate microorganisms in food Microbiological preservation. How to prevent and eliminate microorganisms in food preservation. Field study.

5. จำนวนชั่วโมงที่ใช้/ภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง	มี	45	90 ชั่วโมง

6. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

6. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

1.2.1 มีความเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต

1.2.2 มีวินัยตรงต่อเวลา และมีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม

1.2.3 เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นรวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์

1.2.4 เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม

1.2.5 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.3 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

1.2.1 กำหนดให้มีวัฒนธรรมองค์กรเพื่อปลูกฝังความมีระเบียบวินัย เคารพในกฎระเบียบของ มหาวิทยาลัย เช่น การเข้าชั้นเรียนตรงเวลา แต่งกายตามระเบียบของมหาวิทยาลัย มีความซื่อสัตย์ไม่ทุจริตในการสอบหรือการลอกการบ้าน

1.2.2 จัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรและสอนสอดแทรกตามโอกาสอันควรเพื่อเน้นย้ำให้ผู้เรียนเข้าใจ เข้าถึงคุณธรรมจริยธรรมที่ต้องการปลูกฝังบ่มเพาะให้ปรากฏในตัวผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม

1.3 วิธีการประเมินผล

1.3.1 ประเมินจากการตรงเวลาของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามกำหนดเวลา และการร่วมกิจกรรม

1.3.2 ประเมินจากการมีวินัย และพร้อมเพรียงของนักศึกษาในการเข้าร่วมกิจกรรม

1.3.3 ประเมินจากการกระทำทุจริตในการสอบ และความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

1.3.4 ประเมินจากความร่วมมือในการแต่งกายที่ถูกระเบียบ

7. ความรู้
2.3 ความรู้ที่ต้องได้รับ 2.1.3 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่สำคัญของชีววิทยาสาขาต่าง ๆ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ให้มีความก้าวหน้าทางวิชาการอยู่เสมอ 2.1.4 มีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับกฎ ระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับทางชีววิทยา
2.4 วิธีการสอน 2.2.1 จัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะยึดผู้เรียนเป็นสำคัญโดยจัดกิจกรรมในลักษณะการบรรยาย ค้นคว้า เน้นทฤษฎี และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในเชิงวิเคราะห์ 3.2.2 มีการมอบหมายงานให้ผู้เรียนฝึกฝนทักษะให้รู้จักคิด วางแผนการทดลอง วิจัย วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง
2.3 วิธีการประเมินผล 2.3.4 ประเมินด้วยการสอบย่อย สอบปฏิบัติการ สอบกลางภาคการศึกษาและสอบปลายภาคการศึกษา 2.3.5 ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ของรายวิชา เช่น การนำเสนอ รายงาน โครงการวิจัย 2.3.6 ประเมินจากการแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย และจากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือสหกิจศึกษา

8. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

3.1.5 มีทักษะในการจัดการประมวลความคิดอย่างเป็นระบบ

3.1.6 สามารถนำความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีทางชีววิทยามาแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3.1.7 มีทักษะในการทำปฏิบัติการด้วยวิธีมาตรฐานที่ทันสมัย

3.1.8 มีสมรรถนะในการวางแผนการทำวิจัย ออกแบบปฏิบัติการ รวมถึงเลือกใช้เครื่องมือเทคนิคที่เหมาะสมเป็นปัจจุบัน

3.2 วิธีการสอน

3.2.4 การทำรายงาน และการนำเสนอ

3.2.5 การอภิปรายกลุ่ม

3.2.6 การฝึกให้นักศึกษามีโอกาสปฏิบัติจริง

3.3 วิธีการประเมินผล

3.3.3 ประเมินตามสภาพจริงจากผลงาน และการปฏิบัติของนักศึกษา

3.3.4 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน การทดสอบ การสัมภาษณ์ การทดลอง

9. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

9.1.ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

4.1.3 การมีมนุษย์สัมพันธ์ในการทำงานและพร้อมมีส่วนร่วมในกิจกรรมในทางสร้างสรรค์ทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตาม

4.1.4 ความรับผิดชอบในการทำงานทั้งที่เป็นงานอิสระและงานที่ร่วมกับผู้อื่น และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

9.2.วิธีการสอน

4.2.3 จัดกิจกรรมให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม และการทำงานที่ต้องประสานกับผู้อื่น

4.2.4 ค้นคว้าหาข้อมูลจากการสัมภาษณ์บุคคลอื่น หรือผู้มีประสบการณ์

9.3.วิธีการประเมินผล

4.3.3 ประเมินจากพฤติกรรม และการแสดงออกของนักศึกษาในการนำเสนอรายงานในชั้นเรียน

4.3.4 สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการร่วมกิจกรรมต่าง ๆ

10.	**ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ**
10.1.	**ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา**
5.1.4	ทักษะด้านการสื่อสาร สามารถถ่ายทอดความรู้ นำเสนอผลงานได้อย่างถูกต้อง
5.1.5	ทักษะในการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทั้งในและต่างประเทศได้อย่างเหมาะสม
5.1.6	ทักษะในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลใหม่ ๆ เก็บรวบรวม วิเคราะห์ และประมวลผลโดยใช้เครื่องมือสารสนเทศได้เหมาะสม
10.2.	**วิธีการสอน**
5.2.3	จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง และเสมือนจริง
5.2.4	การนำเสนอการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่หลากหลายสถานการณ์
10.3.	**วิธีการประเมินผล**
5.3.3	ประเมินจากเทคนิค และการใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอ
5.3.4	ประเมินจากความสามารถในการอภิปราย นำเสนอต่อชั้นเรียน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	**ปฐมนิเทศการเรียนรู้** (Pre-school) - แนะนำการเรียนและการประเมินผล - แนะนำแหล่งเรียนรู้และเอกสารการค้นคว้า - วิเคราะห์ความรู้พื้นฐานผู้เรียน - วิเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้ผู้เรียน	5	- อธิบายประมวลการสอนรายวิชา - อธิบายแผนการเรียน วิธีการเรียน การให้คะแนน - กำหนดกิจกรรมการเรียน - Power Point	
2	**บทที่ 1 บทนำ** - ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจุลชีววิทยาทางอาหาร	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
3	**บทที่ 2 ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกของอาหารที่มีผลต่อการเจริญของ จุลินทรีย์**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม - แบบฝึกหัด ทดสอบย่อย	
4	**บทที่ 3 เนื้อสด ผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีก**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
5	**บทที่ 4 อาหารทะเล**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
6	**บทที่ 5 อาหารประเภทผัก ผลไม้และผลิตภัณฑ์จากผลไม้**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
7	**บทที่ 6 นม การหมักและผลิตภัณฑ์อาหารประจำวันจากการหมักและไม่หมัก**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม - อภิปรายกลุ่ม	
8	**สอบกลางภาค**	**-**	-	
9	**บทที่ 7 อาหารหมักและผลิตภัณฑ์หมัก**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
10	**บทที่ 8 การตรวจสอบจุลินทรีย์** **บทที่ 9 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทางอ้อม**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
11	**บทที่ 11 การป้องกันอาหารโดยใช้การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ** **บทที่ 12 การป้องกันการเน่าเสียของอาหารโดยการฉายรังสีและธรรมชาติของจุลินทรีย์ในการต้านทานรังสี**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
12	**บทที่ 13 การป้องกันอาหารโดยการใช้อุณหภูมิต่ำ** **บทที่ 14 การป้องกันอาหารโดยการใช้อุณหภูมิสูง**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
13	**บทที่ 15 กรรมวิธีป้องกันอาหารด้วยวิธีอื่นๆ**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
14	**บทที่ 16 เทคโนโลยีเฮอเดิล**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม - อภิปรายกลุ่ม	
15	**บทที่ 17 ตัวบ่งชี้ความปลอดภัยและคุณภาพทางจุลชีววิทยาในอาหาร** **บทที่ 18 ระบบ HACCP**	5	- บรรยายประกอบสื่อการสอน - อภิปรายซักถาม	
16	**สอบปลายภาค**	**-**	-	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1	1.3, 2.3, 3.3	**สังเกตและจดบันทึก** - การเข้าเรียน - การตรงต่อเวลา - การรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย	2 - 7 9 - 15	15 %
2	2.3, 3.3	**สอบกลางภาค**	8	20 %
3	1.3, 2.3, 3.3, 4.3, 5.3	**สังเกตและสอบปากเปล่า** - การนำเสนอ - การสื่อความหมาย - การแสดงเหตุผลจากการอภิปรายและนำเสนอ	14 - 15	15 %
4	1.3, 2.3, 3.3, 4.3	**สอบบทปฏิบัติการ**	15	20%
5	2.3, 3.3	**สอบปลายภาค**	16	30 %

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

4. ตำราและเอกสารหลัก

ธีรพร กงบังเกิด. (2546). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

นวพร ล้ำเลิศกุล. (2549). **จุลชีววิทยาทางอาหาร** (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: พิทักษ์การพิมพ์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2549). **ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพฯ:

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุมาลี เหลืองสกุล. (2527). **จุลชีววิทยาทางอาหาร** (ฉบับปรับปรุงใหม่). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

5. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

สุกิจ นววงศ์. (2548). **วัตถุเจือปนอาหาร**. กรุงเทพฯ: หจก. เอมี่ เทรดดิ้ง.

Branen, A. L. (2002). **Food additives**. United States of America: Marcel Dekker.

Jay, J. M., Loessner, M. J. and Golden, D. A. (2005). **Modern food microbiology (7th edition)**. United States of America: Aspen.

Smith, J. and Hong, L. (2003). **Food Additives Data Book**. England: Blackwell Publishing. John C. Beaulieu, Jeanne M. Lea. (2003). Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. **Postharvest Biology and Technology**, 30(1), 15-28.

6. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ที่เกี่ยวกับหัวข้อในประมวลรายวิชา เช่น Wikipedia คำอธิบายศัพท์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1.1 การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

1.2 การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน

1.3 แบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชา

1.4 ขอเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ดที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเป็นช่องทางการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

2.1 สังเกตการสอนของผู้ร่วมทีมการสอน

2.2 ผลการสอบ

2.3 การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

2.4 การตอบสนองและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอนโดยการจัดกิจกรรมในการระดมสมองและหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอน ดังนี้

3.1 สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

3.2 การวิจัยในและนอกชั้นเรียน

3.3 ใช้สื่อการสอนที่มีความหลากหลาย

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ในระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อ ตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในวิชา ได้จากการสอบถามนักศึกษา หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อย และหลังการออกผลการเรียนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์โดยรวมในวิชาได้ ดังนี้

4.1 การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

4.3 ทวนสอบจากการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน (ลักษณะนิสัย ได้แก่ การเข้าเรียนและการสังเกตพฤติกรรม) โดยอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

4.2 มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชาตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษาโดยตรวจสอบข้อสอบ รายงานวิธีการให้คะแนนสอบและการให้คะแนนพฤติกรรม รวมถึงประเมินผลการเรียน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมิน และทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลรายวิชา ได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอน และรายละเอียดวิชาเพื่อให้เกิดคุณภาพมากขึ้น ดังนี้

5.1 ปรับปรุงรายวิชาทุก 3 ปีหรือตามข้อเสนอแนะและผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ4

5.2 เปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

5.3 นำผลประเมินจากนักศึกษามาปรับปรุงแก้ไขในการสอน

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นาย กานต์ แย้มพงษ์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Mr Karn Yaempongsa

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3670101080211

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

E-mail : yaempongsa_karn@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

วท.บ. (จุลชีววิทยา)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- ประสิทธิภาพของสารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสมในการลดปริมาณและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในกระหล่ำปลีหั่นฝอย

- ประสิทธิภาพของสารละลายกรดอินทรีย์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสลัด : กะหล่ำปลี

- อิทธิพลร่วมของการใช้สารกันเสียทั่วไปในครัวเรือนและความร้อนต่ำต่อการยับยั้ง *Escherichia coli* ในผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.)

6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

กานต์ แย้มพงษ์ ธีรพร กงบังเกิด และอรอินทุ์ ประไชโย. (2554). ประสิทธิภาพของสารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสมในการลดปริมาณและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในกระหล่ำปลีหั่นฝอย. **ใน proceeding การประชุมวิชาการ**

นเรศวรวิจัยครั้งที่ 7 (เกษตรนเรศวรครั้งที่ 9). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า 209-209.

กานต์ แย้มพงษ์ และอรอินทุ์ ประไชโย. (2554). ประสิทธิภาพของสารละลายกรดอินทรีย์ใน การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผักสลัด : กะหล่ำปลี. **ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร**, 13(1), 79-87.

- การอยู่รอดของ *E. coli L. monocytogeneses* และ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์ผักสดและผักสดที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเล็กน้อย ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ (อยู่ระหว่างรอการตีพิมพ์)