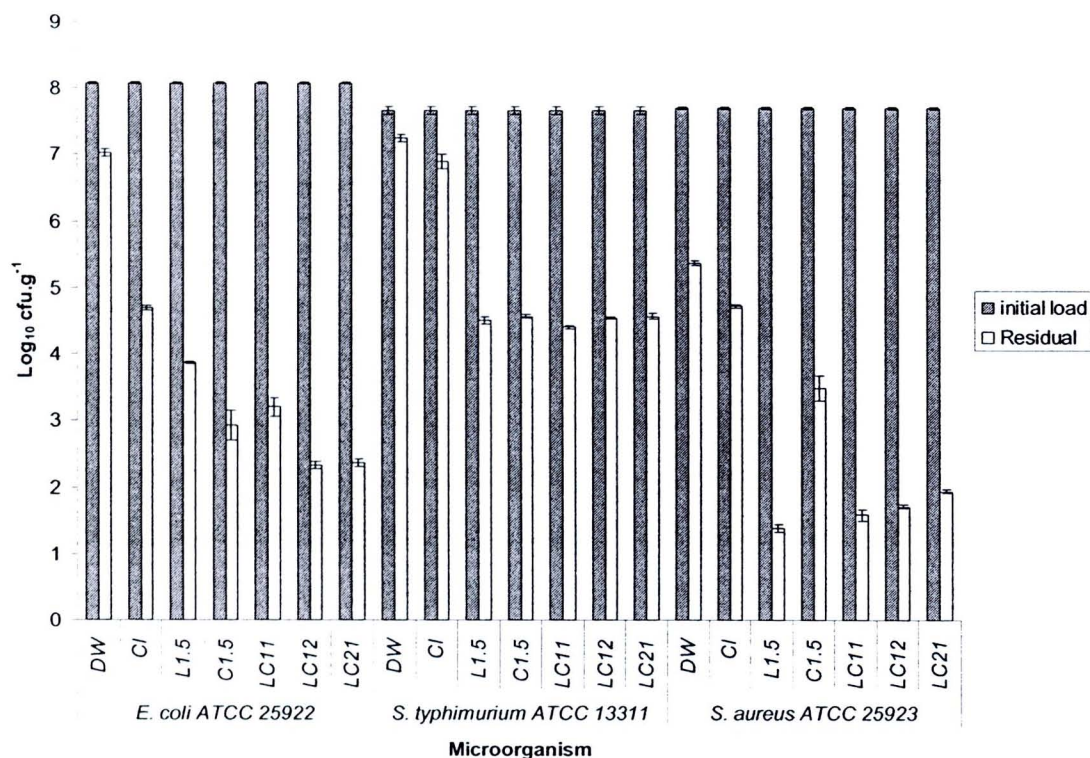


บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคบนกะหล่ำปลีหั่นฝอย

เซลล์แขวนลอย *Escherichia coli* ATCC 25922 มีปริมาณเชื้อตั้งต้นเท่ากับ $9.01 \pm 0.05 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ เมื่อทำการปลูกถ่ายลงบนกะหล่ำปลีหั่นฝอยด้วยวิธีการสเปรย์ ในอัตราส่วน 1:10 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $8.08 \pm 0.02 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ ภายหลังการล้างด้วยสารละลายทดสอบทุกชนิด [สารละลายกรดแลคติก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (L1.5); สารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (C1.5); สารละลายผสมกรดแลคติกและกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ในอัตราส่วน 1:1 (LC11); อัตราส่วน 1:2 (LC12) และอัตราส่วน 2:1 (LC21)] เป็นเวลา 1 นาที่สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยสูงกว่าสารละลายควบคุมทั้ง 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารละลาย LC12 และ LC21 สามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้มากที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสารละลายทดสอบอื่น ๆ ทุกชนิด ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 24 และภาพ 2 โดยสารละลาย LC12 สามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้มากที่สุด (5.74 ± 0.04) รองลงมาคือสารละลาย LC21 (5.71 ± 0.08) ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนสารละลาย DW ลดปริมาณลงได้น้อยที่สุดเท่ากับ $1.05 \pm 0.07 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ (ตาราง 24) หรือคิดเป็นร้อยละ 71.11 ± 0.62 และ 70.71 ± 0.77 ในสารละลาย LC12 และ LC21 ตามลำดับและ 13.04 ± 0.80 ในสารละลาย DW (ตาราง 25)



ภาพ 2 ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม ชุดทดสอบกรดอินทรีย์และชุดทดสอบกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที

สารละลายเซลล์แขวนลอยของ *Salmonella enterica* serovars Typhimurium ATCC 13311 มีปริมาณตั้งต้น $8.89 \pm 0.05 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ หลังจากทำการปลูกถ่ายลงบนกะหล่ำปลีหั่นฝอยด้วยวิธีการเดียวกันพบว่ามีปริมาณเท่ากับ $7.67 \pm 0.05 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ เมื่อผ่านการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดปริมาณ *S. typhimurium* ATCC 13311 ลงได้ 0.42 ± 0.11 0.78 ± 0.15 3.16 ± 0.03 3.10 ± 0.05 3.26 ± 0.06 3.13 ± 0.05 และ $3.10 \pm 0.09 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ ตามลำดับ (ตาราง 24) หรือเมื่อคิดเป็นร้อยละสามารถลดปริมาณ *S. typhimurium* ATCC 13311 ได้ร้อยละ 5.42 ± 0.36 10.17 ± 1.94 41.24 ± 0.48 40.37 ± 0.42 42.48 ± 0.49 40.76 ± 0.43 และ 40.41 ± 0.96 ตามลำดับ (ตาราง 25) โดยสารละลายทดสอบกรดอินทรีย์ทุกชนิดสามารถลดปริมาณ *S. typhimurium* ATCC 13311 ได้ใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$)

และสูงกว่าสารละลายชุดควบคุมทั้งสองชนิด (DW และ CI) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 24 และ ภาพ 2

สารละลายเซลล์แขวนลอยของ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ที่ได้จากวิธีเดียวกันมีปริมาณตั้งต้นเท่ากับ $9.34 \pm 0.02 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ เมื่อทำการปลูกถ่ายลงบนกะหล่ำปลีหั่นฝอยด้วยวิธีการเดียวกัน พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $7.70 \pm 0.02 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ หลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) พบว่าสามารถลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ลงได้เท่ากับ 2.33 ± 0.03 2.97 ± 0.04 6.30 ± 0.03 4.20 ± 0.16 6.11 ± 0.10 5.98 ± 0.04 และ $5.75 \pm 0.03 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ ตามลำดับ (ตาราง 24) หรือเมื่อคิดเป็นร้อยละสามารถลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ร้อยละ 30.20 ± 0.37 38.59 ± 0.40 81.87 ± 0.64 54.55 ± 2.27 79.37 ± 1.17 77.67 ± 0.45 และ 74.75 ± 0.34 ตามลำดับ (ตาราง 25) โดยสารละลายทดสอบกรดอินทรีย์ทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ได้สูงกว่าสารละลายควบคุมทั้งสองชนิด (DW และ CI) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสารละลาย L1.5 สามารถลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ได้มากที่สุด ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 24 และภาพ 2

จากข้อมูลที่ได้พบว่าจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิด (*E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923) มีความสามารถในการยึดเกาะกับพื้นที่ผิวกะหล่ำปลีโดยวิธีการฉีดพ่นเซลล์แขวนลอยในอัตราส่วนเซลล์แขวนลอยต่อปริมาณกะหล่ำปลีที่ 1:10 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) ใกล้เคียงกันโดยอยู่ที่ร้อยละ 89.62 86.27 และ 82.42 ตามลำดับ (ตาราง 25) การที่เซลล์แขวนลอยสามารถยึดติดไปกับกะหล่ำปลีหั่นฝอยได้เป็นจำนวนมากเนื่องจากเนื้อเยื่อที่เป็นรอยตัดและลักษณะที่ขรุขระโดยธรรมชาติทำให้มีพื้นที่ผิวในการยึดเกาะของเซลล์แขวนลอยมาก (Adams, Hartley and Cox, 1989)

จากการศึกษาพบว่าการล้างด้วยสารละลายทดสอบทุกชนิด (DW CI L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) สามารถที่จะลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ยึดติดกับกะหล่ำปลีหั่นฝอยลงได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความสามารถของตัวทำลายในการชะล้างโดยตรงโดยไม่เกี่ยวข้องกับชนิดของตัวถูกละลาย แต่อย่างไรก็ตามการกำจัดด้วยกลไกเช่นนี้สามารถลดปริมาณเซลล์ได้เพียงส่วนหนึ่ง ดังจะเห็นได้จากการล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (DW) สามารถที่จะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Beuchat, 1992 อ้างอิงใน สุดสายชล หอมทอง และนันทวัน กรัตพงศ์, 2552) เมื่อพิจารณาผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมทดสอบพบว่าสารละลายทดสอบทุกชนิด (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) มีประสิทธิภาพใน

การลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิด มากกว่าสารละลาย CI และ DW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสารละลายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้แก่ สารละลาย LC12 และ LC21 ซึ่งสามารถลดปริมาณลงได้ 5.74 ± 0.04 และ $5.71 \pm 0.08 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ หรือคิดเป็นร้อยละ 71.11 และ 70.71 ± 0.77 ตามลำดับ สำหรับ *S. typhimurium* ATCC 13311 สารละลายทดสอบทุกชนิด (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) สามารถลดปริมาณเชื้อลงได้ใกล้เคียงกัน ($3.15 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$) หรือลดได้ประมาณร้อยละ 41.05 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สารละลายที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ได้แก่สารละลาย L1.5 โดยสามารถลดปริมาณลงได้ $6.30 \pm 0.03 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ หรือคิดเป็นร้อยละ 81.87 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสารละลายทดสอบกรดชนิดอื่นๆ ($p < 0.05$) รองลงมาคือสารละลาย LC 11 และ LC 12 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตาราง 24 และ 25)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เป็นผลมาจากความสามารถของกรดในการทำให้ค่า pH ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ลดลงจากการที่กรดอินทรีย์ในรูปแบบไม่แตกตัวซึมผ่านผนังเซลล์เมมเบรนเข้าไปและเปลี่ยนรูปเป็นกรดที่แตกตัวในเซลล์ จากการที่เซลล์ของจุลินทรีย์นั้นจะพยายามที่จะรักษาระดับ pH ไว้ให้เป็นกลางเพื่อความอยู่รอดทำให้เกิดการขับไล่โปรตอนออกจากเซลล์ซึ่งทำให้เซลล์ต้องแบ่งพลังงานเพื่อจัดการโปรตอนทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) (สมุณทา วัฒนสินธุ์, 2549; Hunter and Segel, 1973) และเมื่อระบบนี้ถูกกระตุ้นอย่างต่อเนื่องจากการแรงดันโปรตอนที่เกิดจากปริมาณไฮโดรเจนไอออนภายในและภายนอกเซลล์ที่แตกต่าง จึงการสันนิษฐานว่าระบบการสร้าง Adenosine triphosphate (ATP) และการลำเลียงเซลล์ด้วยวิธี Active transport อาจถูกส่งผลกระทบต่อกระบวนการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Eklund, 1983; Eklund, 1985) และส่งผลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมทำให้เซลล์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด นอกจากนี้จากการลดค่า pH ภายในเซลล์ยังส่งผลให้เอนไซม์ต่าง ๆ ในเซลล์ถูกยับยั้งและทำลาย การสังเคราะห์โปรตีนหยุดชะงัก ซึ่งจะนำไปสู่การดำรงชีวิตของจุลินทรีย์หยุดชะงักและตายได้ (นพพร ลำเลิศกุล, 2549; Branen, 2002) เมื่อเปรียบเทียบค่า pKa ของกรดที่ใช้ในการทดลองพบว่ากรดแลกติกมีค่า pKa เท่ากับ 3.86 มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 90.08 g.mol^{-1} กรดซิตริกแตกตัวได้ 3 ครั้งมีค่า pKa ดังนี้คือ pKa_1 เท่ากับ 3.09 pKa_2 เท่ากับ 4.75 และ pKa_3 เท่ากับ 5.41 มีมวลโมเลกุลเท่ากับ $192.124 \text{ g.mol}^{-1}$ จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าภายใต้สภาวะการทดลองซึ่งสารละลาย

ทดสอบ L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 มีค่า pH เท่ากับ 2.10 ± 0.03 2.13 ± 0.07 2.13 ± 0.06 2.09 ± 0.02 และ 2.10 ± 0.02 ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กรดแลกติกนั้นอยู่ในรูปแบบไม่แตกตัวมากกว่ากรดซิตริกและด้วยขนาดมวโมเลกุลที่เล็กกว่าทำให้สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ได้ง่ายกว่าซึ่งส่งผลให้การยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วยกรดแลกติกมีประสิทธิภาพมากกว่ากรดซิตริก ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับรายงานเรื่องความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์เมื่อมีการเปรียบเทียบจากค่า pKa (วราภรณ์ พัทธพงษ์ และนันทนา อรุณฤกษ์, 2539; Ita and Robert, 1991) แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังไม่สามารถที่จะคาดเดาความสามารถในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์จากสารละลายกรดอินทรีย์ผสมได้ทั้งหมดทั้งนี้เนื่องจากกรดอินทรีย์ผสมอาจมีความสามารถในการส่งเสริมกันและกันได้ตามแนวความคิดของเทคนิคเฮอร์เดลซึ่งผลโดยรวมที่เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการรวมกันของปัจจัยที่อาจจะไม่สามารถทำนายผลได้แน่นอนซึ่งคาดว่าอาจจะมีผลมากกว่าปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว (Leistner and Gorris, 1995) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมนั้นไม่แตกต่างกันมากอาจเนื่องจากกรดอินทรีย์ผสมที่เกิดจากการผสมกรดแลกติกและกรดซิตริกนั้น ซึ่งกรดทั้งสองชนิดมีกลไกในการทำลายเซลล์จุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน (Leistner and Gorris, 1995) เมื่อพิจารณาปริมาณการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ *S. aureus* ATCC 25923 ที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกจะถูกลดปริมาณลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับ *E. coli* ATCC 25922 และ *S. typhimurium* ATCC 13311 ที่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ทั้งนี้สันนิษฐานว่าแบคทีเรียแกรมบวกนั้นมีโครงสร้างผนังเซลล์ชั้นเดียวที่ไม่ซับซ้อนเท่ากับแบคทีเรียแกรมลบที่มีผนังเซลล์ 2 ชั้นและมีโครงสร้างที่ซับซ้อนทำให้การแพร่ผ่านของกรดที่จะผ่านเข้าไปในตัวเซลล์ทำได้ง่ายกว่าทำให้ถูกทำลายได้มากกว่า

ผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคบนกะหล่ำปลีหั่นฝอย ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เมื่อทำการทดสอบผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมต่อการเจริญเติบโตของ *Escherichia coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังการล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสม [สารละลายกรดแลกติก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (L1.5); สารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (C1.5); สารละลายผสมกรดแลกติกและกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ในอัตราส่วน 1:1 (LC11); อัตราส่วน

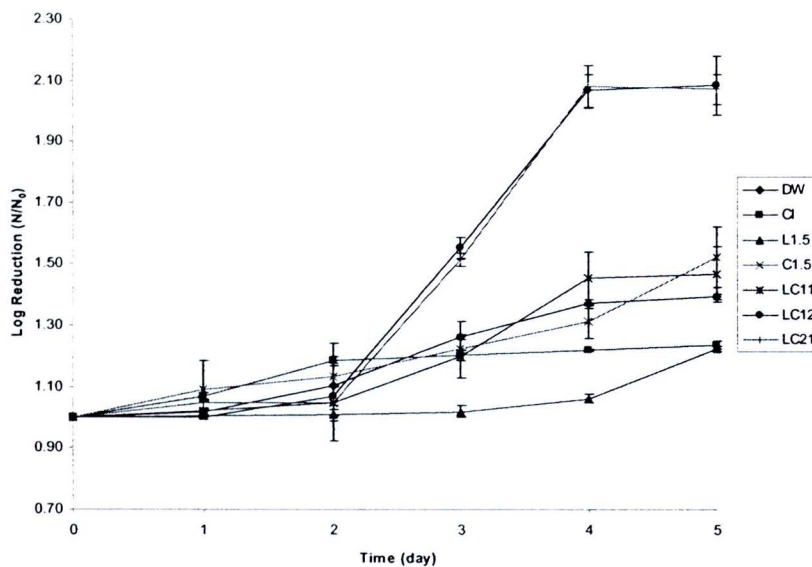
1:2 (LC12) และอัตราส่วน 2:1 (LC21)] เป็นเวลา 1 นาที่ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า *E. coli* ATCC 25922 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นในทุกสารละลายที่ศึกษาดังแสดงในตาราง 26 และภาพ 22 เมื่อพิจารณาจากค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้น ($\log N/N_0$) จากตาราง 4 และภาพ 3 พบว่าสารละลายทุกชนิด (DW CI L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) ไม่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 ซึ่งเมื่อพิจารณาความสามารถในการควบคุมการเจริญจะพบว่าสารละลายที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการควบคุมการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 จากตาราง 4 คือ สารละลาย L1.5 ที่มีค่า $\log N/N_0$ อยู่ที่ 1.22 ในวันที่ 5 ของการทดลอง ระหว่างการเก็บรักษานั้นพบการซ้ำของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 ตั้งแต่วันที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งวันที่ 4 จะเริ่มพบตามรอยซ้ำบริเวณริมขอบของชั้นกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่เกิดจากการตัดและวันที่ 5 ชั้นของกะหล่ำปลีหั่นฝอยเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ

ตาราง 4 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที่ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	$\log_{10} N/N_0$ of <i>E. coli</i> ATCC 25922					
	0	1	2	3	4	5
DW	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.02 ± 0.01 ^{Ab}	1.10 ± 0.00 ^{ABc}	1.26 ± 0.01 ^{E d}	1.37 ± 0.01 ^{CD e}	1.39 ± 0.01 ^{Bf}
CI	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.07 ± 0.02 ^{Ab b}	1.18 ± 0.01 ^{B c}	1.20 ± 0.02 ^{B c d}	1.22 ± 0.00 ^{B d e}	1.24 ± 0.01 ^{A e}
L1.5	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.01 ± 0.00 ^{Aa}	1.02 ± 0.02 ^{Aa}	1.06 ± 0.02 ^{A b}	1.22 ± 0.01 ^{A c}
C1.5	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.09 ± 0.09 ^{B ab}	1.13 ± 0.11 ^{A ab}	1.22 ± 0.09 ^{B b c}	1.31 ± 0.06 ^{C c}	1.52 ± 0.10 ^{C d}
LC11	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.02 ± 0.03 ^{AB a}	1.05 ± 0.06 ^{AB a}	1.20 ± 0.07 ^{B b}	1.45 ± 0.09 ^{D c}	1.47 ± 0.09 ^{EC c}
LC12	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.07 ± 0.03 ^{AB a}	1.55 ± 0.04 ^{C b}	2.07 ± 0.05 ^{E c}	2.09 ± 0.10 ^{E c}
LC21	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.05 ± 0.01 ^{AB a}	1.05 ± 0.13 ^{Aa}	1.51 ± 0.02 ^{C b}	2.08 ± 0.07 ^{E c}	2.07 ± 0.05 ^{E c}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{a-f} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพ 3 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 หลังจากล้างด้วยสารละลาย DW CI L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 ที่มีค่า pH เท่ากับ 7.11 ± 0.07 7.27 ± 0.06 2.10 ± 0.03 2.13 ± 0.07 2.13 ± 0.06 2.09 ± 0.02 และ 2.10 ± 0.02 ตามลำดับ (ตาราง 5) เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 หลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น และค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 หลังจากล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) นั้นจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพ 4 โดยที่สารละลาย L1.5 นั้นมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงของ pH ต่ำที่สุด (ตาราง 6)

ตาราง 5 ค่า pH ของสารละลายชุดควบคุม ชุดทดสอบกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสม

Treatments	pH
DW	7.11 ± 0.07 ^b
CI	7.27 ± 0.06 ^c
L1.5	2.10 ± 0.03 ^a
C1.5	2.13 ± 0.07 ^a
LC11	2.13 ± 0.06 ^a
LC12	2.09 ± 0.02 ^a
LC21	2.10 ± 0.02 ^a

^{a-c} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05) ในกลุ่มตัวอย่างทดลองเดียวกัน

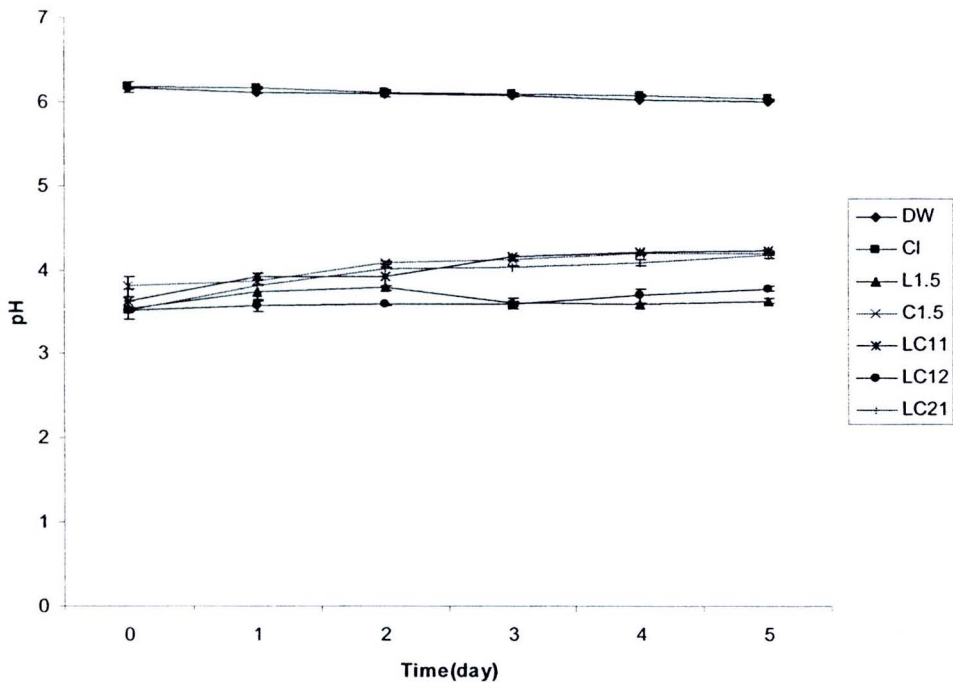
ตาราง 6 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	pH					
	0	1	2	3	4	5
DW	6.16 ± 0.02 ^{Cd}	6.11 ± 0.03 ^{Ed}	6.09 ± 0.03 ^{Ec}	6.07 ± 0.01 ^{D bc}	6.02 ± 0.01 ^{E b}	6.00 ± 0.01 ^{E a}
CI	6.18 ± 0.07 ^{Cd}	6.16 ± 0.02 ^{Ed}	6.11 ± 0.03 ^{Ec}	6.10 ± 0.02 ^{D bc}	6.07 ± 0.02 ^{E ab}	6.03 ± 0.01 ^{E a}
L1.5	3.54 ± 0.02 ^{Aa}	3.74 ± 0.09 ^{Bc}	3.79 ± 0.03 ^{Bc}	3.61 ± 0.05 ^{Ab}	3.60 ± 0.01 ^{A ab}	3.64 ± 0.03 ^{Ab}
C1.5	3.81 ± 0.12 ^{Ba}	3.87 ± 0.05 ^{CDa}	4.08 ± 0.03 ^{D b}	4.13 ± 0.03 ^{C bc}	4.20 ± 0.02 ^{D bc}	4.19 ± 0.01 ^{C c}
LC11	3.64 ± 0.14 ^{Aa}	3.92 ± 0.04 ^{D b}	3.92 ± 0.11 ^{C b}	4.16 ± 0.01 ^{C c}	4.20 ± 0.02 ^{D c}	4.23 ± 0.01 ^{D c}
LC12	3.53 ± 0.02 ^{Aa}	3.57 ± 0.07 ^{Aa}	3.58 ± 0.01 ^{Aa}	3.59 ± 0.05 ^{Aa}	3.70 ± 0.08 ^{B b}	3.78 ± 0.03 ^{B b}
LC21	3.53 ± 0.11 ^{Aa}	3.81 ± 0.01 ^{BCb}	4.02 ± 0.01 ^{D c}	4.04 ± 0.01 ^{B c}	4.08 ± 0.04 ^{C c}	4.18 ± 0.04 ^{C d}

^{A-F} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a*} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)





ภาพ 4 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

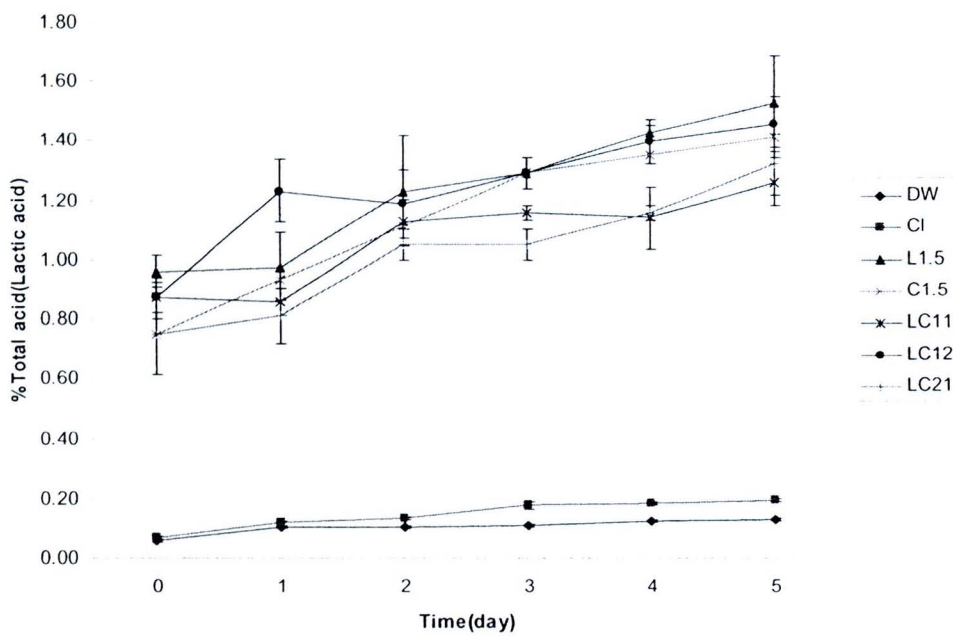
การวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA) โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลาย L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (คิดเป็นกรดแลกติก) จากกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 ภายหลังจากการล้างมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 5) ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายยชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Titratable acidity (Lactic acid)					
	0	1	2	3	4	5
DW	0.06 ± 0.01 ^{Aa}	0.10 ± 0.01 ^{Ab}	0.10 ± 0.01 ^{Ab}	0.11 ± 0.01 ^{Ab}	0.12 ± 0.01 ^{Ac}	0.13 ± 0.01 ^{Ac}
CI	0.07 ± 0.01 ^{Aa}	0.12 ± 0.01 ^{Ab}	0.13 ± 0.01 ^{Ac}	0.18 ± 0.01 ^{Ad}	0.18 ± 0.01 ^{Ad}	0.20 ± 0.01 ^{Ae}
L1.5	0.96 ± 0.05 ^{Ca}	0.98 ± 0.11 ^{Ca}	1.23 ± 0.19 ^{Bb}	1.29 ± 0.05 ^{Db}	1.43 ± 0.03 ^{Ccb}	1.53 ± 0.16 ^{Dc}
C1.5	0.75 ± 0.05 ^{Ca}	0.93 ± 0.05 ^{BCab}	1.11 ± 0.14 ^{Bbc}	1.29 ± 0.10 ^{Dcd}	1.35 ± 0.16 ^{Ccd}	1.41 ± 0.10 ^{BCDd}
LC11	0.87 ± 0.07 ^{BCa}	0.86 ± 0.05 ^{BCa}	1.13 ± 0.08 ^{Bb}	1.16 ± 0.03 ^{Cb}	1.14 ± 0.10 ^{Bb}	1.26 ± 0.08 ^{Bb}
LC12	0.87 ± 0.05 ^{BCa}	1.23 ± 0.10 ^{Db}	1.19 ± 0.11 ^{Bb}	1.29 ± 0.05 ^{Dbc}	1.40 ± 0.08 ^{Ccd}	1.46 ± 0.09 ^{CDd}
LC21	0.75 ± 0.14 ^{Ba}	0.81 ± 0.09 ^{Ba}	1.05 ± 0.05 ^{Bb}	1.05 ± 0.05 ^{Bb}	1.16 ± 0.03 ^{Bb}	1.32 ± 0.10 ^{BCc}

A, F ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

a, c ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 5 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายยชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

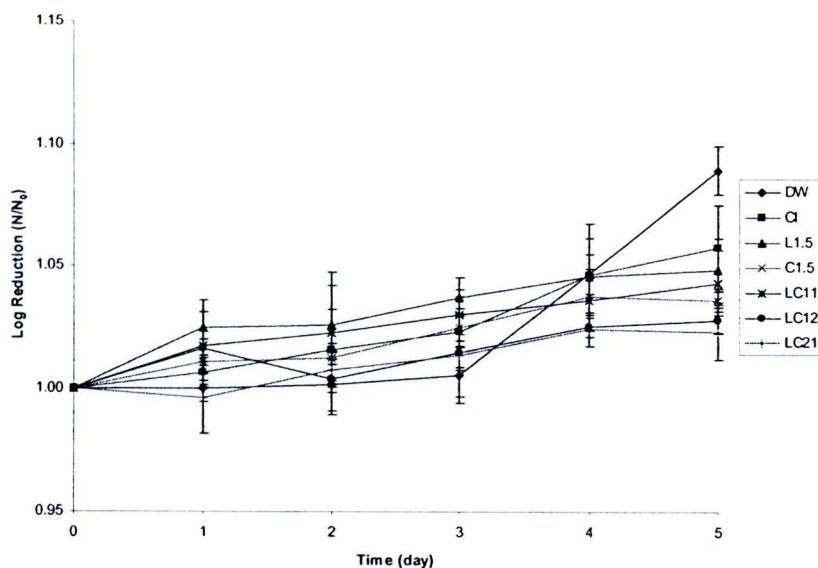
ผลการทดสอบชนิดและอัตราส่วนของสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมต่อการเจริญเติบโตของ *Salmonella enterica* serovars Typhimurium ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) เป็นเวลา 1 นาที ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า *S. typhimurium* ATCC 13311 มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 23) ซึ่งมีการเพิ่มปริมาณในทุกสารละลาย (DW CI L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) ดังแสดงในตาราง 27 เมื่อพิจารณาจากค่า Log N/N₀ จากตาราง 8 พบว่าสารละลายทุกชนิด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. typhimurium* ATCC 13311 จากลักษณะของกราฟที่สูงขึ้น (ภาพ 6) ซึ่งสารละลายที่ดีที่สุดที่สามารถควบคุมการเจริญของ *S. typhimurium* ATCC 13311 คือสารละลาย LC21 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากตัวเลขทางสถิติแล้วพบว่ากลุ่มของสารละลาย L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตาราง 8) ในระหว่างการเก็บรักษาพบการเข้าของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 ตั้งแต่วันที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งวันที่ 4 จะเริ่มพบตามรอยชำบริเวณริมขอบของชิ้นกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่เกิดจากการตัด และวันที่ 5 ชิ้นของกะหล่ำปลีหั่นฝอยเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ

ตาราง 8 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมเป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Log ₁₀ N/N ₀ of <i>S. typhimurium</i> ATCC 13311					
	0	1	2	3	4	5
DW	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.00 ± 0.01 ^{AB,a}	1.00 ± 0.01 ^{A,a}	1.01 ± 0.01 ^{A,a}	1.05 ± 0.01 ^{A,b}	1.09 ± 0.01 ^{D,c}
CI	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.01 ± 0.01 ^{ABC,a}	1.02 ± 0.02 ^{A,a}	1.02 ± 0.01 ^{ABC,ab}	1.05 ± 0.01 ^{A,bc}	1.06 ± 0.02 ^{C,c}
L1.5	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.02 ± 0.01 ^{C,ab}	1.03 ± 0.02 ^{A,ab}	1.04 ± 0.01 ^{C,b}	1.05 ± 0.02 ^{A,b}	1.05 ± 0.01 ^{BC,b}
C1.5	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.01 ± 0.01 ^{ABC,ab}	1.01 ± 0.00 ^{A,b}	1.03 ± 0.01 ^{ABC,c}	1.04 ± 0.01 ^{A,c,d}	1.04 ± 0.00 ^{EB,d}
LC11	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.02 ± 0.01 ^{BC,ab}	1.02 ± 0.02 ^{A,abc}	1.03 ± 0.01 ^{BC,bc}	1.04 ± 0.01 ^{A,bc}	1.04 ± 0.01 ^{01ABC,c}
LC12	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.02 ± 0.01 ^{ABC,bc}	1.00 ± 0.01 ^{A,ab}	1.01 ± 0.01 ^{AB,bc}	1.03 ± 0.00 ^{A,c}	1.03 ± 0.01 ^{AB,c}
LC21	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.00 ± 0.01 ^{A,a}	1.01 ± 0.01 ^{A,ab}	1.01 ± 0.02 ^{2E,ab}	1.02 ± 0.01 ^{A,c}	1.02 ± 0.01 ^{A,c}

^{A-D} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{a-d} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพ 6 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมเป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

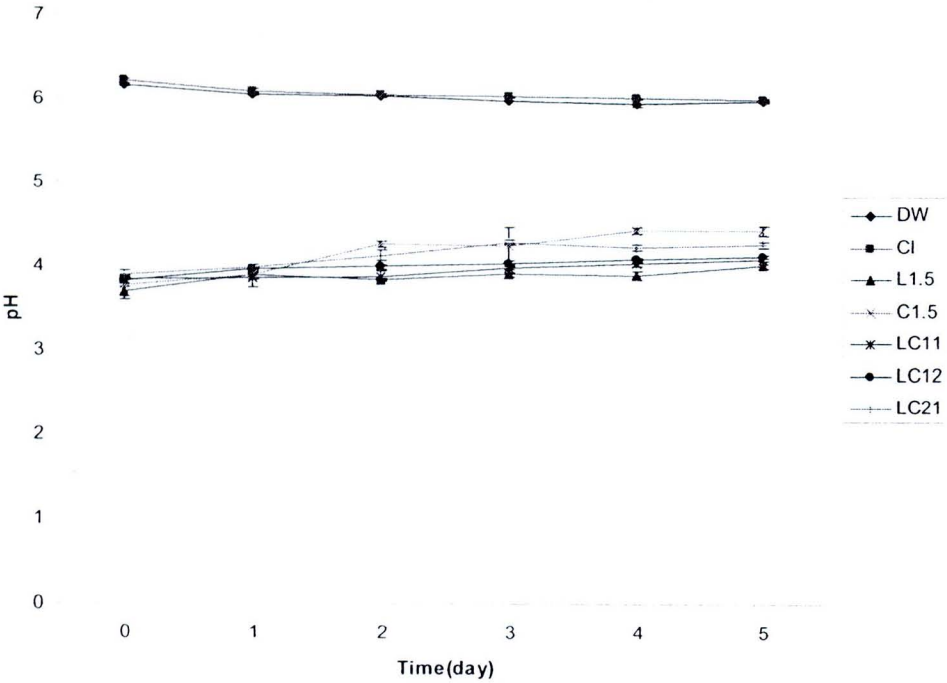
การศึกษาค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายทดสอบซึ่งมีค่า pH ดังแสดงในตาราง 5 เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่า pH ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และสารละลาย L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 นั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพ 7 ซึ่งสารละลาย L1.5 เป็นสารละลายที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยที่สุด (ตาราง 9)

ตาราง 9 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	pH					
	0	1	2	3	4	5
DW	6.16 ± 0.02 ^{D,c}	6.05 ± 0.01 ^{D,c}	6.03 ± 0.02 ^{E,c}	5.98 ± 0.01 ^{G,b}	5.95 ± 0.05 ^{E,b}	5.98 ± 0.02 ^{E,a}
CI	6.21 ± 0.03 ^{D,d}	6.10 ± 0.03 ^{D,c,d}	6.05 ± 0.03 ^{E,c,d}	6.03 ± 0.01 ^{C,c}	6.01 ± 0.01 ^{E,b}	6.00 ± 0.02 ^{E,a}
L1.5	3.69 ± 0.09 ^{A,a}	3.88 ± 0.02 ^{AB,b}	3.84 ± 0.01 ^{A,b}	3.90 ± 0.03 ^{A,b}	3.88 ± 0.06 ^{A,b}	4.01 ± 0.03 ^{A,c}
C1.5	3.76 ± 0.12 ^{AE,a}	3.88 ± 0.05 ^{AB,a}	4.28 ± 0.03 ^{D,b}	4.25 ± 0.22 ^{B,b}	4.43 ± 0.04 ^{D,b}	4.43 ± 0.05 ^{D,b}
LC11	3.84 ± 0.02 ^{EC,a}	3.85 ± 0.11 ^{A,a}	3.88 ± 0.06 ^{A,a}	3.99 ± 0.02 ^{A,b}	4.03 ± 0.04 ^{B,b,c}	4.09 ± 0.02 ^{B,c}
LC12	3.82 ± 0.07 ^{AE,c,a}	3.97 ± 0.02 ^{BC,b}	3.99 ± 0.03 ^{E,b,c}	4.04 ± 0.03 ^{A,c,d}	4.09 ± 0.03 ^{B,d,e}	4.12 ± 0.02 ^{B,e}
LC21	3.89 ± 0.05 ^{C,a}	3.98 ± 0.04 ^{C,b}	4.13 ± 0.06 ^{C,c}	4.29 ± 0.03 ^{E,d}	4.23 ± 0.03 ^{C,d}	4.28 ± 0.03 ^{C,d}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 7 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์ และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

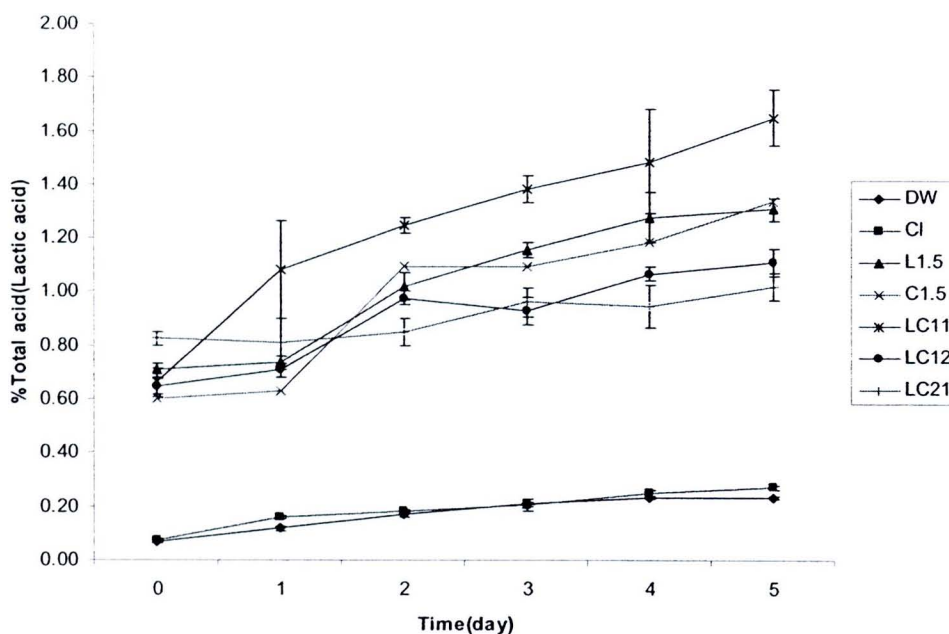
การวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 ภายหลังจากล้าง เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (กรดแลกติก) นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 8) ดังแสดงข้อมูลปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในตาราง 10

ตาราง 10 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์ และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Titratable acidity (Lactic acid)					
	0	1	2	3	4	5
DW	0.07 ± 0.00 ^{A,a}	0.12 ± 0.01 ^{A,b}	0.17 ± 0.01 ^{A,c}	0.21 ± 0.01 ^{A,d}	0.23 ± 0.01 ^{A,e}	0.23 ± 0.01 ^{A,e}
CI	0.07 ± 0.01 ^{A,a}	0.16 ± 0.01 ^{A,b}	0.18 ± 0.01 ^{A,c}	0.20 ± 0.02 ^{A,d}	0.25 ± 0.01 ^{A,e}	0.27 ± 0.01 ^{A,f}
L1.5	0.71 ± 0.03 ^{B,a}	0.74 ± 0.03 ^{B,c,a}	1.02 ± 0.05 ^{C,b}	1.16 ± 0.03 ^{C,c}	1.28 ± 0.09 ^{D,d}	1.31 ± 0.05 ^{C,d}
C1.5	0.60 ± 0.14 ^{B,a}	0.63 ± 0.00 ^{B,a}	1.10 ± 0.07 ^{D,b}	1.10 ± 0.03 ^{C,b}	1.19 ± 0.13 ^{CD,b}	1.34 ± 0.03 ^{C,c}
LC11	0.66 ± 0.05 ^{B,a}	1.08 ± 0.18 ^{D,b}	1.25 ± 0.03 ^{E,bc}	1.38 ± 0.05 ^{D,c,d}	1.49 ± 0.20 ^{E,d,e}	1.65 ± 0.10 ^{D,e}
LC12	0.65 ± 0.03 ^{B,a}	0.71 ± 0.03 ^{B,c,a}	0.98 ± 0.03 ^{C,b}	0.93 ± 0.05 ^{B,b}	1.07 ± 0.03 ^{B,c,c}	1.11 ± 0.05 ^{B,c}
LC21	0.83 ± 0.03 ^{C,a}	0.81 ± 0.09 ^{C,a}	0.85 ± 0.05 ^{B,ab}	0.96 ± 0.05 ^{B,bc}	0.95 ± 0.08 ^{B,bc}	1.02 ± 0.05 ^{B,c}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 8 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอย ที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

ผลการของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสมต่อการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างเป็นเวลา 1 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า *S. aureus* ATCC 25923 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพ 24) โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นในทุกสารละลาย (DW CI L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) ดังแสดงในตาราง 28 เมื่อพิจารณาจากค่า Log N/N₀ จากตาราง 11 และภาพ 9 พบว่าสารละลายทุกชนิด (DW CI L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) ไม่มีความสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ATCC 25923 ซึ่งถ้าพิจารณาความสามารถในการควบคุมการเจริญของ *S. aureus* ATCC 25923 พบว่าสารละลาย CI จะมีความสามารถในการควบคุมการเจริญได้สูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสารละลายทดสอบกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) (ตาราง 11) ระหว่างการเก็บรักษาพบการเข้าของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21 ตั้งแต่วันที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งวันที่ 4

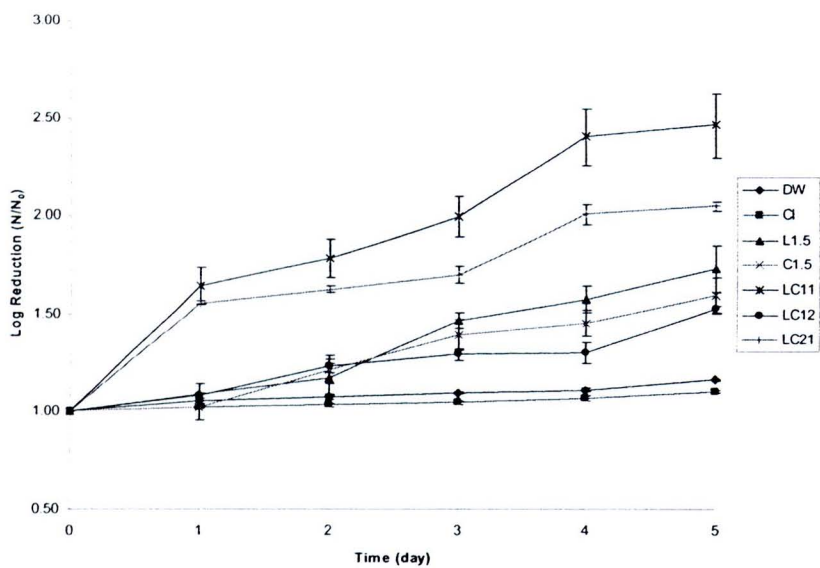
จะเริ่มพบตามรอยซ้ำบริเวณริมขอบของชั้นกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่เกิดจากการตัดและวันที่ 5 ชั้นของกะหล่ำปลีหั่นฝอยเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ

ตาราง 11 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมเป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Log ₁₀ N/N ₀ of <i>S. aureus</i> ATCC 25923					
	0	1	2	3	4	5
DW	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.05 ± 0.01 ^{Ab}	1.07 ± 0.01 ^{ABc}	1.10 ± 0.01 ^{Ad}	1.11 ± 0.01 ^{Ad}	1.16 ± 0.00 ^{Ac}
CI	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.02 ± 0.01 ^{Ab}	1.03 ± 0.01 ^{Abc}	1.05 ± 0.01 ^{Ac}	1.07 ± 0.01 ^{Ad}	1.10 ± 0.01 ^{Ac}
L1.5	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.09 ± 0.05 ^{Ab}	1.17 ± 0.08 ^{BCb}	1.47 ± 0.04 ^{Cc}	1.57 ± 0.07 ^{Cc}	1.73 ± 0.12 ^{Cd}
C1.5	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.02 ± 0.07 ^{Aa}	1.21 ± 0.07 ^{Cb}	1.39 ± 0.08 ^{Cc}	1.45 ± 0.07 ^{Cc}	1.59 ± 0.09 ^{BCd}
LC11	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.64 ± 0.09 ^{Cb}	1.78 ± 0.10 ^{Eb}	1.99 ± 0.10 ^{Ec}	2.40 ± 0.14 ^{Ed}	2.46 ± 0.16 ^{Ed}
LC12	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.08 ± 0.01 ^{Ab}	1.23 ± 0.03 ^{Cc}	1.29 ± 0.03 ^{Bd}	1.30 ± 0.05 ^{Bd}	1.52 ± 0.02 ^{Be}
LC21	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.56 ± 0.01 ^{Bb}	1.62 ± 0.02 ^{Dc}	1.70 ± 0.04 ^{Dd}	2.01 ± 0.05 ^{De}	2.05 ± 0.02 ^{De}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)



ภาพ 9 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมเป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

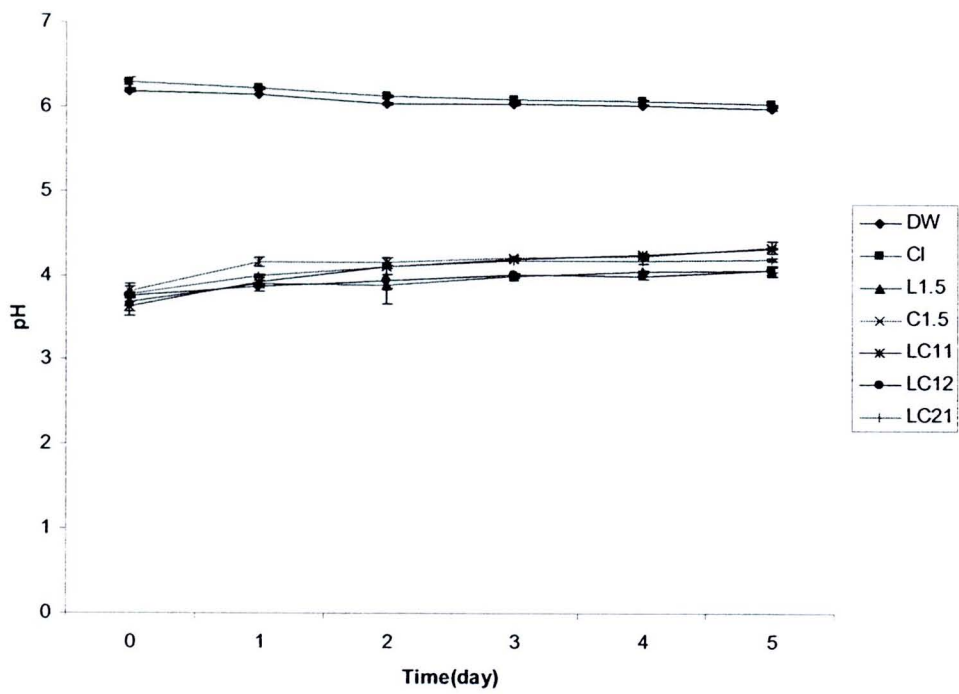
ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 10) ดังแสดงในตาราง 12 โดยที่สารละลาย L1.5 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด

ตาราง 12 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	pH					
	0	1	2	3	4	5
DW	6.16 ± 0.02 ^{Cd}	6.11 ± 0.03 ^{Ecd}	6.09 ± 0.03 ^{Ec}	6.07 ± 0.01 ^{Dbc}	6.02 ± 0.01 ^{Eb}	6.00 ± 0.01 ^{Ea}
CI	6.18 ± 0.07 ^{Cd}	6.16 ± 0.02 ^{Ecd}	6.11 ± 0.03 ^{Ec}	6.10 ± 0.02 ^{Dbc}	6.07 ± 0.02 ^{Eab}	6.03 ± 0.01 ^{Ea}
L1.5	3.54 ± 0.02 ^{Aa}	3.74 ± 0.09 ^{Bc}	3.79 ± 0.03 ^{Bc}	3.61 ± 0.05 ^{Ab}	3.60 ± 0.01 ^{Ab}	3.64 ± 0.03 ^{Ab}
C1.5	3.81 ± 0.12 ^{Ba}	3.87 ± 0.05 ^{CDa}	4.08 ± 0.03 ^{Bb}	4.13 ± 0.03 ^{Cbc}	4.20 ± 0.02 ^{Dbc}	4.19 ± 0.01 ^{Cc}
LC11	3.64 ± 0.14 ^{Aa}	3.92 ± 0.04 ^{Db}	3.92 ± 0.11 ^{Cb}	4.16 ± 0.01 ^{Cc}	4.20 ± 0.02 ^{Dc}	4.23 ± 0.01 ^{Dc}
LC12	3.53 ± 0.02 ^{Aa}	3.57 ± 0.07 ^{Aa}	3.58 ± 0.01 ^{Aa}	3.59 ± 0.05 ^{Aa}	3.70 ± 0.08 ^{Bb}	3.78 ± 0.03 ^{Bb}
LC21	3.53 ± 0.11 ^{Aa}	3.81 ± 0.01 ^{BCb}	4.02 ± 0.01 ^{Dc}	4.04 ± 0.01 ^{Ec}	4.08 ± 0.04 ^{Cc}	4.18 ± 0.04 ^{Cd}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-c} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 10 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

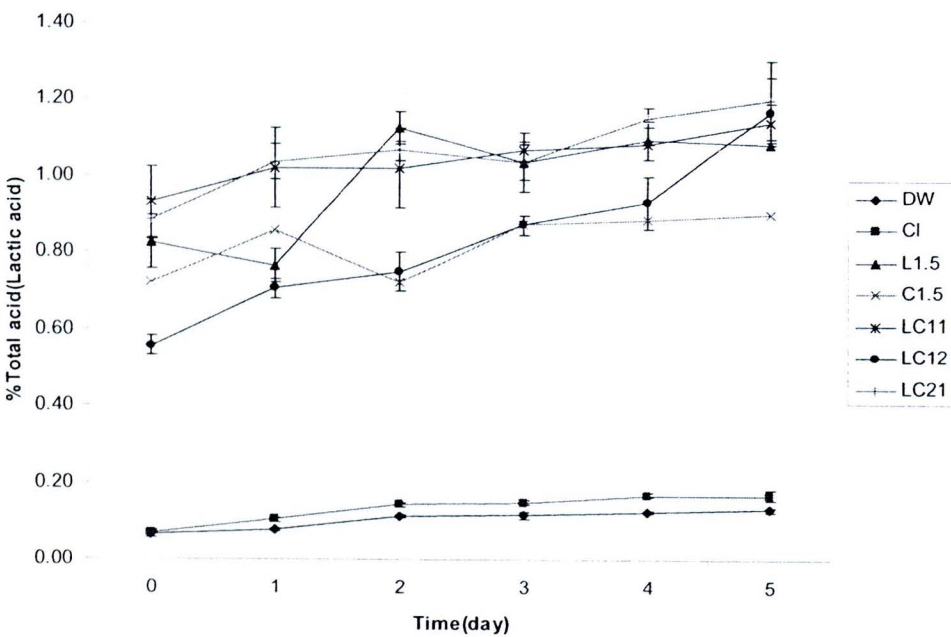
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (คิดเป็นกรดแลกติก) ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในตาราง 13 และภาพ 11

ตาราง 13 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Titratable acidity (Lactic acid)					
	0	1	2	3	4	5
DW	0.06 ± 0.01 ^{Aa}	0.08 ± 0.01 ^{Aa}	0.11 ± 0.01 ^{Ab}	0.11 ± 0.01 ^{Ab}	0.12 ± 0.01 ^{Abc}	0.13 ± 0.01 ^{Ac}
CI	0.07 ± 0.01 ^{Aa}	0.10 ± 0.01 ^{Ab}	0.14 ± 0.01 ^{Ac}	0.15 ± 0.00 ^{Ac}	0.17 ± 0.01 ^{Ad}	0.17 ± 0.01 ^{Ad}
L1.5	0.83 ± 0.07 ^{Da}	0.77 ± 0.05 ^{Ba}	1.13 ± 0.05 ^{Eb}	1.04 ± 0.05 ^{Cb}	1.10 ± 0.05 ^{Cb}	1.08 ± 0.00 ^{Cb}
C1.5	0.72 ± 0.05 ^{Ca}	0.86 ± 0.00 ^{Cb}	0.72 ± 0.05 ^{Ba}	0.87 ± 0.07 ^{Bb}	0.89 ± 0.05 ^{Bb}	0.90 ± 0.09 ^{Bb}
LC11	0.93 ± 0.09 ^{Ea}	1.02 ± 0.10 ^{Dab}	1.02 ± 0.10 ^{Dab}	1.07 ± 0.03 ^{Cab}	1.08 ± 0.00 ^{Cb}	1.14 ± 0.05 ^{Cb}
LC12	0.56 ± 0.03 ^{Ba}	0.71 ± 0.03 ^{Bb}	0.75 ± 0.05 ^{Bb}	0.87 ± 0.03 ^{Bc}	0.93 ± 0.07 ^{Bc}	1.17 ± 0.09 ^{Cd}
LC21	0.89 ± 0.05 ^{DEa}	1.04 ± 0.05 ^{Db}	1.07 ± 0.03 ^{Db}	1.04 ± 0.08 ^{Cbc}	1.16 ± 0.03 ^{Dcd}	1.20 ± 0.10 ^{Cd}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-c} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 11 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าความเย็นมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิด เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) การเก็บรักษาในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) นั้นจะช่วยลดอัตราการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ทำให้โปรตีนตกตะกอนเป็นก้อนและเซลล์เกิดฉีกขาดส่งผลให้อัตราการเจริญลดลงและการแบ่งเซลล์นั้นจะเกิดได้น้อยมาก (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544; นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549; สมณทา วัฒนสินธุ์, 2549) อย่างไรก็ตามระหว่างการเก็บรักษานั้นพบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยตัวอย่างที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) เมื่อเข้าสู่วันที่ 4 ของระยะเวลาการเก็บรักษาแล้วจะเริ่มเกิดรอยชำรุดขึ้นตามรอบขอบของชั้นกะหล่ำปลีหั่นฝอย ทั้งนี้อาจเกิดจากเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ซึ่งเมื่อสลายตัวไปแล้วจะกลายเป็นสารไม่มีสี และเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เนื่องจากกรดอินทรีย์จะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายหมู่ของ Mg^{2+} จากศูนย์กลางโครงสร้างเตตระไพโรล (tetrapyrrole) ที่อยู่กลางโมเลกุลในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์และทำให้เกิดสารประกอบใหม่ คือ ฟิโอฟิติน (pheophytin) ที่มีลักษณะเป็นสีเขียวมะกอกและอาจถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ให้เกิดเป็นสารไม่มีสีที่เรียกว่า Colorless purin และ Chlorin products ทำให้ลักษณะที่ปรากฏออกมาเป็นลักษณะคล้ายรอยชำ (ธวัชชัย ชินวงศ์, 2541; Robertson, 1985; Tucker, 1993) นอกจากการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ การเกิดรอยแผลและรอยชำที่เกิดจากการหั่นในตอนต้นทำให้เกิดความเครียดขึ้นกับกะหล่ำปลีหั่นฝอยส่งผลให้เพิ่มเกิดการผลิตก๊าซเอทิลีน (ethylene) ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เกิดการชราภาพและเน่าเสียซึ่งจะนำไปสู่ผลการทำให้เกิดการอ่อนนิ่มชอกชำได้ง่ายและสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้เช่นกัน (จิรา ณ หนองคาย, 2536; ธวัชชัย ชินวงศ์, 2541) การที่เชื้อมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั้นนอกจากจะเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญด้วยความเย็นแล้วส่วนหนึ่งอาจมาจากปริมาณเชื้อที่พื้นผิวหลังจากที่เกิดการบาดเจ็บจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากเชื้อที่บาดเจ็บนั้นอาจไม่แข็งแรงพอที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549; Tomlins, Pierson, and Ordal, 1971) ซึ่งในการทดลองนั้นมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณของแร่ธาตุหรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่กะหล่ำปลีหั่นฝอยนั้นปล่อยออกมาซึ่งเป็นแหล่งอาหารนั้นจะช่วยพื้นผิว เชื้อที่บาดเจ็บเมื่อทำการล้างด้วยสารละลายแต่เชื้อจุลินทรีย์นั้นไม่ได้ถูกทำลายจากกรดอินทรีย์เนื่องจากระยะเวลาไม่เพียงพอ ทำให้ปริมาณเชื้อที่ตรวจนับได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการพื้นผิว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเวลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์

ในการทำลายจุลินทรีย์ (Beuchat, 1998; Sengun and Karapinar, 2004) ที่แสดงให้เห็นถึงผลของการเพิ่มเวลาเวลาในการใช้สารละลายจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์

เมื่อพิจารณาจากค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการปลูกถ่ายเชื้อจุลินทรีย์และผ่านการล้างด้วยสารละลายทดสอบแล้ว พบว่าที่มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ คือ ค่า pH ในส่วนของสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) จะมีค่า ลดลงที่เล็กน้อย ส่วนในสารละลายทดสอบชุดกรดนั้นจะค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นไม่มาก ในการศึกษาค่า pH ของกะหล่ำปลีนั้นมีค่าประมาณ 6.0 ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของกะหล่ำปลีทั่วไปที่จะมีค่าประมาณ 5.4 - 6.0 (Jay, Loessner, and Golden, 2005) การผ่านการล้างด้วยสารละลายกรดอ่อนนั้นย่อมทำให้ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยลดลงเป็นอย่างมาก ค่า pH โดยรวมเมื่อผ่านการเก็บรักษาจึงมีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากเนื่องจากกระบวนการปรับสมดุลของเซลล์จุลินทรีย์และจากค่า pH จากกะหล่ำปลีหั่นฝอยนั้นมีค่าสูง ซึ่งอาจมีผลต่อค่า pH โดยรวมที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสม เมื่อพิจารณาปริมาณกรดของกะหล่ำปลีหั่นฝอยเพิ่มระหว่างการทดลองนั้นพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (คิดเป็นกรดแลกติก) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนั้นนอกจากจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของ pH จากกรดอินทรีย์แล้วยังเกิดจากกลไกการรุกรานของกะหล่ำปลีหั่นฝอยซึ่งเกิดได้ไวขึ้นจากความเครียดจากรอยแผลและรอยชำ (ธวัชชัย ชิดวงศ์, 2541) การที่ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสม (L1.5 C1.5 LC11 LC12 และ LC21) มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยนั้นมีความเป็นไปได้ว่าเกิดจากเงื่อนไขการใช้เครื่องมือในการวัด ซึ่งในส่วนนี้มีผลที่ค้านกับปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตัวเลขของ pH และปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก (ประมาณ 0.2 - 0.4) และปริมาณกรดเองก็เพิ่มขึ้นน้อยเช่นกัน

หลังจากผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจะเพิ่มจำนวนสูงขึ้นที่เล็กน้อย ทั้งนี้ นอกจากอิทธิพลของความเย็นที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลางและเกิดจากจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ทำให้เซลล์ใช้พลังงานเพื่อกำจัดโปรตอนออกจากเซลล์น้อยลงตามเวลาที่เก็บรักษาทำให้เกิดการเจริญเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการผลึกษาได้แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดอินทรีย์สามารถควบคุมการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการนั้นสารละลายทดสอบกรดอินทรีย์และกรดอินทรีย์ผสม (L1.5

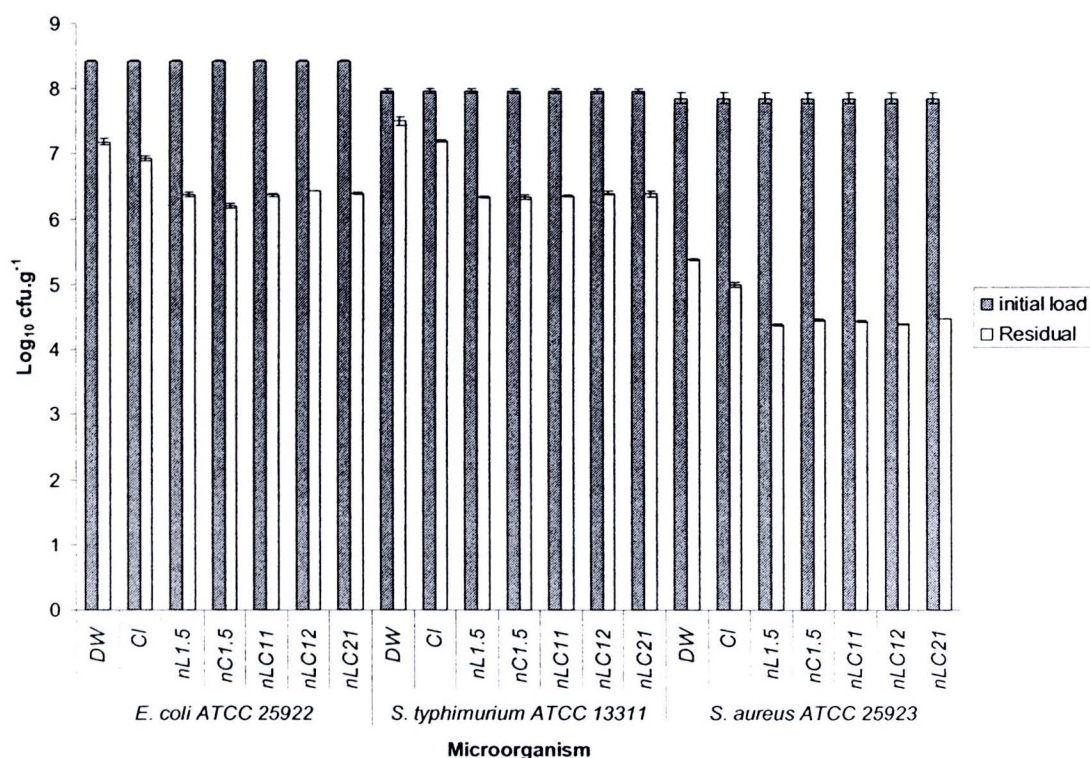
C1.5 LC11 LC12 และ LC21) ให้ผลการลดปริมาณและควบคุมการเจริญ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ใกล้เคียงกันแต่เมื่อมองในภาพรวมแล้วการเลือกใช้สารละลาย L1.5 นั้นสามารถควบคุมปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายทดสอบกรดชนิดอื่นๆ

ผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคบนกะหล่ำปลีหั่นฝอย

เซลล์แขวนลอย *Escherichia coli* ATCC 25922 ก่อนการปลูกถ่ายมีปริมาณเชื้อตั้งต้นเท่ากับ $9.99 \pm 0.10 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ เมื่อทำการปลูกถ่ายลงบนกะหล่ำปลีหั่นฝอยด้วยวิธีการสเปรย์ในอัตราส่วน 1:10 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $8.43 \pm 0.01 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ หลังจากล้างด้วยสารละลาย DW CI และสารละลายเกลืออินทรีย์ชุดทดสอบ [สารละลายโซเดียมแล็กเตท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (nL1.5); สารละลายโซเดียมซิเตรท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (nC1.5); สารละลายผสมโซเดียมแล็กเตทและโซเดียมซิเตรท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ในอัตราส่วน 1:1 (nLC11); 1:2 (nLC12) และ 2:1 (nLC21)] เป็นเวลา 1 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ลงได้ 1.25 ± 0.06 1.50 ± 0.02 2.06 ± 0.03 2.22 ± 0.04 2.06 ± 0.04 2.00 ± 0.01 $2.05 \pm 0.01 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ ตามลำดับ (ตาราง 29) หรือคิดเป็นร้อยละ 14.82 ± 0.70 17.79 ± 0.31 24.48 ± 0.38 26.34 ± 0.46 24.44 ± 0.41 23.72 ± 0.07 และ 24.25 ± 0.13 ตามลำดับ (ตาราง 30) โดยสารละลาย nC1.5 สามารถลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ได้สูงสุดเท่ากับ $2.22 \pm 0.04 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ ซึ่งแตกต่างจากสารละลายอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 29 และภาพ 12

ในการศึกษาการลดปริมาณ *Salmonella enterica* serovars Typhimurium ATCC 13311 ด้วยวิธีเดียวกัน พบว่าสารละลายเซลล์แขวนลอยมีปริมาณตั้งต้นเท่ากับ $9.18 \pm 0.04 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ เมื่อทำการปลูกถ่ายลงบนกะหล่ำปลีหั่นฝอย พบว่ามีปริมาณเท่ากับ $7.96 \pm 0.04 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ หลังจากการล้างด้วยสารละลาย DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21 เป็นเวลา 1 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณ *S. typhimurium* ATCC 13311 ลงได้ 0.46 ± 0.06 0.76 ± 0.02 1.62 ± 0.04 1.62 ± 0.02 1.60 ± 0.05 1.56 ± 0.06 $1.57 \pm 0.05 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ ตามลำดับ (ตาราง 29) หรือคิดเป็นร้อยละ 5.80 ± 0.79 9.61 ± 0.16 20.34 ± 0.41 20.41 ± 0.26 20.07 ± 0.54 19.55 ± 0.66 และ 19.71 ± 0.63 ตามลำดับ (ตาราง 30) โดยสารละลาย nC1.5 สามารถลดปริมาณ *S. typhimurium* ATCC 13311 ได้สูงสุดเท่ากับ $1.62 \pm 0.02 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$ ซึ่งไม่พบความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายทดสอบชนิดอื่น แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายชุดควบคุมบวก (CI) และลบ(DW) ดังแสดงในตาราง 29 และภาพ 12



ภาพ 12 ปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยก่อนและหลังการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม ชุดทดสอบเกลือนิธรีนและชุดทดสอบเกลือนิธรีนผสม เป็นเวลา 1 นาที

ในการศึกษาการลดปริมาณ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ด้วยวิธีเดียวกันพบว่า สารละลายเซลล์แขวนลอยมีปริมาณเชื้อตั้งต้นเท่ากับ $9.36 \pm 0.09 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ หลังจากทำการปลูกถ่ายลงบนกะหล่ำปลีหั่นฝอยแล้วพบว่ามีปริมาณเท่ากับ $7.86 \pm 0.08 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ ภายหลังการล้างด้วยสารละลายทดสอบเป็นเวลา 1 นาที พบว่าสารละลาย DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21 สามารถลดปริมาณเชื้อลงได้ 2.48 ± 0.10 2.86 ± 0.09 3.47 ± 0.09 3.40 ± 0.08 3.41 ± 0.09 3.46 ± 0.07 $3.38 \pm 0.08 \log_{10} \text{cfu.g}^{-1}$ ตามลำดับ (ตาราง 29) หรือเมื่อคิดเป็นร้อยละสามารถลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ร้อยละ 31.52 ± 0.91 $36.42 \pm$

0.86 44.21 $\pm$ 0.65 43.24 $\pm$ 0.55 43.42 $\pm$ 0.71 44.06 $\pm$ 0.48 และ 42.97 $\pm$ 0.61 ตามลำดับ (ตาราง 30) โดยสารละลาย nL1.5 สามารถลดปริมาณ *S. aureus* ATCC 25923 ได้สูงสุดเท่ากับ 3.47 $\pm$ 0.09 log₁₀ cfu.g⁻¹ ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายชนิดอื่น แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายชุดควบคุมบวก (CI) และลบ (DW) ดังแสดงในตาราง 29 และภาพ 12

จากผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิด (*E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 1331 และ *S. aureus* ATCC 25923) มีความสามารถในการยึดเกาะพื้นที่ผิวทะเลสาบที่ร้อยละ 83.58 86.73 และ 83.93 ตามลำดับ (ตาราง 30) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน สารละลายทุกชนิด (DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) สามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับทะเลสาบที่ร้อยละ 83.58 86.73 และ 83.93 ได้จากกระบวนการชะล้างที่เกิดจากการล้างโดยตรง ซึ่งสารละลายทุกชนิดสามารถชะล้างเซลล์ที่ติดอยู่กับพื้นผิวออกไปส่วนหนึ่งแต่ไม่สามารถที่จะกำจัดเซลล์ออกไปได้ทั้งหมด (Beuchat, 1992 อ้างอิงใน สุดสายชล หอมทอง และนันทวัน กรัตพงศ์, 2552) เป็นผลทำให้การล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (DW) สามารถที่จะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ เมื่อทำการพิจารณาผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายทดสอบทุกชนิด (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดได้มากกว่าสารละลาย CI และ DW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยสารละลายที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 คือสารละลาย nC1.5 สามารถลดปริมาณลงได้ 2.22 $\pm$ 0.04 log₁₀ cfu.g⁻¹ คิดเป็นร้อยละ 26.34 รองลงมาคือสารละลาย nL1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21 ที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) สำหรับ *S. typhimurium* ATCC 1331 และ *S. aureus* ATCC 25923 สารละลายทุกชนิด (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) สามารถลดปริมาณลงได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยสามารถลดปริมาณลงได้ประมาณ 1.59 และ 3.42 log₁₀ cfu.g⁻¹ ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 20.02 และ 43.58 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าสารละลายทดสอบเกลือทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสามชนิดได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดควบคุม (DW และ CI) อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

จากผลการศึกษาพบว่าสารละลายทดสอบเกลือทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสามชนิดได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีความแตกต่างจากชุดควบคุม (DW และ CI) อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) อาจเนื่องจากในสารละลายเกลืออินทรีย์ ส่วนของไอออนลบที่ไม่แตกตัวจะสามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างค่า pH ภายในและภายนอกเซลล์ ถ้าค่า

pH ภายในเซลล์ถูกเปลี่ยนไปจากค่า pH เดิม จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งเอนไซม์อะมิโนแอสิดทรานสเฟอเรส อาร์เอ็นเอ (amino acid transferase RNA) และการสังเคราะห์โปรตีนจะหยุดชะงัก ซึ่งส่งผลไปยังกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยรวมของจุลินทรีย์ (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2541) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่า pKa และมวลโมเลกุลแล้วพบว่าสารละลายไซเดียมแลกเตทมีค่า pKa เท่ากับ 3.86 มีมวลโมเลกุลเท่ากับ $112.06 \text{ g.mol}^{-1}$ ไซเดียมซิเตรทแตกตัวได้ 3 ครั้งมีค่า pKa ดังนี้คือ pKa_1 เท่ากับ 3.09 pKa_2 เท่ากับ 4.75 และ pKa_3 เท่ากับ 5.41 มีมวลโมเลกุลเท่ากับ $214.11 \text{ g.mol}^{-1}$ พบว่าไซเดียมแลกเตทนั้นเป็นเกลือที่อยู่ในรูปแบบไม่แตกตัวมากกว่าไซเดียมแลกเตทและมีขนาดมวลโมเลกุลที่เล็กกว่า ซึ่งน่าจะส่งผลให้การผ่านเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์นั้นทำได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตามสารละลายเกลืออินทรีย์นั้นจะเกิดการแตกตัวขึ้นใน aqueous phase เป็นส่วนมากซึ่งจะส่งผลต่อค่าวอเตอร์ แอคทิวิตี (water activity; A_w) จากการที่ไอออนลบที่แตกตัวนั้นละลายในน้ำทำให้ค่า A_w ลดลง (Miller, 1992; Nolan, Chamblin, and Troller, 1992; Shelef, 1994) เมื่อเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าภายในเซลล์ น้ำภายในเซลล์จะไหลออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ไปยังนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นมากกว่าเป็นผลทำให้เซลล์เหี่ยว (plasmolysis) ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์หดตัวแยกจากผนังเซลล์ส่งผลให้การเจริญถูกยับยั้งทำให้จุลินทรีย์เติบโตช้าลงหรือเกิดการตายได้ (นวพร ล้ำเลิศกุล, 2549; Tortora, et al., 2006) เมื่อพิจารณาจากผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมในการการลดปริมาณของเซลล์จุลินทรีย์ทั้งสามชนิดนั้นพบว่า สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) ให้ผลการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่แทบไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นเพียงในกรณี *E. coli* ATCC 25922 ที่สารละลาย nC1.5 สามารถลดปริมาณได้ต่างกับสารละลายทดสอบเกลืออินทรีย์ชนิดอื่นๆ (nL1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันไม่มาก ทั้งนี้คาดว่ากลไกในการทำลายเซลล์จุลินทรีย์เกิดจากค่า pH ที่แตกต่างกันไม่มากระหว่างสารละลายทดสอบเกลืออินทรีย์และเซลล์แบคทีเรีย เนื่องจากเกลือของกรดอ่อนมี pH ค่อนข้างเป็นกลางทำให้ผลการลดและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นั้นมีค่าน้อยซึ่งมีสอดคล้องกับรายงานของ Na-ngam และคณะ ในปี 2004 ที่กล่าวว่า การกำจัดเชื้อแบคทีเรียดังนั้น pH ที่มีความเป็นเบสแต่น้อยกว่า 10 จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อด่าง (Na-ngam, et al., 2004) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารละลายกรดอ่อนที่มีค่าความแตกต่างของ pH ที่มากกว่า (สมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Branen, 2002; Hunter and Segel, 1973) เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วสารละลายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิด คือ สารละลาย nL1.5 ที่ให้ผลการลดและควบคุมการเจริญของ *E. coli* ATCC

25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 อย่างมีประสิทธิภาพในระดับสูงในการทดลองกับเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดตลอดการทดลอง เมื่อพิจารณาการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์จากการล้างพบว่า *S. aureus* ATCC 25923 ที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกจะถูกลดปริมาณลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับ *E. coli* ATCC 25922 และ *S. typhimurium* ATCC 13311 ที่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ทั้งนี้สันนิษฐานว่าเกิดจากความแตกต่างทางด้านโครงสร้างสรีรวิทยาของแบคทีเรียซึ่งแบคทีเรียแกรมบวกนั้นมีโครงสร้างผนังเซลล์ชั้นเดียวที่ไม่ซับซ้อนจะทนต่อการเหี่ยวของเซลล์ได้น้อยกว่าแบคทีเรียแกรมลบที่มีผนังเซลล์ 2 ชั้น และมีโครงสร้างที่ซับซ้อนทำให้การแพร่ผ่านของกรดที่จะผ่านเข้าไปในตัวเซลล์แบคทีเรียแกรมบวกทำได้ง่ายกว่า (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544)

ผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคบนกะหล่ำปลีหั่นฝอย ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของ *Escherichia coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากล้างด้วยสารละลาย DW CI และสารละลายเกลืออินทรีย์ชุดทดสอบ [สารละลายโซเดียมแล็กเตท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (nL1.5); สารละลายโซเดียมซิเตรท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (nC1.5); สารละลายผสมโซเดียมแล็กเตทและโซเดียมซิเตรท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ในอัตราส่วน 1:1 (nLC11); 1:2 (nLC12) และ 2:1 (nLC21)] เป็นเวลา 1 นาที่ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า *E. coli* ATCC 25922 มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเพิ่มขึ้นในทุกสารละลายที่ทำการศึกษาดังแสดงในตาราง 31 และภาพ 25 จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาจากค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้น ($\log N/N_0$) พบว่าสารละลายทุกชนิด (DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) ไม่สามารถยับยั้งปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 (ภาพ 13) เมื่อพิจารณาผลของชนิดและอัตราส่วนของสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมจากค่า $\log N/N_0$ (ตาราง 14) พบว่าสารละลาย nL1.5 และ nLC11 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 ซึ่งแตกต่างกับสารละลายทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 18 และภาพ 13 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน ไม่พบรอยฆ่าของกะหล่ำปลีหั่นฝอยในทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

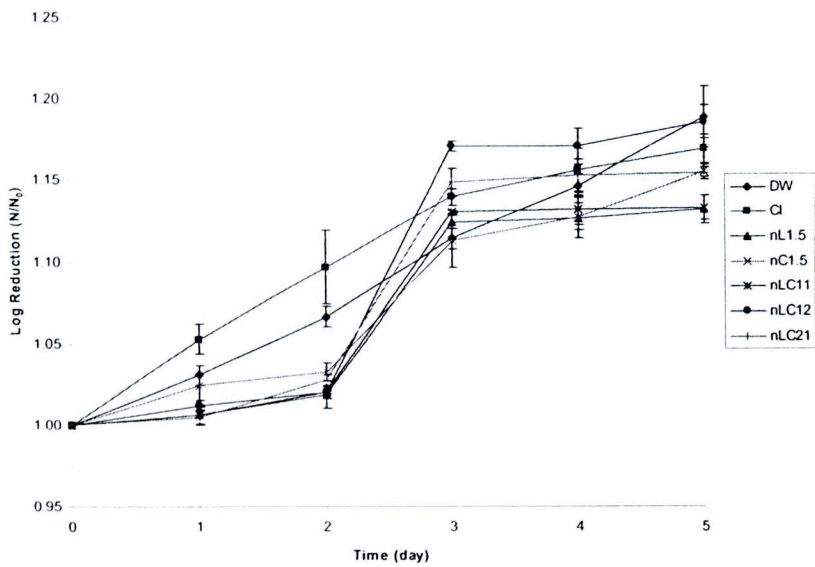


ตาราง 14 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Log ₁₀ N/N ₀ of <i>E. coli</i> ATCC 25922					
	0	1	2	3	4	5
DW	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.03 ± 0.01 ^{B,b}	1.07 ± 0.01 ^{B,c}	1.02 ± 0.02 ^{A,d}	1.15 ± 0.01 ^{B,C,e}	1.19 ± 0.02 ^{D,f}
CI	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.05 ± 0.01 ^{C,b}	1.10 ± 0.02 ^{C,c}	1.03 ± 0.04 ^{D,d}	1.16 ± 0.01 ^{C,de}	1.17 ± 0.01 ^{B,C,e}
nL1.5	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.01 ± 0.01 ^{B,ab}	1.02 ± 0.01 ^{A,b}	1.00 ± 0.00 ^{A,B,c}	1.13 ± 0.01 ^{A,c}	1.13 ± 0.01 ^{A,c}
nC1.5	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.02 ± 0.01 ^{B,b}	1.03 ± 0.01 ^{A,b}	1.01 ± 0.02 ^{A,c}	1.13 ± 0.01 ^{A,c}	1.16 ± 0.01 ^{B,d}
nLC11	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.01 ± 0.01 ^{A,a}	1.02 ± 0.00 ^{A,b}	1.00 ± 0.00 ^{B,C,c}	1.13 ± 0.01 ^{A,B,c}	1.13 ± 0.01 ^{A,c}
nLC12	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.01 ± 0.00 ^{A,b}	1.02 ± 0.00 ^{A,b}	1.01 ± 0.01 ^{E,c}	1.17 ± 0.01 ^{D,c}	1.19 ± 0.01 ^{C,d}
nLC21	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.00 ± 0.00 ^{A,a}	1.03 ± 0.00 ^{A,b}	1.00 ± 0.00 ^{D,c}	1.15 ± 0.01 ^{C,c}	1.15 ± 0.00 ^{B,c}

^{A,f} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

^{a-f} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)



ภาพ 13 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) เปรียบเทียบกับ สารละลายเกลืออินทรีย์ชุดทดสอบ (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 nLC21) มีค่า pH เท่ากับ 7.11 ± 0.03 7.25 ± 0.08 7.37 ± 0.02 7.39 ± 0.02 7.28 ± 0.02 7.30 ± 0.01 และ 7.35 ± 0.01 ตามลำดับ (ตาราง 15) เป็นเวลา 1 นาที่ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 5 วัน พบว่าค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายทุกชนิด (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์ และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตาราง 16 และภาพ 14

ตาราง 15 ค่า pH สารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม

Treatments	pH
DW	7.11 ± 0.03^a
CI	7.25 ± 0.08^b
nL1.5	7.37 ± 0.02^d
nC1.5	7.39 ± 0.02^d
nLC11	7.28 ± 0.02^{bc}
nLC12	7.30 ± 0.01^{bcd}
nLC21	7.35 ± 0.01^{cd}

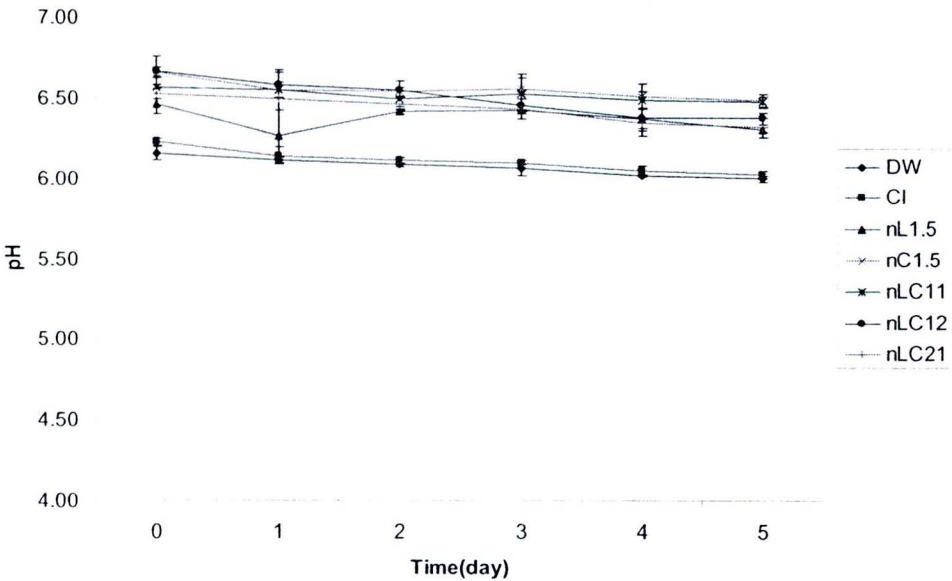
^{a-d} ค่าที่แตกต่างภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในกลุ่มตัวอย่างทดลองเดียวกัน

ตาราง 16 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	pH					
	0	1	2	3	4	5
DW	6.15 ± 0.04 ^{Aa}	6.11 ± 0.02 ^{Aab}	6.08 ± 0.01 ^{Ab}	6.06 ± 0.05 ^{Abc}	6.01 ± 0.01 ^{Ac}	5.99 ± 0.02 ^{Ad}
CI	6.22 ± 0.02 ^{Aa}	6.14 ± 0.05 ^{Ab}	6.11 ± 0.02 ^{Ab}	6.10 ± 0.01 ^{Abc}	6.04 ± 0.04 ^{Acd}	6.02 ± 0.03 ^{Ad}
nL1.5	6.46 ± 0.07 ^{Ba}	6.26 ± 0.16 ^{Ab}	6.41 ± 0.02 ^{Bab}	6.42 ± 0.03 ^{Babc}	6.36 ± 0.07 ^{BCbc}	6.30 ± 0.02 ^{Bc}
nC1.5	6.65 ± 0.03 ^{DEa}	6.55 ± 0.05 ^{Ba}	6.54 ± 0.03 ^{Bb}	6.55 ± 0.07 ^{Cb}	6.50 ± 0.08 ^{Db}	6.48 ± 0.04 ^{Db}
nLC11	6.56 ± 0.07 ^{CDa}	6.54 ± 0.13 ^{Bab}	6.49 ± 0.05 ^{Ca}	6.53 ± 0.12 ^{BCa}	6.48 ± 0.06 ^{CDa}	6.48 ± 0.03 ^{Da}
nLC12	6.66 ± 0.09 ^{Ea}	6.58 ± 0.08 ^{Bab}	6.55 ± 0.05 ^{Dab}	6.45 ± 0.09 ^{BCbc}	6.37 ± 0.11 ^{BCc}	6.37 ± 0.04 ^{Cc}
nLC21	6.52 ± 0.03 ^{ECa}	6.49 ± 0.01 ^{Bab}	6.46 ± 0.04 ^{ECab}	6.43 ± 0.06 ^{BCb}	6.34 ± 0.03 ^{Bc}	6.31 ± 0.06 ^{BCc}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-c} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 14 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

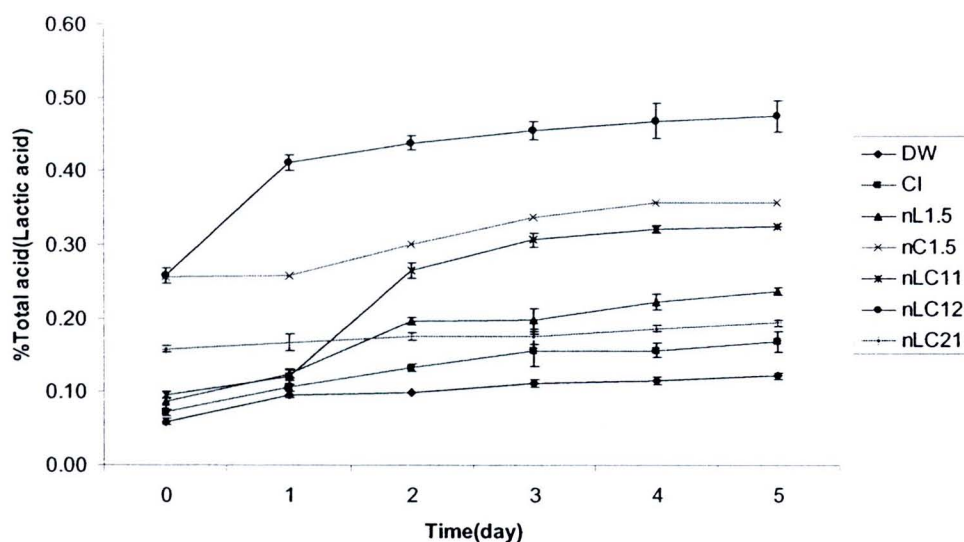
การวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในตาราง 17 และภาพ 15

ตาราง 17 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอย ภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Titratable acidity (Lactic acid)					
	0	1	2	3	4	5
DW	0.06 ± 0.00 ^{A,a}	0.10 ± 0.01 ^{A,b}	0.10 ± 0.00 ^{A,b}	0.11 ± 0.01 ^{A,c}	0.11 ± 0.01 ^{A,c}	0.12 ± 0.00 ^{A,d}
CI	0.07 ± 0.00 ^{B,a}	0.11 ± 0.01 ^{AB,b}	0.13 ± 0.01 ^{B,c}	0.16 ± 0.02 ^{B,d}	0.16 ± 0.01 ^{B,d}	0.17 ± 0.01 ^{B,d}
nL1.5	0.09 ± 0.01 ^{C,a}	0.12 ± 0.01 ^{B,b}	0.20 ± 0.01 ^{D,c}	0.20 ± 0.02 ^{C,c}	0.22 ± 0.01 ^{D,d}	0.24 ± 0.01 ^{C,d}
nC1.5	0.26 ± 0.01 ^{E,a}	0.26 ± 0.03 ^{D,ab}	0.30 ± 0.01 ^{F,bc}	0.34 ± 0.03 ^{E,cd}	0.36 ± 0.02 ^{F,d}	0.36 ± 0.04 ^{E,d}
nLC11	0.10 ± 0.01 ^{C,a}	0.12 ± 0.01 ^{AB,b}	0.26 ± 0.01 ^{E,c}	0.31 ± 0.01 ^{D,a}	0.32 ± 0.01 ^{E,e}	0.32 ± 0.00 ^{D,e}
nLC12	0.26 ± 0.01 ^{E,a}	0.41 ± 0.01 ^{E,b}	0.44 ± 0.01 ^{G,bc}	0.45 ± 0.01 ^{F,cd}	0.47 ± 0.02 ^{G,d}	0.47 ± 0.02 ^{F,d}
nLC21	0.16 ± 0.00 ^{D,a}	0.17 ± 0.01 ^{C,ab}	0.17 ± 0.01 ^{C,bd}	0.17 ± 0.01 ^{BC,bc}	0.19 ± 0.01 ^{C,cd}	0.19 ± 0.00 ^{B,d}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 15 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอย ที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *E. coli* ATCC 25922 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

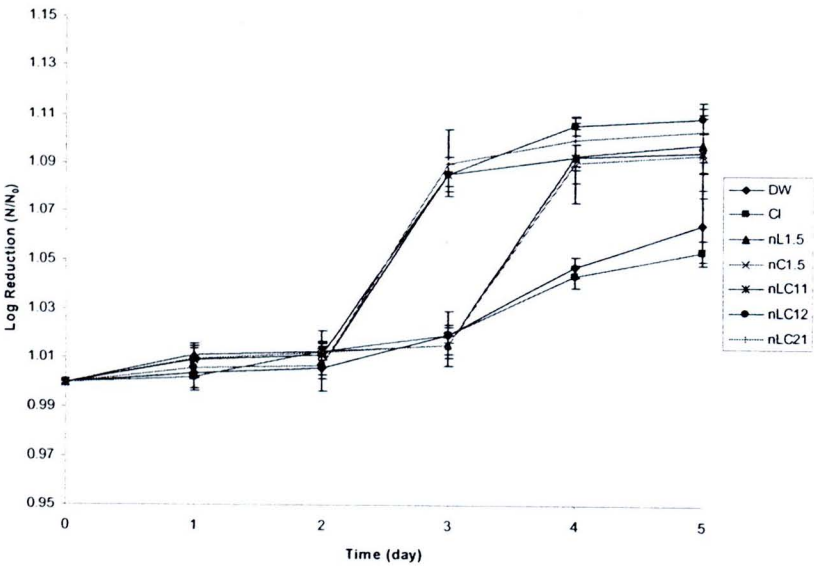
การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของ *Salmonella enterica* serovars Typhimurium ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า *S. typhimurium* ATCC 13311 มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา (ภาพ 26) ซึ่งเพิ่มปริมาณขึ้นในทุกสารละลายที่ศึกษา ดังแสดงในตาราง 32 จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาจากค่า $\log N/N_0$ พบว่าสารละลายทุกชนิด (DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) ไม่สามารถยับยั้งปริมาณ *S. typhimurium* ATCC 13311 (ภาพ 16) ซึ่งเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของ *S. typhimurium* ATCC 13311 จากค่า $\log N/N_0$ ในตาราง 18 พบว่าสารละลาย CI จะมีความสามารถในการควบคุมการเจริญของ *S. typhimurium* ATCC 13311 ได้สูงสุด อย่างไรก็ตามจากค่าตัวเลขทางสถิติแล้ว พบว่ากลุ่มของสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมนั้นมีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน ไม่พบรอยซ้ำของกะหล่ำปลีหั่นฝอยในทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

ตาราง 18 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลือนิธรีย์และสารละลายเกลือนิธรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Log ₁₀ N/N ₀ of <i>S. typhimurium</i> ATCC 13311					
	0	1	2	3	4	5
DW	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.00 ± 0.01 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A^{ab}}	1.02 ± 0.01 ^{A^b}	1.05 ± 0.00 ^{A^c}	1.06 ± 0.01 ^{A^d}
CI	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.00 ^{A^b}	1.02 ± 0.00 ^{A^c}	1.04 ± 0.00 ^{A^d}	1.05 ± 0.01 ^{B^e}
nL1.5	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A^{ab}}	1.01 ± 0.00 ^{A^{ab}}	1.02 ± 0.00 ^{A^b}	1.09 ± 0.01 ^{B^c}	1.10 ± 0.01 ^{C^d}
nC1.5	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A*}	1.02 ± 0.01 ^{A*}	1.09 ± 0.02 ^{B^b}	1.09 ± 0.02 ^{C^b}
nLC11	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.00 ^{A^b}	1.01 ± 0.00 ^{A^b}	1.09 ± 0.00 ^{B^c}	1.09 ± 0.01 ^{B^{cd}}	1.09 ± 0.01 ^{C^d}
nLC12	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A*}	1.09 ± 0.01 ^{B^b}	1.11 ± 0.00 ^{B^c}	1.11 ± 0.01 ^{C^c}
nLC21	1.00 ± 0.00 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A*}	1.01 ± 0.01 ^{A*}	1.09 ± 0.01 ^{B^b}	1.10 ± 0.01 ^{B^b}	1.10 ± 0.01 ^{C^b}

^{A-B} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

^{**} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)



ภาพ 16 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลือนิธรีย์และสารละลายเกลือนิธรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

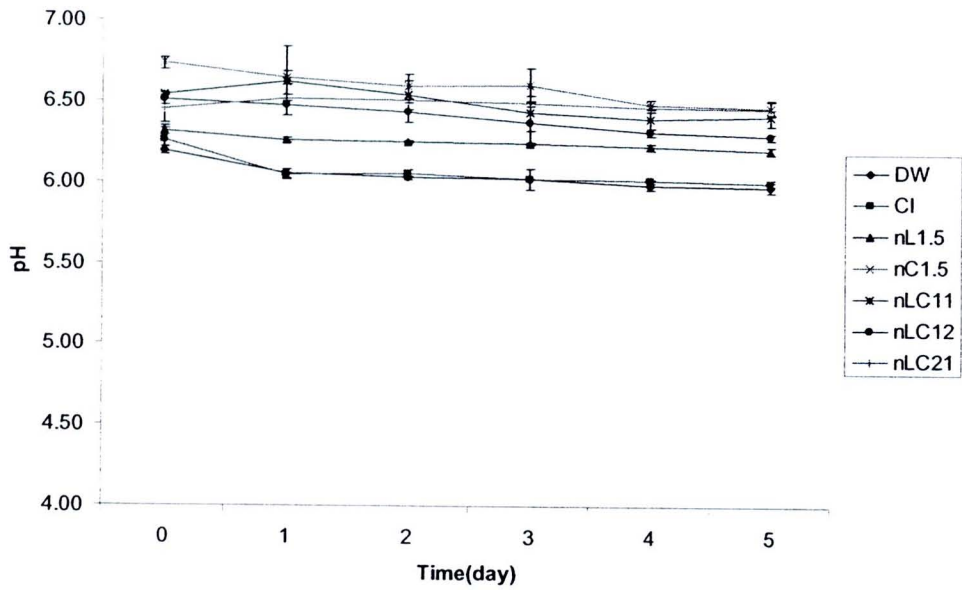
ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์ และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) จะแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพ 17) ดังแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลง pH ในตาราง 19

ตาราง 19 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	pH					
	0	1	2	3	4	5
DW	6.19 ± 0.03 ^{Aa}	6.05 ± 0.03 ^{Ab}	6.03 ± 0.01 ^{A^{bc}}	6.02 ± 0.06 ^{A^{bc}}	5.98 ± 0.02 ^{A^c}	5.98 ± 0.03 ^{A^c}
CI	6.25 ± 0.07 ^{AB^a}	6.05 ± 0.03 ^{Ab}	6.06 ± 0.02 ^{Ab}	6.02 ± 0.00 ^{Ab}	6.02 ± 0.01 ^{Ab}	6.00 ± 0.02 ^{Ab}
nL1.5	6.32 ± 0.03 ^{B^a}	6.26 ± 0.02 ^{B^b}	6.25 ± 0.01 ^{B^b}	6.24 ± 0.01 ^{B^b}	6.22 ± 0.02 ^{B^{bc}}	6.20 ± 0.03 ^{B^c}
nC1.5	6.73 ± 0.03 ^{E^a}	6.65 ± 0.04 ^{C^{ab}}	6.59 ± 0.08 ^{D^b}	6.60 ± 0.11 ^{D^b}	6.48 ± 0.04 ^{E^c}	6.47 ± 0.05 ^{D^c}
nLC11	6.54 ± 0.01 ^{D^{ab}}	6.62 ± 0.22 ^{E^{C^a}}	6.54 ± 0.09 ^{D^{ab}}	6.43 ± 0.11 ^{C^{ab}}	6.40 ± 0.06 ^{D^b}	6.41 ± 0.05 ^{D^b}
nLC12	6.51 ± 0.04 ^{CD^a}	6.48 ± 0.06 ^{B^{ab}}	6.44 ± 0.07 ^{C^{abc}}	6.37 ± 0.14 ^{B^{C^{bcd}}}	6.31 ± 0.03 ^{C^{cd}}	6.29 ± 0.02 ^{C^d}
nLC21	6.45 ± 0.09 ^{C^a}	6.52 ± 0.02 ^{B^{C^a}}	6.50 ± 0.02 ^{CD^a}	6.49 ± 0.01 ^{CD^a}	6.46 ± 0.02 ^{E^a}	6.46 ± 0.05 ^{D^a}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-c} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 17 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

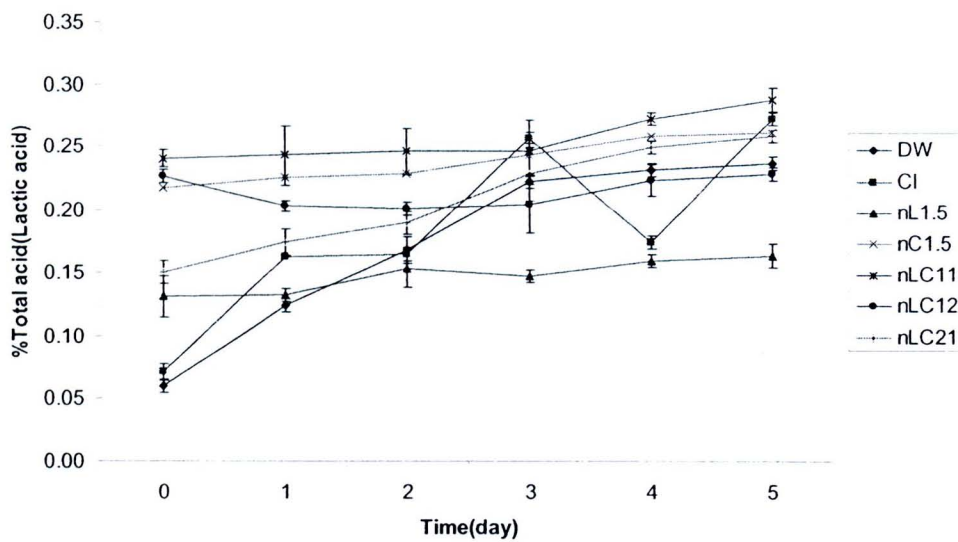
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (คิดเป็นกรดแลกติก) ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 หลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) นั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในตาราง 20 และภาพ 18

ตาราง 20 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์ และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Titratable acidity (Lactic acid)					
	0	1	2	3	4	5
DW	0.06 ± 0.01 ^{A,a}	0.12 ± 0.01 ^{A,b}	0.17 ± 0.01 ^{A,c}	0.22 ± 0.01 ^{BC,d}	0.23 ± 0.01 ^{B,de}	0.24 ± 0.01 ^{B,e}
CI	0.07 ± 0.01 ^{A,a}	0.16 ± 0.00 ^{BC,b}	0.17 ± 0.01 ^{A,b}	0.26 ± 0.00 ^{C,c}	0.17 ± 0.01 ^{A,d}	0.27 ± 0.01 ^{D,e}
nL1.5	0.13 ± 0.02 ^{B,a}	0.13 ± 0.01 ^{AB,a}	0.15 ± 0.02 ^{A,ab}	0.15 ± 0.01 ^{A,b}	0.16 ± 0.01 ^{A,b}	0.16 ± 0.01 ^{A,b}
nC1.5	0.22 ± 0.02 ^{D,a}	0.23 ± 0.04 ^{EF,a}	0.23 ± 0.01 ^{C,a}	0.24 ± 0.04 ^{BC,a}	0.26 ± 0.02 ^{CD,a}	0.26 ± 0.01 ^{CD,a}
nLC11	0.24 ± 0.01 ^{E,a}	0.24 ± 0.02 ^{F,a}	0.25 ± 0.02 ^{C,a}	0.25 ± 0.03 ^{BC,a}	0.27 ± 0.01 ^{D,ab}	0.29 ± 0.01 ^{E,b}
nLC12	0.23 ± 0.01 ^{DE,c}	0.20 ± 0.00 ^{DE,ab}	0.20 ± 0.01 ^{B,a}	0.20 ± 0.02 ^{B,ab}	0.22 ± 0.01 ^{B,bc}	0.23 ± 0.01 ^{E,c}
nLC21	0.15 ± 0.01 ^{C,a}	0.17 ± 0.01 ^{CD,b}	0.19 ± 0.01 ^{B,b}	0.23 ± 0.02 ^{BC,c}	0.25 ± 0.01 ^{C,d}	0.26 ± 0.01 ^{C,d}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 18 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. typhimurium* ATCC 13311 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

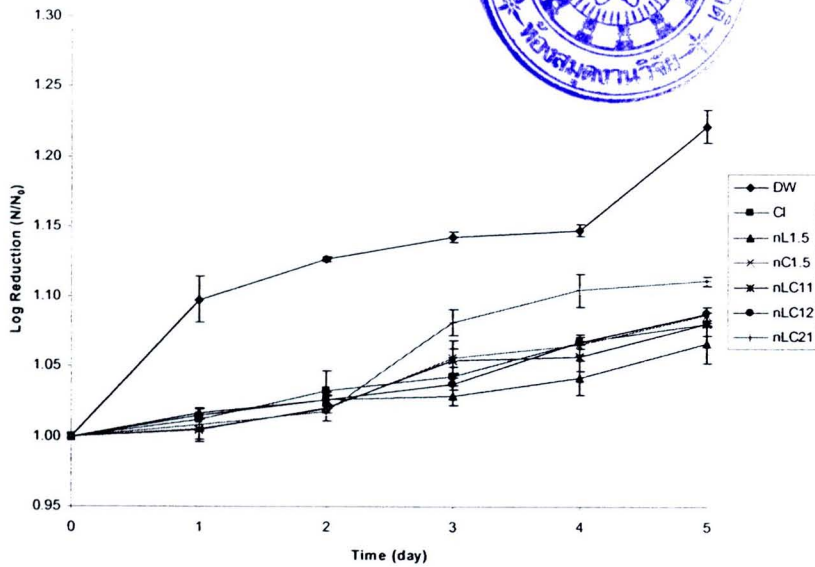
เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของ *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า *S. aureus* ATCC 25923 มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 27) โดยเพิ่มขึ้นในทุกสารละลายที่ทำการศึกษา (DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) ดังแสดงในตาราง 33 จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาจากค่า Log N/N₀ พบว่าสารละลายทุกชนิด (DW CI nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) ไม่สามารถยับยั้ง *S. aureus* ATCC 25923 (ภาพ 19) เมื่อพิจารณาจากค่า Log N/N₀ พบว่าสารละลายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมการเจริญของ *S. aureus* ATCC 25923 ตลอดระยะเวลา 5 วัน คือ สารละลาย nL1.5 ดังแสดงในตาราง 21 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน ไม่พบรอยช้ำของกะหล่ำปลีหั่นฝอยในทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

ตาราง 21 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Log ₁₀ N/N ₀ of <i>S. aureus</i> ATCC 25923					
	0	1	2	3	4	5
DW	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.10 ± 0.02 ^{Bb}	1.13 ± 0.00 ^{Cc}	1.14 ± 0.00 ^{Dd}	1.15 ± 0.00 ^{De}	1.22 ± 0.01 ^{Ee}
CI	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.01 ± 0.01 ^{Aa}	1.03 ± 0.01 ^{Bb}	1.04 ± 0.01 ^{ABb}	1.07 ± 0.00 ^{Bc}	1.08 ± 0.01 ^{ABc}
nL1.5	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.02 ± 0.00 ^{Ab}	1.03 ± 0.01 ^{ABb}	1.03 ± 0.01 ^{Abc}	1.04 ± 0.01 ^{Ac}	1.07 ± 0.01 ^{Ad}
nC1.5	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.00 ± 0.01 ^{Aa}	1.02 ± 0.00 ^{Ab}	1.06 ± 0.01 ^{Bc}	1.07 ± 0.01 ^{Bc}	1.09 ± 0.01 ^{Bd}
nLC11	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.00 ± 0.01 ^{Aa}	1.02 ± 0.01 ^{ABb}	1.05 ± 0.01 ^{Bc}	1.06 ± 0.01 ^{Bc}	1.08 ± 0.00 ^{ABd}
nLC12	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.01 ± 0.00 ^{Ab}	1.03 ± 0.00 ^{ABc}	1.04 ± 0.00 ^{Ad}	1.07 ± 0.00 ^{Bc}	1.09 ± 0.00 ^{Bf}
nLC21	1.00 ± 0.00 ^{Aa}	1.01 ± 0.00 ^{Ab}	1.02 ± 0.00 ^{Ab}	1.08 ± 0.01 ^{Cc}	1.10 ± 0.01 ^{Cd}	1.11 ± 0.00 ^{Cd}

^{A-D} ค่าที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

^{a-f} ค่าที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)



ภาพ 19 ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเหลือรอดเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเริ่มต้นของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

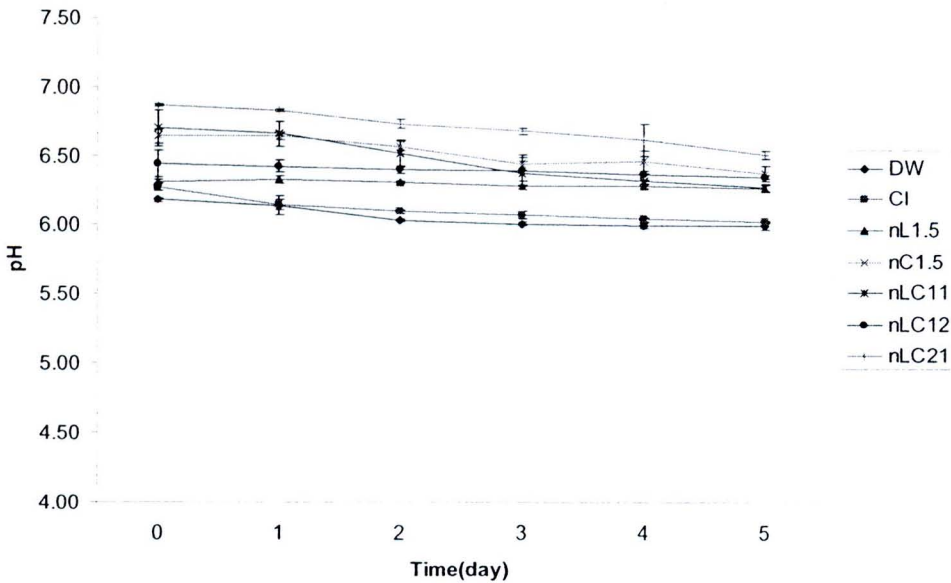
ค่า pH ของของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 หลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตาราง 22 และภาพ 20

ตาราง 22 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	pH					
	0	1	2	3	4	5
DW	6.18 ± 0.02 ^{A,a}	6.13 ± 0.07 ^{A,b}	6.03 ± 0.01 ^{A,c}	6.00 ± 0.01 ^{A,c}	5.99 ± 0.02 ^{A,c}	5.99 ± 0.03 ^{A,c}
CI	6.27 ± 0.03 ^{AB,a}	6.14 ± 0.04 ^{A,b}	6.09 ± 0.02 ^{A,c}	6.07 ± 0.03 ^{A,c,d}	6.03 ± 0.01 ^{A,d,e}	6.02 ± 0.01 ^{A,e}
nL1.5	6.31 ± 0.02 ^{B,ab}	6.33 ± 0.03 ^{B,a}	6.31 ± 0.01 ^{B,ab}	6.29 ± 0.03 ^{B,bc}	6.28 ± 0.02 ^{B,b,e}	6.26 ± 0.03 ^{C,d}
nC1.5	6.64 ± 0.05 ^{D,a}	6.64 ± 0.03 ^{D,a}	6.57 ± 0.03 ^{D,a}	6.44 ± 0.07 ^{C,b}	6.47 ± 0.08 ^{C,b}	6.38 ± 0.06 ^{B,b}
nLC11	6.70 ± 0.13 ^{D,a}	6.66 ± 0.09 ^{D,ab}	6.52 ± 0.09 ^{D,b,c}	6.37 ± 0.09 ^{BC,c,d}	6.32 ± 0.06 ^{B,d}	6.27 ± 0.03 ^{C,d}
nLC12	6.44 ± 0.10 ^{C,a}	6.43 ± 0.04 ^{C,a}	6.41 ± 0.03 ^{C,a}	6.39 ± 0.10 ^{BC,a}	6.37 ± 0.03 ^{BC,a}	6.35 ± 0.02 ^{B,a}
nLC21	6.87 ± 0.01 ^{E,a}	6.83 ± 0.01 ^{E,a}	6.73 ± 0.04 ^{E,b}	6.68 ± 0.03 ^{D,b,c}	6.61 ± 0.12 ^{D,c}	6.51 ± 0.03 ^{D,d}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 20 ค่า pH ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

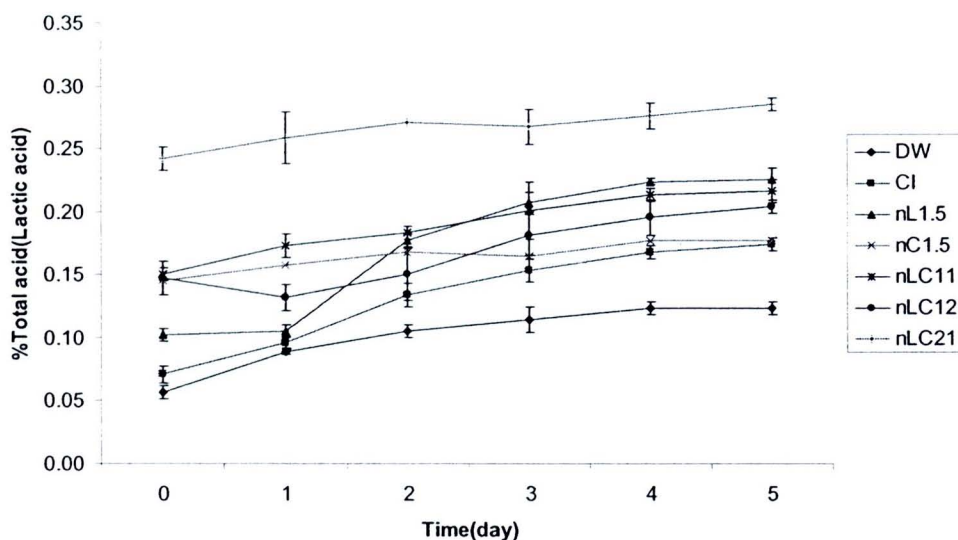
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (คิดเป็นกรดแลกติก) ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 ภายหลังจากล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม (DW และ CI) สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม (nL1.5 nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21) นั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตาราง 23 และภาพ 21

ตาราง 23 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอย ภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

Treatments	Titratable acidity (Lactic acid)					
	0	1	2	3	4	5
DW	0.06 ± 0.01 ^{Aa}	0.09 ± 0.00 ^{Ab}	0.11 ± 0.01 ^{Ac}	0.11 ± 0.01 ^{Ac,d}	0.12 ± 0.01 ^{Ad}	0.12 ± 0.01 ^{Ad}
CI	0.07 ± 0.01 ^{Ba}	0.10 ± 0.01 ^{Bb}	0.13 ± 0.01 ^{Bc}	0.15 ± 0.01 ^{Bd}	0.17 ± 0.01 ^{Be}	0.17 ± 0.01 ^{Be}
nL1.5	0.10 ± 0.01 ^{Ca}	0.11 ± 0.01 ^{Aa}	0.18 ± 0.01 ^{Cb}	0.21 ± 0.01 ^{Dc}	0.22 ± 0.00 ^{De}	0.23 ± 0.01 ^{Dd}
nC1.5	0.15 ± 0.00 ^{Da}	0.16 ± 0.00 ^{Cab}	0.17 ± 0.01 ^{Cbc}	0.17 ± 0.01 ^{ECbc}	0.18 ± 0.01 ^{Bc}	0.18 ± 0.01 ^{Bc}
nLC11	0.15 ± 0.01 ^{Da}	0.17 ± 0.01 ^{Cb}	0.18 ± 0.01 ^{Cbc}	0.20 ± 0.02 ^{Dcd}	0.21 ± 0.01 ^{Dd}	0.22 ± 0.01 ^{Dd}
nLC12	0.15 ± 0.01 ^{Da}	0.13 ± 0.01 ^{Ba}	0.15 ± 0.02 ^{Ba}	0.18 ± 0.02 ^{CD b}	0.20 ± 0.01 ^{Cb}	0.20 ± 0.01 ^{Cb}
nLC21	0.24 ± 0.01 ^{Ea}	0.26 ± 0.02 ^{Dab}	0.27 ± 0.00 ^{D bc}	0.27 ± 0.01 ^{E bc}	0.28 ± 0.01 ^{E bc}	0.29 ± 0.01 ^{Ec}

^{A-E} ค่าที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{a-e} ค่าที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพ 21 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยคิดเป็นกรดแลกติกของกะหล่ำปลีหั่นฝอย ที่ผ่านสเปรย์เซลล์แขวนลอยของ *S. aureus* ATCC 25923 บนกะหล่ำปลีหั่นฝอยภายหลังจากการล้างด้วยสารละลายชุดควบคุม สารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสม เป็นเวลา 1 นาที ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 วัน

จากผลการศึกษาชนิดและอัตราส่วนของสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคบนกะหล่ำปลีหั่นฝอย ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าความเย็นนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิด เนื่องจากทั้งสามชนิดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophile) การเก็บรักษาในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) นั้นนอกจากมีส่วนช่วยลดกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ยังมีส่วนในการทำให้โปรตีนตกตะกอนเป็นก้อนและเซลล์เกิดฉีกขาดซึ่งจะส่งผลให้การเจริญถูกยับยั้งและการแบ่งเซลล์จะเกิดได้น้อยมาก (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2544; นวพล ล้ำเลิศกุล, 2549; สมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549) การเปลี่ยนแปลงด้านของความชื้นนั้นจะให้ผลแตกต่างจากการทดสอบด้วยสารละลายชุดกรดอินทรีย์และสารละลายกรดอินทรีย์ผสมเนื่องจากการเก็บรักษาด้วยสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมระหว่างการทดลองนั้นไม่พบรอยซึมตามริมของของขึ้นกะหล่ำปลีหั่นฝอย เนื่องจากสารละลายเกลือและสารละลายเกลือผสมนั้นไม่ได้เข้าไปรบกวนการเคลื่อนย้ายของ Mg^{2+} ทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์

อย่างรวดเร็วในขณะนั้น ส่งผลให้กะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายเกลืออินทรีย์ และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสมนั้นมีลักษณะปรากฏที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามการเกิดรอยแผลและรอยชำ ที่เกิดจากการหั่นในตอนต้นนั้นย่อมทำให้เกิดความเครียดและส่งผลให้เพิ่มเกิดการผลิดก๊าซเอทิลีน ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เกิดการชราภาพและเน่าเสียซึ่งและนำไปสู่ผลการทำให้เกิดการอ่อนนุ่ม ซอกชำ ได้ง่ายและสูญเสียคลอโรฟิลล์ (จิรา ณ หนองคาย, 2536; ธวัชชัย ชินวงศ์, 2541) ดังนั้นการเก็บรักษาที่นานขึ้นจึงมีโอกาที่จะพบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้เช่นกัน การที่เชื้อมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นนั้นนอกจากจะเกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญด้วยความเย็นแล้ว อาจมาจากปริมาณเชื้อที่พื้นตัวหลังจากที่เกิดการบาดเจ็บจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อทำการล้างด้วยสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมที่มีผลในการทำลายเซลล์ เนื่องจากเชื้อที่บาดเจ็บนั้นอาจไม่แข็งแรงพอที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (นพพร ล้าเลิศกุล, 2549; Tomlins, Pierson, and Ordal, 1971) ทำให้การนับปริมาณเชื้อในวันที่ 0 1 ไม่พบการเจริญเติบโตจากเชื้อที่บาดเจ็บ ในการทดลองนั้นมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณของแร่ธาตุหรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่กะหล่ำปลีหั่นฝอยนั้นปล่อยออกมาซึ่งเป็นแหล่งอาหารนั้นจะช่วยให้เชื้อมีการฟื้นตัวจากการบาดเจ็บ ทำให้สามารถนับเชื้อได้มากเมื่อผ่านการทดลองไปสักระยะ การล้างด้วยสารละลายเกลือและเกลืออินทรีย์อาจไม่สามารถทำลายเซลล์จุลินทรีย์ได้หมดเนื่องจากระยะเวลาไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเวลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเกลืออินทรีย์ในการทำลายจุลินทรีย์ (Beuchat, 1998; Shirashoji, Jaeggi and Lucey, 2006) ที่แสดงให้เห็นถึงผลของการเพิ่มเวลาเวลาในการใช้สารละลายจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์

จากค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของกะหล่ำปลีหั่นฝอยที่ผ่านการปลูกถ่ายเชื้อจุลินทรีย์และผ่านการล้างด้วยสารละลายทดสอบแล้ว พบว่าค่า pH ในสารละลายทดสอบเกลืออินทรีย์และชุดทดสอบนั้นมีค่าลดลงที่เล็กน้อย ในการศึกษาค่า pH ของกะหล่ำปลีนั้น มีค่าประมาณ 6.0 ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของกะหล่ำปลีทั่วไปที่จะมีค่าประมาณ 5.4-6.0 (Jay, Loessner and Golden, 2005) การผ่านการล้างด้วยสารละลายเกลืออินทรีย์นั้นย่อมทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นไม่มากเนื่องจากเกลือของกรดอ่อนนั้นมีค่า pH ที่ค่อนข้างเป็นกลาง เมื่อผ่านการเก็บรักษาจึงมีค่า pH ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นกรดของตัวกะหล่ำปลีหั่นฝอยเองที่มีค่าความเป็นกรดสูงมากกว่าว่าสารละลายเกลืออ่อน จากกลไกการชราภาพที่เกิดจากความเครียดจากรอยชำและรอยตัดของกะหล่ำปลีหั่นฝอยส่งผลให้ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลง (ธวัชชัย ชินวงศ์, 2541) และยังปรับลดลงจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการทดลอง

หลังจากผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดมีการเพิ่มจำนวนขึ้นที่ละน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากความเย็นนั้นส่งผลต่อโดยตรงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งสามชนิดที่เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิปานกลาง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโต คาดว่าค่า pH ที่ลดลงทำให้การใช้พลังงานเพื่อกำจัดโปรตอนออกจากเซลล์ใช้พลังงานน้อยลงทำให้เกิดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งในส่วนนี้อาจมีความเกี่ยวข้องกับค่า A_w ที่ลดลงจากการที่ไออนลบของเกลืออินทรีย์ที่แตกตัวละลายน้ำทำให้ค่า A_w ของกะหล่ำปลีนั้นฝอยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสม อย่างไรก็ตามจากผลศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าสารละลายเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสมมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณและควบคุมการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสารเกลืออินทรีย์และสารละลายเกลืออินทรีย์ผสมนั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันทุกชนิด เว้นแต่สารละลาย nL1.5 ที่มีประสิทธิภาพเหนือสารละลายอื่นๆ ในกรณีทดสอบกับ *E. coli* ATCC 25922 แต่ก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายอื่นๆ ($p > 0.05$) อย่างเห็นได้ชัด เมื่อมองในภาพรวมแล้วการเลือกใช้สารละลาย nL1.5 นั้นสามารถลดและควบคุมปริมาณ *E. coli* ATCC 25922 *S. typhimurium* ATCC 13311 และ *S. aureus* ATCC 25923 ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายทดสอบเกลืออินทรีย์และเกลืออินทรีย์ผสมชนิดอื่น ๆ (nC1.5 nLC11 nLC12 และ nLC21)