

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

##### ผลของสนามแม่เหล็กต่อผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่

ผลของสนามแม่เหล็กและอุณหภูมิต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ คือ ขนมปังจืด ขนมปังหมูหยอง แยมโรลส้ม ทอफीเค้ก ขนมปังหมูหยองแฮมสลัดและเค้กกล้วยหอม โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณไขมัน TBA value (Thiobarbituric acid value) ปริมาณความชื้น ค่าสี (L a b) water activity (AW) พบว่าผลของความเข้มสนามแม่เหล็ก 3880 mT ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) กับปริมาณไขมันและค่า TBA value (Thiobarbituric acid value) ค่าสี (L a b) และค่าปริมาณน้ำอิสระ แต่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ( $37^{\circ}\text{C}$ ) จะส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนปริมาณน้ำอิสระไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ทั้ง 6 ชนิด

ผลของสนามแม่เหล็กและอุณหภูมิต่อคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ คือ Total Plate Count , ยีสต์ รา และ *B.cereus* ต่อผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ คือ ขนมปังจืด ขนมปังหมูหยอง แยมโรลส้ม ทอफीเค้ก ขนมปังหมูหยองแฮมสลัดและเค้กกล้วยหอม พบว่าปัจจัยจากความเข้มสนามแม่เหล็ก 3880 mT และอุณหภูมิ  $37^{\circ}\text{C}$  ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Total Plate Count , ยีสต์ รา และ *B.cereus* อย่างเด่นชัดในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ทั้ง 6 ชนิด เนื่องจากองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญของ Total Plate Count , ยีสต์ รา และ *B.cereus* และด้วยอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ที่สั้น (3-7 วัน) จึงทำให้ผลของความเข้มสนามแม่เหล็กและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่เด่นชัด

จากผลของสนามแม่เหล็กและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ทั้ง 6 ชนิด ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดนัก นอกจากการเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยมาจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้น ( $37^{\circ}\text{C}$ ) และเป็นคุณสมบัติทางเคมีที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในระยะยาว ดังนั้นด้วยอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ที่สั้น (3-7 วัน) ผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีดังกล่าว จึงไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ ดังนั้นความเข้มสนามแม่เหล็กจึงไม่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ จึงได้มีการเพิ่มปัจจัยจากสนามไฟฟ้าเพื่อเสริมประสิทธิภาพของสนามแม่เหล็กในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์ รา และ *B.cereus* ดังนั้นเพื่อควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาให้มีน้อยลงจึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ขนมปังจืดเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ในการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าร่วมกับสนามแม่เหล็กต่อไป

## ผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่

### คุณสมบัติทางเคมี

#### ความชื้น (Moisture)

ผลของความชื้นสนามไฟฟ้า(4 KV และ 8KV) ต่อความชื้นในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ พบว่า สนามไฟฟ้าความต่างศักย์สูงส่งผลต่ออัตราการลดลงของความชื้น คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV ความชื้นจะลดลงจากร้อยละ 33.83 เป็นร้อยละ 29.05 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV ความชื้นจะลดลงจากร้อยละ 33.83 เป็นร้อยละ 29.31 และเมื่อได้รับปัจจัยเสริมจากสนามแม่เหล็ก 1440 mT จะเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อการลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV/Magnet ความชื้นจะลดลงจากร้อยละ 34.15 เป็นร้อยละ 29.02 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV ความชื้นจะลดลงจากร้อยละ 34.15 เป็นร้อยละ 29.03

#### ค่าเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบ( $F_n/F_0$ )

จากผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าต่อการสูญเสียความชื้นในของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบของขนมปังจืด คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV ค่าเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบจะเพิ่มขึ้นจาก 1.00 เป็น 1.21 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV ค่าเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบจะเพิ่มขึ้นจาก 1.00 เป็น 1.19 และเมื่อได้รับปัจจัยเสริมจากสนามแม่เหล็ก 1440 mT จะเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อการการเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV/Magnet ค่าเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบจะเพิ่มขึ้นจาก 1.00 เป็น 1.27 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV/Magnet ค่าเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบจะเพิ่มขึ้นจาก 1.00 เป็น 1.25

ความชื้นขนมปังจืด	4 KV	8 KV
Non-Magnetic Field	31.08	30.39
Magnetic Field	29.03	29.02
$F_n/F_0$	4 KV	8 KV
Non-Magnetic Field	1.19	1.21
Magnetic Field	1.25	1.27

### คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา

#### Total plate count

ผลของความเข้มสนามไฟฟ้า (4 KV และ 8KV) ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ พบว่า สนามไฟฟ้าความต่างศักย์สูงส่งผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.10 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.11 และเมื่อได้รับปัจจัยเสริมจากสนามแม่เหล็ก 1440 mT จะเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV/Magnet ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.05 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV/Magnet ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.09

#### Yeast & Mould

ผลของความเข้มสนามไฟฟ้า (4 KV และ 8KV) ต่อยีสต์ รา ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ พบว่า สนามไฟฟ้าความต่างศักย์สูงส่งผลต่อยีสต์ รา คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.01 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.13 และเมื่อได้รับปัจจัยเสริมจากสนามแม่เหล็ก 1440 mT จะเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ คือ ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 8KV/Magnet ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.00 ส่วนที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4KV/Magnet ค่า  $N/N_0$  เท่ากับ 0.02

$N/N_0$ (TPC)	4 KV	8 KV
Non-Magnetic Field	0.11	0.10
Magnetic Field	0.09	0.05
$N/N_0$ (Yeast & Mould)	4 KV	8 KV
Non-Magnetic Field	0.13	0.01
Magnetic Field	0.02	0.00

## อภิปรายผล

### คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

ผลของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าต่อคุณสมบัติทางเคมีของเบเกอร์รี พบว่า แรงแจกสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าจะส่งผลอย่างชัดเจนต่อการสูญเสียความชื้น เนื่องจากจะเป็นพลังงานกระตุ้นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ส่งผลข้างเคียงต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเบเกอร์รีคือ ค่าเนื้อสัมผัสของขนมปังจึงมีค่าสูงขึ้น

### คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา

สนามไฟฟ้าสามารถลดอัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์ รา และ *B.Cereus* ได้ และแปรผันตามความเข้มของสนามไฟฟ้า แต่จะมีผลต่อยีสต์ รา มากกว่า และหากมีการเพิ่มปัจจัยจากสนามแม่เหล็กเข้าไปในระบบ ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ยีสต์ รา และ *B.Cereus* ได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์นอกจากความเข้มของสนามไฟฟ้าและความเข้มสนามแม่เหล็ก คือ ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อและพื้นที่ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กสามารถนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารได้ โดยไม่เกิดความร้อน ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ผิวสัมผัสและความหนาแน่นของอาหารและผลข้างเคียงต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี เช่น ความชื้นและค่าเนื้อสัมผัส

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ด้านผลของความถี่ ความหนาแน่น หรือของพื้นที่ผิวสัมผัสต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ รวมทั้งการลดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยเพิ่มปัจจัยทางการทดลองที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ เช่น การใช้ก๊าซเฉื่อยเป็นตัวกลาง ซึ่งจะเพิ่มปริมาณพลาสมาในบรรยากาศ และเป็นการลดผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นกับคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี