

## ความคงตัวในระหว่างการเก็บของไส้กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากแก่นฝางซึ่ง เก็บถนอมโดยใช้เซอร์เคลเทคโนโลยี

### Storage Stability of Reduced-Nitrite Vienna Sausage Containing Fang Extract Powder

#### Preserved by Hurdle Technology

วิรัตน์ โอฬารวณิช (Wiranpat Olanwanit)\* ดร.ชนกร โรจนกร (Dr.Thanakorn Rojanakorn)\*\*

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ตรวจสอบผลของการใช้เซอร์เคลเทคโนโลยีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไส้กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากแก่นฝางในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น โดยได้ผลิตไส้กรอกเวียนนา 4 สูตร คือ สูตร T1 ใช้ไนไตรท์ 125 ppm (ควบคุม) สูตร T2 ใช้ไนไตรท์ 75 ppm ร่วมกับสารสกัดจากแก่นฝาง 3% สูตร T3 ใช้ไนไตรท์ 75 ppm เติมสารสกัดจากแก่นฝาง 3% และลดค่า  $a_w$  รวมทั้งแช่ในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต และสูตร T4 ใช้ไนไตรท์ 75 ppm สารสกัดจากแก่นฝาง 3% และลดค่า  $a_w$  ร่วมกับการแช่สารละลายโพแทสเซียมซอร์เบต การให้ความร้อนซ้ำ จากการทดลองพบว่าจากการเติมผงสารสกัดจากแก่นฝางได้เพิ่มค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) ให้กับไส้กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ( $p \leq 0.05$ ) ตัวอย่างที่ผ่านการใช้เซอร์เคลเทคโนโลยี (T3 และ T4) มีค่า  $a_w$  ค่า TBA และจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม (T1) ตลอดช่วงการเก็บ 30 วัน ดังนั้นเซอร์เคลเทคโนโลยีจึงสามารถใช้เพื่อลดปริมาณไนไตรท์ที่ต้องเติมในไส้กรอกเวียนนาจาก 125 ppm เป็น 75 ppm ได้โดยไม่มีผลเสียต่อคุณภาพและความคงตัวของไส้กรอกตลอดช่วงการเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น

#### ABSTRACT

The current study investigated the effects of hurdle technology on quality changes of reduced-nitrite Vienna sausage containing Fang extract powder during refrigerated storage. Four 4 treatments of Vienna sausages were prepared: T1 or 125 ppm nitrite served as a control, T2 or 75 ppm nitrite plus 3% Fang extract powder, T3 or 75 ppm nitrite containing 3% Fang extract powder treated by lowering the water activity and dipping in potassium sorbate solution, T4 or 75 ppm nitrite containing 3% Fang extract powder treated by lowering the water activity, dipping in potassium sorbate solution and reheating. It was found that Fang extract powder significantly increased the redness ( $a^*$ ) of Vienna Sausages as compared to the control. ( $p \leq 0.05$ ) Hurdle technology treated samples (T3 and T4) had lower  $a_w$ , TBA value and microbial counts than the control (T1) throughout the storage period of 30 days. ( $p \leq 0.05$ ) Hurdle technology can be used to reduce the amount of added nitrite in Vienna sausage from 125 ppm to 75 ppm without the detrimental effect on the sausage quality and stability during refrigerated storage.

**คำสำคัญ:** เซอร์เคลเทคโนโลยี ไส้กรอกเวียนนา ไนไตรท์

**Keywords:** Hurdle technology, Vienna sausage, Nitrite

\* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่ผ่านการแปรรูปน้อยที่สุด (minimally processed foods) ซึ่งยังคงรักษารสชาติ สี เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการตามธรรมชาติมากที่สุดรวมทั้งมีการเติมสารเคมีในอาหารน้อยที่สุดในไตรท์เป็นสารสำคัญชนิดหนึ่งที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ไล์กรอกเวียนนา ทั้งนี้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเฉพาะตัว ตลอดจนมีสีชมพูสดซึ่งเป็นสิ่งที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค รวมทั้งยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* (Jafari, Eman-Djomeh, 2007) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทยฉบับที่ 84 ปี 2527 อนุญาตให้เติมโซเดียมไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ppm) การบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีไนไตรท์สูงติดต่อกันเป็นเวลานานอาจก่อผลเสียแก่สุขภาพได้โดยเฉพาะการเกิดโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งในเม็ดเลือดขาว (Leukemia) (Al-Shuib, 2002) ดังนั้นหากสามารถลดปริมาณสารประกอบไนไตรท์ที่ต้องเติมในสูตรการผลิตไล์กรอกเวียนนา โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคก็อาจช่วยลดปัญหาสุขภาพของผู้บริโภคได้ แต่การลดไนไตรท์มีผลทำให้ความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดลงรวมทั้งยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ลดลงและเกิดกลิ่นหืนได้ง่ายขึ้น (Feiner, 2006) ดังนั้นจึงมักเติมสารให้สีแดงจากธรรมชาติเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ลดไนไตรท์

ฝาง (*Caesalpinia sappan* Linn.) เป็นพืชเขตร้อนซึ่งปลูกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย ฝางถูกนำมาใช้ในเชิงการแพทย์แผนโบราณทั้งของไทยและจีน ฝางเป็นแหล่งสำคัญของสาร Brazilin และ Haematoxylin ซึ่งให้สีแดงและมีฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *salmonella typhimurium* (นฤพร, สุทธิณี, 2549) ดังนั้นฝางจึงมีศักยภาพในการใช้เป็นสารให้สีและสารยับยั้งจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ลดไนไตรท์

เซอร์เคลเทค โนโลยี (hurdle technology) เป็นการสร้างสิ่งกีดขวางหรืออุปสรรคต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งชนิดที่ก่อให้เกิดโรคและชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสีย รวมทั้งยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดในอาหารหรือยับยั้งการทำปฏิกิริยาของสารบางชนิดที่จะมีผลทำให้อาหารนั้นเสื่อมเสียได้ โดยเลือกใช้วิธีการดองอาหารหลายวิธีมาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสม เช่น การควบคุมค่ากิจกรรมของน้ำ ( $a_w$ ) การใช้สารกันเสีย การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นต้น (Leistner, 2000)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้เซอร์เคลเทค โนโลยีเพื่อเพิ่มความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ให้แก่ไล์กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากแก่นฝางภายใต้สภาวะการเก็บแบบแช่เย็น

## วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการใช้เซอร์เคลเทค โนโลยีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไล์กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากแก่นฝางในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

## วิธีการวิจัย

ในการศึกษาได้ผลิตไล์กรอก มี 4 สูตรได้แก่ สูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) ซึ่งใช้ในไตรท์ 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สูตรที่ 2 ใช้ไนไตรท์ 75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และผงสารสกัดจากแก่นฝาง 3% สูตรที่ 3 ใช้ไนไตรท์ 75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เติมผงสารสกัดจากแก่นฝาง 3% และซอร์บิทอลเพื่อลดค่า  $a_w$  ของไล์กรอกให้ต่ำลงลง 0.1-0.2 หน่วย (Jafari, Eman-Djomeh, 2007) จากนั้นจุ่มไล์กรอกในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบทที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1% (w/w) เป็น

เวลา 4 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำแล้ว (Thomas et al., 2008) สูตรที่ 4 ใช้ในไตรท์ 75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เติมน้ำจากแก่นฝาง 3% และซอร์บิทอลเพื่อลดค่า  $a_w$  ของไส้กรอกให้ต่ำลง 0.1-0.2 หน่วย (Jafari, Eman-Djomeh, 2007) จากนั้นจุ่มไส้กรอกในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบทที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1% (w/w) เป็นเวลา 4 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ แล้วให้ความร้อนซ้ำจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางเป็น  $72^{\circ}\text{C}$  (Thomas et al., 2008) สำหรับขั้นตอนพื้นฐานในการผลิตไส้กรอกเวียนนาแสดงในแผนภูมิต่อไปนี้

บดมันแข็งสุกรที่ผ่านการแช่เยือกแข็งบางส่วน และเนื้อหมูให้ละเอียด (บดแยกกัน) ด้วยเครื่องบดแล้วนำไปพักไว้ใน

ตู้เย็นที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$



ใส่เนื้อหมูดที่พักไว้ลงในเครื่องสับผสมแล้วสับผสม เป็นเวลา 1 นาที



เติมเกลือ ฟอสเฟต ไนไตรท์ (125 และ 75 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสูตร) ผงสารสกัดจากแก่นฝาง และน้ำแข็ง (บางส่วน) แล้วสับผสมต่อ เป็นเวลา 2 นาที



เติมไขมันบดและน้ำแข็งบางส่วนแล้วสับผสมต่ออีก 1.5 นาที



เติม ซอร์บิทอลเพื่อลดค่า  $a_w$  ของไส้กรอก เครื่องเทศ และน้ำแข็งที่เหลือทั้งหมดจากนั้นสับต่ออีก 1.5 นาทีจนได้  
อิมัลชันคิบ (และในระหว่างการสับผสมจะต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของส่วนผสมเกิน  $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ )



บรรจุในไส้แล้วมัดเป็นท่อนๆ



อบที่อุณหภูมิ  $60^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 60 นาที



ต้มในน้ำร้อนที่  $82 \pm 1^{\circ}\text{C}$  เพื่อให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางเป็น  $72 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$



แช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ  $4^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 5 นาที แล้วผึ่งให้ผิวแห้ง



ไส้กรอกสุก

ภาพที่ 1 ขั้นตอนหลักการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน

นำตัวอย่างไส้กรอกทั้ง 4 สูตรไปบรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ  $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บได้สุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ในวันที่ 1, 10, 20 และ 30 ดังนี้

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab Ultrascan XE (Hunter Associates Laboratory, USA) โดยรายงานในรูป ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) (Deda et al., 2007)

- ค่ากิจกรรมของน้ำ ( $a_w$ ) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเครื่อง AquaLab Series 3 (Decagon Devices, Inc, USA)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Handylab pH 11/k, Germany) (Deda et al., 2007)
- ระดับการเกิด oxidative rancidity โดยการวัดค่า TBA (Thiobarbituric acid) (mg malonaldehyde/1kg) (Pearson, 1973)
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณ *Clostridium perfringens* ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณ *Salmonella* ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณ Yeast and mold ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC (2000)

งานวิจัยนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ split plot โดยกำหนดให้วันที่ตัวอย่างถูกสุ่มออกมาตรวจสอบ เป็น main or whole plot และสูตรของไส้กรอกเวียนนาเป็น sub-plot วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองและตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย treatment combination โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 23 โดยได้ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

#### ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

ผลของการใช้เฮอรัลด์เทคโนโลยีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี ค่ากิจกรรมของน้ำ ( $a_w$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า TBA ของไส้กรอกเวียนนาสดในไตรท์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากแก่นฝางในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

จากตารางที่ 1 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรของไส้กรอก (ผ่านการใช้เฮอรัลด์เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน) และระยะเวลาเก็บ มีผลต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) อย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) แต่อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรของไส้กรอก และระยะเวลาเก็บทำให้ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) ของไส้กรอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยสูตรสดในไตรท์ที่เติมผงสารสกัดจากฝาง (T2 T3 และ T4) มีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าสูตรควบคุม (T1) ที่ใช้ในไตรท์ 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องมาจากผงสารสกัดจากแก่นฝางมีสารบราซิโนซึ่งให้สีแดงเข้มดังนั้นเมื่อเติมลงในไส้กรอกเวียนนาสดในไตรท์จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้เฉพาะในไตรท์ ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wimontham, Rojanakorn (2016) ซึ่งรายงานว่า การเติมเชื้อหุ้มเมล็ดพืชข้าวผงมีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดงของไส้กรอกเวียนนาสูตรสดในไตรท์ (ใช้ในไตรท์ 75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้ในไตรท์ 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

เมื่อพิจารณาค่ากิจกรรมของน้ำ ( $a_w$ ) (ตารางที่ 1) พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรของไส้กรอก (ผ่านการใช้เฮอรัลด์เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน) และระยะเวลาเก็บ มีผลต่อค่า  $a_w$  อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) กล่าวคือ ตัวอย่างไส้กรอกสูตร T3 และ T4 มีค่า  $a_w$  ต่ำกว่า สูตรควบคุม (T1) และสูตรสดในไตรท์ที่เติมเฉพาะผงสารสกัดจากแก่นฝาง (T2) ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้เพราะซอร์บิทอลที่เติมลงในตัวอย่างไส้กรอกสูตร T3 และ T4 เป็นสารประกอบพวงน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar alcohol) ซึ่งมีคุณสมบัติในการสร้างพันธะไฮโดรเจน (H-bond) กับโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในไส้กรอกจึงมีผลทำให้ปริมาณน้ำอิสระในไส้กรอกลดลง (ณัฐนิชา ทวีแสง, 2552) นอกจากนี้พบว่าเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่า  $a_w$  ของไส้กรอก

ทุกสูตรมีแนวโน้มลดลงทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการบรรจุแบบสุญญากาศและเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้เกิดการสูญเสียโมเลกุลของน้ำออกจากตัวอย่างไส้กรอกและยิ่งเก็บตัวอย่างยาวนานขึ้นการสูญเสียดังกล่าวก็ยิ่งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang (2000) ที่รายงานว่า การเติมซอร์บิทอลร้อยละ 3 โดยน้ำหนักทำให้ค่า  $a_w$  ของกุนเชียงจีนมีค่าลดลง นอกจากนี้ ณีฐนิชา ทวีแสง (2552) รายงานว่าค่า  $a_w$  ของไส้กรอกอิมัลชันที่บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา 28 วัน ( $p \leq 0.05$ )

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไส้กรอกเวียนนา (ตารางที่ 1) พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรของไส้กรอก (ผ่านการใช้เซอร์เคลเทค โพลีที่แตกต่างกัน) และระยะเวลาเก็บ มีผลต่อค่าดังกล่าว อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) กล่าวคือไส้กรอกเวียนนาสูตร T2 T3 และ T4 มีค่า pH ต่ำกว่าสูตร T1 ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้เพราะผงสารสกัดจากแก่นฝางที่เติมลงในไส้กรอกสูตร T2 T3 และ T4 มีธรรมชาติเป็นกรดกล่าวคือมีค่า pH ประมาณ 4.98-5.09 ดังนั้นเมื่อเติมลงไป ไส้กรอกจึงทำให้ค่า pH ของไส้กรอกลดลง นอกจากนี้พบว่าค่า pH ของตัวอย่างไส้กรอกทุกสูตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างกรดแลกติกได้เจริญเติบโตได้มากขึ้นจึงสามารถสร้างกรดแลกติกได้เพิ่มขึ้น จึงเป็นผลทำให้ไส้กรอกทุกสูตรมีค่า pH ลดลงตามเวลาเก็บที่เพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 1** ผลของการใช้เซอร์เคลเทค โพลีต่อค่าสี ค่ากิจกรรมของน้ำ ( $a_w$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า TBA ของไส้กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ที่เติมผงสารสกัดจากแก่นฝางในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

สูตร	ระยะเวลาเก็บ (วัน)	สี			$a_w$	pH	TBA (mg malonaldehyde/1kg)
		L*	a*	b*			
T1 (Control)	1	63.38 <sup>a</sup>	5.28 <sup>c</sup>	10.51 <sup>a</sup>	0.986 <sup>a</sup>	6.44 <sup>a</sup>	0.031 <sup>fg</sup>
	10	63.49 <sup>a</sup>	5.25 <sup>c</sup>	10.64 <sup>a</sup>	0.984 <sup>a</sup>	5.76 <sup>hi</sup>	0.036 <sup>def</sup>
	20	63.49 <sup>a</sup>	5.29 <sup>bc</sup>	10.16 <sup>a</sup>	0.983 <sup>a</sup>	5.47 <sup>l</sup>	0.043 <sup>c</sup>
	30	63.49 <sup>a</sup>	5.28 <sup>c</sup>	10.13 <sup>a</sup>	0.983 <sup>a</sup>	5.26 <sup>l</sup>	0.056 <sup>b</sup>
T2	1	63.37 <sup>a</sup>	5.33 <sup>bc</sup>	10.55 <sup>a</sup>	0.986 <sup>a</sup>	6.13 <sup>b</sup>	0.033 <sup>efg</sup>
	10	63.45 <sup>a</sup>	5.31 <sup>bc</sup>	10.84 <sup>a</sup>	0.982 <sup>a</sup>	5.79 <sup>cd</sup>	0.040 <sup>cde</sup>
	20	63.45 <sup>a</sup>	5.92 <sup>a</sup>	10.83 <sup>a</sup>	0.982 <sup>a</sup>	5.31 <sup>k</sup>	0.057 <sup>b</sup>
	30	63.45 <sup>a</sup>	5.54 <sup>abc</sup>	10.93 <sup>a</sup>	0.982 <sup>a</sup>	5.33 <sup>k</sup>	0.070 <sup>a</sup>

**ตารางที่ 1** ผลของการใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยีต่อค่าสี ค่ากิจกรรมของน้ำ ( $a_w$ ) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่า TBA ของไส้กรอกเวียนนาดไนไตรท์ที่เติมผงสารสกัดจากแก่นฝางในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น (ต่อ)

สูตร	ระยะเวลาเก็บ (วัน)	สี			$a_w$	pH	TBA (mg malonaldehyde/1kg)
		L*	a*	b*			
T3	1	63.45 <sup>a</sup>	5.88 <sup>a</sup>	10.50 <sup>a</sup>	0.975 <sup>b</sup>	5.69 <sup>fg</sup>	0.033 <sup>defg</sup>
	10	63.80 <sup>a</sup>	5.74 <sup>abc</sup>	11.10 <sup>a</sup>	0.966 <sup>c</sup>	5.83 <sup>c</sup>	0.034 <sup>defg</sup>
	20	63.12 <sup>a</sup>	5.74 <sup>abc</sup>	10.78 <sup>a</sup>	0.964 <sup>cd</sup>	5.64 <sup>hij</sup>	0.031 <sup>fg</sup>
	30	63.12 <sup>a</sup>	5.57 <sup>abc</sup>	10.81 <sup>a</sup>	0.960 <sup>de</sup>	5.60 <sup>j</sup>	0.040 <sup>cd</sup>
T4	1	63.15 <sup>a</sup>	5.77 <sup>abc</sup>	10.96 <sup>a</sup>	0.976 <sup>b</sup>	5.99 <sup>ef</sup>	0.022 <sup>h</sup>
	10	63.80 <sup>a</sup>	5.83 <sup>ab</sup>	11.10 <sup>a</sup>	0.967 <sup>c</sup>	5.76 <sup>de</sup>	0.027 <sup>gh</sup>
	20	63.16 <sup>a</sup>	5.54 <sup>abc</sup>	10.78 <sup>a</sup>	0.959 <sup>de</sup>	5.66 <sup>gh</sup>	0.027 <sup>gh</sup>
	30	63.16 <sup>a</sup>	5.47 <sup>abc</sup>	10.75 <sup>a</sup>	0.959 <sup>c</sup>	5.61 <sup>ij</sup>	0.033 <sup>def</sup>

หมายเหตุ : a, b ...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 1 ยังพบอีกว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรของไส้กรอก (ผ่านการใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน) และระยะเวลาเก็บ มีผลต่อค่า TBA ของตัวอย่างไส้กรอกอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) กล่าวคือไส้กรอกสูตรควบคุม (T1) ที่ใช้ในไตรท์ 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัมมีค่า TBA ต่ำกว่า สูตรลดไนไตรท์ที่เติมผงสารสกัดจากแก่นฝาง (T2) ทั้งนี้เพราะการลดไนไตรท์ทำให้ความสามารถในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าไส้กรอกสูตรลดไนไตรท์ที่เติมผงสารสกัดจากแก่นฝางและผ่านเฮอร์เดิลเทคโนโลยี ( T3 และ T4 ) มีค่า TBA ต่ำกว่าสูตรควบคุม (T1) เกือบตลอดช่วงการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ ) นั่นแสดงว่า เฮอร์เดิลเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสามารถชะลอการเกิดกลิ่นหืนของไส้กรอกระหว่างการเก็บรักษาได้ ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thomas et al. (2008) ที่รายงานว่า การแช่ไส้กรอกในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้นร้อยละ 1 และการให้ความร้อนซ้ำสามารถชะลอการเกิดกลิ่นหืนของไส้กรอกในระหว่างการเก็บรักษาได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าค่า TBA ของไส้กรอกเวียนนาดไนไตรท์ 4 สูตรเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่ค่าดังกล่าวก็ต่ำกว่า 1.0 mg malonaldehyde/kg ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ผู้ทดสอบชิมเริ่มตรวจพบกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (oxidative rancidity) (Deda et al., 2007)

**ผลของการใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์ต่างๆของไส้กรอกเวียนนาดไขมันและลดไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น**

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในไส้กรอกเวียนนาดไนไตรท์ 4 สูตร ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 30 วัน ที่อุณหภูมิ  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  พบว่า ตัวอย่างไส้กรอกสูตร T1, T2 และ T3 เริ่มตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ในวันที่ 20 วันของการเก็บ และหลังจากนั้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และราได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ )

ไส้กรอกสูตรควบคุมซึ่งใช้ในไตรท์ 125 มิลลิกรัม /กิโลกรัม (T1) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และราต่ำกว่าไส้กรอกสูตรลดไนไตรท์ (ใช้ในไตรท์ 75 มิลลิกรัม /กิโลกรัม) และเติมผงสารสกัดจากแก่นฝาง (T2) อย่างมี

นัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของไนไตรท์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างเด่นชัด นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากแก่นฝางที่เติมลงไปไนไล์กรอกลดไนไตรท์ที่ไม่สามารถขจัดความสามารถของไนไตรท์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้

สำหรับไล์กรอกสูตรที่ 3 (T3) ซึ่งเป็นสูตรลดไนไตรท์ (ใช้ในไนไตรท์ 75 มิลลิกรัม / กิโลกรัม) ที่ประยุกต์ใช้เซอร์เคลเทค โนโลยีโดยการลดค่า  $a_w$  ด้วยการเติมซอร์บิทอลและการแช่ไล์กรอกในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบทที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1% (w/w) เป็นเวลา 4 นาที มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และราต่ำกว่าไล์กรอกสูตรควบคุมซึ่งใช้ในไนไตรท์ 125 มิลลิกรัม / กิโลกรัม (T1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลด  $a_w$  ทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง เป็นผลให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลง (Scott, 1989) นอกจากนี้แล้วมีรายงานว่าโพแทสเซียมซอร์เบทสามารถควบคุมและยับยั้งการเจริญเติบโตของราได้ (Kumar et al, 2015)

ส่วนตัวอย่างไล์กรอกลดไนไตรท์สูตรที่ 4 (T4) เริ่มตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ในวันที่ 30 ของการเก็บ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไล์กรอกลดสูตรที่ 4 ซึ่งเป็นสูตรลดไนไตรท์ที่ผ่านการใช้เซอร์เคลเทค โนโลยี ซึ่งได้แก่ การเติมซอร์บิทอล การ แช่ไล์กรอกในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบท และการให้ความร้อนซ้ำ (ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่ได้ใช้กับตัวอย่าง T1 – T3) สามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ไล์กรอกเวียนนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Thomas et al. (2008) ที่รายงานว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในไล์กรอกที่ผ่านเซอร์เคลเทค โนโลยี (ซึ่งได้แก่ การลด pH จาก 6 เป็น 5.9, ลดค่ากิจกรรมของน้ำ จาก 0.98 เป็น 0.93, การบรรจุแบบสุญญากาศและการให้ความร้อนซ้ำหลังบรรจุจนกระทั่งอุณหภูมิถึงกลางเป็น 90°C) ลดลง 1 log เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา

เนื่องจากตัวอย่างไล์กรอกทั้ง 4 สูตร ได้ถูกบรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศก่อนนำไปเก็บ ดังนั้นจึงอาจช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตได้ Thomas et al. (2008) รายงานว่าการบรรจุไล์กรอกแบบสุญญากาศมีผลช่วยลดการเจริญของราและเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการอากาศได้ เช่น *Pseudomonas* spp.

จากตารางที่ 2 ยังพบอีกว่าไล์กรอกเวียนนา ทั้ง 4 สูตร ตรวจไม่พบเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens* และ *Escherichia coli* ทั้งนี้อาจเนื่องจากมาจากกระบวนการผลิตที่สะอาด ทำให้ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆเหล่านี้ นอกจากนี้สารสกัดจากแก่นฝางที่ใช้ในตัวอย่างไล์กรอกลดไนไตรท์ (T2, T3 และ T4) อาจช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* ได้ด้วย นฤพร, สุทธิณี (2549) รายงานว่าสารสกัดจากแก่นฝางสามารถยับยั้ง *S.aureus*, *E.coli*, *S.typhimurium* ในผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำพริกได้

**ตารางที่ 2** ผลของการใช้ฮอร์โมนเทคโนโลยีต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ (log CFU/g) ในไส้กรอกเวียดนามลดไนโตรที่ที่เติมผงสารสกัดจากแก่นฝางในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

สูตร	ระยะเวลาเก็บ (วัน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด	<i>Staphylococcus aureus</i>	ยีสต์และรา	<i>Salmonella</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Escherichia coli</i>
T1	1	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	10	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	20	3.55 <sup>c</sup>	N.d.	1.70 <sup>c</sup>	N.d.	N.d.	N.d.
	30	4.82 <sup>b</sup>	N.d.	3.18 <sup>b</sup>	N.d.	N.d.	N.d.
T2	1	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	10	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	20	4.57 <sup>b</sup>	N.d.	3.32 <sup>b</sup>	N.d.	N.d.	N.d.
	30	6.27 <sup>a</sup>	N.d.	4.47 <sup>a</sup>	N.d.	N.d.	N.d.
T3	1	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	10	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	20	1.22 <sup>f</sup>	N.d.	1.06 <sup>c</sup>	N.d.	N.d.	N.d.
	30	2.02 <sup>d</sup>	N.d.	2.70 <sup>b</sup>	N.d.	N.d.	N.d.
T4	1	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	10	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	20	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.
	30	1.66 <sup>c</sup>	N.d.	1.20 <sup>c</sup>	N.d.	N.d.	N.d.

หมายเหตุ : \*N.d. = Not detected

a, b ...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้ฮอร์โมนเทคโนโลยีอันได้แก่ การเติมฮอร์โมนเพื่อลดค่า  $a_w$  การแช่ไส้กรอกในสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบท รวมถึงการให้ความร้อนซ้ำ ทำให้สามารถลดปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่ต้องใช้ในไส้กรอกเวียดนามจาก 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัมให้เหลือเพียง 75 มิลลิกรัม/กิโลกรัมได้โดยไม่มีผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

กล่าวคือการประยุกต์ใช้ฮอร์โมนเทคโนโลยีสามารถช่วยลดค่า  $a_w$  และค่า TBA (การเกิดการหืน) ของไส้กรอกลดไน-ไตรท์ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังช่วยให้จำนวนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในไส้กรอกเวียดนามลดไนไตรท์ลดลง ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บไส้กรอกเวียดนามลดไนไตรท์ได้ยาวนานขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้จากทุนวิจัยสำหรับคณาจารย์บัณฑิตศึกษา เพื่อให้สามารถรับนักศึกษาที่มีความสามารถและศักยภาพสูงเข้าศึกษาในหลักสูตรและทำวิจัยในสาขาที่อาจารย์มีความเชี่ยวชาญ ประจำปีการศึกษา 2560 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น



### เอกสารอ้างอิง

ณัฐนิชา ทวีแสง. การลดค่ากิจกรรมของน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง ร่วมกับการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมซอร์เบท และการให้ความร้อนซ้ำหลังการบรรจุเพื่อลดการใช้ไนไตรท์ในไส้กรอกเวียดนาม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2552.

นฤพร สุทธิสวัสดิ์, สุทธิณี ชโนสวรราชกักร.ฤทธิ์กันเสียของฝาง(*Caesalpinia sappan* L.)ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทน้ำพริก [โครงการปัญหาพิเศษปริญญาเกษตรศาสตรบัณฑิต]. คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2549.

Al-Shuibi A, Al-Abdullah B. Substitution of nitrite by sorbate and the effect on properties of mortadella. Meat Science 2002; 62: 473-478.

AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. Volume 2, 17th ed. AOAC international; 2000.

Deda MS, Bloukas JG, Fista GA. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. Meat Science 2007; 76(3): 501-508.

Feiner G. Meat products handbook. New York: CRC; 2006

Jafari M, Emam-Djomeh Z. Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. Food Control 2007; 18: 1488-1493.

Kumar DP, Jayanthi M, Saranraj P, Karunya SK. Effect of potassium sorbate on the inhibition of growth of fungi isolated from spoiled bakery products. Life Science Archives (LSA) 2015; 1: 217-222.

Leistner L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. International Journal of Food Microbiology 2000; 55: 181-186.

Pearson D. Laboratory techniques in food analysis. New York: Wiley; 1973.

Scott VN. Interaction of factors to control microbial spoilage of refrigerated foods. Journal of food protection 1989; 52: 431-435.

Thomas R, Anjaneyulu ASR, Kondadaiah N. Development of shelf stable pork sausages using hurdle technology and their quality at ambient temperature ( $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) storage. Meat Science 2008; 79: 1-12.

Wang FS. Effects of three preservative agents on the shelf life of vacuum packaged Chinese-style sausage stored at  $20^{\circ}\text{C}$ . Meat Science 2000; 56(1): 67-71.

Wimontham T, Rojanakorn T. Effect of incorporation of Gac aril powder on the qualities of reduced-nitrite Vienna sausage. International Food Research Journal 2016; 23(3): 1048-1055.