15474

การศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในกระบวนการผลิตไส้กรอกรมควัน

(Study of Nitrite's Residue in Smoked sausage Production)

T096801

นางสาววนิดา มาศยะ
นางสาวเสาวรินทร์ ศิริวัลย์
นายสารัช เกษรมาลา

รายงานนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2541

ปพ.
วิ69ก
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96801
วัน.เดือน.ปี.....

1990

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ในกระบวนการผลิตไส้กรอกรมควัน

(Study of Nitrite's Residue in Smoked sausage Production)

โดย

น.ส.วนิดา มาศยะ

น.ส.เสาวรินทร์ ศิริวัลย์

นายสารัช เกษรมาลา

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 19 / ธค / 41 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ปพ.
ว 1691
2540

วนิดา มาศยะ, เสาวรินทร์ ศิริวัลย์และสารัช เกษรมาลา. 2541. การศึกษาปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในกระบวนการผลิตไส้กรอกรมควัน (Study of Nitrite's Residue in Smoked sausage Production) ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 49 หน้า

บทคัดย่อ

ไส้กรอกรมควันเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีรสชาติอร่อย สะดวกในการบริโภคและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกรมควันนอกจากเนื้อสัตว์แล้วยังมีการเติมสารประกอบไนไตรท์เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย รวมทั้งยังทำให้ไส้กรอกรมควันมีกลิ่นรสเฉพาะตัวด้วย ขณะเดียวกันสารประกอบไนไตรท์ที่ตกค้างมากเกินไปจะเป็นสารตั้งต้นในการเกิดไนโตซามิน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

ในการทดลองครั้งนี้จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควันก่อนการรมควัน หลังการรมควัน และภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยวิธีทางสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณสารประกอบไนไตรท์ในขั้นตอนก่อนการรมควัน หลังการรมควันและภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วันมีปริมาณลดลง 8.58, 20.12 และ 36.64 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์	วัน/เดือน/ปี

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ ซึ่งให้คำปรึกษาและแนะนำผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง ในความอนุเคราะห์จากท่าน และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คณะกรรมการปัญหาพิเศษ และคณาจารย์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคุณสุรินทร์ กุระ ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตสัตว์ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการผลิตไส้กรอกรมควัน ตลอดจนเพื่อนร่วมรุ่น และน้อง ๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่ได้ช่วยเหลือ และให้กำลังใจผู้จัดทำอย่างใกล้ชิดตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอมอบให้แด่ทุกท่าน

นางสาววนิดา มาศยะ
นางสาวเสาวรินทร์ ศิริวัลย์
นายสารัช เกษรมาลา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญตารางภาคผนวก	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาพภาคผนวก	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	20
4. ผลการทดลอง	26
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ช	35
ภาคผนวก ค	38
ภาคผนวก ง	39
ภาคผนวก จ	40
ประวัติผู้เขียน	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. แสดงปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน 26
2. แสดงอัตราการสูญเสียของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้น 27
3. การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไมโอโกลบินที่เข้าทำปฏิกริยากับสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน 28
4. แสดงผลการวิเคราะห์ค่า Water activity ในไส้กรอกรมควัน 28

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1. ANOVA TABLE	34
2. ค่าของ Standard curve	34

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1. โครงสร้างของไมโอโกลบิล 7
2. แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ 8
3. ปฏิกริยาการเกิดสีชมพูเนื่องจากเติมไนไตรท์ 10
4. โครงสร้างของ N-nitroso compound 13
5. แสดงปฏิริยาระหว่างกรดไนตรัส กับ Secondary amine 14
6. แสดงปฏิกริยาการเติมกลุ่มไนตริกออกไซด์กับโปรตีนโพลีน 15
7. แสดงวิธีการที่ใช้หาปริมาณของสารประกอบไนไตรท์ 19
8. แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตไส้กรอก 21
9. กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียของสารประกอบไนไตรท์ใน ไส้กรอกรมควัน 27

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
1. แสดงภาพ Standard curve	35

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้รับการส่งเสริมเป็นอุตสาหกรรมอาหารส่งออกมากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อสุกร แต่ปัญหาสำคัญที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกเนื้อสุกร และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสุกร คือ โรงฆ่า และชำแหละสุกรเพื่อการส่งออกในรูปของเนื้อสุกรสดแช่เย็นของไทย ยังไม่ได้มาตรฐาน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงพยายามที่จะพัฒนาการส่งออกเนื้อสุกรในรูปผลิตภัณฑ์แช่เย็น และแช่แข็ง รวมทั้งการแปรรูปเนื้อสุกรเพื่อการส่งออก มีแนวโน้มที่น่าจะเป็นไปได้ ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง คือ ไส้กรอก ซึ่งนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศ และนอกประเทศ เนื่องจากมีรสชาติอร่อย สะดวกในการบริโภค สามารถเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิต่ำ ในการผลิตไส้กรอก สารปรุงแต่งที่ใช้ นอกจากเกลือแล้ว ยังมีการเติมสารประกอบไนไตรท์ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงน่ารับประทาน นอกจากนี้ยังช่วยถนอมอาหาร โดยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษบางชนิด โดยเฉพาะพวก *Clostridium botulinum*

ตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) ให้มีปริมาณสารประกอบไนไตรท์ตกค้างได้ไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์) สาเหตุที่ต้องมีการกำหนดปริมาณไนไตรท์ เพราะไนไตรท์ที่ตกค้างมากเกินไป จะเป็นสารตั้งต้นในการเกิด nitrosamine ซึ่งมีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ ถ้ามีสารไนไตรท์ในปริมาณที่ไม่มากกว่ามาตรฐานกำหนดแล้ว จะไม่พบสารไนโตรซามิน ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แทบทุกชนิด

ด้วยเหตุนี้ จึงมีการศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณการตกค้าง ของสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ ก่อน และภายหลังการรมควัน
2. ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรท์ ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควัน ภายหลังเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 กระบวนการผลิตไส้กรอกรมควัน

ไส้กรอก มีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินว่า "Salsus" หมายถึง เนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาโดยใช้เกลือ สำหรับภาษาเยอรมันมาจากคำว่า "Wurst" หมายถึง เนื้อที่เตรียมได้จากการบดให้ละเอียด ผสมเกลือ เครื่องเทศ และเครื่องปรุงอื่น ๆ บรรจุในไส้ หรือแบบ (เยาวลักษณ์;2536:99)

ไส้กรอกรมควัน จัดเป็นผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชั่น โดยเนื้อจะถูกบดด้วยเครื่องบด และสับละเอียด จนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่า อิมัลชั่น (emulsion) สารที่เป็นส่วนผสมหลักที่ใช้ในไส้กรอกรมควันมี 3 ชนิด ได้แก่ ฟอสเฟต เกลือบริโภค (NaCl) และสารประกอบไนไตรท์ ฟอสเฟตมีหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-binding capacity) ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปขณะร้อน เนื้อมีความนุ่ม ชุ่มน้ำ และมีรสชาติดี เกลือบริโภค มีหน้าที่เพิ่มรสชาติ และเป็นตัวสกัดไมโอซิน รวมทั้งโปรตีนอื่น ๆ ที่ละลายในเกลือ โดยโปรตีนไมโอซินทำหน้าที่หุ้มเม็ดไขมันไว้ ทำให้เกิดส่วนผสมที่คงตัว นอกจากนี้เกลือยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้เกลือบริโภคอย่างเดียวในการผลิต จะทำให้ไส้กรอกมีสีคล้ำ ไม่น่ารับประทาน จึงต้องมีการใช้สารประกอบไนไตรท์ร่วมด้วย เนื่องจากสารประกอบไนไตรท์ทำให้เกิดสีชมพูแดงในผลิตภัณฑ์ (cured meat color) ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ มีรสชาติ และกลิ่นเฉพาะตัว ช่วยถนอมอาหารโดยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ พวก *Clostridium botulinum* ที่ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษชนิดรุนแรงถึงแก่ชีวิต และยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย นอกจากนั้นไนไตรท์ ยังช่วยลดอัตราการเกิดกลิ่นหืนของไขมันด้วย ส่วนผสมอื่น ๆ นอกจากส่วนผสมหลักแล้ว ยังมี แป้ง ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ช่วยเพิ่มน้ำหนัก ทำให้ไส้กรอกมีเนื้อแน่น และดูดซับความชื้น เครื่องเทศจะเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์

การรมควันจะทำให้เกิดกลิ่นหอม ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้สีของเนื้อเกิดเร็วขึ้น และป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เหม็นหืน เนื่องจากการออกซิไดซ์

การรมควันจะทำให้เกิดกลิ่นหอม ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้สีของเนื้อแดงขึ้น และป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เหม็นหืน เนื่องจากการออกซิไดซ์

เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้สุกและรมควันไปด้วยกัน โดยความร้อนในช่วงแรกจะทำให้เนื้อสุก และเกิดสีที่คงตัวขึ้น นอกจากนี้จะเกิดสีน้ำตาลขึ้นบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา Millard โดย free amino group จากโปรตีน หรือสาร nitrogeneous compound ทำปฏิกิริยากับ carbonyl group จากน้ำตาล และสารคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ และสารประกอบต่าง ๆ ในควันไฟ จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีสี และกลิ่นรสเฉพาะตัวเกิดขึ้น

การต้มจะทำเมื่อผ่านขั้นตอนการรมควันแล้ว เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนที่เหลืออยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไส้กรอกเน่าเสีย และทำให้ผิวนอกของไส้กรอกตึง เรียบ น่ารับประทานเพิ่มขึ้น

2.2 บทบาทของการรมควัน

ควันที่ใช้ในการรมควันนั้นเป็นสารผสมเชิงซ้อน สารประกอบเคมีที่พบในควันมีประมาณกว่า 200 ชนิด ซึ่งองค์ประกอบนี้จะถูกกระทบกระเทือนจากพารามิเตอร์หลายอย่าง เช่น แบบชนิดของไม้ ความชื้นของไม้ อุณหภูมิที่ทำการเผา และปริมาณออกซิเจนระหว่างการผลิตควัน ควันนี้จะประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนของอนุภาคของแข็ง และของเหลว และส่วนที่สองเป็นก๊าซ ส่วนที่เป็นอนุภาคนี้จะแพร่กระจายอยู่ในตัวกลางของก๊าซ เรียกว่าแอโรซอล (arosol) (Zlueck,1980) ขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 50-80 ไมโครเมตร องค์ประกอบของส่วนที่เป็นอนุภาค และส่วนที่เป็นไอจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความหนาแน่นของควัน และวิธีปฏิบัติกับควัน เช่น การล้าง หรือการกรองผ่านเครื่องมือกล หรือทางไฟฟ้า ได้มีการประมาณว่าส่วนที่เป็นไอจะมีประมาณ 10% ของปริมาตรทั้งหมด

ควันประกอบด้วยสารประกอบทั้งที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และน้ำหนักโมเลกุลน้อย เช่น คาร์บอนิล กรดอินทรีย์ ฟีนอล แอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซต่าง ๆ จากส่วนประกอบสำคัญในการผลิตควันเหลว เพราะส่วนที่ละลายน้ำได้นี้ อุดมไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็น หรือเป็นที่ต้องการในการรมควันอาหาร ในขณะที่ส่วนที่ไม่ละลายน้ำจะประกอบด้วย น้ำมัน เขม่า และโพลีไซคลิก-ไฮโดรคาร์บอน และบางชนิดของสารนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง อุณหภูมิและการปฏิบัติทางไฟฟ้าสถิต จะมีผลกระทบกระเทือนต่อองค์ประกอบของควัน ถ้าให้ควันผ่านความเย็นก่อนเข้าห้องรมควัน ส่วนประกอบที่มีจุดเดือดสูง เช่น น้ำมัน โพลีไซคลิก-ไฮโดรคาร์บอน ก็จะถูกกำจัดไปได้บ้าง

2.2.1. การผลิตควัน

ควันโดยปกติเกิดจากการเผาไหม้ของไม้ องค์ประกอบของไม้ประกอบด้วย เซลลูโลส ร้อยละ 50 เฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 25 และลิกนิน ร้อยละ 25 โดยประมาณ โครงสร้างของ

ลิกนินของไม้เนื้ออ่อนจะแตกต่างจากไม้เนื้อแข็ง โดยลิกนินของไม้เนื้ออ่อนจะมีหมู่เมทอกซีน้อยกว่าไม้เนื้อแข็ง

2.2.1.1 ควันที่ได้จากการเผาไหม้ไม้อย่างช้า ๆ อาหารโดยเฉพาะปลา และเนื้อ จะถูกนำไปให้สัมผัสกับควันที่ออกมาจากเตาไฟเปิดโดยตรง การให้อาหารสัมผัสกับควันที่ได้จากการเผาไหม้ช้า ๆ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น บางครั้งอาจใช้ไม้หลาย ๆ ชนิด รวมทั้งการเติมเครื่องปรุงแต่งระหว่างการผลิตควัน ด้วยการทำควัน และการรมควันจะทำในห้องเดียว

2.2.1.2 ควันที่ได้จากเครื่องกำเนิดควันด้วยการให้ความร้อน ในสองทศวรรษที่ผ่านมา ได้มีการประดิษฐ์เครื่องกำเนิดควันแบบใหม่ขึ้น เครื่องนี้ทำงานโดยการได้รับความร้อนจากภายนอกนี้ ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของไพโรลิซิสได้ดีขึ้น และทำให้ได้ควันที่มีองค์ประกอบที่สม่ำเสมอ และมีคุณภาพ การรมควันแบบนี้ ไม้จะถูกทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นกระบวนการเริ่มกระบวนการไพโรลิซีส โดยทั่วไปแล้วไพโรลิซีส เกิดในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยมาก หรือไม่มีเลย แต่ถ้ามีออกซิเจนอยู่ด้วย กระบวนการไพโรไลซีสจะเริ่มต้นด้วยปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) และจะเปลี่ยนเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ภายในระยะเวลาหนึ่ง อุณหภูมิในการเผาไหม้สามารถควบคุมได้โดยความร้อน และการให้อากาศ

การปรับปรุงกลิ่นให้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยให้สารประกอบไพโรลิติกที่ได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ในห้องปฏิบัติการที่เชื่อมติดกับเครื่องกำเนิดควัน ปฏิกิริยาขั้นที่สองนี้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าของไพโรไลซีส และจะมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติทางกลิ่นรสของควันด้วย

2.2.2 กลไกในการเกิดสีในอาหารรมควัน

เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า สีในอาหารรมควันเป็นผลโดยตรงของน้ำมันที่จับติดบนผิวหน้าของอาหาร ในระหว่างกระบวนการรมควัน น้ำมันในที่นี้หมายถึง ส่วนที่กระจายของควันที่สามารถจับติดตามช่องทางออกของท่อ และส่วนอื่น ๆ จนเตาเผาตลอดจนบนผิวหน้าของอาหาร อย่างไรก็ดีการจับติดของน้ำมันบนผิวหน้าที่เฉื่อย เช่น ไส้ที่เตรียมจากเซลลูโลสสำหรับไส้กรอก จะไม่เกิดสีน้ำตาลในระดับความเข้มเท่ากับสีที่เกิดในอาหารที่เป็นโปรตีน ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาคาร์บอนิล-อะมิโน และสารฟีนอลก็มีบทบาทต่อการเกิดสีของอาหารรมควัน

การเกิดสีในอาหารรมควันนั้น เป็นผลจากปฏิกิริยาเคมีระหว่าง ส่วนประกอบของควัน และโปรตีน นอกจากนี้เจลาติน กรดอะมิดน และเอมีน ยังมีส่วนทำปฏิกิริยากับควัน หรือสารละลายควัน ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ชี้ให้เห็นว่ากลุ่มอะมิโนจะเป็นตัวการสำคัญในปฏิกิริยา และปฏิกิริยาการเกิดสีในการรมควันนั้น จะมีลักษณะเหมือนกับปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาล ธรรมชาติของส่วนประกอบของควันที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั้น ประกอบด้วยสารประกอบ

ของคาร์บอนิล ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนได้ง่าย และผลผลิตจากปฏิกิริยาจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ และโพลิเมอไรเซชั่น (polymerization) เกิดเป็นผลิตภัณฑ์สีน้ำตาล ในหมู่สารประกอบคาร์บอนิลเหล่านี้พบว่า มีมากกว่า 4 ชนิด คือไกลโคลิกอัลดีไฮด์ เมทิล ไกลโอซอล ฟอร์มัลดีไฮด์ และอะซีตอล ทั้งไกลโคลิกฮัลดีไฮด์ และเมทิลไกลโอซอล สามารถทำ)ฏิกิริยากับหมู่อะมิโนได้รวดเร็วมาก เกิดเป็นสีน้ำตาล ในขณะที่สารอะซีตอลมีความไวค่อนข้างต่ำ ฟอร์มาลดีไฮด์อาจจะไปรบกวนปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพราะว่าสารนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนแล้ว จะไม่ให้สารประกอบสีน้ำตาลแต่อย่างไร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้ จะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของอาหารในอัตราที่เร็วมาก ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น และควันอยู่ในรูปสารละลาย ความเข้มข้นจะมีความสำคัญมากต่อการเกิดสี นอกจากนี้ปฏิกิริยามิลลาร์ด (Mallard) เกิดได้ดีที่ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลระหว่าง 65-70% ซึ่งเท่ากับความชื้นบนชั้นผิวหน้าของเนื้อ และปลา ประมาณ 12-15% โดยทั่วไป ผิวหน้าของอาหารจะต้องชื้นพอที่จะดูดกลืนควันก๊าซ และแห้งพอที่จะให้ส่วนประกอบของควันทำปฏิกิริยาบนผิวหน้า ก่อนที่จะแพร่เข้าไปยังส่วนข้างใน ระดับความเข้มข้นของสีของผลิตภัณฑ์รมควันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่ใช้ ถ้าใช้ไม้เนื้ออ่อนจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีคล้ำกว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้เนื้อแข็ง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าองค์ประกอบ และปริมาณความชื้นของไม้มีผลกระทบต่อปริมาณสารประกอบคาร์บอนิลในควัน นอกจากนี้อุณหภูมิการเผาไหม้ก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน

2.2.3 ผลกระทบของการรมควันที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

2.2.3.1 คุณค่าทางโภชนาการ สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ในควันสามารถรักษาคุณค่าโภชนาการของอาหารรมควันได้ ทั้งนี้เพราะสารดังกล่าวมีคุณสมบัติการวัตถุกันหืน สารประกอบฟีนอลที่มีจุดเดือดสูงจะมีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันหืน ได้มากกว่าสารประกอบฟีนอลที่มีจุดเดือดต่ำ และเนื่องจากทั้งควัน และไนไตรท์มีคุณสมบัติการเป็นวัตถุกันหืนอย่างรุนแรง ฉะนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสารดังกล่าว จะประกอบกันขึ้นเป็นกลิ่นรสที่สำคัญของเนื้อหมัก

การรมควัน และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของโปรตีน จะเกิดขึ้นพร้อมกับฟีนอล และโพลีฟีนอลในควัน จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่หมู่ซัลฟีริล ในขณะที่หมูคาร์บอนิลจะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโน จากการศึกษาถึงการสูญเสียวิตามิน และแร่ธาตุของอาหารรมควัน พบว่าโดยทั่วไป การรมควันจะทำให้เกิดการสูญเสียไทอามิน ประมาณร้อยละ 2-25 โดยมีการสูญเสียไนอาซีน และไรโบฟลาวินเพียงเล็กน้อย

2.2.3.2 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส สีของอาหารรมควันจะเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภค การเกิดสีในอาหารรมควันจะสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความชื้น ความเข้ม

ข้น และอุณหภูมิ สีที่ดีควรจะมีระดับความชื้น 6-10% เพื่อทำให้เกิดการดูดกลิ่นควันที่ดี และแห้งพอที่จะทำให้เกิดการแทงทะลุของควัน

เมื่อสารประกอบในควันทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ผิว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสหลายอย่าง การสูญเสียการละลายของโปรตีนระหว่างการรมควันอาจเกิดจากผลของควัน และความร้อน การสูญเสียการละลายของโปรตีน ในเนื้อสัตว์รมควันสัมพันธ์กับการเกิดการเชื่อมโยงของโปรตีนที่ผิวหน้าร่วมกับการเกิดสี และกลิ่น เมื่อเกิดการเชื่อมโยงมากเกินไป จะไปยับยั้งการแทงทะลุขององค์ประกอบของควัน จากผลดังกล่าว บริเวณใต้ผิวหน้าที่ยังไม่สัมผัสกับควันจะมีลักษณะนิ่ม สามารถแตกตัวได้ ในขณะที่ผิวหน้าจะมีลักษณะแข็ง มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

2.3 รงควัตถุในเนื้อ (Meat pigments)

การเกิดสีของเนื้อเกิดจากรงควัตถุ ที่เรียกว่า ไมโอโกลบิน (myoglobin) แต่ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ก็มีส่วนทำให้เกิดสีได้เช่นกัน แม้จะมีเพียง 10-20 % ของรงควัตถุทั้งหมด นอกจากนี้ก็มีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสีของเนื้อ อย่างเช่น เนื้อที่ถูกตัดเป็นชิ้น ๆ และในสภาวะที่มีแสง การเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นทั้งในเนื้อสด และเนื้อหมัก อย่างแรกที่เกิดขึ้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในไมโอโกลบิน และในฮีโมโกลบิน

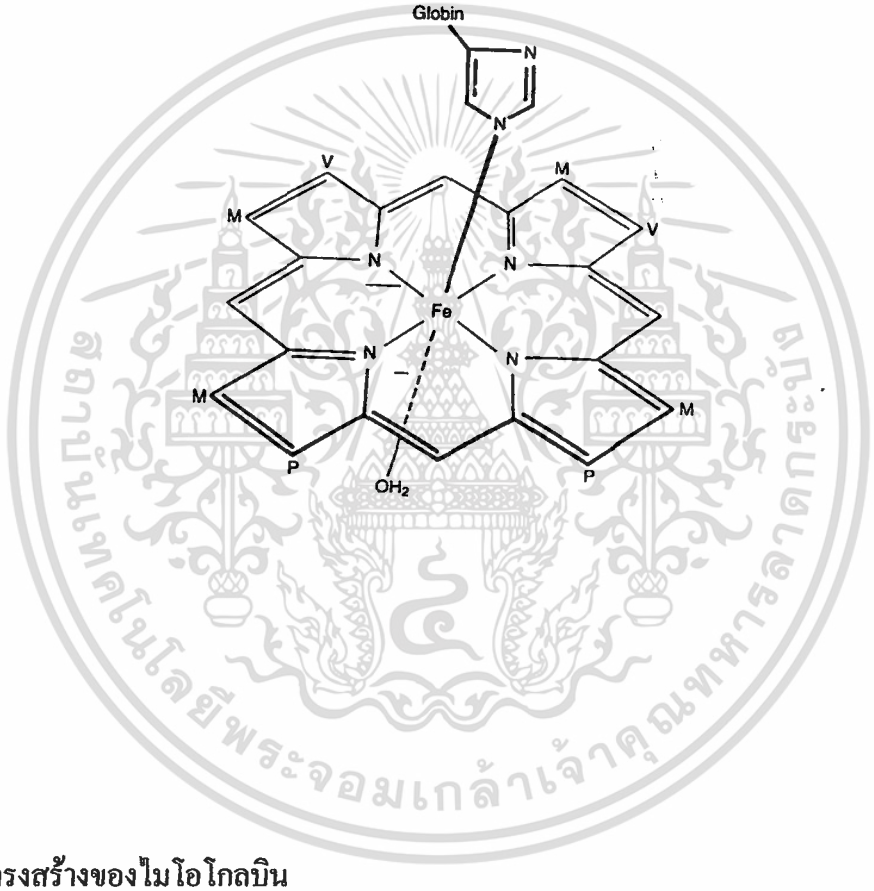
ฮีโมโกลบิน และไมโอโกลบิน จะมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายกัน โดยไมโอโกลบินจะอยู่ในส่วนของโกลบูลาโปรตีน (globular protein) เรียกว่า โกลบิน (globin) และมีรงควัตถุที่ไม่ใช่โปรตีน เรียกว่า ฮีม (heam) รูปที่ 1 แสดงการแบ่งส่วนของฮีม และจุดที่โกลบินโมเลกุลเชื่อมติดกัน โดยมีเหล็ก (Fe) เป็นตัวประสานอยู่ตรงกลางของฮีโมเลกุล

ปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ จะแตกต่างกันไปตามประเภทของกล้ามเนื้อสัตว์ขณะมีชีวิตอยู่ ชนิด เพศ และอายุของสัตว์ โดย Lowrie และคณะ (1963) พบว่าสัตว์ต่างชนิดกัน มีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อแตกต่างกัน คือ เนื้อหมูมี 0.6% เนื้อแกะมี 0.25% เนื้อวัวมี 0.6% ดังนั้นทำให้เนื้อวัวมีสีเข้มกว่าเนื้อแกะ และเนื้อแกะ สีเข้มกว่าเนื้อหมู ตามลำดับ

Dryden และ Bridsall (1980) ได้กล่าวถึงว่าในสัตว์ชนิดเดียวกัน ถ้ามีอายุแตกต่างกัน ปริมาณไมโอโกลบินที่มีในเนื้อ จะแตกต่างกันคือ ในเนื้อลูกวัวที่มีอายุ 3-6 เดือน มีไมโอโกลบินในเนื้อ 1-3 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ขณะที่เนื้อวัวอายุ 8-12 เดือน มี 4-10 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม และเนื้อวัวแก่อายุ 24 เดือน มี16-20 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ดังนั้นเนื้อที่ได้จากสัตว์อายุมากจะมีสีเข้มกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อย

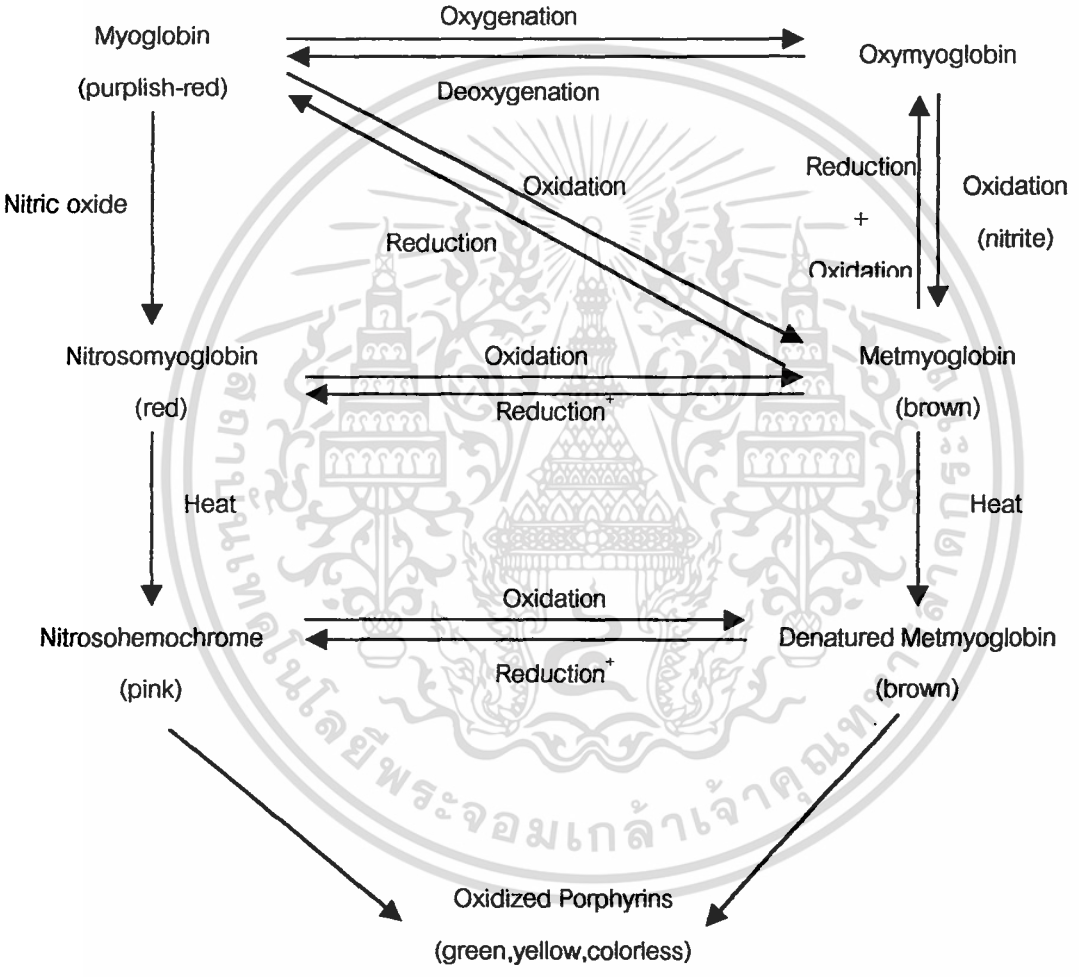
เนื้อสัตว์ชนิดเดียวกัน ตัวผู้มีไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อมากกว่าตัวเมีย และกล้ามเนื้อของสัตว์บริเวณที่ต้องออกกำลังมาก ๆ จะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่า ทั้งนี้เพราะไมโอโกลบินใน

กล้ามเนื้อ ทำหน้าที่เก็บสะสมออกซิเจนไว้ เพื่อให้กล้ามเนื้อนำออกมาใช้ในปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ เพื่อสร้างพลังงาน ดังนั้นเนื้อบริเวณขาหน้า ขาหลัง และเนื้อบริเวณไหล่จะมีสีเข้มกว่าเนื้อส่วนสันหลัง และเนื้อพื้นท้อง



รูปที่ 1 โครงสร้างของไมโอโกลบิน
ที่มา : Lawrie (1991)

สีในเนื้อสัตว์ เกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบิน และออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละ และตัดเป็นชิ้น ๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-pink) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน เกิดเป็นสารออกซิไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ขึ้น แต่เนื้อบริเวณที่วางติดกับเขียงไม้ ซึ่งจะขาด หรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสารเมทไมโอโกลบิน (metmyglobin) ขึ้น ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาล (brown) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ

ที่มา : Robert (1978)

และในรูปที่ 2 จะอธิบาย ถึงสีของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนในการนำไปประกอบอาหาร พบว่าเนื้อจะมีสีน้ำตาลอมเทา (gray-brown) เนื่องจากสารเมทไมโอโกลบิน ถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติไป (denatured metmyogrobin) และในที่สุดเมื่อเนื้อถูกวางไว้นาน ๆ เนื้อจะขาดอ๊อกซิเจนทำให้สารสีเกิดเป็นสารออกซิไดซ์โพรพิริน (oxidized prophyrins) มีสีเขียวเหลืองอ่อน ๆ สีของเนื้อในช่วงนี้จะแสดงให้ทราบว่าคุณภาพของเนื้อไม่ดี และไม่เหมาะต่อการนำไปบริโภค

สีของเนื้ออาจแตกต่างกันไป เนื่องจากลักษณะโครงสร้างจากกล้ามเนื้อ และความเป็นกรดด่าง (pH) ซึ่งจะพบเห็นในเนื้อพวกพี เอส อี (PSE = Pale soff exudative) และเนื้อดี เอฟ ดี (DFD = Dark firm dry)

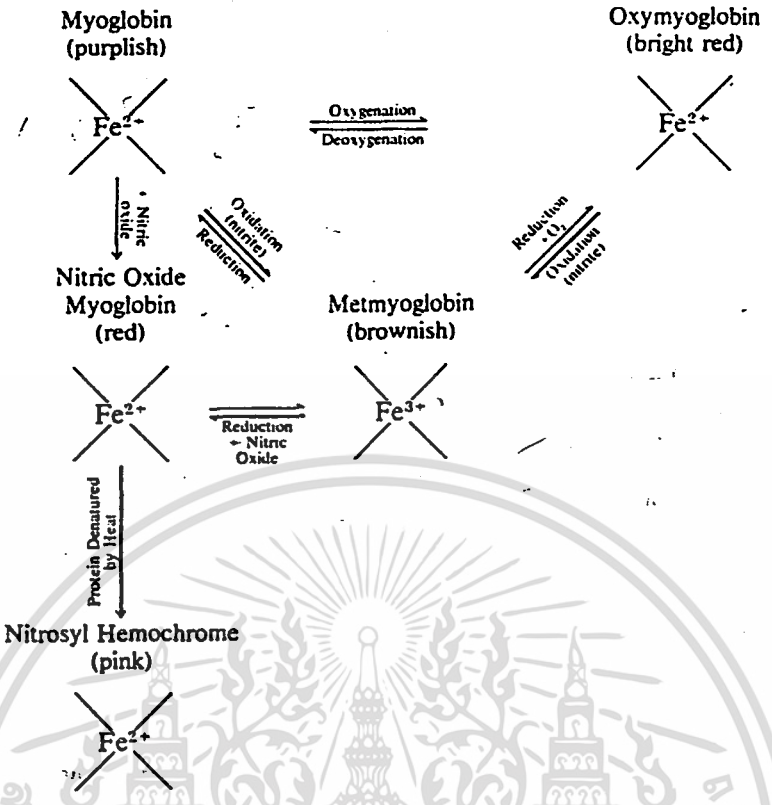
2.4 กลไกการทำงานของเกลือไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อ

2.4.1 ผลของสารประกอบไนไตรท์ต่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ

ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยเฉพาะไส้กรอกอิมัลชั่น การเติมสารให้กลิ่นรสพบว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เกลือไนไตรท์ก็เป็นส่วนผสมหลักอย่างหนึ่งที่ขาดไม่ได้ เนื่องจากเกลือไนไตรท์จะสามารถรักษาสีของผลิตภัณฑ์ ให้คงสภาพสีชมพู และมีกลิ่นรสเฉพาะของอาหารนั้น (Robach,1980) ซึ่งสามารถเขียนปฏิกิริยาการเกิดสีในผลิตภัณฑ์ได้ดังรูปที่ 3

การเปลี่ยนแปลงสี จากปฏิกิริยาเป็นผลมาจากส่วนหนึ่งของเกลือไนไตรท์ จะสลายตัวให้ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide;NO) และไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide; N_2O) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงประการนี้นับว่าเป็นกุญแจสำคัยของปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับสีของผลิตภัณฑ์เนื้อเพราะ NO เป็นจักรกลสำคัญ โดยจะไปทำปฏิกิริยากับรงควัตถุฮีม (heme pigment) ในเนื้อคือ ไมโอโกลบิน (myogrobin) เกิดเป็นไนโทรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) ให้สารสีแดงสด เมื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นไปผ่านความร้อนจะได้สารไนโทรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) ซึ่งให้สีชมพูอันเป็นสีเฉพาะที่เกิดขึ้นใน cured meat และสีนี้จะคงตัวได้ดี

นอกจากนี้เกลือไนไตรท์บางส่วนจะถูกออกซิไดซ์ได้เกลือไนเตรท สำหรับการเกิดการออกซิไดซ์นี้อาจเกิดไปพร้อม ๆ กันขณะที่ออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ที่มีเหล็กอยู่ในสภาพ Fe^{2+} ถูกออกซิไดซ์เป็น Fe^{3+} หรืออาจเกิดโดยวิธีการออกซิไดซ์เอง (autooxidation) ของเกลือไนไตรท์ก็ได้



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาการเกิดสีชมพูเนื่องจากการเติมสารประกอบไนไตรท์
ที่มา : Alan (1995)

2.4.2 ผลของสารประกอบไนไตรท์ต่อการเกิดกลิ่นรสเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อ

ผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีการเติมเกลือเพียงอย่างเดียว จะให้รสชาติที่ไม่นุ่มนวล และความบริสุทธิ์ของเกลือ เป็นปัจจัยสำคัญต่อรสด้วย แคลเซี่ยมซัลเฟตกับปริมาณเล็กน้อยของแคลเซี่ยมคลอไรด์ และแมกนีเซียมคลอไรด์ จะให้รสขมกับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เมื่อมีการใช้เกลือไนไตรท์ร่วมกับการใช้เกลือบริโภค ผลิตภัณฑ์จะมีคุณลักษณะของกลิ่นที่เฉพาะ เกิดจากปฏิกิริยาหลักของไนไตรท์กระทำกับเนื้อ แต่การเกิดกลิ่นรสอันเนื่องจากการเติมไนไตรท์นั้น ยังไม่ชัดเจนว่าเกิดจากไนไตรท์ไปป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่น หรือไนไตรท์ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ แล้วสร้างคุณลักษณะกลิ่นรสเฉพาะขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื้อ

2.4.3 ผลของสารประกอบไนไตรท์ต่อการป้องกันการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อ

ผลิตภัณฑ์เนื้อจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบที่ค่อนข้างสูง ถ้าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่ดีพอ ก็จะเป็นสาเหตุของการเหม็นหืนได้ ซึ่งการหืนอาจเกิดไขมันสัมผัสกับออกซิเจนโดยตรง หรืออาจจะเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมี (photochemical reaction) หรือโดยสารบางอย่างที่เติมลงไป แล้วทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดการหืนขึ้นในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในกระบวนการผลิตจะมีการเติมสารกันหืน (antioxidants) ลงในผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยสารกันหืนที่ใช้จะต้องผ่านการทดสอบแล้วว่าปลอดภัย ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ก็เป็นสารตัวหนึ่งสามารถป้องกันการเหม็นหืนที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยไนไตรท์จะไปยับยั้งปฏิบัติการเติมอ๊อกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity)

2.4.4 ผลของสารไนไตรท์ต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

Jensen (1954) ได้กล่าวไว้ว่า ไนไตรท์เป็นสารสำคัญที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของแบคทีเรียบางชนิดอย่างมีประสิทธิผล แบคทีเรียเหล่านี้สามารถอยู่ในสภาพที่มีปริมาณเกลือสูงได้ ดังเช่นได้มีการทดลองพบว่า โซเดียมไนไตรท์แสดงผลการยับยั้งการเจริญ และกิจกรรมของการย่อยโปรตีนของเชื้อ *Clostridium sporogenes* ที่ระดับความเข้มข้น 1% ในขณะที่ต้องใช้สารละลายเกลือถึง 5% จึงจะป้องกันกิจกรรมได้ทั้งหมด

ไนไตรท์ยังสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อ *C. botulinum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สร้าง สปอร์และสารพิษ สามารถเจริญในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH สูงกว่า 4.6) และวอร์เตอร์แอกติวิตี้ (Water activity;aw) มากว่า 0.85 แบคทีเรียนี้จะพบทั่วไป จึงอาจปนเปื้อนมากับอาหารโดย อาจมาจากการขนส่ง การชำแหละที่ไม่ถูกสุขลักษณะ เครื่องมือที่ใช้ผลิต ส่วนผสมที่ใช้หรือแม้แต่ฝุ่นผงในอากาศ แบคทีเรียนี้จะสร้างสารพิษ และหลั่งออกนอกเซล (exotoxin) จึงพบพิษในอาหาร พิษเป็นสารจำพวกโปรตีน มีปฏิกิริยาในการหยุดยั้งการสร้างสารอะซีทิวโคลีน (acetylchloline) ซึ่งเป็นตัวนำสารจากสมองไปสู่เซลทั่วร่างกาย พิษที่เกิดขึ้นไม่ทนความร้อน ทำลายได้โดยต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที แต่สปอร์สามารถทนความร้อนได้ดี ต้องทำลายที่อุณหภูมิ และความดันสูงหลังจากได้รับพิษเข้าไป 8-72 ชั่วโมง จะเกิดผลต่อเนื้อเยื่อประสาท ทำให้การมองเห็นภาพซ้อน กลืนไม่ได้ หายใจลำบาก และเป็นอัมพาตของอวัยวะระบบหายใจ บางคนคลื่นไส้ อาเจียน ปวดร้าว ท้องเดิน ผู้ป่วยประมาณ 70% จะตายภายใน 3-7 วัน การเจ็บป่วยยากที่จะวิเคราะห์ เพราะเกิดขึ้นรวดเร็วเมื่อเกิดอาการจึงมักสายเกินแก้ ดังนั้นการเติมสารประกอบไนไตรท์จึงสามารถลดความเสี่ยง ต่อการเกิดสารพิษของเชื้อ *C. botulinum* ในผลิตภัณฑ์เนื้อได้

ประสิทธิผลของการต่อต้านจุลินทรีย์ของไนไตรท์นั้น ขึ้นกับค่าพีเอชของอาหาร ซึ่งในความเป็นจริงก็คือขึ้นกับกรดไนตรัส และออกไซด์ของไนโตรเจนที่จากกรดไนตรัส (Lueck,1980;Sinskey,1980) ค่าพีเอชที่จะทำให้เกิดความสมดุลระหว่างการสร้าง และการสลายตัวของกรดไนตรัส จะอยู่ประมาณ 5.5 เช่น การใช้ไนไตรท์ยับยั้ง *Staphylococcus* จะต้องใช้ปริมาณถึง 4000 ส่วนในล้านส่วน ที่พีเอช 6.9 แต่ปริมาณนี้ จะลดลงเป็น 400 ส่วนในล้านส่วน เมื่อมีพีเอช 5.8 และเป็น 80 ส่วน ในล้านส่วนที่ค่าพีเอช 5.5 (Lueck,1980) ไนไตรท์สามารถป้องกัน และทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ดีกว่าเชื้อรา และยีสต์

คุณสมบัติการป้องกันจุลินทรีย์ของไนไตรท์ ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช เกลือไนไตรท์ ค่า F_0 และอุณหภูมิในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (Sinskey,1980) การใช้ไนไตรท์ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์พวก Clostridia หรือระงับการสร้างสารพิษบอทูลินัม และความสามารถในการป้องกันสปอร์ของ *C. botutimum* จะเพิ่มขึ้นเป็น 10 เท่า ถ้าใช้ไนไตรท์ร่วมกับความร้อน ปริมาณไนไตรท์จะอยู่ในช่วง 50-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นกับค่าพีเอช (Lueck,1980) ปริมาณไนไตรท์ที่ต้องใช้จะแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ขึ้นกับแบคทีเรียนั้นเป็นแบคทีเรียแอโรบิก หรือแบคทีเรียแอนาโรบิก

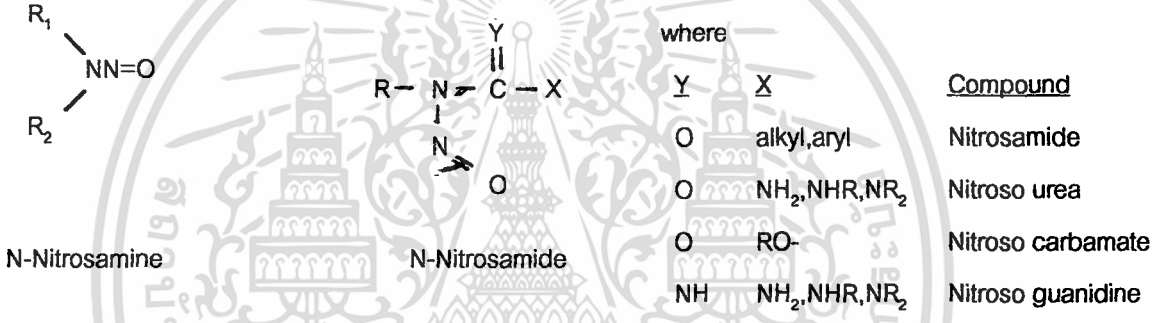
2.5 ความเป็นพิษของไนไตรท์

ไนไตรท์ที่เป็นพิษแก่ร่างกายเมื่อบริโภคในปริมาณมากเกินไป โดยเฉพาะไนไตรท์มีพิษแรงกว่าไนเตรท เพราะเมื่อซึมผ่านลำไส้เข้าสู่กระแสโลหิตแล้ว จะไปออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นเมทไมโอโกลบิน (methmyoglobin) ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดนั้นหมดสภาพไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนได้อีก ไนไตรท์ที่ถูกดูดซึม 30-40% จะถูกขับถ่ายโดยไม่เปลี่ยนแปลงออกไปกับสภาวะ ที่เหลืออีก 60-70 % ยังไม่ทราบแน่นอน ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้นในร่างกาย คือ การเปลี่ยน hemoglobin ไปเป็น methmyoglobin ทำให้รงควัตถุชนิดนี้ไม่สามารถทำหน้าที่ เป็นตัวพา oxygen ได้อีก สำหรับคนปริมาณไนไตรท์ที่ทำให้ถึงแก่ความตาย คือ 0.18-2.5 กรัม

นอกจากพิษอันเนื่องจากไนไตรท์โดยตรงดังกล่าวแล้ว ยังพบว่าสารประกอบดังกล่าว จะช่วยให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่า ไนโตรซามิน (nitrosamin) ดังรูปที่ 4 ซึ่งได้พิสูจน์แล้วว่าสารนี้คือ สารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (carinogen) โดยอำนาจการก่อมะเร็งของไนโตรซามิน จะเห็นได้จากการทดลองในสัตว์พบว่า ไนโตรซามิน จะเหนี่ยวนำให้เกิดเนื้องอกชนิดเนื้อร้าย (malignant tumor) ในอวัยวะที่สำคัญ ๆ เช่นที่ ตับ ไต หลอดอาหาร กระเพาะปัสสาวะ ปอด ฯลฯ ไนโตรซามีนแต่ละชนิดมีศักยภาพในการก่อมะเร็งต่างกัน ปริมาณเฉลี่ยที่ทำให้เกิดมะเร็งในหนูของไนโตรโซไดเมททิลลา

มิน (nitrosodimethylamine ; NDMA) ,ไนโตรโซไดเอทธิลลามิน (nitrosodiethylamine ; NDEA) และ ไนโตรโซไพโรลิดิน (nitrosopyrrolidine ; NPYR) คือ 400,633 และ 3900 ppb ตามลำดับ ตัวที่มีโอกาสพบมากในอาหาร คือ NDMA,NDEA และ NPYR คาดว่ากลไกที่ไนโตรซามิน ก่อให้เกิดมะเร็ง คือ การเติมกลุ่ม alkyl ให้ nucleic acid ทำให้องค์ประกอบของ DNA เกิดมิวเตชั่น (mutation) เป็นเซลมะเร็ง (จิราพร,2531) นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องปรุงรสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์จะมี NPYR ได้โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์กับพริกไทย จึงมีการหลีกเลี่ยงสารพิษ ดังกล่าว โดยบรรจุไนไตรท์กับเครื่องปรุงรสแยกกัน

พิษของไนไตรท์เป็นเรื่องที่สำคัญมาก เพราะการใช้สารเคมีเพื่อประโยชน์อย่างหนึ่ง แต่ก็ให้โทษได้จึงควรระมัดระวังอย่างยิ่ง ในการใช้โดยเฉพาะปริมาณที่กำหนดน่าจะอยู่ในระดับที่ปลอดภัยพอสมควร



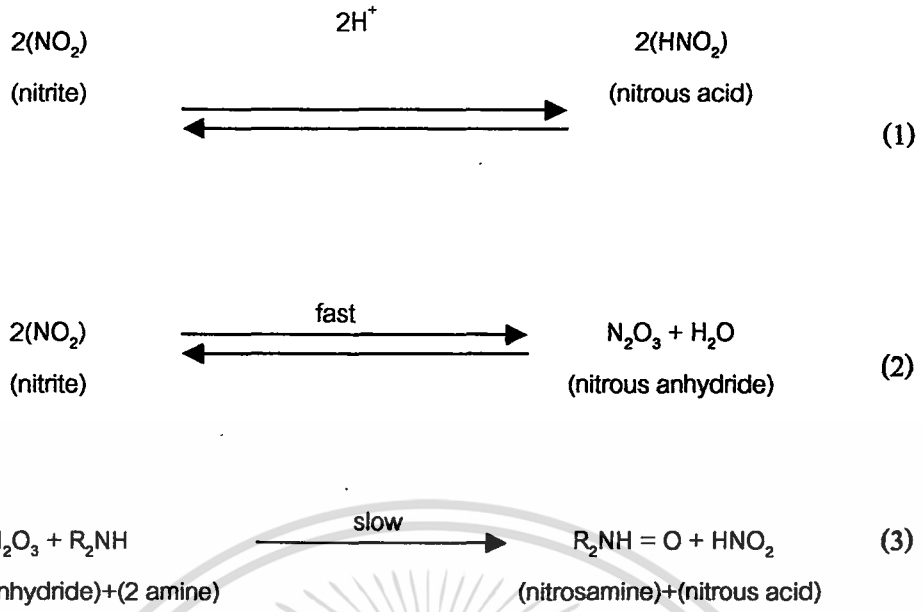
รูปที่ 4 โครงสร้างทั่วไปของ N-nitroso Coupound

ที่มา : Michael (1991)

2.5.1 การก่อมะเร็งของไนโตรซามิน

ไนโตรซามินเป็นสารเคมีที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ และพบว่าการเกิดสารไนโตรซามินอาจเกิดได้จากกรดไนตรัสที่เกิดจากการแตกตัวของไนเตรท ดังนั้นการใช้ไนไตรท์เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ ในผู้บริโภคที่ใช้ปริมาณที่มากเกินไป และใช้ไม่ถูกต้อง สารไนโตรซามินอาจเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

2.5.1.1กรดไนตรัส ทำปฏิกิริยากับ Secondary amine ที่อาจมีอยู่ในเครื่องสัตว์ ทำให้เกิดสารไนโตรซามิน ดังแสดงในปฏิกิริยา

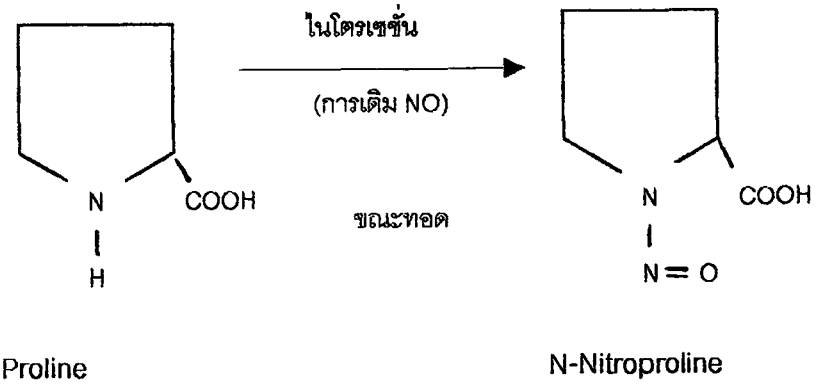


รูปที่ 5 แสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตรัสกับ Secondary amine
ที่มา : Michael (1991)

จากปฏิกิริยา เป็นขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์ (NO^-_2) และเอมีน (amines) แต่ไนไตรท์ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้โดยตรงกับเอมีน แต่ขั้นแรกเปลี่ยนเป็นไนตรัสแอนไฮไดรด์ (nitrous anhydride ; N_2O_3) ได้ และนี่ก็เป็นเหตุผลหนึ่งที่ ทำให้ไนโตรเซชั่น (Nitrosation) เกิดปฏิกิริยาได้เร็วเพราะในกรณีที่มีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมเท่านั้น

โดยทั่วไป Secondary amine ส่วนใหญ่ในอาหารจะมี pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2-4 ซึ่งเป็นสภาวะเดียวกับที่ Nitrosation สามารถเกิดปฏิกิริยาได้

2.5.1.2 ปฏิกิริยาการเติมกลุ่มไนตริกออกไซด์ (Nitrosation) กับโปรตีนโพรลีนอิสระ (Free proline) ที่มีมากในหมูสามชั้น ทำให้เกิดไนโตรซามิน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงปฏิกิริยาการเติมกลุ่ม NO กับโปรตีนโพรลีน
ที่มา : เยาวลักษณ์ (2536)

แต่อย่างไรก็ตามสถาบันเนื้อสัตว์ของอเมริกาโดย Nitrite safety Council (1980) ได้ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเนื้อหมักตามโรงงานต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกามาตรวจ พบว่าถ้ามีการใช้สารไนเตรทและไนไตรท์ ในปริมาณที่ไม่มากกว่ามาตรฐานตามที่กำหนดแล้ว จะไม่พบสารไนโตรซามินในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แทบทุกชนิด ดังนั้นการที่มีผู้กล่าวถึงสารไนโตรซามินที่อาจเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารไนเตรทเพื่อช่วยในการผลิต จำเป็นเพียงเพื่อเตือนให้ทราบถึงผลเสียของการใช้สารเหล่านี้ในปริมาณมากเกินไป

2.5.2 การลดการสร้างไนโตรซามินในอาหาร

เมื่อพบว่าสารประกอบไนไตรท์ อาจทำให้เกิดพิษดังกล่าวได้ ทำให้มีผู้คิดค้นหาสารประกอบอื่น มาใช้แทนเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น ในปี พ.ศ.2516 Brown ได้เสนอว่าเมทิลนิโคติเนต (methy nicotinate) เฮกซิลนิโคลติเนต (hexyl nicotinate) และ เอ็น,เอ็น,ไดเอทิลนิโคตินามิล (N,N diethylnicotinamide) อาจใช้แทนไนไตรท์ได้ กลุ่มศึกษาจากประเทศสวีเดนได้รายงานว่า Pentaerythritoltetranicotinate อาจใช้แทนไนไตรท์ได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีวิธีการที่สามารถลดการสร้างไนดตรซามินในอาหารได้หลายวิธี ดังนี้

2.5.2.1 การใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาไนโตรเซชั่น

การใช้สารเคมีจะสามารถทำให้การใช้ไนไตรท์ลดลง ร่วมกับการยับยั้งการเกิดไนโตรซามิน คุณสมบัติของสารยับยั้งการเกิดไนโตรซามิน ประกอบด้วยความสามารถที่จะจับกับอนุมูลของไนตริกออกไซด์ ความสามารถละลายในไขมันไม่ระเหยในไอน้ำ และประการสุดท้ายคือ ความสามารถทนต่อความร้อนสูงถึง 174 องศาเซลเซียส

สารยับยั้งการเกิดไนโตรซามินที่สำคัญ ได้แก่ แอสคอร์เบท (Ascorbate) และ ไอโซแอสคอร์เบท (Isoascorbate) หรือ อิริโธเบท (Erythobate) สารประกอบเหล่านี้มักจะใช้

ผสมกับเนื้อเพื่อเร่งให้เกิดสี นอกจากนี้ยังพบว่า กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) มีผลเช่นเดียวกัน เมื่ออยู่ในสภาพเป็นกรดอ่อน จะทำให้ไนไตรท์ หรือไดร์ไนโตรเจนไตรออกไซด์ (dinitrogen trioxide) จะถูกรีดิวซ์เป็นไนตริกออกไซด์ ซึ่งจะเป็นสารที่ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาไนโตรเซชั่นได้ มีการศึกษาคุณสมบัติ และการใช้กรดแอสคอร์บิก เป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาไนโตรเซชั่นอย่างกว้างขวาง เช่น การศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ที่จะมีผลต่อการเกิดไนโตรซามิน ในไส้กรอก ซึ่งเตรียมจากกรดแอสคอร์บิก ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นที่จะมีผลต่อการเกิดไนโตรซามินในไส้กรอก ซึ่งเตรียมจากการใช้กรดแอสคอร์บิก 550 หรือ 5500 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม และไนไตรท์ 1500 มิลลิกรัม และแปรรูปเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าไม่ตรวจพบ เอน-ไนโตรโซไดเมทิลลามิน (N-nitrosodimethylamine) ในขณะที่ตัวอย่างที่เตรียมจากการใช้ไนไตรท์เพียงอย่างเดียวจะพบ เอน-ไนโตรโซไดมิลทิลลามิน 10 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัม

แม้ว่าแอสคอร์เบท และไอโซแอสคอร์เบทจะมีประสิทธิภาพมากเพียงใด แต่สารทั้งสองก็ไม่สามารถที่จะยับยั้ง การเกิดไนโตรซามินได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เพราะว่าประสิทธิผลของสารทั้งสองขึ้นกับปัจจัยด้าน พีเอช (pH) อัตราการจับตัวกับเอมีน และคุณสมบัติการละลายโดยเฉพาะในเนื้อเยื่อไขมัน ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงสารประกอบที่ละลายในน้ำมันได้ เพื่อใช้เป็นสารขัดขวาง การเกิดไนโตรซามิน เช่น แอสคอร์บิล (Ascorbyl) พาลมิเทต (Palmitate) นอกจากนี้ยังพบว่า แอลฟา-โทโคฟีรอล (α-tocopherol) เป็นสารที่ละลายในน้ำมัน และสามารถขัดขวางการเกิดไนโตรซามินได้ โดยใช้สารโทโคฟีรอลละลายในอิมัลซิไฟเออร์โพลีซอร์เบท (Polysorbate) จะทำให้เกิดการแพร่กระจายได้สม่ำเสมอในผลิตภัณฑ์ เป็นผลให้ไนโตรซามินจะลดลง นอกจากการใช้สารดังกล่าวแล้ว ยังมีสารอื่น ๆ อีก เช่น โพแทสเซียมซอร์เบท (Potassium sorbate) ,พาราเบน (Paraben) เทอร์เชียรีบิวทิลไฮโดรคิวโนน (TBHQ) เป็นต้น

2.5.2.2 การใช้สีธรรมชาติแทนการใส่ไนไตรท์

การใช้สีธรรมชาติสามารถทำให้เกิดสีได้เช่นเดียวกัน แต่ปัญหาที่สำคัญ คือ การยับยั้งเชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งการใช้สีธรรมชาติเพียงอย่างเดียว จะไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงใช้สีธรรมชาติร่วมกับการฉายรังสี ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะว่าจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นน้อยมาก และยังสามารถทำให้การใช้ไนไตรท์ลดน้อยลง

2.6 วิธีการใช้ และปริมาณที่อนุญาตให้ใช้

วิธีผสมเกลือไนไตรท์ลงในเนื้อทำได้โดยผสมเป็นผงแห้ง คลุกเคล้ากับเนื้อโดยตรง (dry curing) หรืออาจจะทำในรูปสารละลาย แล้วแช่เนื้อลงไป (wet curing) หรืออาจจะฉีดสารละลายที่มีความเข้มข้นเหมาะสมไปตามจุดต่าง ๆ ของชิ้นส่วนของเนื้อที่มีขนาดใหญ่ (สายสนม,2539)

เกลือไนไตรท์ ถึงแม้ว่าจะให้ประโยชน์ดังที่กล่าวแล้ว แต่ก็เป็นสารที่มีพิษต่อร่างกายด้วย จึงต้องมีข้อกำหนดในเรื่องปริมาณการใช้ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

สำหรับ Federal meat inspection regulation ของสหรัฐอเมริกา อนุญาตให้ใช้ไนไตรท์ ดังนี้

2.6.1 การใช้ไนไตรท์ ในน้ำหมัก (pickling salution) ให้ใช้เพียง 2 ปอนด์ต่อน้ำหนัก 100 แกลลอน ที่ระดับที่มีการฉีดเข้าเนื้อประมาณร้อยละ 10

กรณีเนื้อหมักแบบแห้ง ใช้ไนไตรท์ 1 ออนซ์ต่อเนื้อ 100 ปอนด์ และถ้าเป็นเนื้อบดใช้ไนไตรท์ 1/4 ออนซ์ ต่อเนื้อบด 100 ปอนด์

กรณีที่ใช้ไนไตรท์ และไนเตรทรวมกัน ต้องมีไนไตรท์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ไม่เกิน 200 ส่วนต่อล้านส่วน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 20 (2517) อนุญาตให้ใช้ไนไตรท์ ได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์) (เยาวลักษณ์,2536)

เกลือไนไตรท์ที่ใช้ทางการค้าจะผสมกันออกมาเพื่อสะดวกในการใช้ มีชื่อทางการค้าเป็น ผงเพรค (praque powder) โดยปริมาณที่แนะนำให้ใช้เป็นร้อยละ 0.25-0.38 ของน้ำหนักเนื้อ และ Tari colper 40s ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ เป็น 2 กรัมต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม

ในปัจจุบันมีการผลิตสารหมักเนื้อผสมเสร็จ (meat curing premixes) ซึ่งประกอบด้วย สารไนไตรท์ สารไนเตรท และเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ในลักษณะนี้ ได้มีข้อกำหนดของการบรรจุไว้ว่าต้องทำการบรรจุ สารไนไตรท์ และไนเตรท กับเครื่องปรุงแยกกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรวมตัวกันขึ้นเป็นสารไนโตรซามีน และบนภาชนะบรรจุต้องระบุว่าปราศจากสารไนโตรซามีน

2.7 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบไนไตรท์

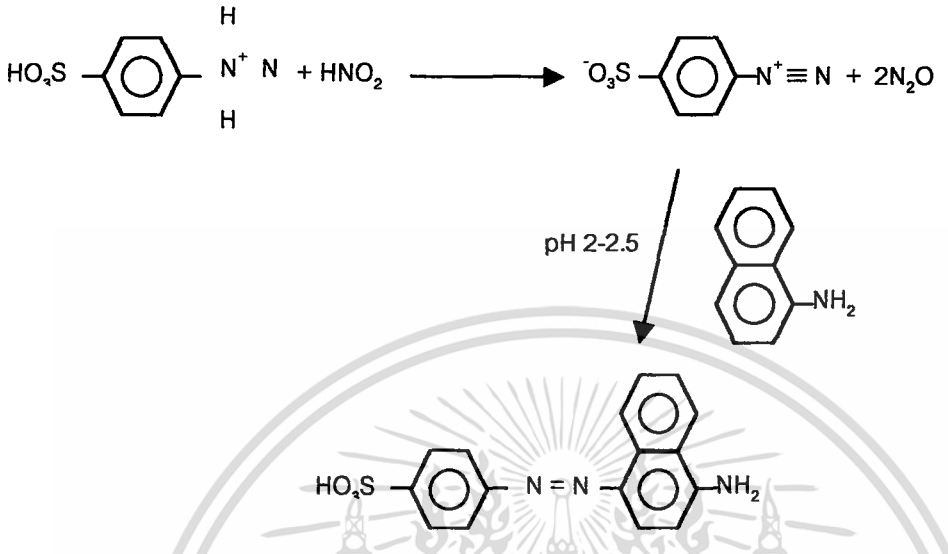
ในการศึกษาหาปริมาณของไนไตรท์ (NO_2^{-1}) ที่มีอยู่ในสารตัวอย่างปริมาณน้อย ๆ นั้น โดยมากได้มีผู้ใช้วิธีทางสเปคโตรโฟโตเมตรี (spectrophotometry) ซึ่งนับว่าเป็นวิธีที่มีขีดความสามารถ (sensitivity) สูง และมีความถูกต้อง (accuracy) สูงวิธีหนึ่ง แต่วิธีที่นิยมใช้กันมาก และใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ไนไตรท์ (1) คือวิธีการเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็น diszo compound กับ Sulphanilic acid แล้วให้ coupling กับ 1-naphthylamine ในสารละลายอะซีเตทบัฟเฟอร์ และทำให้สารละลายที่ได้นั้นมีความเป็นกรด (pH) 2.0-2.5 แล้วนำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร (nm) ภายหลังจากการผสมแล้ว 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที ดังรูปที่ 7 ก. อีกวิธีหนึ่งใช้วิธีการเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็น diazo compound กับ sulphanilamide แล้วให้ coupling กับ N-(1-Naphthy)-ethylene diamine (1) ที่ความเป็นกรด 1.5 หลังจากผสมแล้ว 10 นาที จึงนำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ดังรูปที่ 7 ข. การหาปริมาณของไนไตรท์ทั้งสองวิธีนี้

96801

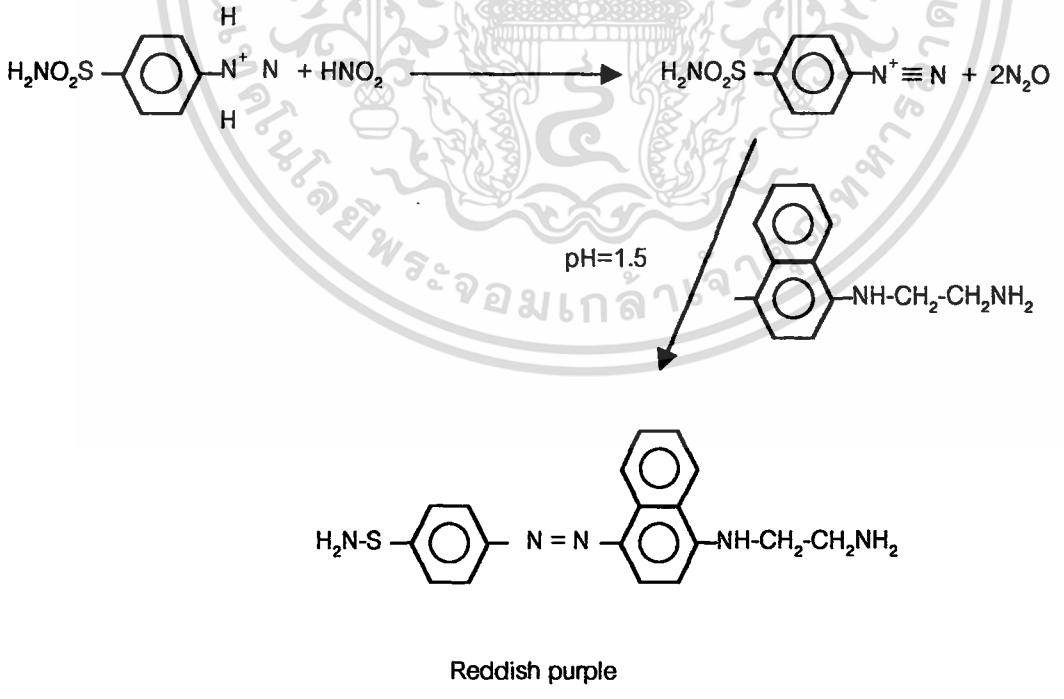
สารละลายจะต้องทำให้เย็น มิฉะนั้นสีของสารละลายที่เกิดขึ้นจะไม่ค่อยเสถียร และยังถูกรบกวน (interfere) ได้ด้วยอิออนคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^{-1}) ซัลเฟต (SO_4^{2-})ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และสารอินทรีย์

นอกจากนี้ ยังได้มีผู้ศึกษาหาวิธีที่จะใช้สำหรับหาปริมาณของไนไตรท์อีกหลายท่านด้วยกัน Germuth (2) ใช้สารดังกล่าวข้างต้นทำเป็น diazocompound แล้วให้ coupling กับ dimethyl-1-naphthylamine Kuemmel และ Mellol (3) ได้ชี้ให้เห็นว่า diazonium salt ที่เกิดจากการใช้ phenylene diamine และอนุพันธ์ (derivatives) ของสารนี้สามารถให้หาปริมาณของไนไตรท์ได้ดีกว่าการใช้ sulphanilic acid ถึง 3-4 เท่า Sarvicki,Stanley และ Elbert (4) พบว่าถ้าใช้ปฏิกิริยา phenyl azo aniline กับไนไตรท์ในสารละลายที่เป็นด่างกับ dimethyl formamid จะทำให้เกิด triazene anion ได้เป็นสารละลายสีน้ำเงินเข้ม วิธีการนี้สามารถหาปริมาณของไนไตรท์ได้ถึง 0.15 ไมโครกรัม/ลิตร Murakami และ Zasshi (5) ได้ใช้วิธีการรีดักชั่นไนไตรท์ด้วยสารละลายเฟอร์รัสในกรดฟอสฟอริค ได้ nitrosylcomplex ion แล้วนำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 455-460 นาโนเมตร วิธีการนี้สามารถหาปริมาณของไนไตรท์ได้ถึง 2.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ก.ได้จาก Diazotization ของ Sulfanilic acid ด้วย HNO_2 แล้ว Coupling กับ 1-naphthylamine



ข.ได้จาก Diazotization ของ Sulfanilamide ด้วย HNO_2 แล้ว Coupling กับ N-(1-naphthyl)-ethylenediamine



รูปที่ 7 แสดงวิธีการที่ใช้หาปริมาณของไนไตรต์

ที่มา : ฉวีวรรณ (2521)

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. เนื้อหมู
2. มันหมู
3. แป้งมัน
4. น้ำเกลือ
5. ฟอสเฟต

3.2 สารเคมี

1. Alpha-Napthylamine Ethylenediamine 2 HCl (NED)
2. Sulfanilamide Reagent
3. Mercuric Chloride ($HgCl_2$)
4. Nitric Standard Solution
5. Acetone
6. Hydrochloric acid (HCL)
7. น้ำกลั่น

3.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์

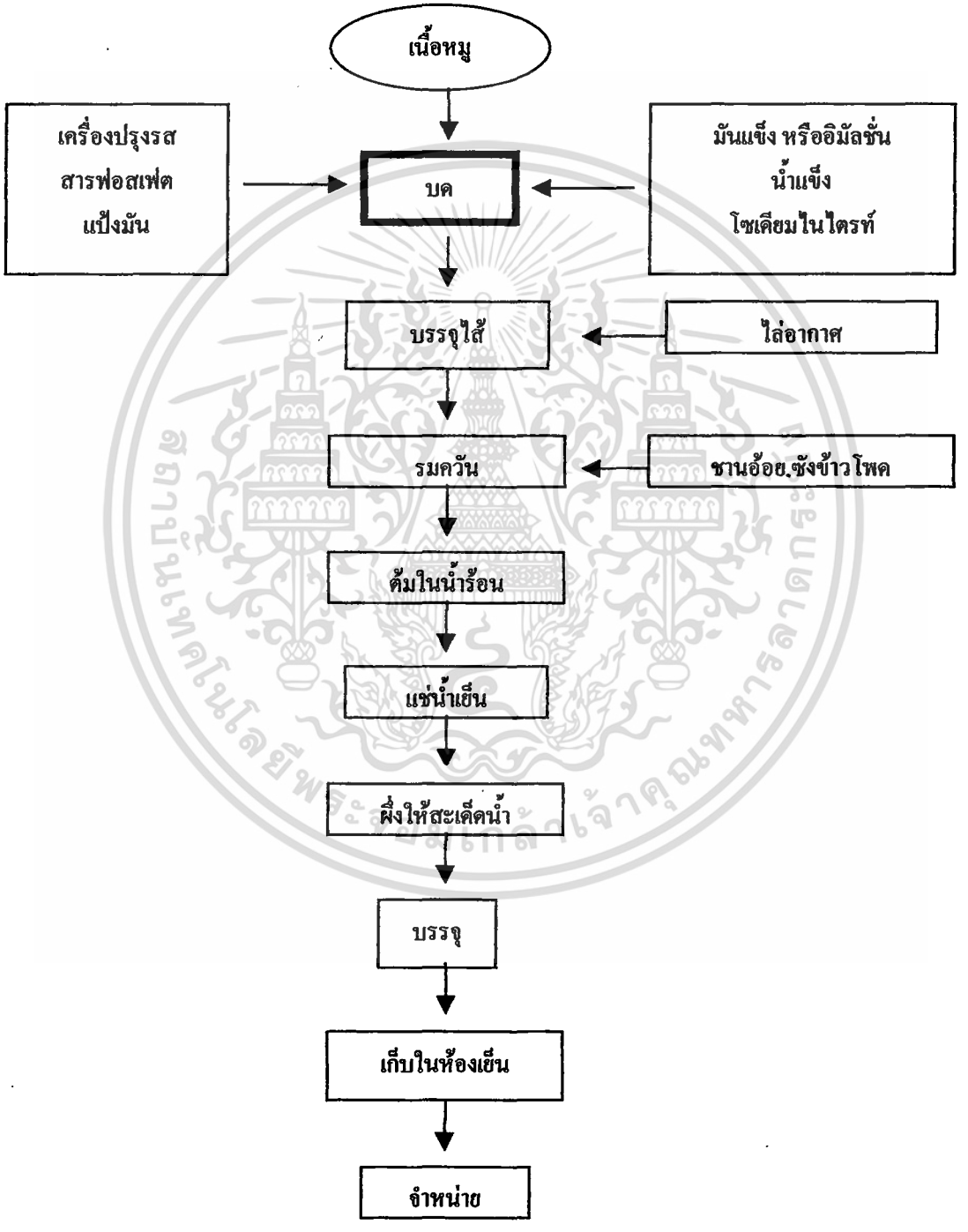
1. Spectrophotometer
2. เครื่องวัดหาค่า Water Activity
3. Water-bath
4. Thermometer
5. Flask
6. Volumetic flask
7. Pipette
8. กระดาษกรองเบอร์ 42 และเบอร์ 1
9. ชุดเครื่องกรอง
10. กระบอกน้ำกลั่น
11. เครื่องชั่งละเอียด
12. แท่งแก้ว

15474

3.4 วิธีการทดลอง : การทดลองนี้แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอน ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการผลิตไส้กรอกรมควัน

การทำไส้กรอกรมควัน ส่วนผสมของเนื้อต้องผ่านการสับละเอียดจนอยู่ในสภาพที่เป็นมวลเหนียว (emulsion) มีขั้นตอนการทำแสดงดังในภาพ



รูปที่ 8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตไส้กรอกแบบอิมัลชั่น

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1.1.1 เนื้อสัตว์ ใช้เนื้อแดงเพื่อให้โปรตีนทำหน้าที่ประสานน้ำ และน้ำมันให้เข้ากันได้ดี ในส่วนผสมที่เป็นมวลเหนียว โดยทั่วไปพบว่า โปรตีนในเนื้อที่สามารถละลายได้ดีในเกลือ มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวช่วยการรวมตัว (emulsifier) และโปรตีนเหล่านี้มีอยู่ในเนื้อแตกต่างกันออกไป เนื้อที่มีไขมันสูงโปรตีนจะมีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ และไขมัน (binding index) สูง

1.1.2 ไขมัน เป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต ใช้ได้ทั้งไขมันพืช และสัตว์ พบว่าการใช้ไขมันร้อยละ 30 มีผลทำให้ไส้กรอกมีลักษณะ กลิ่น สี และการยอมรับดีที่สุด โดยทำให้ไส้กรอกมีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติดี แต่ผลิตภัณฑ์มีสีจางลง

1.1.3 น้ำแข็ง ใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการสับบด ทำให้เกลือ และส่วนผสมอื่น ๆ ละลาย และกระจายตัวได้ดี อิมัลชั่นคงตัวดี ช่วยให้การบรรจุง่าย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อดี และนุ่ม

1.1.4 แป้ง เป็นส่วนผสมที่ช่วยเพิ่มน้ำหนัก ทำให้ไส้กรอกมีเนื้อแน่น และดูดซับความชื้นใช้ในปริมาณร้อยละ 4-5

1.1.5 เกลือ เป็นตัวสกัดไมโอซิน และโปรตีนอื่น ๆ ที่ละลายในเกลือ ใส่ในเนื้อระยะแรกที่ทำการบดก่อนเติมน้ำ

1.1.6 ฟอสเฟต ช่วยให้ไส้กรอกมีความเหนียว และอุ้มน้ำได้ดี ผลิตภัณฑ์มีความชื้น และไขมันคงตัวได้ดีขณะต้ม หรือรมควัน

1.2 การบดเนื้อ

เนื้อที่นำมาลดขนาด ภายหลังการหั่นในเครื่องบดเนื้อ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้ง่ายต่อการสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ การบดจะให้ได้เนื้อที่มีขนาดเล็กโดยผ่านรูตะแกรงขนาด 1/8 นิ้ว และบดเนื้อกับไขมันแยกกัน

1.3 การสับนวด

จำเป็นต้องทำในเครื่องสับนวด (chopper หรือ selent cutter) เพื่อทำอิมัลชั่น

1.4 การบรรจุ และผูกไส้

การบรรจุ แลผูกไส้จำเป็นต้องผ่านส่วนผสมของเนื้อเข้าเครื่องบรรจุไส้กรอก เพื่อให้เนื้อรวมตัวกันเข้าสู่แบบ (mold) หรือไส้ (casing)

1.5 การทำให้สุก

ทำในตู้รมควันโดยใช้ช่วงแรกใช้อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือให้อุณหภูมิไส้กรอกประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส และรมควันที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง

ภายหลังจากการรมควันได้ที่แล้ว ต้องนำไปต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-25 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนที่เหลืออยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไส้กรอกเน่าเสีย และทำให้ผิวนอกของไส้กรอกตึง เรียบ น่ารับประทานเพิ่มขึ้น

1.6 การทำให้เย็น

เป็นการลดความร้อนที่สะสมภายในไส้กรอก และทำให้เนื้อภายในหดตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การลอกเปลือกง่าย น้ำที่แช่ต้องเป็นน้ำสะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์เจือปน และโลหะหนักเจือปน

1.7 การบรรจุ

ห้องบรรจุไส้กรอกความเป็นห้องปรับอากาศ เพื่อควบคุมคุณภาพ และสุขอนามัย

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณการตกค้างของสารไนไตรทในกระบวนการผลิตไส้กรอกรมควัน ในขั้นตอนก่อนการรมควัน ,หลังการรมควัน และหลังจากเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

<u>สารเคมี</u>

1. Alpha-Napthylamine Ethylenediamine 2 HCl (NED)
2. Sulfanilamide Reagent
3. Mercuric chloride ($HgCl_2$)
4. Nitrite standard solution

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อที่บดละเอียด 5.0 กรัม ใส่ใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้ตัวอย่างกระจายออก
3. นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง
4. ปิเปต Mercuric chloride จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ใน flask ทุกใบ แล้วทั้งให้เย็น
5. ถ่ายใส่ขวด Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
6. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 (กรองโดยใช้ suction)
7. ปิเปตสารละลายที่กรองได้จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask
8. เติมสารละลาย Sulfanilamind 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
9. เติมสารละลาย 1- Napthyl (NED) 2.5 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที
10. นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเทียบกับ standard curve แล้วคำนวณหาค่าไนไตรทท์ (ppm)

การคำนวณ

$$NO_2(ppm) = \frac{NO_2(mg.) \times 10^{-3} \times 1000 \times 250}{10 \times wt - of\ sample\ (5\ gm.)}$$

ขั้นตอนที่ 3 หาเปอร์เซ็นต์ของ myoglobin ที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารไนเตรท ของการผลิตไส้กรอกรมควัน ในขั้นตอนการผลิตขั้นสุดท้าย (finish product)

<u>สารเคมี</u>

1. Acetone
2. Hydrochloric acid

<u>วิธีการ</u>

3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณ nitrosomyochome (cured pigment)

3.1.1บดตัวอย่างไส้กรอกรมควันให้ละเอียด นำมาชั่ง 10 กรัม แล้วใส่ลงในบีกเกอร์ทรงสูง

3.1.2ผสมและทำให้ตัวอย่างกระจายตัวดี โดยใช้ Acetone 40 มิลลิลิตร และน้ำ 3 มิลลิลิตร ผสมต่อไปอีกประมาณ 5 นาที ภายใต้สภาพที่ลดแสงลง

3.1.3กรองของผสมผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

3.1.4เตรียม Spectophotometer ที่จะใช้วัด โดยปรับใช้ที่ช่วงความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และวัดค่า blank ที่ประกอบด้วยสารละลาย Acetone 80 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวปรับเครื่องที่ศูนย์

3.1.5อ่านค่า Optical density ของสิ่งกรองที่ได้ที่ 540 นาโนเมตร และนำค่าที่ได้คูณด้วยค่า 290 จะได้เป็นค่าของ nitrosamyochome (ppm)

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ myogrobin (total pigment)

3.2.1 บดตัวอย่างของไส้กรอกรมควันให้ละเอียด นำมาชั่ง 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ทรงสูง

3.2.2 เติม Acetone 40 มิลลิลิตร น้ำ 20 มิลลิลิตร และ Hydrochloric acid เข้มข้น 1 มิลลิลิตร

3.2.3 ผสมตัวอย่างให้เข้ากันดี และปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วเก็บไว้ในตู้บ่ม 1 ชั่วโมง

3.2.4 กรองส่วนผสมผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

3.2.5 เตรียม Spectophotometer ใช้ช่วงความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร และวัดค่า blank ที่ประกอบด้วยสารละลาย Acetone 80 เปอร์เซ็นต์ Hydrochloric acid 2

เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 18 เปอร์เซ็นต์

3.2.6 อ่านค่า Opital density จากสิ่งกรองที่ได้ที่ 640 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้ มาคูณด้วยค่า 680 จะได้ปริมาณ myogrobin (ppm)

<u>การคำนวณ</u>

การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของ myogrobin ที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารไนเตรท

$$\% \text{ conversion} = \frac{\text{ppm ของ nitrosomyochome} \times 100}{\text{ppm ของ myogrobin}}$$

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์หาค่า Water activity (aw)

4.1 หมุนปุ่มสีเหลืองของเครื่อง Thermocon stantr ในตำแหน่งที่ 1

4.2 นำตลับพลาสติก (sample cup) มาใส่ตัวอย่างให้ได้ปริมาตรประมาณ 80-90%

4.3 นำตลับตัวอย่างมาใส่ไว้ใน Measuring chamber

4.4 ปิดฝาให้เรียบร้อย

4.5 ตั้งอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ

4.6 จากนั้นรอจนกระทั่งอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้ และ Realtive Humidity ของอากาศที่วัดได้อยู่ในสภาวะที่สมดุล (Equilibrium) กับสารตัวอย่าง สภาวะนี้เราเรียกว่า Equilibrium Realative Humidity (ERH) เมื่อหารด้วย 100 จะได้ค่า aw ตามต้องการ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ศึกษาการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน ในกระบวนการผลิตก่อนการรมควันหลังการรมควัน และภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอก ก่อนการรมควัน หลังการรมควัน และภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน โดยวิธีทางสเปคโตรโฟโตรมิเตอร์ (Spectophotometer) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน

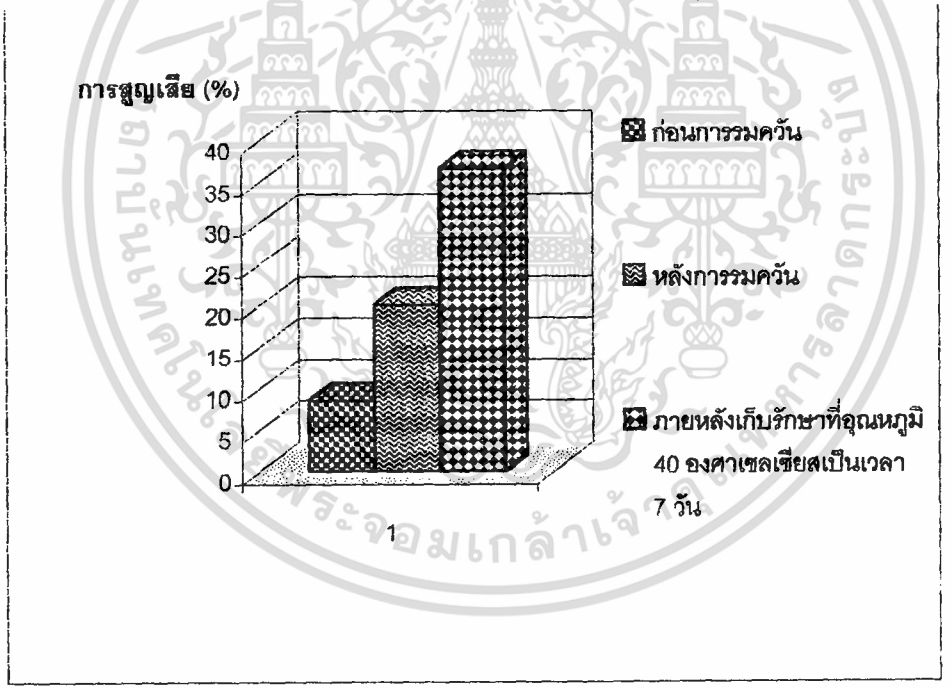
ขั้นตอน	ปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (ppm)
การผสม	130[a]
ก่อนการรมควัน	119.8[a]
หลังการรมควัน	104[b]
หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน	79[c]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 1 พบว่ามีค่า 130,119.8,104,และ 79 ppm. ตามลำดับ เมื่อเปปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในขั้นตอนดังกล่าว พบว่าปริมาณของสารประกอบไนไตรท์ ก่อนการรมควัน หลังการรมควัน และภายหลังเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสามารถเปรียบเทียบการสูญเสียของสารประกอบไนไตรท์ ในระหว่างการผลิต และการเก็บรักษาเป็นอัตราร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 9

ตารางที่2 แสดงอัตราการสูยเสียของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้นโดยคิดเป็นร้อยละ

ขั้นตอน	ปริมาณการสูญเสียของสารประกอบไนไตรท์ (เปอร์เซ็นต์)
ก่อนการรมควัน	8.58
หลังการรมควัน	20.12
ภายหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน	36.64



รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควันเป็นร้อยละ โดยเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้น (130ppm)

3. การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไมโอโกลบิน (myoglobin) ที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนไตรท์ ผลการวิเคราะห์พบว่า เปอร์เซ็นต์ไมโอโกลบินมีค่า 32.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนไตรท์ เมื่อให้ความร้อนจะทำให้เกิดสีชมพูที่คงตัวในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไมโอโกลบินที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน

ปริมาณไนโตรโซไมโอโครม (ppm)	ปริมาณไมโอโกลบิน (ppm)	Conversion (%)
32.47	100.2	32.21

4. การตรวจหาค่า Water Activity ของไส้กรอกรมควัน จากการวิเคราะห์พบว่า ค่า Water Activity ของไส้กรอกรมควันมีค่า 0.96 และภายหลังเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีค่า 0.98

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่า Water Activity ในไส้กรอกรมควัน

ขั้นตอน	ค่า Water Activity ของไส้กรอกรมควัน
หลังการรมควัน	0.96
ภายหลังเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน	0.98

บทที่ 5
สรุปการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน ในขั้นตอนการรมควัน หลังการรมควัน และเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าปริมาณไนไตรท์จะลดลงในแต่ละขั้นตอนดังกล่าว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของสารประกอบไนไตรท์เริ่มต้น จะลดลง 8.58, 20.72 และ 36.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากหลังผ่านกระบวนการผลิตสารประกอบไนไตรท์จะเปลี่ยนเป็นสารอื่นอย่างรวดเร็ว และเปลี่ยนแปลงต่อไปเมื่อเวลาในการเก็บผ่านไป จะมีปริมาณลดลง โดยอัตราเร็วในการเปลี่ยนของสารประกอบไนไตรท์ขึ้นอยู่กับกระบวนการให้ความร้อน อุณหภูมิการเก็บรักษา และระยะเวลาในการเก็บรักษา

สารประกอบไนไตรท์ที่ลดลงจะเปลี่ยนไปเป็นไนตริกออกไซด์ (NO) ระหว่างการผสมประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในส่วนรงควัตถุ (pigment) ประมาณ 9 – 12 เปอร์เซ็นต์ และจับกับโปรตีนในเนื้อโดยผ่านพันธะไธโอไนโตรโซ (thionitroso) บางส่วน ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกรมควันที่ผ่านการให้ความร้อน สารประกอบไนไตรท์จะลดลง เนื่องจาก chemical reductants และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานขึ้น ปริมาณสารประกอบไนไตรท์ที่ตกค้างจะยิ่งน้อยลง แต่บางส่วนไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ จะเปลี่ยนเป็นไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่เป็น เอมีน (amine) และเอไมด์ (amide) ในร่างกายมนุษย์จะเกิดสารก่อมะเร็งซึ่งเป็นอันตรายได้

แต่ในการทดลองครั้งนี้มีการเติมสารประกอบไนไตรท์ในปริมาณ 130 ppm เมื่อผ่านการผสม ก่อนการรมควัน ปริมาณไนไตรท์ลดลงเป็น 119.8 ppm ภายหลังการรมควันลดลง 104 ppm และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จะลดลง 79 ppm ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่อนุญาต ให้มีปริมาณสารโซเดียมไนไตรท์ตกค้างได้ไม่เกิน 200 ppm ตามข้อกำหนดของสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) พบว่าไม่เกินข้อกำหนดดังกล่าว ซึ่งจัดได้ว่าไส้กรอกรมควันมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ทางสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาของสหรัฐอเมริกา ยังแนะนำให้ใช้สาร ascorbic acid, cyatine, amino acid inatidine โดยจะเปลี่ยนไนไตรท์เป็น nitric oxide ในสารละลายกรด

อุณหภูมิเมื่อสูงขึ้นการสูญเสียไนไตรท์จะมากขึ้น Free Sulphydryl group จะทำปฏิกิริยากับไนไตรท์เกิดเป็น nitrosothiols เมื่อ pH ลดลงปริมาณไนไตรท์จะลดลงและเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานขึ้น ปริมาณไนไตรท์ตกค้างจะยิ่งน้อยลง ชนิดของเนื้อและองค์ประกอบภายในของเนื้อ ถ้าต่างกันจะมีผลต่อปริมาณไนไตรท์ต่างกัน พบว่ากล้ามเนื้อขาว และ pHต่ำ จะทำให้ปริมาณไนไตรท์ลด

ลงมากกว่ากล้ามเนื้อขาว อิออนของโลหะ ได้แก่ Ferrons ion และ Cupric ion ทำให้ปริมาณไนไตรท์ลดลง ขณะที่ calcium ion และ magnesium ion ไม่มีผลต่อการลดลงของไนไตรท์

การศึกษาปริมาณไมโอโกลบินที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนไตรท์ โดยการนำขั้นตอนหลังการรมควันมาวิเคราะห์ พบว่า ในไส้กรอกรมควันมีไมโอโกลบินที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนไตรท์ 30.83,31.42 และ34.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดลอง 3 ครั้ง

การศึกษาผลของค่า Water activity (aw) ของไส้กรอกรมควันในขั้นตอนหลังการรมควันและหลังการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ค่า aw เท่ากับ 0.96 และ0.98 ตามลำดับ ค่า aw จะเป็นปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไส้กรอกรมควันเสื่อมเสียได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณการค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอกรมควัน พบว่าในไส้กรอกรมควัน ยังคงมีปริมาณของสารประกอบไนไตรท์เหลือตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจเป็นอันตรายใด ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไป

ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงควรมีการใช้สารประกอบชนิดอื่น ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสารประกอบไนไตรท์ร่วมด้วย เช่น ascorbic acid, cysteinc, amino acid เพื่อลดการใช้สารประกอบไนไตรท์ในกระบวนการผลิต

เนื่องจากในไส้กรอกรมควัน มีค่า Water activity อยู่ในระดับที่สูง ดังนั้นจึงควรเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท หรือเก็บในสภาวะสูญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาจะสามารถยืดอายุการเก็บ และลดปริมาณสารประกอบไนไตรท์ให้ลดลงได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2531. ไนเตรท ไนไตรท์ และสารประกอบเอ็น - ไนโตรโซ. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร. 36 หน้า.

จิราพร รุ่งเกรียงไกร 2531.ผลของไนไตรท์ต่อ *Clostridium sporogenes.* ในผลิตภัณฑ์ แฮมบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 45 หน้า

ฉวีวรรณ นันท์นฤมิต และ แม้น อมรสิทธ์. 2521. การศึกษาหาปริมาณของไนไตรท์ด้วย 2,4,6 ไตรแอมิโนฟไพรมิดีน โดยวิธีทางSpectrophotometer. วิทยานิพนธ์ระดับ ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 62 หน้า

พวงพร โชติกไกร,รศ., 2537. จุลชีววิทยาของอาหารและน้ำนม. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร. 205 หน้า

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 302 หน้า

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์.,ผศ. 2536. เทคโนคลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต. กรุงเทพมหานคร. 135 หน้า

Alan, H. Varname and Jane, P.Sutberland. 1995. Meat and Meat Products. London : Edmundsburg. 430 pp.

Bennion, M. Marion. 1925. The Sceince of foood. America : United State. 598 pp.

Lawrie, R.A. 1991. Meat Sceince. New York: BPCC Whertons. 293 pp.

Michael, J. Hill. 1991. Nitrate and Nitrites in food and water. London : Hartonolls. 176 pp.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางภาคผนวกที่ 1 : ANOVA TABLE การวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของสารประกอบไนไตรท์ในไส้กรอก ก่อนการรมควัน หลังการรมควัน และภายหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

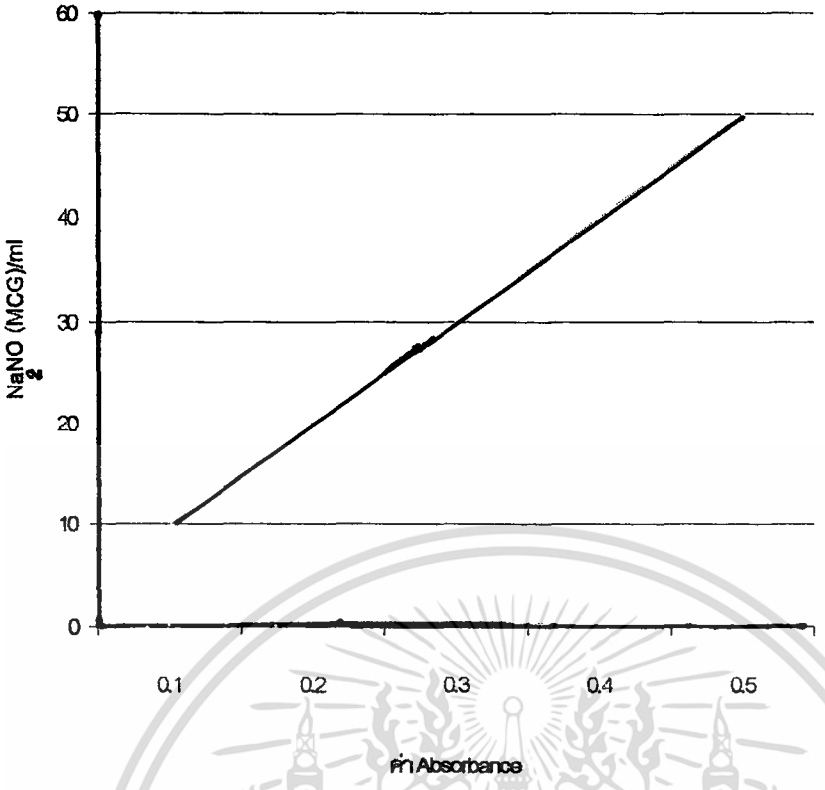
ANOVA TABLE

Sorce of Variation	df	SS	MS	F
Replication	2	2527.5	1263.75	17.25**
Treatment	2	151.5	75.75	1.03^{ns}
Error	4	293	73.25	
Total	8	2972		

** significant at 1% level, ns = not significant

ตารางภาคผนวกที่ 2 : ค่าของ Standard curve

ml	mcg	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
2	10	0.099	0.099	0.099
4	20	0.195	0.193	0.194
6	30	0.311	0.309	0.310
8	40	0.424	0.420	0.422
10	50	0.549	0.541	0.545



รูปที่ 10 แสดงภาพ Standard curve

ภาคผนวก ข.
วิธีตรวจสอบ และวิธีวิเคราะห์

1.การเตรียมสารเคมีในการทดลอง

1.1 Alpha-Napthybimine Ethylenediamine 2 HCl (NED) ละลาย 0.2 กรัม N-(1-Naphtyl) ethtleneiamine 2 HCl ลงใน 150 มิลลิลิตร ของ 15% (V/V) glacial acetic acid เก็บในขวดสีชา (HOAC : 22 ml CH_3COClH + 128 ml H_2O

1.2 Sulfanilamide Reagent

ละลาย 0.5 กรัม Sulfanilamide ใน 150 มิลลิลิตร 15% (V/V) glacial acetic acid และเก็บในขวดสีชา (HOAC : 22 ml CH_3COOH + 128 ml.H_2O)

1.3 Mercuric Chloride ($HgCl_2$)

ละลาย 7 กรัม ของ $HgCl_2$ ลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.4 Nitrite Standard Solution

1.4.1 Stcck Solution : ละลาย 1 กรัม $NaNO_2$ ลงในน้ำกลั่น แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 1000 ppm ($NaNO_2$ อบแห้งที่ 105 องศาเซียเซียส นาน 1 ชั่วโมง)

1.4.2 Intermediate Solution : ใช้ปิเปตดูดสารละลาย Nitrit จาก Stock Solution มา 50 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางให้พอดีขีด สารละลายนี้มีความเข้มข้น 50 ppm

1.4.3 Working Solution : ใช้ปิเปตดูดสารละลายจาก Intermediate Solution ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เจือจางให้พอดีขีด สารละลายนี้มีความเข้มข้น 5 ppm (5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

1.5 กระดาษกรอง

กระดาษกรองที่จะมาใช้จะต้องสุ่มมาทำการทดสอบเสียก่อนดังนี้ ทำการกรองน้ำกลั่นผ่านกระดาษกรอง แต่ละแผ่นที่สุ่มมา ประมาณ 40 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Sulfanilamide 4 มิลลิลิตร ลงในน้ำที่กรองได้ ทำการ mix ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที ถ้าน้ำที่ทดสอบเป็นสีชมพู แสดงว่ากระดาษกรองนั้นใช้ไม่ได้ เนื่องจากอาจมีสารประกอบของโซเดียมไนไตรท์ตกค้างอยู่

2.ขั้นตอนในการทำ Standard Curve

2.1 Pipet Std.Solution NaNO ความเข้มข้น 5 ppm (5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) จำนวน 2, 4, 6, 8, 10 ml ใสในขวด Volume Tric Flask ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร

2.2 เติมสารละลาย 1-Napthy (NED) 2.5 มิลลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีด เขย่าให้เข้ากัน

2.3 ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที

2.4 เตรียม Blank โดยเติมสารละลาย Sulfanilamic และสารละลาย NED อย่างละ 2.5 มิลลิลิตร ลงใน Volume Flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตร

2.5 นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ Blank = 0 ปรับ 100%

...Spectrophotometer

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดจำนวนความเข้มแสง...

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
โดยเครื่อง Cecil Spectrophotometer CE 202

การวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่อง Spectrophotometer

เป็นเครื่องมือสำหรับวัดจำนวนความถี่หนึ่ง ๆ มากกว่าที่จะวัดค่าจำนวนความถี่ของคลื่นแสงทั้งหมด ในช่วงความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร ที่ประกอบขึ้นเป็นลำแสงนั้น อันผ่านทะลุตัวอย่าง มาด้วยการแต่งปริซึม (Prism) บังคับให้ความถี่คลื่นแสงที่ต้องการผ่านทะลุตัวอย่างเข้ามาเท่านั้น เครื่องมือนี้นอกจากสามารถที่จะป้องกันไม่ให้คลื่นของแสงที่ไม่ต้องการผ่านทะลุตัวอย่างเข้ามาแล้ว ยังสามารถวัดปริมาณสัมผัสคลื่นแสงที่ผ่านทะลุ หรือคลื่นแสงที่ดูดซึมอยู่ในตัวอย่างอีกด้วย ซึ่งจากค่าที่วัดได้นี้จะสามารถนำมาวัด Spectral transmission curve ของตัวอย่างที่นำมาวัดค่า ซึ่งจาก curve นี้สามารถนำไปหาค่าต่าง ๆ ได้ ตามความต้องการดังนี้

-หาตำแหน่งของคุณลักษณะในการดูดซึมของลำแสงสำหรับสารประกอบแต่ละอย่าง (Determine location of chracteristic absorption bobds for particular compound)

-ค่าที่ได้สามารถนำมาหา Chemical nature ของตัวอย่าง

-แสดงออกถึงค่าความเข้มข้นของเนื้อสารที่ปนอยู่ในสารละลายตัวอย่าง

-เป็นเครื่องช่วยในการแบ่งเกี่ยวกับ Color specification (นฤดม,2532)

วิธีการวิเคราะห์

1.เปิด Power on

2.หมุนตรงตัวอักษร W ไปให้ได้ wavelenght ที่ต้องการวัด(480 nm)

3.ดู lamp ว่าเป็น viible ⟶ ใช้ Tungsten lamp

ultra vialet ⟶ ใช้ Deutirium lamp

4.ดูปุ่ม Z สังเกตสเกลอยู่เลข 0% T หรือไม่ ถ้าไม่ใช้หมุนปุ่ม T ช้า ๆจนเลื่อนมาที่เลข 0% T

5.เริ่มวัดโดยใส่ cuvette ในเครื่อง

6.หมุน Z ไปที่ measure อ่านค่า absorbace

7.หมุน Z กลับไปที่เดิม นำ cuvette ออก

8.วัดค่า Absorbance ของตัวอื่นต่อไป

9.นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อพิจารณาความขุ่น โดยใช้การประเมินจากค่ากาดูดกลืนแสง ถ้าค่าการดูดกลืนแสงมาก แสดงความขุ่นมากกว่าค่าการดูดกลืนแสงน้อย

ภาคผนวก ง

วิธีวัดค่า Water Activity

1. วิธีการ set-up Calibraion

1.1 นำตลับ Salt Standard (ความชื้นมาตรฐาน) มาใส่ Measuring chamber ให้เริ่มต้นด้วย Salt Standard SAL-90 (90.1% ERH)

1.2 ปิดฝาครอบให้เรียบร้อย

1.3ให้หมุนปุ่มสีเหลืองตรงด้านซ้ายมือของเครื่องไปยังหมายเลข 2

1.4รอประมาณ 1-2 นาที แล้วจึงค่อยกดปุ่มสีฟ้า Enter ด้านขวามือ กดจนกระทั่งบนจอแสดงค่า (LCD) กระพริบ ถ้าข้อความบนจอขึ้นว่า no และ cal ให้รอจนกว่าบนจอจะแสดงข้อความว่า 90 และ cal พร้อมกับกระพริบด้วย

1.5ให้กดปุ่มสีฟ้า Enter อีกครั้งหนึ่งจนกระทั่งข้อความบนจอหยุดกระพริบ

1.6เครื่องจะทำการ Calibrate จนเสร็จกระบวนการ

1.7หลังจากเสร็จสิ้นการ Calibrate แล้วเครื่องจะคืนสู่สภาพปกติ คือพร้อมจะวัด และแสดงค่าอุณหภูมิ และเปอร์เซ็นต์ ERH (aw = ERH/100) ของตัวอย่าง

1.8สำหรับค่าอื่น ๆ ให้ทำการ Calibrate ในทำนองเดียวกับค่า 90 ดังกล่าวข้างต้น

หมาย:หตุ 1.สารตัวอย่างแต่ละอย่างที่นำมาทดลองเพื่อทำการวัดหาค่า Water Activity (aw) จะมีค่า aw ที่แตกต่างกันไป อุณหภูมิของสารตัวอย่างนั้น ๆ ก็มีส่วนทำให้ค่า aw แตกต่างกันออกไปได้อีกด้วย หมายความว่า สารตัวอย่างเดียวกัน ถ้ามีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ก็จะมี aw ที่แตกต่างกันไปด้วย

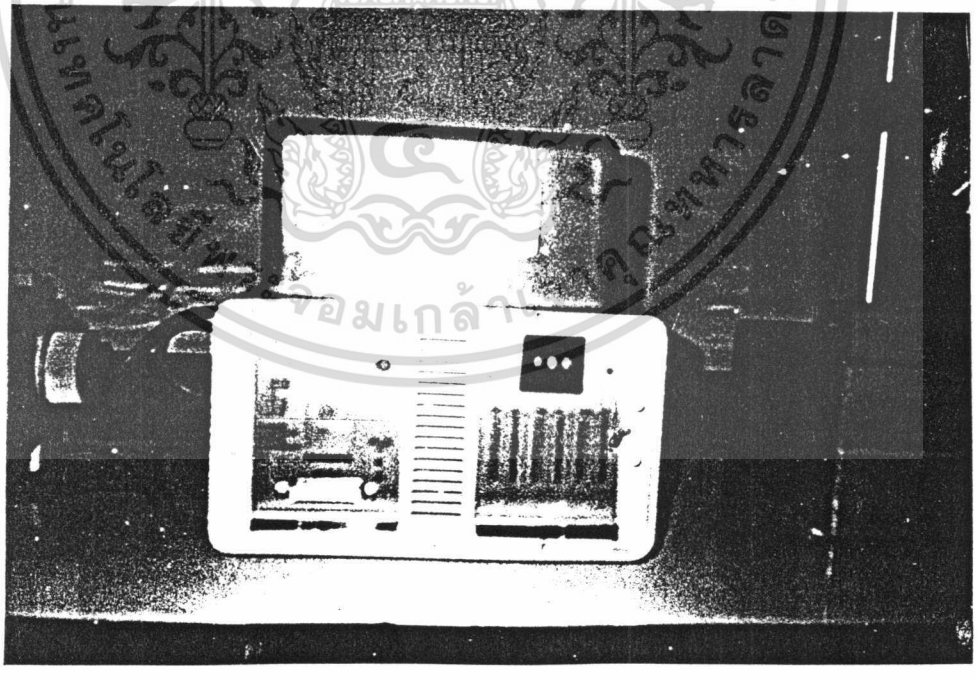
2.ระยะเวลาที่รอคอยให้ถึงจุด Equilibrium นั้น จะสั้น หรือยาว ก็จะขึ้นอยู่กับชนิด และส่วนประกอบของสารตัวอย่างนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น เป็นสารตัวอย่างที่มีส่วนผสมของน้ำมัน ก็จะต้องใช้เวลานานเป็นชั่วโมงกว่าจะถึงจุด Equilibrium ถ้าเป็นสารตัวอย่างทั่ว ๆ ไป เช่น แยม ไส้กรอก หรือขนมปังแห้ง จะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 25 นาที

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบ

ภาพผนวกที่ 1 ไส้กรอกรมควัน

ภาพภาคผนวกที่ 2 เครื่องวัดค่า Absorbance โดยวิธีทาง Spectophotometer



ภาพภาคผนวกที่ 3 เครื่องวัด Water Activity (aw)

ประวัติผู้เขียน

นางสาววนิดา มาศยะ เกิดวันที่ 15 มีนาคม 2518 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนขนบทศึกษา เมื่อปีพุทธศักราช 2537 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา ปีพุทธศักราช 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีพุทธศักราช 2541

นางสาวเสาวรินทร์ ศิริวัลย์ เกิดเมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2519 ที่จังหวัดพิจิตร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนตะพานหิน จังหวัดพิจิตร เมื่อปีพุทธศักราช 2537 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา ปีพุทธศักราช 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายสารัช เกษรมาลา เกิดวันที่ 20 สิงหาคม 2518 ที่จังหวัดสมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ เมื่อปีพุทธศักราช 2537 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา ปีพุทธศักราช 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษา จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีพุทธศักราช 2541