ไนเตรตและไนไตรต์ในเนื้อสัตว์แปรรูป

เวณิกา เบ็ญจพงษ์*

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ดินประสิวเป็นชื่อที่คนทั่วไปใช้เรียกสารเคมีที่ชื่อโพแทสเซียมไนเตรต ซึ่งมีสูตรเคมี KNO_3

การผลิตไส้กรอก มีการใช้วัตถุเจือปนอาหารประเภทเกลือไนเตรตและเกลือไนไตรต์ ในรูปของโพแทสเซียมไนเตรต โพแทสเซียมไนไตรต์ โซเดียมไนเตรต โซเดียมไนไตรต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นวัตถุกันเสีย ใช้ป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารพิษที่มีความเป็นพิษรุนแรงต่อมนุษย์ คือคลอสติเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) ซึ่งเจริญได้ดีในสภาวะไม่มีอากาศ จึงเป็นแบคทีเรียประเภทที่มักพบในผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุกระป๋องหรือถุงสุญญากาศรวมถึงผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก (cured meat) ที่ขาดการควบคุมการผลิตที่ดี ไนไตรต์และไนเตรตยังมีคุณสมบัติทำให้เกิดสีและกลิ่นที่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เนื่องจากไนไตรต์สามารถรวมตัวกับไมโอโกลบินซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงในเนื้อสัตว์ได้เป็นสารสีแดงเข้ม เมื่อผ่านความร้อนสีจะคงทนไม่ซีดจาง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันจึงช่วยป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยานี้ขึ้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง ดังนั้นหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทย จึงอนุญาตให้ใช้เกลือไนไตรต์และเกลือไนเตรตเป็นวัตถุเจือปนอาหารในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเช่น แฮม ไส้กรอก กุนเชียง ในหน้าที่เป็นสารกันเสีย และตรึงสี โดยมีการควบคุมการใช้ในปริมาณที่อนุญาตให้ใช้เท่านั้นที่ควรระวังคือการปรุงประกอบอาหารโดยใช้ความร้อนสูงมาก (frying with high temperature) จะทำให้ไนไตรต์เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารที่สามารถรวมตัวกับสารเอมีนในเนื้อสัตว์ เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน สารกลุ่มนี้พบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หมักหลายชนิดที่ปรุงโดยใช้ความร้อนสูง เช่น เบคอนทอด ซึ่งพบสารประกอบไนโตรซามีนหลายชนิดที่มีความสามารถในการก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง และอาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ นอกจากนี้ในสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะอาหารไนไตรต์เปลี่ยนเป็นกรดไนตรัสซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีนในเนื้อสัตว์ เกิดสารประกอบไนโตรซามีน การศึกษาเชิงระบาดวิทยาในมนุษย์ พบความสัมพันธ์ของการบริโภคเนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไนโตรซามีนในการเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหาร ค.ศ.2006 The International Agency for Research on Cancer (IARC) เป็นองค์การวิจัยโรคมะเร็งนานาชาติสรุปว่าการได้รับไนเตรตและไนไตรต์ภายใต้สภาวะที่ทำให้เกิดสารประกอบไนโตรซามีนในร่างกายน่าจะก่อมะเร็งในมนุษย์ (Group 2A carcinogen)

ตามกฎหมาย กำหนดให้ใช้ไนไตรต์และไนเตรตในอาหารได้หรือไม่ อย่างไร

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 281 พ.ศ.2547 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร กำหนดให้ใช้โพแทสเซียมไนไตรต์/ โซเดียมไนไตรต์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเช่น แฮม ไส้กรอก กุนเชียง เป็นต้นไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและผลิตภัณฑ์เนื้อสับหมักที่ผ่านกรรมวิธีแคนนิ่ง ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยคำนวณเป็นปริมาณโซเดียมไนไตรต์ และให้ใช้โพแทสเซียมไนเตรต/ โซเดียมไนเตรต ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักได้แก่ ไส้กรอกไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยคำนวณเป็นปริมาณโซเดียมไนเตรต ข้อกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 281 พ.ศ. 2547 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร กำหนกการใช้โซเดียมไนไตรต์และโปตัสเซียมไนไตรต์ ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คำนวณเป็นโซเดียมไนไตรต์) กำหนดการใช้โซเดียมไนเตรต และโปตัสเซียมไนเตรต ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คำนวณเป็นโซเดียมไนเตรต) ขณะที่มาตรฐานทั่วไปสำหรับวัตถุเจือปนอาหารของอาหารของโคเด็กซ์กำหนดปริมาณสูงสุดของโซเดียมไนไตรต์และโปตัสเซียมไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คำนวณเป็นโซเดียมไนไตรต์)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 367 พ.ศ. 2557 เรื่องการแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ ให้มีการแสดงชื่อกลุ่มหน้าที่ของวัตถุเจือปนอาหารร่วมกับชื่อเฉพาะหรือแสดงชื่อกลุ่มหน้าที่ของวัตถุเจือปนอาหารร่วมกับตัวเลขตาม International Numbering System : INS for Food Additives ถ้ามีการใช้หรือมีวัตถุเจือปนอาหารติดมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารเป็นส่วนประกอบของอาหารในปริมาณที่เกิดผลตามวัตถุประสงค์ของการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ดังนั้นหากมีการใช้วัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ต้องระบุชื่อเฉพาะของสาร หรือ ระบุเลข INS ของสารบนฉลาก โซเดียมไนไตรต์ คือ INS 250, โซเดียมไนเตรต คือ INS 251, โพแทสเซียมไนไตรต์ คือ INS 249, โพแทสเซียมไนเตรต คือ INS 252 แต่สารกลุ่มนี้สามารถระบุชื่อกลุ่มหน้าที่ได้ 2 ชื่อ คือ กันเสีย หรือ ตรึงสี

ความเป็นพิษต่อมนุษย์

คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารแห่งองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และองค์การอนามัยโลก (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives - JECFA) กำหนดปริมาณการได้รับไนเตรตและไนไตรต์ในระดับที่ไม่ก่ออันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ตลอดช่วงชีวิต คือ ค่า Acceptable Daily Intake (ADI) ไว้ที่ 0-3.7 และ 0-0.07 มิลลิกรัมสารเคมี ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ตามลำดับ หมายความว่า คนหนัก 1 กิโลกรัม ไม่ควรได้รับไนเตรตเข้าสู่ร่างกายเกิน 3.7 มิลลิกรัม คนหนัก 1 กิโลกรัม ไม่ควรได้รับไนไตรต์เข้าสู่ร่างกายเกิน 0.7 มิลลิกรัมสารเคมี หากได้รับเกินนี้จะมีโอกาสก่อผลเสียต่อสุขภาพได้ ดังนั้นหากคนบริโภคอาหารที่มีไนไตรต์และไนเตรตในปริมาณมากเกินกว่าระดับที่ร่างกาย

ยอมรับได้ (ADI) จะก่อผลเสียต่อสุขภาพในอนาคต ระดับความรุนแรงขึ้นกับปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับสารนี้เข้าสู่ร่างกาย

พิษโดยตรงของไนไตรต์ คือ ไนไตรต์สามารถเปลี่ยนฮีโมโกลบินเป็นเมทฮีโมโกลบินทำให้ฮีโมโกลบินไม่สามารถทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนมีผลให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนในเซลล์จนเกิดอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะหัวใจเต้นแรง อาจเกิดอาการรุนแรงจนเสียชีวิตโดยเฉพาะเด็กเล็ก ดังที่พบผู้ป่วยที่เป็นนักเรียนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เกิดสภาวะเม็ดเลือดแดงขาดออกซิเจน เมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม 2550 โดยผู้ป่วยมีอาการหน้าซีดปากซีดเขียว ปลายมือปลายเท้าเขียว อ่อนแรง จากการสอบสวนพบว่าเกิดจากการบริโภคไส้กรอกไก่ซึ่งมีไนไตรต์มากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมนอกจากพิษโดยตรงแล้ว เมื่อคนได้รับไนไตรต์เข้าสู่ร่างกาย ในสภาวะที่มีความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร ไนไตรต์จะถูกเปลี่ยนเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีนที่มีในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีนซึ่งสารกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้อย่างรวดเร็ว ผลการศึกษาความเป็นพิษในสัตว์ทดลองพบว่าสารประกอบไนโตรซามีนหลายชนิดจัดเป็นสารก่อมะเร็งและสารที่ทำให้เกิดความผิดปกติของตัวอ่อนที่อยู่ในครรภ์ แม้ในปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานทางการแพทย์ที่เพียงพอสำหรับยืนยันการก่อมะเร็งในมนุษย์ แต่มีการศึกษาพบว่าการได้รับไนไตรต์และไนเตรตปริมาณสูงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มอุบัติการณ์การเกิดมะเร็ง

การศึกษาเชิงระบาดวิทยาในมนุษย์ พบความสัมพันธ์ของการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อหมักและรมควันในการเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว ความสัมพันธ์ของการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไนโตรซามีนในการเพิ่มความเสี่ยงการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร อย่างไรก็ตามหลายการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์กับการก่อมะเร็งดังกล่าว จึงไม่สามารถสรุปแน่นอนถึงผลการก่อมะเร็งในมนุษย์ ค.ศ.2006 The International Agency for Research on Cancer (IARC) สรุปว่าการได้รับไนเตรตและไนไตรต์ภายใต้สภาวะที่ทำให้เกิดสารประกอบไนโตรซามีนขึ้นในร่างกายน่าจะก่อมะเร็งในมนุษย์ (Group 2A carcinogen) ข้อมูลล่าสุดจากผลการศึกษาที่พบว่าการบริโภคเนื้อสัตว์แปรรูปวันละ 50 กรัมจะเพิ่มความเสี่ยงของโอกาสเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ร้อยละ 18 จากผลการศึกษาความสัมพันธ์การบริโภคเนื้อสัตว์แปรรูปกับการก่อมะเร็งในคนกว่า 400 รายงานวิจัย ทำให้ IARC ระบุว่า"มีหลักฐานเพียงพอ" ว่า การกินเนื้อสัตว์แปรรูปสามารถก่อมะเร็งลำไส้ใหญ่ จึงจัดให้ “เนื้อสัตว์แปรรูป” เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Group 1 carcinogen)

ผู้บริโภคจะเลี่ยงอย่างไร

การได้รับไนไตรต์และไนเตรตในระดับที่ก่อผลเสียต่อสุขภาพมีโอกาสเกิดขึ้นได้หากมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์เนื้อหมักโดยเฉพาะไส้กรอกจัดเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคได้รับไนไตรต์เข้าสู่ร่างกาย จากข้อมูลความเป็นพิษในการก่อสารประกอบไนโตรซามีนในร่างกาย ทำให้หลายประเทศมีการลดปริมาณการใช้ไนไตรต์และไนเตรตในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก โดยเฉพาะไส้กรอก การสำรวจผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่จำหน่ายในอเมริกา ใน ค.ศ.2009 พบไนไตรต์ในไส้กรอก (cooked hotdog)

เบคอน และแฮม ประมาณ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งลดลงจากการสำรวจใน ค.ศ.1981 ที่พบปริมาณไนไตรต์ในไส้กรอก 10-13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เบคอน 12-42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแฮม 16-37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากผู้บริโภคกังวลในการได้รับสารประกอบไนโตรซามีนจากการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีการใช้ไนไตรต์และไนเตรตเป็นวัตถุเจือปนอาหาร การสำรวจใน ค.ศ.2009 พบว่าการบริโภคไส้กรอก(hotdog) 50 กรัม ทำให้คนอเมริกันได้รับไนไตรต์ 0.4 มิลลิกรัม และไนเตรต 1.6 มิลลิกรัม ขณะที่การสำรวจปริมาณไนไตรต์และไนเตรตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปในกรุงเทพมหานครและจังหวัดใน 5 ภูมิภาค พบปริมาณไนไตรต์และไนเตรตในไส้กรอกหมู เฉลี่ย 21 และ 99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การสำรวจข้อมูลการบริโภคอาหารของคนไทยระหว่าง พ.ศ. 2545-2547 พบว่าประชากรกลุ่มที่มีการบริโภคไส้กรอกหมูจะมีปริมาณบริโภคที่ระดับเฉลี่ย 64 กรัมต่อวัน ซึ่งจะทำให้ได้รับไนไตรต์ 1.3 มิลลิกรัม และไนเตรต 6.3 มิลลิกรัม อย่างไรก็ตามปริมาณไนไตรต์สูงสุดที่พบในไส้กรอก กุนเชียง แหนม และหมูยอ คือ 196, 177, 86 และ 223 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณไนเตรตสูงสุดที่พบ คือ 2,590, 2,764, 1,453 และ 1,002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปประเภทไส้กรอก น่าจะเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้คนไทยได้รับไนไตรต์เข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นหากไส้กรอกมีการใช้โซเดียมไนไตรต์ในปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ คือ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปลอดภัยในการได้รับสารนี้เข้าสู่ร่างกาย (ค่า ADI) ที่แนะนำว่าไม่ควรได้รับไนไตรต์เกิน 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับเด็กควรจำกัดปริมาณการบริโภคไส้กรอก ไม่ควรบริโภคไส้กรอก (ยาว 10 เซ็นติเมตร) เกินอาทิตย์ละ 4 ชิ้น ต้องสังเกตว่าเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีการรับรองคุณภาพการผลิต คือ การแสดงเครื่องหมายการรับรองของ อย.บนฉลาก และไม่ควรบริโภคไส้กรอกปิ้ง ย่าง ทอดไฟแรงบ่อยๆ ควรหันมาบริโภคไส้กรอกนึ่ง ต้ม หรือผัด เนื่องจากการศึกษาใน ค.ศ. 1979 พบสารประกอบไนโตรซามีนปริมาณสูงในเบคอนทอด ดังนั้นหากไม่ต้องการได้รับไนไตรต์หรือไนเตรตจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปเหล่านี้ให้อ่านฉลากบนบรรจุภัณฑ์อาหารที่ ไม่มีการระบุว่าใช้วัตถุกันเสีย หรือสารตรึงสี ที่มีเลข IND 249, 250, 251 หรือ 252 แต่ก่อนนำมาบริโภคควรเก็บรักษาในตู้เย็น และนำมาต้มหรือนึ่งให้ร้อนก่อนรับประทาน เนื่องจากสารพิษที่เชื้อคลอสติเดียม โบทูลินัม สร้างขึ้น ถูกทำลายได้ด้วยความร้อนในการหุงต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อย่างน้อยเป็นเวลา 10 นาที

ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปประเภทไส้กรอก แฮม เบคอน กุนเชียง แหนม กันมากในชีวิตประจำวัน จึงควรมีการเพิ่มการบริโภคผลไม้สดที่เป็นแหล่งของสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งปฏิกริยาที่ก่อให้เกิดสารประกอบไนโตรซามีน ได้แก่ วิตามินซีวิตามินอีสารประกอบฟีนอลิก ในเมนูอาหารเพื่อบริโภคร่วมกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีการใช้ไนไตรต์และไนเตรต รวมถึงแนะนำการประกอบอาหารที่เหมาะสม เพื่อลดก่อตัวของสารประกอบไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีการเติมเกลือไนไตรต์และไนเตรต จากการปิ้ง ย่าง ทอด ด้วยไฟแรง การศึกษาใน ค.ศ.1979 พบสารประกอบไนโตรซามีนปริมาณสูงในเบคอนทอด ทำให้มีการออกข้อกำหนดในการผลิตเบคอนในประเทศอเมริกา โดยให้เติม sodium ascorbate หรือ erythorbate เพื่อเร่งปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและไนไตรต์ในอาหารเพื่อ

ลดการเกิดสารประกอบไนโตรซามีนหากผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือกบริโภคอาหารที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ หลีกเลี่ยงการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีการใช้เกลือไนเตรตและไนไตรต์ปริมาณมาก จะทำให้แนวโน้มการใช้ไนไตรต์และไนเตรตในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์แปรรูปลดลง ดังที่พบการลดลงของไนไตรต์และไนเตรตในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักของอเมริกาจากข้อมูลที่สำรวจใน ค.ศ.2009 ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีการผลิตไส้กรอก (cooked sausage) สามารถนำข้อปฏิบัติที่ดีในการผลิตมาใช้ควบคุมการปนเปื้อนคลอสติเดียม โบทูลินัม และการคงสีของเนื้อสัตว์ ดังที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ไม่ใช้วัตถุกันเสียออกมาจำหน่ายในท้องตลาด ผู้บริโภคควรฉลาดเลือกบริโภคอาหารที่มีความหลากหลายทั้งชนิดของเนื้อสัตว์ ลดการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปเชิงเดี่ยวแต่ควรรับประทานร่วมกับผักผลไม้ที่ประกอบด้วยสารที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะผลไม้ที่เป็นแหล่งของวิตามินซีและอี ที่สำคัญควรเลือกวิธีปรุงประกอบอาหารอย่างเหมาะสม หลีกเลี่ยงการปิ้งย่างเนื้อสัตว์โดยเตาถ่านที่ทำให้เนื้อสัตว์สัมผัสเปลาไฟโดยตรง การทอดแบบแห้งบนกะทะโดยใช้ไฟแรงจนเนื้อเกรียมเพื่อลดความเสี่ยงจากการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในระดับที่ก่ออันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพเราในอนาคต นอกจากนี้การบริโภคผักผลไม้เป็นประจำยังช่วยต่อต้านการเกิดความเป็นพิษของสารพิษในร่ายการให้มีระดับการก่อพิษที่น้อยลงอีกด้วย

คำสำคัญ: กุนเชียง ไนเตรต ไนไตรต์ ไนโตรซามีน เนื้อสัตว์แปรรูป ไส้กรอก

*ผู้รับผิดชอบบทความ
ผศ. ดร. เวณิกา เบ็ญจพงษ์
สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
ต. ศาลายา อ. พุทธมณฑล นครปฐม 73170
E-mail: wenika.ben@mahidol.ac.th

เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 281 พ.ศ. 2547 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร

เวณิกา เบ็ญจพงษ์, วีรยา การพานิช, จิรารัตน์ เทศะศิลป์, จุติมา ลิขิตรัตนพร, ปิยนุช วิเศษชาติ, นริศรา ม่วงศรีจันทร์ และฐิติมา โพธิชัย 2554. การประเมินการได้รับไนเตรตและไนไตรต์จากการบริโภคเนื้อสัตว์แปรรูปของประชากรไทย. วารสารวิจัย มข. 16(8): 931-941.

ถนอมน้อยหมอและคณะ. การสอบสวนการระบาดของพิษไนไตร์ตภายหลังรับประทานไส้กรอก. รายงานการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาประจำสัปดาห์ 2550; 38: 361-5.

Bakshi, S. P., Fahey, J. L. & Pierce, L. E. (1967). Brief recording sausage cyanosis – acquired methemoglobinemic nitrite poisoning. *New England Journal of Medicine*, 277, 1072.

Binkerd, E. F. & Kolari, O. E. (1975). History and use of nitrate and nitrite in curing of meat. *Food and Cosmetics Toxicology*, 13, 655-61.

Demeyer, D. I. & De Smet, S. (2010). The recommendation to limit or avoid consumption of processed meat is justified because of the association with the incidence of colorectal cancer and justifies the use of alternatives for nitrite in meat processing. *Nitric Oxide*, 23, 150-1.

Fine, D. H., Ross, R., Rounbehler, D. P., Silvergleid, A. & Song, L. (1977). Formation in vivo of volatile N-nitrosamines in man after ingestion of cooked bacon and spinach. *Nature*, 265, 753-5.

Food and Agriculture Organization and World Health Organization Expert Committee on Food Additives (FAO/WHO ECFA). (2002). Evaluation of certain food additives who technical report 913. World Health Organization, Geneva, WHO Technical Report series, pp. 153.

General standard for food additives 1995. *CODEX STAN* 192-1995 (Rev. 2015).

Gray, J. I. (1976). N-nitrosamines and their precursors in bacon – review. *Journal of Milk and Food Technology*, 39, 686-92.

Jeffrey J. Sindelar, Andrew L. Milkowski. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet, *Nitric Oxide*, 26, 259–66.

Larsson SC, Bergkvist L, Wolk A (2006). Processed meat consumption, dietary nitrosamines and stomach cancer risk in a cohort of Swedish women. *Int J Cancer*, 15;119(4):915-9.

Honikel, K. O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76.

Mirvish, S. S., Wallcave, L., Eagen, M. &Shubik, P. (1972). Ascorbate-nitrite reaction: Possible means of blocking the formation of carcinogenic N-nitroso compounds. *Science*, 177, 65-8.

National Academy of Sciences. (1981). The health effects of nitrate, nitrite, and n-nitroso compounds. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 529.

National Academy of Sciences.(1982). Alternatives to the current use of nitrite in foods. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 275.

Norman G Hord, Yaoping Tang, and Nathan S Bryan. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. American Society for Nutrition. *Am J Clin Nutr*, 90,1–10.

Pegg, R. B. & Shahidi, F. (2000). Nitrite Curing of Meat: The N-nitrosamine Problem and Nitrite Alternatives. Food & Nutrition Press, Trumbull, Connecticut, pp. 268.

Rahman, S. M. (2007). Nitrites in food preservation. In, Handbook of Food Preservation, CRC Press, pp. 299-312.

Santarelli, R. l. L., Pierre, F. & Corpet, D. E. (2008). Processed meat and colorectal cancer: A review of epidemiologic and experimental evidence. *Nutrition and Cancer*, 60, 131- 44.

Sebranek, J. G. & Bacus, J. N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: What are the issues? *Meat Science*, 77, 136-47.

Somsub W, Kongkachuichai R, Sungpuag P, Charoensiri R. (2008). Effects of three conventional cooking methods on vitamin C, tannin, myo-inositol phosphates contents in selected Thai vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(2), 187-97.

Tannenbaum, Fett, D., Young, V. R., Land, P. D. & Bruce, W. R. (1978). Nitrite and nitrate are formed by endogenous synthesis in the human intestine. *Science*, 200, 1487-9.

Tannenbaum, SR., Wishnok, JS., and Leaf, CD. (1991). Inhibition of nitrosamine formation by ascorbic acid. *Am J Clin Nutr*, 53, 247s-250s.

US EPA. Nitrates and Nitrites.TEACH Chemical Summary. In: EPA U, ed; 2007.

Walters DG, Young PJ, Agus C, Knize MG, Boobis AR, Gooderham NJ, Lake BG (2004). Cruciferous vegetable consumption alters the metabolism of the dietary carcinogen 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine (PhIP) in humans. *Carcinogenesis*, 25(9):1659-69.

Wolff, I. A. & Wasserman, A. E. (1972). Nitrates, nitrites, and nitrosamines. Science, 177, 15-9.