

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

# อันตรายจากสารไนโตรซามีน (Danger from Nitrosamines)



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

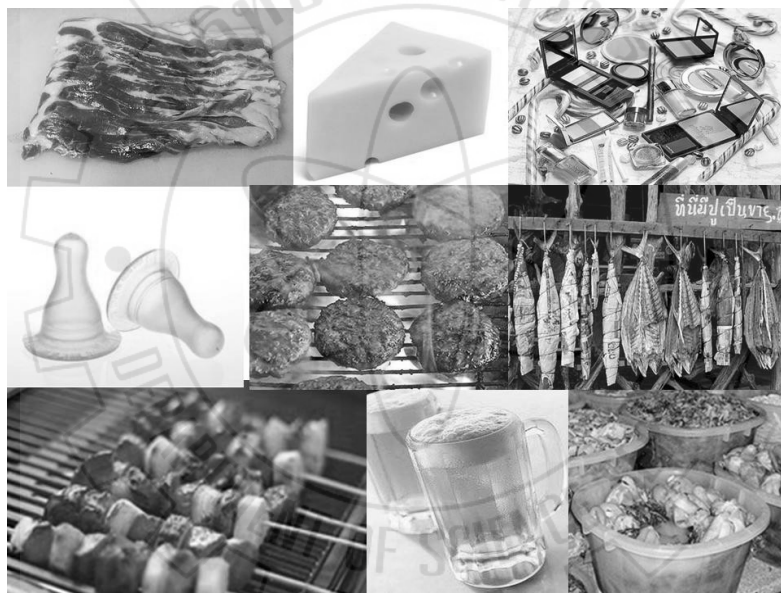
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิงหาคม 2553

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้

# อันตรายจากสารไนโตรซามีน (Danger from Nitrosamines)



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิงหาคม 2553

# คำนำ

ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่อง “อันตรายจากสารไนโตรซามีน (Danger of Nitrosamines)” ฉบับนี้ สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำขึ้นภายใต้โครงการเครือข่ายห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โครงการย่อยที่ 2 โครงการเพิ่มศักยภาพการเข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบ Digital Library กิจกรรมย่อย 2.5 ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ (Information Repackaging) ในส่วนของสารแนะนำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้นี้ให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงสารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายและสะดวกพร้อมใช้ เอกสารประมวลพร้อมใช้ฉบับนี้ให้ความรู้ทางด้านสารไนโตรซามีน สมบัติทางเคมี การสร้างสารไนโตรซามีน แหล่งที่มา การวิเคราะห์หาสารไนโตรซามีน ชนิดของสารไนโตรซามีนที่เป็นสารก่อมะเร็ง พิษวิทยา การทดสอบฤทธิ์ของมะเร็ง ตัวอย่างของอาหารบางชนิดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งและวิธีการป้องกันการเกิดสารไนโตรซามีน

คณะผู้จัดทำหวังว่า ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอันตรายจากสารไนโตรซามีน โดยเอกสารฉบับเต็มที่ใช้ในการเรียบเรียงประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ฉบับนี้ได้รวบรวม จัดเก็บ และให้บริการ ณ บริเวณห้องอ่านชั้น 2

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิงหาคม 2553

# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อ	1
คำสำคัญ	1
บทนำ	2
สมบัติทางเคมีของสารไนโตรซามีน	3
การสร้างสารไนโตรซามีน	3-4
แหล่งที่มาของสารไนโตรซามีน	4-5
สาเหตุของการเกิดสารไนโตรซามีน	5-7
การวิเคราะห์หาสารไนโตรซามีน	8
ชนิดของสารไนโตรซามีนที่เป็นสารก่อมะเร็ง	8-9
พิษวิทยาของสารไนโตรซามีน	9-10
การทดสอบฤทธิ์ของมะเร็ง	10
ตัวอย่างของอาหารบางชนิดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง	10-11
วิธีการป้องกันการเกิดสารไนโตรซามีน	11-12
บทสรุป	12
เอกสารอ้างอิง	13-14

## อันตรายจากสารไนโตรซามีน

(Danger from Nitrosamine)

### บทคัดย่อ

สารไนโตรซามีนเป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดจากสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ ที่มีอยู่ทั่วไปในอากาศ น้ำ ดิน แม้กระทั่งในอาหารและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดโรคมะเร็งหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นมะเร็งตับ ไต หลอดอาหารและระบบทางเดินหายใจ การเกิดสารไนโตรซามีนมีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารที่มีการแปรรูปโดยใช้สารเคมี การบริโภคผักที่มีไนเตรตสูงรวมทั้งอาหารจำพวกแป้ง ย่าง แม้ในปัจจุบันสาเหตุเหล่านี้จะหลีกเลี่ยงได้ยาก แต่หากเรารู้วิธีการป้องกันหรือลดปริมาณการบริโภคให้น้อยลงก็จะสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้ทางหนึ่ง

**คำสำคัญ :** สารก่อมะเร็ง; ไนเตรต; ไนไตรท์; สารไนโตรซามีน

**Keyword :** Carcinogen; nitrate; nitrite; nitrosamines



## อันตรายจากสารไนโตรซามีน

(Danger from Nitrosamines)

### 1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมักนิยมบริโภคอาหารประเภทปิ้งย่าง อาหารหมักดองเป็นจำนวนมากขึ้น เนื่องจากเป็นอาหารที่มีรสชาติถูกปากและมีจำหน่ายอยู่ทั่วไป นับเป็นอาหารประเภทที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง โดยที่ผู้บริโภคผู้เท่าไม่ถึงการณ์ โดยมีสาเหตุมาจากความเห็นแก่ตัวของพ่อค้า แม่ค้าหรือเกิดจากความประมาท โดยใส่วัตถุกันเสียจำพวกดินประสีหรือเกลือไนเตรท เกลือไนไตรท์ลงไปในการรักษาอาหารให้มีสี กลิ่น รส สดใหม่ นำบริโภค แต่ใส่ในปริมาณที่มากเกินไป โดยไม่คำนึงถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้บริโภค เพราะในอาหารจำพวกนี้มักมีการสร้างสารก่อมะเร็งที่ชื่อว่า “ไนโตรซามีน (Nitrosamine)” ขึ้นได้

สารไนโตรซามีนถูกค้นพบครั้งแรกในปี 1954 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ John Barnes และ Peter Magee (Rath, S., and Reyes, FG, 2009) เขาทั้งสองพบว่า ไดเมทิลไนโตรซามีน (dimethylnitrosamine : NDMA) เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมะเร็งตับในหนู การค้นพบครั้งนี้เป็นสาเหตุให้นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกสนใจเกี่ยวกับสมบัติของสารก่อมะเร็งของไนโตรซามีนตัวอื่นๆ และสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ (*N*-nitroso) โดยมีการนำสารประกอบเหล่านี้ประมาณ 300 ชนิดไปทดสอบ พบว่า 90% มีสารก่อมะเร็งที่มีความหลากหลายในสัตว์ทดลองและมีความเฉพาะเจาะจงกับบางอวัยวะ เช่น ไดเมทิลไนโตรซามีน เป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งตับในสัตว์ทดลอง สารไนโตรซามีนในใบยาสูบเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งปอด

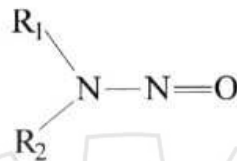
ก่อนปี 1970 มีการเกิดโรคมะเร็งตับอย่างแพร่หลายในฟาร์มสัตว์ของประเทศนอร์เวย์ โดยพบว่าผลกระทบทั้งหมดเกิดจากการที่สัตว์บริโภคเนื้อปลาเฮอริง (herring) ที่มีการเติมโซเดียมไนเตรทลงไป โดยที่เนื้อปลาเฮอริงมีการสร้างไดเมทิลไนโตรซามีนขึ้น ซึ่งคล้ายคลึงกับที่ Barnes และ Magee ได้รายงานไว้ โดยเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไดเมทิลไนโตรซามีนกับเอมีน (amine) ในเนื้อปลาและ nitrosating agent ที่สร้างจากโซเดียมไนเตรท (Sodium Nitrate) (Scanlan, RA., 2000) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สัตว์เหล่านี้เป็นมะเร็ง

การค้นพบนี้เป็นสาเหตุให้เกิดข้อกังวลว่าอาจจะมีการปนเปื้อนของสารไนโตรซามีนในอาหารของมนุษย์ จึงมีผู้ทดลองหาสารไนโตรซามีนจากแหล่งต่างๆ รวมถึงในอาหารด้วย ผลการทดลองพบว่า มีการตรวจพบ NDMA ในเบียร์ หลังจากนั้นก็มีตรวจพบสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในอาหาร เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ น้ำ ดิน อากาศ ยาสูบ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ปัจจุบันสารไนโตรซามีนกลายเป็นสารก่อมะเร็งที่สำคัญมากในการเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง



## 2. สมบัติทางเคมีของสารไนโตรซามีน

สารไนโตรซามีนเป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดจากสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ (ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช , 2549) ประเภทอะลิฟาติก (aliphatic) และ อะโรมาติก (aromatic) โดยมีกลุ่มฟังก์ชันนอลไนโตรโซต่อกับไนโตรเจน (Rath, S., and Reyes, FG., 2009) สามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นในน้ำ ดิน อากาศ และพบว่ามีการปนเปื้อนในอาหารอีกด้วย โครงสร้างโดยทั่วไปของสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซเป็นดังรูปที่ 1 (Rostkowska, k., et al., 1998)



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ

สารประกอบเอ็น-ไนโตรโซสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทตามความแตกต่างของหมู่ที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้าง ได้แก่

1. กรณีที่  $R_1$  หรือ  $R_2$  เป็นหมู่อัลคิล (alkyl) หรือหมู่แอริล (aryl) เรียกว่า สารประกอบไนโตรซามีน (*N*-nitrosamines)
2. กรณีที่  $R_1$  เป็นหมู่อัลคิล (alkyl) หรือหมู่แอริล (aryl) และ  $R_2$  เป็นหมู่ acyl เรียกว่า สารประกอบไนโตรซามิด (*N*-nitrosamides)

โดยทั่วไปสารไนโตรซามีนจะเป็นสารประกอบคงที่ในธรรมชาติและมีความทนทานในสารละลายที่เป็นด่าง และยากที่จะทำลายหากมีการสร้างสารนี้ขึ้น แต่ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) หรือในสภาวะที่เป็นกรดแก่สารไนโตรซามีนก็จะถูกทำลายลงได้ (Rath, S., and Reyes, FG., 2009)

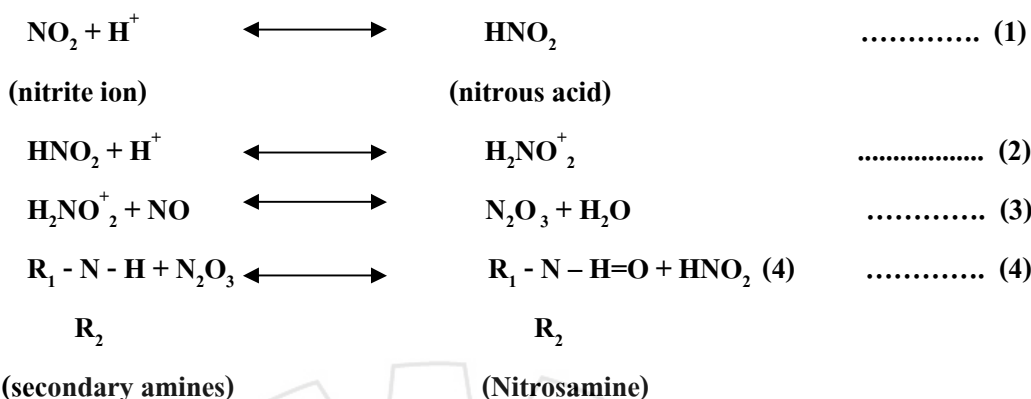
## 3. การสร้างสารไนโตรซามีน

สารไนโตรซามีนสามารถเกิดขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกิริยาเอ็น-ไนโตรเซชัน (N-Nitrosation) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง nitrosating agent กับสารเอมีนพวกเอมีนทุติยภูมิ (secondary amine) และเอมีนตติยภูมิ (tertiary amine) สำหรับการสร้างสารไนโตรซามีนในอาหารจะมีความสัมพันธ์กับเอมีนทุติยภูมิซึ่ง nitrosating agent ที่สำคัญ ได้แก่ nitrous anhydride ( $N_2O_3$ ) ผลิตได้จากไนไตรท์

โดยทั่วไป Nitrosating agent ( $N_2O_3$ ) สามารถสร้างได้จาก

- 1) ไนไตรท์ (nitrates III)-  $NO_2^-$
- 2) ไนเตรท (nitrates V)-  $NO_3^-$
- 3) nitrocompounds - C-  $NO_2^-$

ปฏิกิริยาโดยทั่วไปของการเกิดสารไนโตรซามีน เป็นดังนี้ (Rath, S., and Reyes, FG., 2009)



การสร้างสารไนโตรซามีนจะเกิดขึ้นได้ต้องขึ้นอยู่กับ ค่า pH สภาพที่เป็นต่างของเอมีนและออกซิเจน เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมก็จะทำให้การสร้างสารไนโตรซามีนง่ายขึ้น

### 3. แหล่งที่มาของสารไนโตรซามีน (ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช, 2549)

ไนโตรซามีนเป็นสารก่อมะเร็งที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม เกิดได้จากแหล่งที่มาต่างๆ (ดังตารางที่ 1) ได้แก่

1. ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ สามารถตรวจพบสารไนโตรซามีนในสภาพแวดล้อมทั่วไป ไม่ว่าจะ เป็นในอากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการละลายของโรงงานอุตสาหกรรมหรือเกิดจากการสร้างของเอมีนทุติยภูมิ (secondary amines) กับ nitrogenous oxides พบว่า ระดับการเกิดสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซในอากาศมีระดับ ความเข้มข้นประมาณ 0.02-0.96 ppb ส่วนในน้ำมีการรายงานเพียงเล็กน้อยในการเกิดสารประกอบเอ็น-ไนโตร โซ จากการนำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์พบว่า มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ย 0.1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีผลมา จากการใช้ยาฆ่าแมลงด้วย (ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช., 2543)

2. ในอาหาร มีการสำรวจพบว่าอาหารในทวีปเอเชียมีการตรวจพบสารไนโตรซามีนมากกว่าทวีป ตะวันออก (Jakszyn, P., and Gonzalez, CA., 2006) สำหรับอาหารที่พบสารไนโตรซามีนมีหลายชนิด ได้แก่ เบคอน เนื้อสำเร็จรูป ปลาเค็ม กุ้งแห้ง กะปิ ปลาร้า ซอสที่ทำจากสัตว์ทะเล ปลาหมึกตากแห้ง กุนเชียง เนย เป็นต้น

3. เครื่องดื่ม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นม เบียร์ วิสกี้ เป็นต้น

4. ยารักษาโรค พบว่า ยาบางชนิดที่เป็นอนุพันธ์ของเอมีนและเอมีด เช่น polytetracycline, Aminopyrine, Disulfiram และ Nikethamide สามารถรวมตัวกับไนโตรที่ เกิดเป็นสารไนโตรซามีนได้ (วิสิฐศักดิ์ วุฒิอติเรก, 2553)



5. เครื่องสำอาง ในเครื่องสำอางบางชนิดมีการปนเปื้อนของสารไนโตรซามีนชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า เอ็น-ไนโตรโซไดเอทานอลเอมีน (N-nitrosodiethanolamine : NDELA) เมื่อผิวหนังดูดซึมสารเหล่านี้เข้าไปก็จะทำให้เกิดการตกค้างไปยังอวัยวะต่างๆ ได้แก่ ตับ กระเพาะปัสสาวะ ไตและที่อื่นๆ ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อผู้บริโภคและทำให้เกิดอันตรายได้ (ปวีณา เครือนิล, 2551)

6. ผลิตภัณฑ์อื่นๆ นอกจากจะพบสารไนโตรซามีนในอาหารและเครื่องสำอางแล้วยังสามารถพบได้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ใยยาสูบ ผลิตภัณฑ์ยาง อุตสาหกรรมเหล็ก เป็นต้น

**ตารางที่ 1** แสดงระดับของสารไนโตรซามีน (นาโนกรัมต่อกรัม : ng/g) ในอาหารและเครื่องสำอาง

ผลิตภัณฑ์อาหาร	DMN* (ng/g)	DEN* (ng/g)	NPYR* (ng/g)	NPIP* (ng/g)
เนื้อสัตว์ :				
เบคอน, คีบ	1 - 9.5	0-2	<17	0
เนื้อสำเร็จรูป	1 - 80	<40	10 - 105	<60
ปลา :				
สดหรือแช่แข็ง	3 - 18	<147	-	-
รมควัน, อบ, หรือสำเร็จรูป	6 - 177	-	-	-
ผัก :				
ผัก (range for 16 tested)	0	0	-	-
น้ำมันถั่วเหลือง	0 - 20	0 - 0.4	-	-
เครื่องสำอาง :				
น้ำดื่ม	0.8 - 3.3	0.1 - 1.83	0.09 - 0.2	0.03
เครื่องสำอางแอลกอฮอล์	<10	<0.1	-	-
ยาสูบ	0.1 - 180	0 - 25	30 - 60	0 - 9

หมายเหตุ \* DMN : N-nitrosodimethylamine, DEN : N-nitrosodiethylamine,

NPYR : N-nitrosopyrrolidine, NPIP : N-nitrosopiperidine

(ที่มา : Bartoszek, A., 2006)

#### 4. สาเหตุของการเกิดสารไนโตรซามีน

การเกิดสารไนโตรซามีนเกิดมาจากหลายๆสาเหตุด้วยกัน ดังนี้

##### 1. เกิดจากอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยใช้สารเคมี

อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูป มักนิยมใช้สารเคมีช่วยในการถนอมอาหาร สำหรับสารเคมีที่นิยมใส่ในอาหาร ได้แก่ ดินประสิว

ดินประสิวะเป็นสารเคมีชนิดหนึ่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โพแทสเซียมไนเตรท (Potassium nitrate :  $KNO_3$ ) ลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี ไม่มีกลิ่น มีรสเค็มเล็กน้อย (สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2553)

จัดเป็นสารกันบูดและถนอมอาหาร มักนิยมใส่ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ มีคุณสมบัติในการทำให้เนื้อสัตว์ มีสีแดงสดอยู่เสมอ รสชาติดี นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Clostridium botulinum* โดยจะไปทำลายการสร้างสปอร์ของแบคทีเรียชนิดนี้ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคในอาหารได้อีกด้วย ในอดีตมักนิยมใช้ดิน ประสิทซึ่งให้เกลือไนเตรท แต่เนื่องจากการแตกตัวของไนเตรททำให้ไนโตรเจนออกไซด์เกิดซ้ำมาก เพราะต้องอาศัย จุลินทรีย์บางชนิดในเนื้อสัตว์ด้วย ผลิตภัณฑ์จึงใช้เวลานานที่จะเกิดสีแดง ปัจจุบันจึงนิยมใช้เกลือไนเตรทมากขึ้น เนื่องจากมีวิธีการควบคุมที่ง่ายกว่า โดยใช้ในรูปของเกลือโซเดียมไนไตรท์หรือโพแทสเซียมไนไตรท์ เมื่อไนไตรท์ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารเอมีนซึ่งอยู่ในอาหาร จะทำให้เกิดการสร้างเป็นสารไนโตรซามีนซึ่งเป็น สารก่อมะเร็ง หากใส่ในปริมาณที่มากเกินไปก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายและเกิดเป็น โรคมะเร็งขึ้นได้ อาหารส่วนใหญ่ที่พบว่ามีสารไนไตรท์ลงไปเพื่อช่วยในการถนอมอาหาร ได้แก่ เบคอนและผลิตภัณฑ์ ของเนื้อสัตว์ (Mccutcheon, JW., 1984)

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้มีการควบคุมปริมาณการใช้ไนเตรทและไนไตรท์ ไว้ดังนี้ (มาลัยวรรณ อารยสกุล, 2553)

- ไนเตรท : ใช้ได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- ไนไตรท์ : ใช้ได้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

## 2. เกิดจากผักที่มีไนเตรทสูง

ในการปลูกผัก เกษตรกรหรือผู้ปลูกอาจมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งให้พืชผักเจริญเติบโตในปริมาณที่มาก เกินไป ทำให้ผักมีการตกค้างของไนเตรทสูง ผักที่พบว่ามีไนเตรทสูงมักเป็นผักประเภทใบและหัว ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักกาดหอมและผักบุ้งจีน เมื่อบริโภคผักเหล่านี้เข้าไปก็จะทำให้น้ำลายขับสารไนเตรท ออกมามาก หากผู้บริโภคบริโภคอาหารที่มีสารเอมีนสูง เช่น ปลาหมึก หอย เข้าไปอีก ก็จะทำให้ เกิดปฏิกิริยาระหว่างไนเตรทและเอมีน ประกอบกับมีกรดในกระเพาะอาหารที่พอเหมาะ ทำให้เกิดเป็น สารประกอบไนโตรซามีนขึ้นได้

โดยปกติแล้วธรรมชาติของไนไตรท์ที่อยู่ในน้ำ ดินและพืชจะมีปริมาณต่ำ แต่อาจจะกลายเป็นไนเตรท ได้โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพหรือการลดปฏิกิริยาโดยอาศัยแบคทีเรียประเภทดีไนตริไฟด์ (denitrifying bacteria) ได้แก่ *Pseudomonas* ไนไตรท์ก็จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอะมิโนกลายเป็นไนโตร ซามีนหรือสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

จากงานวิจัยโดยการนำตัวอย่างพืชจากตลาดเชียงใหม่มาทดลองหาปริมาณไนเตรท พบว่า ผักหลาย ชนิดมีปริมาณไนเตรทสูง เช่น ผักคะน้าและผักกาดขาว (ดังตารางที่ 2) แต่ผักกะหล่ำดอกมีปริมาณไนเตรทต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า ไนเตรทในผักบางชนิดสามารถเปลี่ยนไปเป็นโปรตีนและกรดยูริกได้ เช่น ชะอม ผักกะเฉด ถั่วลันเตาและถั่วฝักยาว โดยผักที่เจริญในฤดูหนาวจะตรวจพบปริมาณไนเตรทสูงกว่าผักที่เจริญใน ฤดูร้อน (Nantachit, K., and Winijkul, D., 2007)

### 3. เกิดจากอาหารปิ้งย่าง

สารไนโตรซามีนสามารถเกิดขึ้นเองได้ โดยการนำอาหารที่มีเอมีนสูง เช่น ปลาหมึก หอย มาปิ้งย่างด้วยไฟแรงๆ ความร้อนนี้จะทำให้ไนโตรเจนในอากาศแตกตัวแล้วทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide : NO<sub>x</sub>) และเมื่อทำปฏิกิริยากับสารเอมีนจากอาหารที่ระเหยขึ้นไปในอากาศก็จะทำให้เกิดเป็นสารไนโตรซามีนขึ้นได้เช่นกัน

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ในผักที่ซื้อจากตลาดเชียงใหม่

จำนวน	ชนิดของผัก	ปริมาณไนเตรท* (มก/กก)			ปริมาณไนไตรท์* (มก/กก)		
		ตลาดเชียงใหม่ (ครั้งที่)			ตลาดเชียงใหม่ (ครั้งที่)		
		1	2	3	1	2	3
1	ผักคะน้า ( <i>Brassica alboglabra</i> )	5195	5677	6119	19	15	-
2	ขึ้นฉ่าย ( <i>Apium graveolens</i> )	2194	5167	4633	-	-	-
3	ผักปวยเล้ง	1732	1650	4233	-	-	-
4	ผักกวางตุ้ง	2873	2145	3133	-	-	-
5	ไชเท้า ( <i>Raphanus sativus</i> )	3023	2182	744	-	-	-
6	ผักชี ( <i>Coriandrum sativum</i> )	997	2358	2653	6	2	2
7	กุยช่าย ( <i>Allium tuberosum</i> )	2534	1126	1000	-	16	-
8	ผักกาดขาว ( <i>Brassica laxa</i> )	2170	2356	254	-	-	-
9	ผักตังโอ๋ ( <i>Chrysanthemum coronatum</i> )	540	627	1958	-	-	-
10	ผักกาดหอม ( <i>Lactuca sativa</i> )	1597	690	1110	-	-	-
11	ต้นหอม	1391	1390	914	-	-	-
12	ผักบุ้งจีน ( <i>Inula sp.</i> )	1286	677	731	-	-	-
13	ผักกาดหางหงส์ ( <i>Hedychium coronarium</i> )	224	127	1153	-	-	-
14	ผักสลัดแก้ว ( <i>Lactuca sp.</i> )	872	449	805	-	-	-
15	สะระแหน่ ( <i>Meutha codifolia</i> )	829	117	186	-	-	-
16	บรอกโคลี ( <i>Brassica oleracea</i> Var. botrytis)	823	280	329	-	-	-
17	กะหล่ำดอก ( <i>Brassica oleracea</i> )	760	785	27	-	-	-
18	มะระ ( <i>Momordica charantia</i> )	361	110	375	-	-	-

หมายเหตุ \* คือ ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างที่ทำ 2 ซ้ำ

(ที่มา : Nantachit, K., and Winijkul, D., 2007)

## 5. การวิเคราะห์หาสารไนโตรซามีน (ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช, 2549)

การวิเคราะห์หาสารไนโตรซามีนที่อยู่ในอาหาร มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. นำอาหารที่ต้องการศึกษามาคสลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการโฮโมจิไนเซชัน (homogenization)
2. นำอาหารที่บดสลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว มาสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)
3. ขั้นตอนของการระเหย (evaporation) เป็นการทำให้ตัวทำละลายที่อยู่ในสารสกัดระเหยออกไป
4. การทำให้บริสุทธิ์ (purification) โดยอาศัยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography) นอกจากนี้ยังสามารถหาปริมาณของสารได้โดยใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี (spectrophotometry) เนื่องจากไนโตรซามีนมีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 230-240 นาโนเมตร
5. ขั้นตอนนี้มักอาศัยเทคนิคของโครมาโทกราฟีแบบก๊าซ (gas chromatography) ในการวิเคราะห์ทางคุณภาพหรือปริมาณ โดยวิธี gas-liquid chromatography (GLC) หรือ High-performance liquid chromatography (HPLC) และมักขึ้นย่นผลโดยเทคนิครวมที่เรียกว่า gas chromatography-mass spectrophotometry (GC-MS)

## 6. ชนิดของสารไนโตรซามีนที่เป็นสารก่อมะเร็ง (วิไลฐศักดิ์ วุฒิอติเรก, 2553)

ในการตรวจหาสารไนโตรซามีนในสัตว์ทดลองชนิดต่างๆ ได้มีการตรวจสอบวิธีการทดลองโดยการให้สารด้วยวิธีการต่างๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. ให้สัตว์ทดลองกินสารนี้เข้าไปพร้อมอาหารตลอดชีวิต
2. ให้สัตว์ทดลองกินสารนี้ไปพร้อมอาหาร 1-2 สัปดาห์
3. ให้สัตว์ทดลองกินสารนี้ไปพร้อมอาหารและกินสารนี้อย่างเดียว
4. ให้สัตว์ทดลองดื่มน้ำที่มีสารเข้าไปตลอดชีวิต
5. ให้สัตว์ทดลองกินอาหารทางปากหรือฉีดเข้ากล้ามเนื้อ

จากผลการทดลองพบว่า สารไนโตรซามีนที่มีการพิสูจน์แน่นอนแล้วว่า ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในสัตว์ทดลอง ได้แก่

- ไดเมทิลไนโตรซามีน (Dimethyl nitrosamine) เป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งตับ ไต ปอด
- ไดเอทิลไนโตรซามีน (Diethyl nitrosamine) เป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งตับและหลอดอาหาร
- เมทิลเบนซิลไนโตรซามีน (Methylbenzyl nitrosamine) และเมทิลเฟนิลไนโตรซามีน (Methylphenyl nitrosamine) เป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งหลอดอาหาร

การที่สัตว์ทดลองเป็นโรคมะเร็งที่อวัยวะใดอวัยวะหนึ่งนั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบ ระยะเวลาและชนิดของสารไนโตรซามีน จะเห็นได้ว่าชนิดของสารไนโตรซามีนมีผลให้เกิดโรคมะเร็งต่ออวัยวะของสัตว์ทดลองที่แตกต่างกันไป แต่ก็จะมีที่มมีความคล้ายคลึงกันบ้าง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของสารไนโตรซามีนบางชนิดที่ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง

ชนิดของสาร	ชนิดของสัตว์	อวัยวะที่เกิดมะเร็ง	การทดลอง
DMN	หนูขาว	ตับ	กินสารนี้เข้าไปพร้อมอาหารตลอดชีวิต
		ไต	กินสารนี้ไปพร้อมอาหาร 1-2 สัปดาห์
		ปอด	กินสารนี้ไปพร้อมอาหารและกินสารนี้อย่างเดียว
	หนูขาวเล็ก	ตับ	กินสารนี้ไปพร้อมอาหารตลอดชีวิต
แอมเตอร์	ไต ปอด	ดื่มน้ำที่มีสารนี้ตลอดชีวิตและโดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนัง	
ปลาเทราต์	ตับ	ดื่มน้ำที่มีสารนี้ตลอดชีวิต	
DEN	หนูขาว	ตับ	ดื่มน้ำที่มีสารนี้ตลอดชีวิต
		ไต	กินทางปากหรือฉีดเข้ากล้ามเนื้อ
		หลอดอาหาร	ดื่มน้ำที่มีสารนี้ตลอดชีวิต
	สุนัข	ตับ	กินสารนี้ไปพร้อมกับอาหารและน้ำที่มีสารนี้
ลิง	ตับ	กินทางปากตั้งแต่เกิด	

หมายเหตุ DMN : Dimethyl nitrosamine, DEN : Diethyl nitrosamine

(ที่มา : จักรพันธ์ ปัญจะสุวรรณ, 2542)

### 7. พิษวิทยาของสารไนโตรซามีน (จักรพันธ์ ปัญจะสุวรรณ, 2542)

สารประกอบเอ็น-ไนโตรโซกว่า 300 ชนิด รวมทั้งสารไนโตรซามีนที่นำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีการตรวจพบสารก่อมะเร็งที่มีความหลากหลายในสัตว์ทดลอง รวมทั้งมีฤทธิ์ในการก่อกลายพันธุ์และทำให้ร่างกายผิดปกติได้

สารไนโตรซามีนสามารถดูดซึมได้ทางระบบกระเพาะอาหารและลำไส้ ไม่พบการสะสมทางชีววิทยา และต้องการการกระตุ้นเมทาบอลิกในการยับยั้งการก่อกลายพันธุ์และการก่อมะเร็ง มีการรายงานว่ สารก่อมะเร็งไนโตรซามีนสามารถเกิดขึ้นได้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิด รวมทั้งลิงและ *in vitro* ด้วยและทำให้เกิดเนื้องอกในอวัยวะที่หลากหลาย ได้แก่ ตับ ปอด ไต กระเพาะปัสสาวะ ตับอ่อน ฯลฯ (Rath, S., and Reyes, FG., 2009)

สารไนโตรซามีนสามารถทำให้สุขภาพร่างกายของคนและสัตว์เกิดความเป็นพิษขึ้นได้ทั้งในแบบเฉียบพลัน (acute toxicity) และแบบเรื้อรัง (chronic toxicity) ดังนี้

1. พิษแบบเฉียบพลัน Barnes และ Magee ได้รายงานว่ เมื่อให้สาร Dimethyl nitrosamine ขนาด 20-40 มก/กก. แก่สัตว์ทดลอง ได้แก่ หนู หนูตะเภา กระจ่างและสุนัข พบว่ ตับของสัตว์เหล่านี้จะถูกทำลาย และเมื่อให้สารชนิดนี้ขนาด 25 มก/กก. ทางปากหรือฉีดเข้าทางใต้ผิวหนังแก่หนู จะทำให้เกิดเลือดออกในตับและระบบทางเดินอาหาร เมื่อให้สารชนิดนี้แก่สุนัขและหนูตะเภาพบว่ มีเลือดออกในช่องท้อง แสดงให้เห็นว่ การที่ร่างกายได้รับสารพิษในปริมาณมากจะทำให้เกิดการตอบสนองโดยทันที

2. **พิษแบบเรื้อรัง** เกิดจากการที่ผู้บริโภคได้รับสารก่อมะเร็งไนโตรซามีนจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงบริโภคอาหารที่ก่อให้เกิดสารไนโตรซามีน จึงทำให้ร่างกายสะสมสารไนโตรซามีนเข้าไปทีละน้อย เมื่อเวลาผ่านไปก็ก่อให้เกิดอันตรายหรือพิษภัยต่อร่างกายขึ้น Barnes และ Magee เป็นกลุ่มแรกที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อให้สาร Dimethyl nitrosamine ขนาด 50 ppm ในอาหาร นาน 26-40 สัปดาห์จะทำให้เกิดมะเร็งที่ตับของหนู แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 200 ppm จะทำให้เกิดมะเร็งที่ไตของหนูและใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่า

สารไนโตรซามีนแต่ละชนิดจะก่อให้เกิดมะเร็งในอวัยวะที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของสัตว์ รวมถึงโครงสร้างของสารไนโตรซามีนแต่ละชนิดด้วย

## 8. การทดสอบฤทธิ์ของมะเร็ง (ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช, 2549)

ในการตรวจวัดฤทธิ์ในการก่อมะเร็งของสารก่อมะเร็ง รวมทั้งสารไนโตรซามีน มีวิธีการทดสอบกว้างๆได้ 2 วิธี ได้แก่

1. **การทดสอบระยะยาว (long-term test)** เป็นวิธีการทดสอบที่อาศัยเวลาค่อนข้างนานมาก โดยสัตว์ทดลองที่นิยมนำมาใช้ในวิธีนี้คือ หนูขาวเล็ก (mice) หนูขาวใหญ่ (rat) หนูตะเภา กระจ่างย ลิง เป็นต้น ผลการทดสอบจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลอง ชนิดและขนาดของสารก่อมะเร็งที่ต้องการศึกษาด้วย

2. **การทดสอบระยะสั้น (short-term test)** เป็นวิธีที่ตรวจสอบฤทธิ์ของสารก่อมะเร็ง โดยดูฤทธิ์ในการก่อกลายพันธุ์ โดยอาศัยแบคทีเรียบางชนิด แบคทีเรียที่นิยมใช้ ได้แก่ *Salmonella typhimurium* หลายสายพันธุ์ วิธีนี้เป็นวิธีที่รู้จักกันแพร่หลายและนิยมนำมาใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น การลงทุนในการตรวจวัดต่อ 1 ตัวอย่างค่อนข้างต่ำ มีความไวสูง ตรวจวัดได้โดยง่าย มีความถูกต้องแม่นยำพอสมควรและที่สำคัญใช้เวลาสั้นมาก

## 9. ตัวอย่างของอาหารบางชนิดที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งกระเพาะอาหารและมะเร็งหลอดอาหาร (Jakszyn, P., and Gonzalez, CA., 2006)

จากงานวิจัยที่มีการนำอาหารบางชนิดที่มีความสัมพันธ์และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งมาศึกษา โดยการตรวจสอบจากบทความในปี 1985-2005 และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรซามีนและสารไนโตรซามีนและอาหารที่มีความเกี่ยวข้องที่สำคัญ (ได้แก่ เนื้อสัตว์และเนื้อสัตว์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ผักและปลาที่ผ่านกระบวนการถนอมอาหาร อาหารหมักวันและเบียร์) และความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งกระเพาะอาหารและหลอดอาหาร จากตัวอย่างทั้งหมด 61 ตัวอย่าง โดยกลุ่มศึกษามี 11 ตัวอย่างและกลุ่มควบคุม 50 ตัวอย่าง ผลการศึกษาได้จากตารางที่ 4



ตารางที่ 4 แสดงผลการศึกษาความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง กระเพาะอาหารและหลอดอาหาร

	มะเร็งกระเพาะอาหาร		มะเร็งหลอดอาหาร	
	<i>n</i> Studies ( <i>n</i> positive association) [ <i>n</i> SS]		<i>n</i> Studies ( <i>n</i> positive association) [ <i>n</i> SS]	
Dietary exposure	Case-control	Cohort	Case-control	Cohort
ไนโตรที	7 (5) [3]	2 (1) [0]	2 (1) [0]	
สารไนโตรซามีน	5 (4) [3]	1 (0) [0]	1 (1) [0]	
เนื้อสัตว์	16 (11) [2]	3 (2) [1]	18 (11) [6]	2 (1) [1]
เนื้อที่ผ่านกระบวนการ	14 (10) [4]	6 (2) [2]	9 (8) [5]	
ปลาที่ผ่านการถนอม	7 (6) [4]	5 (1) [0]	2 (2) [1]	
อาหาร	6 (5) [5]	3 (3) [0]	5 (2) [0]	2 (0)
ปลาหมัก	3 (3) [3]			
เบียร์	7 (6) [1]			

(ที่มา : Jakszyn, P., and Gonzalez, CA., 2006)

จากข้อมูลในตารางสามารถสรุปได้ดังนี้

- ไนโตรทีและสารไนโตรซามีนมีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร
- เนื้อสัตว์และเนื้อที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดมะเร็งกระเพาะอาหารและมะเร็งหลอดอาหาร
- ปลาที่ผ่านกระบวนการถนอมอาหาร ผักและอาหารหมักมีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดมะเร็งกระเพาะอาหาร แต่ยังไม่มีการสรุปที่แน่ชัด

#### 10. วิธีการป้องกันการเกิดสารไนโตรซามีน (จักรพันธ์ ปัญจะสุวรรณ, 2542)

การบริโภคอาหารบางชนิด การประกอบอาหารในบางวิธีหรือแม้แต่การสัมผัสกับผลิตภัณฑ์บางประเภท ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดสารไนโตรซามีนได้ทั้งสิ้น วิธีการหลีกเลี่ยงที่สามารถทำได้มีดังนี้

1. หลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่ผ่านการปิ้งย่าง โดยการปรุงอาหารโดยใช้เตาอบแทน จะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดสารไนโตรซามีนได้
2. หลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่ซำซาก จำเจ หากบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของเกลือไนเตรทหรือไนโตรทีสูงเข้าไปบ่อยๆก็จะทำให้เกิดการสะสมเกิดเป็นสารไนโตรซามีนภายในร่างกายได้ ดังนั้นจึงไม่ควรบริโภคอาหารที่ซำๆกัน

3. ลดหรือหลีกเลี่ยงอาหารที่มีการเติมเกลือไนเตรทและไนไตรท์ โดยการเลือกซื้ออาหารที่ไม่มีสี หรือ มีสีชมพูน้อยๆ เพราะหากอาหารมีสีแดงสด แสดงว่า มีการใส่เกลือไนเตรทและไนไตรท์ลงไปปริมาณมาก ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายได้

4. ไม่ควรบริโภคอาหารที่มีลักษณะไหม้เกรียม ควรนำบริเวณที่ไหม้เกรียมออกก่อนนำมาบริโภค

5. ปิ้งอาหารโดยทำให้สุกที่อุณหภูมิน้ำเดือด (100 °C) ประมาณ 15 นาที สามารถทำลายสารไนโตรซามีนได้ 80%

6. บริโภคผัก ผลไม้ที่มีกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือวิตามินซี (Vitamin C) ได้แก่ ผลไม้ตระกูลส้ม ฝรั่ง องุ่น สตรอเบอร์รี่ มะเขือเทศ ฯลฯ จากการวิจัยพบว่า สารจำพวกนี้มีคุณสมบัติในการป้องกันการสร้างสารไนโตรซามีนในอาหารและอื่นๆ โดยจะไปยับยั้งการสร้างสารไนโตรซามีนภายในสิ่งมีชีวิต (Tannenbaum, SR., Wishnok, JS., and Leaf, CD., 1991)

7. บริโภคผัก ผลไม้ที่มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง เช่น มะเขือเทศ พริก ในมะเขือเทศจะมีกรดพี-คูมาริก (p-Coumaric acid) และกรดคลอโรจินิก (Chlorogenic acid) อยู่เป็นจำนวนมาก กรดเหล่านี้จะจับกับไนไตรท์แล้วถูกขับออกจากร่างกาย ก่อนที่จะไปจับกับเอมีน ซึ่งทำให้เกิดเป็นสารไนโตรซามีน ส่วนในพริกจะมีสารแคปไซซิน โดยจะช่วยให้ไม่มีการจับตัวระหว่างไนไตรท์กับเอมีน กลายเป็นสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (นันทยา กัลป์ยาศิริ, 2553)

นอกจากนี้ยังพบว่า จากการศึกษาดัวที่มีชื่อว่า aminopyrine ของมหาวิทยาลัย Nebraska Medical Center พบว่า ยาตัวนี้สามารถยับยั้งการเกิดสารไนโตรซามีนได้เช่นกัน (Scanlan, RA., 2000)

## 11. บทสรุป

สารไนโตรซามีนเป็นสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ จัดเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง สามารถพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติรวมทั้งในอาหารที่เราบริโภคเข้าไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาหารทะเลจำพวกหอย ปลาหมึก และอื่นๆ สารไนโตรซามีนสามารถสร้างขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกิริยาเอ็น-ไนโตรเซชัน (N-Nitrosation) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง nitrosating agent กับสารเอมีน สาเหตุของการเกิดสารไนโตรซามีนมีหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่ การแปรรูปอาหารโดยใช้สารเคมี การบริโภคผักที่มีไนเตรทสูง การบริโภคอาหารประเภทปิ้งย่าง เป็นต้น สารชนิดนี้นับว่าเป็นสารอันตรายที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ โรคมะเร็งเป็นโรคที่ไม่มีใครอยากให้เกิดขึ้นกับตนเองหรือคนใกล้ตัว การป้องกันหรือหลีกเลี่ยงจากอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดสารไนโตรซามีนแม้เป็นสิ่งที่ยาก แต่หากมีความรู้เกี่ยวกับสารไนโตรซามีน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านคุณสมบัติทางเคมี แหล่งที่พบ การสังเคราะห์ ความเป็นพิษ สาเหตุของการเกิดสารไนโตรซามีน รวมถึงวิธีการป้องกัน ย่อมเกิดผลดีกับผู้บริโภคเองและสามารถห่างไกลจากโรคมะเร็งได้วิธีหนึ่ง

## เอกสารอ้างอิง

- จักรพันธ์ ปัญจะสุวรรณ. พิษภัยในอาหาร. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2542, หน้า 105-109, 139-142.
- นันทยา กัลยาศิริ. พืชผักต้านมะเร็ง. **คลังข้อมูล สพท**, 2549, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4.
- ประสงค์ คุณานัฐวัฒน์ชัยเดช. Carcinogenic N-nitroso Compound. **วารสารวิทยาศาสตร์การแพทย์**, กันยายน, 2543, ปีที่ 14, ฉบับที่ 2, หน้า 101-118.
- ประสงค์ คุณานัฐวัฒน์ชัยเดช. สารก่อมะเร็งไนโตรซามีน. **จดหมายข่าวชีวเคมี**, มกราคม-ธันวาคม, 2549, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 4-8.
- ปวีณา เครือนิล. ไนโตรซามีนในเครื่องสำอาง. [ออนไลน์] [อ้างถึง 24 สิงหาคม 2553]  
เข้าถึงได้จาก [http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp\\_12\\_2551\\_Nitrosamine.pdf](http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_12_2551_Nitrosamine.pdf)
- มาลัยวรรณ อารยสกุล. สารก่อมะเร็งในเครื่องสำอาง. [ออนไลน์] [อ้างถึง 15 กรกฎาคม 2553]  
เข้าถึงได้จาก [http://www.rdi.ku.ac.th/Techno\\_KU60/res-47/index47.html](http://www.rdi.ku.ac.th/Techno_KU60/res-47/index47.html)
- วิสิฐศักดิ์ วุฒิอดิเรก. สารก่อมะเร็งจากอาหารปิ้งย่างทอด. [ออนไลน์] [อ้างถึง 14 กรกฎาคม 2553]  
เข้าถึงได้จาก [http://webdb.dmhc.moph.go.th/ifc\\_toxin/a\\_tx\\_1\\_001c.asp?info\\_id=77](http://webdb.dmhc.moph.go.th/ifc_toxin/a_tx_1_001c.asp?info_id=77)
- สำนักความปลอดภัยแรงงาน. ดินประสิทกับการเกิดมะเร็ง. [ออนไลน์] [อ้างถึง 7 กรกฎาคม 2553] เข้าถึงได้จาก [http://www.oshthai.org/index.php?option=com\\_linkcontent&Itemid=68...](http://www.oshthai.org/index.php?option=com_linkcontent&Itemid=68...)
- Bartoszek, A. *N-Nitroso Compounds*. Dubowska, WB., Bartoszek, A., and Malejka-Giganti, D. In **Carcinogenic and anticarcinogenic food components**. New York : CRC Press, 2006, p. 69, 77-79.
- Jakszyn, P., and Gonzalez, CA. Nitrosamine and related food intake and gastric and oesophageal cancer risk : a systematic review of the epidemiological evidence. **World Journal Gastroenterology**, July, 2006, vol. 12, no. 27, p. 4296-4303.
- Mccutcheon, JW. Nitrosamines in bacon : a case study of balancing risks. **Public Health Rep**, Jul-Aug, 1984, vol. 9, no. 4, p. 360-364.,
- Nantachit, K., and Winijkul, D. Nitrate and nitrite contents of vegetables marketed in Chiang Mai province. **CMU. J. Nat. Sci**, 2007, vol. 6, no. 2, p. 349-354.
- Patnaik, P. Nitrosamines. **Handbook of environmental analysis chemical pollutants in air, water, soil and solid wastes**. CRC Press, 1997.
- Rath, S., and Reyes, FG, Reyes. Nitrosamines. Nollet, LML., and Toldra, F. In **Handbook of processed meats and poultry analysis**. Taylor & Francis Group, 2009, p. 687-705.

Rostkowska, K., et al. Formation and metabolism of N-nitrosamines. **Polish Journal of Environmental Studies**, 1998, vol. 7, no. 6, p. 321-325.

Scanlan, RA. Nitrosamines and Cancer. **[Online]** [cited 9 July 2010] Available from internet :  
<http://lpi.oregonstate.edu/f-woo/nitrosamine.html>

Tannenbaum, SR., Wishnok, JS., and Leaf, CD. Inhibition of nitrosamine formation by ascorbic acid. **Am J Clin Nutr**, 1991, no. 53, p. 247s-250s.

