

การประเมินความเสี่ยงของสาร 3-MCPD ในอาหารต่อคนไทย

ลัดดาวัลย์ โรจนพรธนพิทย* พักตร์พริ้ง แสงดี* พรรณทิพย์ ตียพันธ์* รุ่งเรือง กิจผาติ* และเนตรนภิส ธนนิเวศน์กุล**

*กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

**มหาวิทยาลัยมหิดล พุทธมณฑล สาย 4 ศาลายา พุทธมณฑล นครปฐม 73170

บทคัดย่อ การประเมินความเสี่ยงของสาร 3-MCPD ในอาหารต่อคนไทยได้ดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2547 - 2548 เพื่อให้ได้ค่าความเสี่ยงของสาร 3-MCPD แก่คณะกรรมการมาตรฐานอาหารสากล (CODEX) ใช้พิจารณากำหนดค่ามาตรฐานสากลของซอสปรุงรสที่เหมาะสมเป็นธรรมและปลอดภัย และสำหรับใช้พิจารณาปรับแก้มาตรฐานซอสปรุงรสของไทย การศึกษากระบวนการบ่มซอสความเป็นอันตรายและการประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ ศึกษาโดยทบทวนข้อมูลจากเอกสาร ปริมาณการได้รับสัมผัสที่ประเมินได้จากปริมาณการปนเปื้อนสาร 3-MCPD ในอาหารร่วมกับปริมาณการบริโภค สำหรับปริมาณสาร 3-MCPD ในอาหารวิเคราะห์โดยวิธี GC-MS ใช้ d5 3-MCPD เป็น internal standard การอธิบายลักษณะความเสี่ยงทำโดยเปรียบเทียบปริมาณการได้รับสาร 3-MCPD กับค่า PMTDI ที่ JECFA กำหนดการศึกษานี้ได้สุ่มวิเคราะห์ปริมาณสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรส 11 ชนิด จำนวน 268 ตัวอย่าง และ ผลิตภัณฑ์อาหาร น้ำประปา และ เบียร์ 24 ชนิด รวม 98 ตัวอย่าง สำหรับผลิตภัณฑ์ปรุงรสเก็บจาก 512 ครั้วเรือนในภาคกลางเหนือใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ผลการวิเคราะห์พบสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรสทุกชนิด แต่ส่วนใหญ่มีค่ามัธยฐานน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นซอสปรุงรสถั่วเหลืองและซุฟฟง มีค่า 1.9 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผลิตภัณฑ์อาหารอื่นตรวจพบปริมาณต่ำในขนมอบกรอบบางชนิด เมื่อคำนวณร่วมกับปริมาณการบริโภคแล้วพบปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารที่บริโภคประจำวันของคนไทย ต่ำกว่าค่า provisional maximum tolerable daily intake, PMTDI 55.6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่ได้จากการย่อยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่กำหนดไว้ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าคนไทยยังคงได้รับสาร 3-MCPD ต่ำกว่าค่า PMTDI 6.3 เท่า จึงสรุปได้ว่า คนไทยยังคงปลอดภัยต่อสาร 3-MCPD ที่ปนเปื้อนในอาหาร

บทนำ

3-MCPD (3-chloro-1,2-propanediol) เป็นสารกลุ่มคลอโรโพรพานอล (chloropropanol) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวของคลอไรด์ ไอออนกับไขมันในอาหารซึ่งสามารถเกิดได้หลายสภาวะ รวมทั้งกระบวนการผลิต การปรุงและการเก็บอาหาร สารนี้พบในอาหารและส่วนประกอบอาหารหลากหลายชนิด ส่วนใหญ่พบมากใน acid hydrolysed vegetable protein (acid-HVP) และซอสปรุงรส สาร 3-MCPD เกิดขึ้นในระหว่าง

กระบวนการผลิตที่ย่อยโปรตีนจากพืชผัก (เช่น ถั่วเหลือง) ด้วยกรดเกลือที่อุณหภูมิสูง กระบวนการผลิตนี้เป็นวิธีที่มีต้นทุนการผลิตต่ำและรวดเร็วกว่าวิธีการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ แต่กรดเกลือที่ใส่ลงไปเพื่อทำปฏิกิริยากับไขมันในพืช และเกิดเป็นสาร 3-MCPD ขึ้น แต่วิธีการหมักวิธีธรรมชาตินั้นจะไม่พบสาร 3-MCPD หรือพบระดับต่ำมากซึ่ง acid-HVP นิยมใช้กันแพร่หลายในผลิตภัณฑ์ปรุงรส และเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร

ปรุงรส ส่วนอาหารอื่นๆ ที่พบ สาร 3-MCPD เช่น ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (ชาลามี และเบอร์เกอร์เนื้อ) ผลิตภัณฑ์จากนม (ชีส) นอกจากนี้ยังพบในอาหารที่บรรจุในกระดาศที่ประกอบด้วย Epichlorohydrin-based wet strength resins (เช่น ถุงชา กระดาศกรองกาแฟ เป็นต้น) ผลิตภัณฑ์สกัดจากมอลต์ และน้ำดื่มที่ใช้ Epichlorohydrin-linked cationic polymer resin เป็น flocculants ในกระบวนการผลิตอีกด้วย ดังนั้นมนุษย์จึงมีโอกาสได้รับสาร 3-MCPD เข้าสู่ร่างกายจากอาหารและน้ำดื่ม⁽¹⁻³⁾

ประเทศอังกฤษได้มีการศึกษาด้านพิษวิทยาของสาร 3-MCPD พบว่าเป็นสารก่อมะเร็งและสารก่อการกลายพันธุ์ในหนูทดลอง เมื่อให้ในปริมาณสูงและระยะยาว ดังนั้น EC Scientific Committee for Food (SCF) แนะนำว่าระดับ 3-MCPD ในอาหารและส่วนประกอบอาหารควรลดลงให้ต่ำที่สุดที่วิธีตรวจวิเคราะห์สามารถทำได้ คือ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม^(4, 5) และในปี พ.ศ. 2543 Food Standard Agency (FSA) ของประเทศอังกฤษ รายงานการตรวจพบสาร 3-MCPD ปนเปื้อนในซอสปรุงรสที่ผลิตจากประเทศไทย จีน ฮองกง ไต้หวัน และได้เรียกเก็บซอสปรุงรสที่พบสารปนเปื้อนดังกล่าวออกจากท้องตลาด⁽⁶⁾ ส่งผลให้ในช่วงปี พ.ศ. 2543 - 2544 ประเทศอื่น ๆ อีกหลายประเทศได้แก่ เดนมาร์ก สวีเดน ฟินแลนด์ แคนาดา กรีซ โปรตุเกส อังกฤษ ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ชาติอู่อาระเบีย คูโบ คูเวต และโอมาน ห้ามนำเข้าซอสปรุงรสจากประเทศไทย จึงทำให้ไทยสูญเสียรายได้ปีละเกือบพันล้านบาท ในปีพ.ศ. 2544 Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) ประเมินความเป็นพิษของสาร 3-MCPD ว่าทำให้เกิดพิษในระยะยาว และเกิดมะเร็งที่ไตของหนูทดลอง (rat) ความรุนแรงของพิษขึ้นกับปริมาณสาร 3-MCPD ที่ได้รับแต่ไม่

ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสิ่งมีชีวิต และได้กำหนดปริมาณสูงสุดที่ยอมให้บริโภคได้ต่อวัน (provisional maximum tolerable daily intake, PMTDI) ที่ระดับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน โดยใช้ safety factor 500 ส่วน 1, 3-dichloro-2-propanol (1, 3-DCP) ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับสาร 3-MCPD นั้นจากการทดลองในหลอดทดลองพบว่าก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ แต่ 1, 3-DCP จะเกิดในปริมาณที่ต่ำมาก อัตราการเกิดของสาร 3-MCPD : 1, 3-DCP = 20 : 1 JECFA จึงสรุปว่าการควบคุมปริมาณสาร 3-MCPD ให้อยู่ในระดับปลอดภัยจะควบคุม 1, 3-DCP ได้ด้วย จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดปริมาณสาร 1, 3-DCP⁽⁷⁻⁹⁾ เมื่อ JECFA ประเมินความเป็นพิษของสาร 3-MCPD แล้ว ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป (EU) ได้กำหนดมาตรฐานสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรสให้มีได้ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ประเทศแคนาดากำหนดมาตรฐาน 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์กำหนด 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และ CODEX ยังไม่กำหนด⁽¹⁰⁾ การที่ EU กำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในระดับต่ำมาก ทำให้ผู้ประกอบการผลิต acid-HVP และซอสปรุงรสถ้วยเหลืองของไทยประสบปัญหาขาดความรู้ในด้านเทคโนโลยีการผลิตและอุปกรณ์การผลิตที่มีอยู่เดิมไม่เหมาะสมจำเป็นต้องหยุดการผลิต แต่หากกำหนดมาตรฐานสาร 3-MCPD เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังที่ประเทศแคนาดากำหนดให้ผู้ประกอบการของไทยสามารถพัฒนาได้และเสียค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงโรงงานผลิตไม่มากนัก ซึ่งค่ามาตรฐานที่จะเสนอให้ CODEX กำหนดนี้จัดเป็นค่าสูงสุด เมื่อเทียบกับอีกหลายประเทศที่กำหนดการปนเปื้อนไว้ที่ระดับต่ำมาก ดังนั้นประเทศไทยจึงได้ชี้แจงในที่ประชุม CODEX และเจรจาต่อรองกับ WTO ว่าที่

ระดับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่แคนาดากำหนดไว้เป็นระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคแล้ว ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลการบริโภคของคนไทยที่สำรวจและข้อมูลการประเมินความเสี่ยงประกอบค่าชี้แจงในปี 2547 - 2548 คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสาร 3-MCPD ของประชากรไทย⁽¹¹⁾ และประเมินความเสี่ยงการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD ของประชากรไทยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาปรับค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรสของไทยให้เหมาะสมและใช้เป็นข้อมูลประกอบการต่อรองการกำหนดค่ามาตรฐานสากล (CODEX) นอกจากนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบตัวอย่างหรือเป็นแนวทางการประเมินความเสี่ยงของสารเคมีชนิดอื่นได้

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้ดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ. 2547 - 2548 ตามขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงดังนี้

วิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษากระบวนการบ่งชี้ความเป็นอันตราย (hazard identification) ทำการทบทวนวรรณกรรม โดยศึกษาจากเอกสารที่มีการศึกษาไว้แล้วเพื่อให้ทราบคุณสมบัติของสาร 3-MCPD ศึกษาความเป็นพิษและประเมินความสามารถในการทำให้เกิดพิษในมนุษย์ว่าเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด^(12, 13)

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (dose-response assessment) ทำการทบทวนวรรณกรรม พิจารณาจากเอกสารที่มีการศึกษาแล้วเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 3-MCPD และการทำให้เกิดผลอย่างใดอย่างหนึ่งต่อสัตว์ทดลองหรือมนุษย์ (dose-response curve) และกลไกการเกิดผลดังกล่าว^(12, 13)

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินการได้รับสัมผัส (exposure assessment)

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนของสาร 3-MCPD ในอาหาร จากการทบทวนวรรณกรรม (literature review) ต่างประเทศ⁽¹⁻³⁾ พบว่าซอสปรุงรสถั่วเหลืองเป็นแหล่งปนเปื้อนหลักของสาร 3-MCPD นอกจากนี้มีการตรวจพบในผลิตภัณฑ์ปรุงรสอื่น เช่น น้ำมันหอย และผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เนื่องจากการใช้ acid-HVP ในการแต่งกลิ่นรสของอาหาร จึงได้สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่มีรายงานดังกล่าวตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อให้ทราบสถานการณ์สาร 3-MCPD ในอาหารไทยเป็นเบื้องต้นก่อน ผลการตรวจวิเคราะห์พบการปนเปื้อนสาร 3-MCPD สูงในซอสปรุงรสถั่วเหลืองเช่นเดียวกัน สำหรับผลิตภัณฑ์ปรุงรสอื่นตรวจพบสาร 3-MCPD ในปริมาณต่ำ ส่วนผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ตรวจไม่พบการปนเปื้อนทุกตัวอย่าง จึงได้วางแผนดำเนินการขั้นตอนต่อไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลปริมาณการบริโภคอาหารของคนไทย คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการไปแล้วในโครงการ เรื่อง การศึกษาปริมาณการบริโภคอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสาร 3-MCPD ของคนไทย⁽¹¹⁾ ข้อมูล (ตารางที่ 1)

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์ปริมาณสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่เก็บจากครัวเรือนของสมาชิกที่เข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัยนี้รวมทั้งอาหารที่มีความเสี่ยงที่สมาชิกบริโภค

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ปรุงรสทุกชนิดและทุกยี่ห้อที่เก็บจากครัวเรือน กรณียี่ห้อไม่มีตัวอย่างจำนวนมาก จะสุ่มประมาณ 15% ของจำนวนตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์ AOAC 17th edition. 2000. no. 2000.01. p.8-10

ตารางที่ 1 ปริมาณอาหารที่คนไทยบริโภค (กรัมต่อคนต่อวัน)⁽¹¹⁾

ชนิดอาหาร	ปริมาณอาหารที่บริโภค (กรัมต่อคนต่อวัน)			
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามัธยฐาน	95 th
1. ผลิตภัณฑ์ปรุงรส				
1.1 น้ำปลาแท้	6.03	5.84	4.31	17.87
1.2 น้ำปลาผสม	9.64	8.16	7.80	25.04
1.3 ซีอิ๊วขาว	2.75	2.96	1.97	8.69
1.4 ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม	1.98	2.16	1.32	6.16
1.5 ซีอิ๊วดำ	0.46	1.32	0.09	1.26
1.6 ซอสหอยนางรม	1.63	2.23	1.10	5.38
1.7 ซอสปรุงรสถั่วเหลือง	1.86	2.54	1.17	5.85
1.8 ซอสปรุงรสสำเร็จรูป	0.80	1.33	0.00	3.93
1.9 เต้าเจี้ยว	1.18	2.20	0.42	4.67
1.10 ซุปก้อน	0.73	1.34	0.41	2.36
1.11 ซุปผง	1.10	1.23	0.68	3.53
2. อาหารสำเร็จรูป/ปรุงสำเร็จ				
2.1 ธัญพืชอาหารเช้า	15.38	10.06	14.29	32.14
2.2 มอลต์และสารสกัดจากมอลต์	10.04	22.11	5.14	27.21
2.3 ขนมปังปอนด์	22.93	26.53	15.43	67.93
2.4 ขนมปังบิสกิต	9.51	14.75	5.27	34.61
2.5 บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	18.12	20.21	11.79	58.93
2.6 ขนมอบกรอบบรรจุซอง	12.66	14.98	9.00	42.64

เครื่องมือและอุปกรณ์ Gas chromatograph/mass spectrometer : HP 5890 Series II Plus และ MSD HP 5972, autosampler HP 7673 GC/SFC injector, คอลัมน์ชนิด capillary J & W DB5 MS ขนาด 30 เมตร × 0.25 มิลลิเมตร ฟิล์มเคลือบหนา 0.25 μm ใช้ selected ion monitoring mode (SIM) m/z ของสาร 3-MCPD คือ 453, 291, 289, 275, 253 และ m/z ของ d5 3-MCPD

(Internal standard) คือ 257, analytical balance: Satorius AC 211S, top pan balance: Satorius BP 1200, dry bath incubator : BOEDEL, ultrasonic bath : BRANSON 2210, Glass chromatography column : ID. 2 cm, length 40 cm, with sintered glass disk and tap, rotary evaporator : BÜCHER-205, Vortex mixer : VORTEX-2 GENIE

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมี : sodium sulphate anhydrous (AR), heptafluorobutyrylimidazole, extrelutTM 20 ml refill packs, ethyl acetate (AR), 2, 2, 4 -Trimethyl pentane (AR), Hexane (AR), diethyl ether (AR), sodium chloride (AR) สารมาตรฐาน : 3-Monochloropropanediol (3-MCPD) ผลิตภัณฑ์ของ Fluka (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98.0), d5-3-Monochloropropanediol (d5-3-MCPD) ผลิตภัณฑ์ของ ISOTEC (min 98 atom%D)

ประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ % recovery = 94.6-106.7, precision (%RSD) = 3.2, limit of detection (LOD) = 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าที่ต่ำกว่า LOD จะรายงานไม่พบ, limit of quantitation (LOQ) = 0.010 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าที่ต่ำกว่า LOQ จะรายงานต่ำกว่า 0.010 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ส่วนที่ 4 ศึกษาปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารและผลิตภัณฑ์ปรุงรส มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน คำนวณได้จากปริมาณการบริโภค (กรัมต่อคนต่อวัน)⁽¹¹⁾ คูณด้วยปริมาณการปนเปื้อนสาร 3-MCPD เป็นไมโครกรัมต่อกกรัม แล้วหารด้วยน้ำหนักตัวของสมาชิก ซึ่งน้ำหนักตัวของสมาชิกแต่ละคนในครอบครัวจะจำแนกตามกลุ่มอายุ (ตามแนวทางของคณะกรรมการจัดทำปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย กรมอนามัย) ดังนี้

เด็กอายุ 3 – 5 ปี

น้ำหนักเฉลี่ย 16 กิโลกรัม

เด็กและวัยรุ่น 6 -15 ปี

น้ำหนักเฉลี่ย 35 กิโลกรัม

ผู้ใหญ่อายุมากกว่า 16 ปี ขึ้นไป

น้ำหนักเฉลี่ย 57 กิโลกรัม

ขั้นตอนที่ 4 อธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk

Characterization) นำผลที่ได้จากการประเมินการได้รับสัมผัสและผลจากการประเมินการตอบสนองที่ขนาดต่างๆ มาประมาณความเสี่ยงต่อพิษที่จะเกิดขึ้นพร้อมบอกค่าความไม่แน่นอน ดำเนินการโดยการนำค่า PMTDI ที่ JECFA ประเมินได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณการได้รับสัมผัสที่ได้จากการศึกษาวิจัยและรายงานความเสี่ยงเป็นค่า margin of safety (MOS) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$MOS = \text{Exposure} / \text{PMTDI}$$

ถ้า $MOS < 1$ = ปริมาณสาร 3-MCPD เฉลี่ยที่ร่างกายได้รับไม่สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายได้

ถ้า $MOS > 1$ = ปริมาณสาร 3-MCPD โดยเฉลี่ยที่ร่างกายได้รับเกินเกณฑ์ปลอดภัย โดยทั่วไปนิยมรายงานการได้รับสัมผัสเป็นร้อยละของค่า PMTDI

ผล

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษากระบวนการบ่งชี้ความเป็นอันตราย (Hazard identification) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร 3-MCPD (CAS no.96-24-2)

ชื่อพ้องเหมือน : α -Chlorohydrin, glycerol

α -monochlorohydrin, chlorodeoxyglycerol

สูตรโมเลกุล : $C_3H_7ClO_2$

โครงสร้างทางเคมี : $OH-CH_2-\underset{\text{CH}}{\underset{|}{CH_2}}-Cl$

น้ำหนักโมเลกุล : 110.539 g.mol⁻¹

ลักษณะทางกายภาพ : ของเหลวหนืด ไม่มีสี

การดูดซึม การแพร่กระจาย และการขับถ่าย สาร 3-MCPD ผ่าน blood-brain barrier และ blood-testis-barrier สามารถกระจายตัวในของเหลวของส่วนต่างๆ ในร่างกาย และเมื่อให้

สาร 3-MCPD กับหนู (Wistar) เพศผู้ขนาด 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม โดยฉีดทางหน้าท้อง แล้วพบว่าไม่มีการสะสมของสาร 3-MCPD และ metabolite ชนิด betachloroacetate ในเนื้อเยื่อ โดยถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะในรูปเดิม 8.5% ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ 30% และถูกเปลี่ยนเป็น betachloroacetate 23% การศึกษาในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมพบว่าสาร 3-MCPD ถูกเปลี่ยนเป็น betachloroacetate และ oxalic acid ซึ่งเป็นสารทำให้ไตและอวัยวะเกิดอุดตัน และ intermediate metabolite ชนิด beta-chloroacetaldehyde มีฤทธิ์ยับยั้ง enzyme glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase และกระบวนการ spermatozoa glycolysis ทำให้สเปิร์มเคลื่อนที่ช้าลง โดยการยับยั้งเป็นแบบผันกลับ

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (dose-response assessment)

เป็นการศึกษาข้อมูลด้านพิษวิทยาของสาร 3-MCPD ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 3-MCPD กับผลตอบสนองอันไม่พึงประสงค์ (adverse effect) พบว่าพิษเฉียบพลันของสาร 3-MCPD ที่ทำให้หนู (rat) ตายลงครึ่งหนึ่ง (lethal dose : LD_{50}) เท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และเมื่อป้อนสาร 3-MCPD ให้หนู Sprague-Dawley ทั้ง 2 เพศ วันละ 1 ครั้ง 5 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และในวันที่ 2 และ 25 นำหนูทั้งสองเพศของแต่ละกลุ่มมา sacrifice พบว่าผลการตอบสนองทำให้ระดับ enzyme glutamate-pyruvate transaminase ระดับ urea น้ำหนักไต ตับ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และในหนูเพศผู้พบน้ำหนักของ testis เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าระดับ haemoglobin, haematocrit ลดลง

ผลการศึกษา in vitro สาร 3-MCPD มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรม โดยให้ผลบวก

ใน bacterial mutagenicity assay ใช้ *S.typhimurium* TA1535, TA1537, TA1538, TA98, TA100 ส่วนการศึกษา forward-mutation assay on yeast ใช้ *Schizosaccharomyces plombe* และ mammalian cell mutation assay โดยใช้ mouse lymphoma TK locus assay และ mouse fibroblast M2-clone และ sister chromatid exchange assay ใช้ Chinese hamster V79 cells แต่การศึกษา in vitro ให้ผลลบใน bacterial mutagenicity assay โดยใช้ *E. coli* TM930 และ mammalian cell mutation assay ใช้ HeLa cell รวมทั้งการศึกษา in vivo ใน dominant lethal assay ใช้ ICR/Ha Swiss mice พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรม

การศึกษาในหนู (rat) พันธุ์ Han Wistar เพศผู้ได้รับสาร 3-MCPD ขนาด 40 และ 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เมื่อให้ทางปากครั้งเดียวไม่เหนี่ยวนำให้เกิด unscheduled DNA ในใช้ in vivo/in vitro

การศึกษาการเกิดมะเร็งโดยให้สาร 3-MCPD ในน้ำประปา แก่หนู Fisher F 344 อายุ 5 - 6 สัปดาห์ จำนวน 50 ตัวต่อเพศต่อกลุ่ม ในขนาดสูงกว่า Maximum Tolerated Dose มีผลให้หนูทั้ง 2 เพศ มีน้ำหนักตัวลดลงแต่ไม่มีผลต่ออัตราการตาย และพบการเกิด renal tubular adenoma และ nephropathy เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การฉีดสาร 3-MCPD เข้าช่องท้องของหนู (rat) ในขนาด 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่ามีออกซาเลตในปัสสาวะ ทำให้เป็นพิษต่อไตอย่างรุนแรง จึงสรุปได้ว่ากลไกการเกิดมะเร็งในไต อาจมาจากความเป็นพิษต่อไต และการฉีดสาร 3-MCPD ขนาด 80 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เข้าช่องท้อง พบระดับฮอร์โมน follicle stimulating hormone (FSH), luteinising hormone (LH) และ prolactin เพิ่มขึ้น ดังนั้นกลไกการเกิด Leydig-cell tumor อาจเกิดจากการรบกวนสมดุลของระบบฮอร์โมน

หลังจาก Committee Carcinogenicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment (COC) ได้ทบทวนผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าสาร 3-MCPD ไม่เกิดความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรม (non-genotoxic) แต่พบการเกิดมะเร็งในหนู ซึ่งอาจเกิดจากความเป็นพิษต่อไตหรือการรบกวนระบบฮอร์โมน และค่า NOEL ของการเกิดมะเร็งในหนู (rat) เท่ากับ 1.1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่ง JECFA ได้ใช้ค่านี้ในการประเมินค่า PMTDI ของสาร 3-MCPD ได้เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน โดยใช้ค่า safety factor เท่ากับ 500

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure assessment)

การศึกษาปริมาณการบริโภคอาหารของคนไทย ซึ่งคณะวิจัยได้ศึกษาปริมาณการบริโภคอาหารที่มีความเสี่ยงต่อสาร 3-MCPD ของคนไทยพบว่าคนไทยบริโภคน้ำปลาแท้ น้ำปลาผสม ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม ซีอิ๊วดำ ซอสหอยนางรม ซอสปรุงรส ถั่วเหลือง ซอสปรุงรสสำเร็จรูป เต้าเจี้ยว ซุปก้อน และซุปผง ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 6.03, 9.64, 2.75, 1.98, 0.46, 1.63, 1.86, 0.80, 1.18, 0.73 และ 1.10 กรัมต่อคนต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ผลการศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนของสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรส 11 ชนิด จำนวน 268 ตัวอย่างและผลิตภัณฑ์อาหาร น้ำปลา และเป็ยร์ 24 ชนิด รวม 98 ตัวอย่าง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปรุงรสเก็บจาก 512 ครั้วเรือน เป็นครั้วเรือนในภาคกลาง เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และได้ จำนวน 122, 129, 131 และ 130 ครั้วเรือนตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ไม่พบการปนเปื้อนในซีอิ๊วขาว เห็ดหอมและซุปก้อน ตรวจพบสูงสุดในซอสปรุงรส ถั่วเหลือง เท่ากับ 5.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

รองลงมาคือ 4.40, 2.64, 0.75, 0.11, 0.08, 0.04, 0.04 และ 0.01 ในน้ำปลาผสมซีอิ๊วขาว น้ำปลาแท้ ซอสหอยนางรม ซุปผง ซีอิ๊วดำ เต้าเจี้ยวและซอสปรุงรสสำเร็จรูปตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ปรุงรสส่วนใหญ่มีค่ามัธยฐานของสาร 3-MCPD ในระดับน้อยกว่าค่า LOQ (0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ยกเว้นซอสปรุงรสถั่วเหลืองและซุปผง ที่มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.19 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ผลการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์อาหาร เป็ยร์ น้ำปลา ที่จำหน่ายในประเทศไทย ไม่พบการปนเปื้อนในอาหารทุกชนิด ยกเว้นขนมอบกรอบบรรจุซองบางยี่ห้อที่ตรวจพบในปริมาณสูงสุด 0.028 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3)

การศึกษาปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารและผลิตภัณฑ์ปรุงรสของคนไทยพบว่า คนไทยได้รับสาร 3-MCPD เฉลี่ยจากอาหารที่บริโภคประจำวันเท่ากับ 0.036 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวันโดยได้รับจากน้ำปลาผสมสูงสุด รองลงมาคือ ซอสปรุงรสถั่วเหลือง น้ำปลาแท้ ซุปผง และซีอิ๊วขาว ใน ปริมาณ 0.050, 0.013, 0.008, 0.002 และ 0.002 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ สำหรับผู้ที่บริโภคในปริมาณสูงมากระดับ 95 percentile ได้รับสัมผัสเท่ากับ 0.204, 0.056, 0.034, 0.006 และ 0.000 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณที่ได้รับสัมผัสรวมเท่ากับ 0.178 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (ตารางที่ 4)

ปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากการบริโภคผลิตภัณฑ์ปรุงรส 6 ชนิด ที่พบการปนเปื้อนสาร 3-MCPD และมีการบริโภคค่อนข้างมาก ได้แก่ น้ำปลา ซีอิ๊วขาว ซอสปรุงรสถั่วเหลือง ซอสหอยนางรม เต้าเจี้ยวและซุปผง โดยคิดที่

น้ำหนักตัว 57 กิโลกรัม และกำหนดค่ามาตรฐานที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบคนไทยได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD เฉลี่ยเท่ากับ 0.319 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน โดยได้รับจากน้ำปลาผสมสูงสุด รองลงมาคือ ซีอิ๊วขาว ซอสปรุงรสถ้วยเหลือง ซอสหอยนางรม เต้าเจี้ยว และซุปลง ในปริมาณ 0.169, 0.048, 0.033, 0.028, 0.021 และ 0.019 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ สำหรับผู้ที่บริโภคสูงมากระดับ 95 percentile ได้รับสัมผัสเท่ากับ 0.439, 0.152, 0.103, 0.094, 0.082 และ 0.062 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และคิดเป็นปริมาณได้รับสัมผัสรวมเท่ากับ 0.933 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน

ขั้นตอนที่ 4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

คนไทยได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารที่บริโภคประจำวันเป็นปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.036 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และได้รับเท่ากับ 0.178 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวันสำหรับผู้บริโภคในปริมาณสูงมาก ระดับ 95 percentile คิดเป็นร้อยละ 1.8 และ 8.9 ของค่า PMTDI ตามลำดับ ซึ่งอธิบายลักษณะความเสี่ยงได้ว่าประชาชนชาวไทยยังคงปลอดภัยจากสาร 3-MCPD ที่ได้รับจากอาหาร เนื่องจากปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารที่บริโภคประจำวันต่ำกว่าค่า PMTDI ที่ JECFA กำหนดให้รับสัมผัสได้ไม่เกิน 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน

ตารางที่ 2 ปริมาณสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่จำหน่ายในประเทศไทย

ชนิดอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณสาร 3-MCPD (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
		ต่ำสุด-สูงสุด	ค่ามัธยฐาน
1. น้ำปลาแท้	40	<0.01 – 0.75	<0.01
2. น้ำปลาผสม	36	<0.01 – 4.40	<0.01
3. ซีอิ๊วขาว	35	<0.01 – 2.64	<0.01
4. ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม	5	<0.01	<0.01
5. ซีอิ๊วดำ	38	<0.01 – 0.04	0.01
6. ซอสหอยนางรม	36	<0.01 – 0.11	<0.01
7. ซอสปรุงรสถ้วยเหลือง	30	<0.01 – 5.12	0.19
8. ซอสปรุงรสสำเร็จรูป	3	0.01	0.01
9. เต้าเจี้ยว	32	<0.01 – 0.04	<0.01
10. ซุปก้อน	6	<0.01	<0.01
11. ซุปผง	7	<0.01 – 0.08	0.03

ตารางที่ 3 ปริมาณสาร 3-MCPD ในอาหารและผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในประเทศไทย

ชนิดอาหาร	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณสาร 3-MCPD	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
		ต่ำสุด-สูงสุด	ค่ามัธยฐาน
1. ธัญพืชอาหารเช้า	4	< 0.01	< 0.01
2. มอลต์และสารสกัดจากมอลต์	4	< 0.01	< 0.01
3. ขนมปังปอนด์	3	< 0.01	< 0.01
4. ขนมปังบิสกิต	5	< 0.01	< 0.01
5. บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป	5	< 0.01	< 0.01
6. ขนมอบกรอบ	5	< 0.01 – 0.028	< 0.01
7. ไส้กรอก	5	< 0.01	< 0.01
8. เบคอน	5	< 0.01	< 0.01
9. แฮม	5	< 0.01	< 0.01
10. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (กุนเชียง หมูยอ ฯลฯ)	5	< 0.01	< 0.01
11. เบียร์	5	ไม่พบ – < 0.01	< 0.01
12. นมเปรี้ยว	4	ไม่พบ – < 0.01	< 0.01
13. แป้งข้าวโพด	3	ไม่พบ – < 0.01	ไม่พบ
14. แป้งมัน	3	ไม่พบ – 0.02	ไม่พบ
15. แป้งสาลี	3<	0.01 – 0.01	< 0.01
16. ซีส	3	< 0.01	ไม่พบ
17. ซอสพริก	3	< 0.01	< 0.01
18. ซอสมะเขือเทศ	3	ไม่พบ	ไม่พบ
19. น้ำจิ้มบ๊วยเจีย	3	< 0.01	< 0.01
20. น้ำจิ้มไก่	3	ไม่พบ	ไม่พบ
21. พริกไทยป่น	3	< 0.01	< 0.01
22. น้ำประปา	10	ไม่พบ	ไม่พบ
23. กะปิ	3	ไม่พบ	ไม่พบ
24. ผงชูรส	3	ไม่พบ – < 0.01	ไม่พบ

ตารางที่ 4 ปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารและผลิตภัณฑ์ปรุงรสแต่ละชนิด

ชนิดอาหาร	ปริมาณการได้รับสัมผัส ($\mu\text{g/kg bw/day}$)		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95 th
1. ผลิตภัณฑ์ปรุงรส			
1.1 น้ำปลาแท้	0.008	0.013	0.034
1.2 น้ำปลาผสม	0.050	0.089	0.204
1.3 ซีอิ๊วขาว	0.002	0.016	0.000
1.4 ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม	0.000	0.000	0.000
1.5 ซีอิ๊วดำ	0.000	0.005	0.000
1.6 ซอสหอยนางรม	0.000	0.001	0.000
1.7 ซอสปรุงรสถ้วยเหลือง	0.013	0.024	0.056
1.8 ซอสปรุงรสสำเร็จรูป	0.000	0.000	0.000
1.9 เต้าเจี้ยว	0.000	0.001	0.000
1.10 ซุปก้อน	0.000	0.000	0.000
1.11 ซุปผง	0.002	0.002	0.006
รวมปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากผลิตภัณฑ์ปรุงรสทั้งหมด	0.036	0.072	0.178
2. อาหารสำเร็จรูป/ปรุงสำเร็จ			
2.1 ขนมอบกรอบ	0.0016	0.0083	0.0038
รวมปริมาณการได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากอาหารที่บริโภคประจำวัน	0.036	0.072	0.178

วิจารณ์

การศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงของสาร 3-MCPD ต่อคนไทยครั้งนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบ ตัวอย่างหรือเป็นแนวทางการประเมินความเสี่ยงของสารเคมีชนิดอื่นได้ เนื่องจากเป็นการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงของสารเคมีครั้งแรกของประเทศไทยที่ดำเนินการครบทั้ง 4 ขั้นตอน ตามหลักการประเมินความเสี่ยงสากล

ขั้นตอนที่ 1 และ 2 เป็นการศึกษาด้านพิษวิทยาซึ่งต้องใช้สัตว์ทดลอง สามารถใช้ข้อมูลของต่างประเทศได้เพราะมีการศึกษาไว้มาก ขั้นตอน ที่ 3 จำเป็นต้องศึกษาเองเพื่อให้ได้ข้อมูลความเสี่ยงของคนไทย ส่วนขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำข้อมูลจาก 3 ขั้นตอนแรกมาใช้ประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยง

เนื่องจากช่วงปี 2543 - 2544 มีรายงาน การตรวจพบสาร 3-MCPD ปนเปื้อนในซอสปรุงรสถ้วยเล็กของประเทศต่าง ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา และสหราชอาณาจักร ปริมาณที่พบสูงสุด เท่ากับ 85.0, 329.0, และ 93.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ⁽¹⁴⁾ สำหรับประเทศไทยพบสูงสุด 162.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม⁽¹⁵⁾ แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรส

ถ้วยเล็กสูงสุด ลดลงจากปี 2544 ประมาณ 30 เท่า และพบว่ามีตัวอย่างปนเปื้อนเกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมคงเหลืออยู่ร้อยละ 5.5 นอกจากนี้ได้ ตรวจพบการปนเปื้อนสาร 3-MCPD ในน้ำปลาผสม น้ำปลาแท้ ซีอิ๊วขาว และซุ้บผง สาเหตุการปนเปื้อน อาจเกิดจากการเจือปน acid-HVP ที่มีสาร 3-MCPD ปนเปื้อน หรือใช้น้ำ BX ซึ่งเป็นผลพลอยได้จาก กระบวนการผลิตผงชูรสที่มีการใช้กรดเกลือเข้มข้น

ตารางที่ 5 ปริมาณการได้รับสาร 3-MCPD จากผลิตภัณฑ์ปรุงรสของคนไทย เมื่อกำหนดค่ามาตรฐาน ที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คิดที่น้ำหนักตัว 57 กิโลกรัม)

ประเทศ	ปริมาณการบริโภค ⁽¹¹⁾ (กรัมต่อคนต่อวัน)	ปริมาณได้รับสัมผัส เมื่อกำหนดค่ามาตรฐาน ที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กก./วัน)
น้ำปลาผสม/น้ำปลาแท้		
ค่าเฉลี่ย	9.64	0.169
95 th	25.04	0.439
ซีอิ๊วขาว		
ค่าเฉลี่ย	2.75	0.048
95 th	8.69	0.152
ซอสหอยนางรม		
ค่าเฉลี่ย	1.86	0.033
95 th	5.38	0.103
ซอสปรุงรสถ้วยเล็ก		
ค่าเฉลี่ย	1.63	0.028
95 th	5.38	0.094
เต้าเจี้ยว		
ค่าเฉลี่ย	1.18	0.021
95 th	4.67	0.082
ซุ้บผง		
ค่าเฉลี่ย	1.10	0.019
95 th	3.53	0.062
ปริมาณการได้รับสัมผัสรวม		
ค่าเฉลี่ย		0.319
95 th		0.933

จากการศึกษานี้พบการปนเปื้อนสาร 3-MCPD ในน้ำปลาผสมสูงสุด และจากข้อมูลการบริโภคที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษากับคนไทยใช้น้ำปลาผสมในการปรุงอาหารสูงสุดเช่นเดียวกัน⁽¹¹⁾ คนไทยจึงได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากน้ำปลาผสมสูงสุด กรณีกำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรสถ้วยเหลืองที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะคำนวณปริมาณได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD จากการบริโภคซอสปรุงรสถ้วยเหลืองของคนไทย อเมริกัน ออสเตรเลีย และญี่ปุ่นได้เท่ากับ 1.86, 8.0, 11.0 และ 30.0 ไมโครกรัมต่อคนต่อวันตามลำดับ ดังนั้นคนไทยได้รับสัมผัสต่ำที่สุดโดยได้รับน้อยกว่าคนอเมริกัน ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น 4.3, 5.9 และ 16.1 เท่า ตามลำดับ⁽¹⁴⁾ และยังต่ำกว่าค่า PMTDI ที่กำหนดให้รับสัมผัสได้ไม่เกิน 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวันหรือ 120 ไมโครกรัมต่อคนต่อวัน 64.5 เท่า เมื่อคำนวณการได้รับสัมผัสของคนไทยจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ปรุงรสทุกชนิดที่พบการปนเปื้อนสาร 3-MCPD และการบริโภคค่อนข้างสูงแล้ว พบว่าคนที่บริโภคสูงมากระดับ 95 percentile ยังได้รับสัมผัสสาร 3-MCPD ต่ำกว่าค่า PMTDI 6.3 เท่า

ผลการประเมินความเสี่ยงสาร 3-MCPD ที่ได้จากการศึกษานี้ได้นำเสนอต่อ JECFA และที่ประชุม CODEX คณะ Food Additive and Contaminant in Food ในปี 2549 แล้ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการกำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรสที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในปี 2551 คณะกรรมการ CODEX ได้มีวาระพิจารณา กำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรส ซึ่งสมาชิก CODEX เกือบทั้งหมดสนับสนุนการกำหนดค่ามาตรฐานที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นผู้แทนจากสหภาพยุโรปที่ยืนยันการกำหนดค่ามาตรฐานที่ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในที่สุดประธานมีมติให้

กำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรสที่ 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจากการศึกษาวิจัยตั้งแต่ปี 2543 ถึงการศึกษาวินิจฉัยครั้งนี้พบว่าผู้ประกอบการขนาดใหญ่ของไทยสามารถลดระดับการปนเปื้อนสาร 3-MCPD ในซอสปรุงรสลงต่ำกว่า 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมได้แล้ว แต่ผู้ประกอบการขนาดเล็กยังไม่สามารถลดการปนเปื้อนถึงระดับนี้ได้ ดังนั้นค่ามาตรฐานของไทยจึงยังคงไว้ที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งค่านี้ยังมีความปลอดภัยเพียงพอ

สรุป

จากการศึกษาการประเมินความเสี่ยงของสาร 3-MCPD ที่ปนเปื้อนในภาพรวมของอาหารที่คนไทยบริโภค โดยขั้นตอนแรกการบ่งชี้ความเป็นอันตรายและขั้นตอนที่ 2 การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ ได้ข้อมูลจากเอกสารของต่างประเทศ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว JECFA ประเมินค่า PMTDI ของสาร 3-MCPD เท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และขั้นตอนที่ 3 คำนวณปริมาณการได้รับสาร 3-MCPD จากการบริโภคอาหารของคนไทยต่อวัน พบว่าคนไทยได้รับสาร 3-MCPD เป็นปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.036 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และเมื่อกำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะได้รับสัมผัสเท่ากับ 0.318 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และขั้นตอนที่ 4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง โดยใช้ข้อมูลปริมาณได้รับสาร 3-MCPD จากอาหารที่บริโภคประจำวันของคนไทยเปรียบเทียบกับค่า PMTDI ที่ JECFA กำหนด ซึ่งสรุปได้ว่าคนไทยยังปลอดภัยจากสาร 3-MCPD ที่ได้รับจากอาหารที่บริโภคประจำวัน โดยได้รับต่ำกว่าค่าความปลอดภัยที่ JECFA กำหนด 6.3 เท่า เมื่อคำนวณโดยใช้ค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และต่ำกว่า

55.6 เท่าจากอาหารที่คนไทยบริโภคประจำวัน จึงควรมีการกำหนดค่ามาตรฐานสาร 3-MCPD ในผลิตภัณฑ์ปรุงรสชนิดอื่นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้เงินสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์เชียงใหม่ ขอนแก่น และสงขลา ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างและข้อมูลการบริโภค ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้บรรลุผลสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Collier PD, Cromic DDO, Davies AP. Mechanism of formation of chloropropanols present in protein hydrolysates. JAOCS 1991; 68(10): 785-90.
2. Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants, WHO technical report series no. 940. Geneva: World Health Organization, 2006.
3. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Survey of hydrolyzed vegetable protein for chlorinated propanols, CSL Report FD 91/6; 1991.
4. Food Advisory Committee. Recent developments on 3-MCPD in food and food ingredients. Press Release 5/99; 1999.
5. Food Advisory Committee. 108th Meeting of Food Advisory Committee: 2000 Oct 26. Press Release 8/00; 2000.
6. Food Standard Agency. Some soy sauce products to be removed. 2001; [cited 2009 May 20]; [1 screen]. Available from: URL: <http://www.food.gov.uk/news/pressreleases/2001/jun/soysaucerecall>
7. FAO/WHO. Contaminants: Summary of the fifty-seventh meeting of the Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives (JECFA). 2001 Jun 5-14. Rome, Italy; 2001.
8. Katchamart S, Khumpai S, Pavittranon S. Exposure assessment of 3-Monochloro-1, 2-propanediol (3-MCPD) in seasoning sauce consumption in Bangkok, Thailand. Thai J Toxicol 2004; 19: 27-30.
9. Katchamart S, Pavittranon S. Risk assessment of 3-Monochloro-1, 2-propanediol (3-MCPD) in seasoning sauce in Thailand, 2001. Thai J Toxicol 2001-2002; 17-18: 32-36.
10. Office of the National Codex Alimentarius Committee of Thailand, Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry. Position of Thailand on 3-MCPD; [cited 2009 May 20]; [1 screen]. Available from: URL: http://www.tisi.go.th/3_MCPD/3_MCPD.html
11. ลัดดาวัลย์ โรจนพรณทิพย์, พัทธ์พัชรัง แสงดี, พรณทิพย์ ตียพันธ์, รุ่งเรือง กิจผาติ, เนตรนภิส ธนนิเวศน์กุล. ปริมาณการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อสาร 3-MCPD ของคนไทย. ว กรรมวิทย์ พ 2552; 51(3-4): 213-23.
12. WHO. Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. 1985; [cited 2009 May 20]; [109 screens]. Available from: URL: http://www.who.int/entity/foodsafety/publications/chem/Guidelines_chem_contam.pdf

13. WIKIPEDIA the Free Encyclopedia. 3-MCPD; [cited 2009 May 20]; [1 screen]. Available from: URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/3-MCPD>
14. INCHEM. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Food Additives Series, No. 48; [cited 2009 May 20]; [34 screens]. Available from: URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je18.htm>

Risk Assessment of 3-MCPD in Food to Thais

Laddawan Rojanapantip* Pakping Saengdee* Puntip Teeyapan* Rungrueng Kijphati* and Natanapit Dhananiveskul**

**Department of Medical Sciences Tiwanond Road, Nontaburi 11000, Thailand*

***Mahidol University Phutthamonthon 4 Road., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand*

ABSTRACT In 2004 – 2005, a research on 3-MCPD risk assessment among Thais was carried out nation-wide to obtain the most recent data for Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA) further exposure evaluation and for the CODEX decision on the international maximum level standard and also for the Thai FDA decision on the standard revision. The study of hazard identification and dose – response characterization were conducted based on literature review and exposure assessment derived from the consume amount of foods together with 3-MCPD content in those foods. For 3-MCPD content in foods were determine by GC-MS using d₅ 3-MCPD as internal standard. Risk Characterization was performed by comparing the dietary exposure of 3-MCPD to safety level (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake, PMTDI) specified by JECFA. Two hundred and sixty eight samples of 11 kinds of seasoning products taken from 512 households in 4 regions (North, South, North East and Central) of Thailand and 98 samples of 24 kinds of food products include tap water and beers were analyzed for 3-MCPD content. It was found that the median of 3-MCPD in most of food and seasoning products were less than 0.01 milligram per kilogram except seasoning sauce (Acid-HVP) and soup powder were 0.19 and 0.03 milligram per kilogram respectively. When calculated 3-MCPD amount in food with consumption amount, it was found that the daily intake of 3-MCPD by Thais was 55.6 times lower than PMTDI. When taking the 1 milligram per kilogram as the maximum level of 3-MCPD in seasoning sauces which produced by acid hydrolysis, it was found that the exposure amount of 3-MCPD in Thais was still 6.3 times lower than PMTDI. In conclusion, Thai population are safe from 3-MCPD in food.

Key words : risk assessment, 3-MCPD in Food, Thais