

บทความพิเศษ

คลอโรฟอร์ม

พรชัย ลิทธิศรีธนย์กุล

บทคัดย่อ

คลอโรฟอร์มเคยถูกใช้เป็นยาดมสลบ ปัจจุบันผลิตเพื่อใช้เป็นวัตถุอันตรายสำหรับทำฟลูออโรพอลิเมอร์และเกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมีที่มีคลอรีนเข้ามาเกี่ยวข้อง บทความนี้ทบทวนแหล่งกำเนิด เมแทบอลิซึม ผลต่อสุขภาพ และการเฝ้าระวัง

คำสำคัญ: คลอโรฟอร์ม, การสัมผัส, เมแทบอลิซึม, ผลต่อสุขภาพ, ค่ามาตรฐาน, การเฝ้าระวัง

ข้อมูลทั่วไป

คลอโรฟอร์ม UN number 1888 อยู่ในกลุ่มสารเป็นพิษที่ไม่ติดไฟ คำแนะนำการจัดการสารเคมีอันตรายจะอยู่ในกลุ่มของไกดท์ ๑๕๑ มีสูตรเคมีคือ CHCl_3 มีชื่อพ้องอื่น ๆ หลายชื่อ เช่น ฟอมีลไตรคลอไรด์ มี CAS number 67-66-3 ลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลว สี ไม่มีสี คลอโรฟอร์มระเหยง่าย ให้กลิ่นหอมคล้ายอีเธอร์

ในอดีตคลอโรฟอร์ม เคยใช้เป็นยาดมสลบเพื่อการผ่าตัด ในทางอุตสาหกรรมเคยใช้สำหรับการสกัด (extraction) และในการทำความสะดวกเฉพาะที่ เช่น เช็ดรอยเปื้อน

ในช่วงปลาย ปี ค.ศ. ๑๙๙๐ มีการผลิตคลอโรฟอร์มปีละประมาณ ๕๒๐,๐๐๐ ตัน ส่วนใหญ่อยู่ในสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น ส่วนใหญ่ใช้ผลิตสารคลอโรไดฟลูออโรมีเทน ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็น (ใช้น้อยลงเรื่อยๆ) และใช้เป็นวัตถุอันตรายสำหรับทำฟลูออโรพอลิเมอร์ (ใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ) คลอโรฟอร์มถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศจากโรงงานผลิตสารนี้และจากกระบวนการทางเคมีที่มีคลอรีนเข้ามาเกี่ยวข้อง รวมทั้งในการขัดขาวและฆ่าเชื้อ เช่น โรงงานเยื่อกระดาษและโรงงานบำบัดน้ำ คลอโรฟอร์มยังใช้ในการผลิตสารปราบศัตรูพืชและเป็นตัวทำละลายไขมัน น้ำมัน ยาง อัลคาลอยด์ แวกซ์ และเรซิน และเป็นสารทำความสะอาดและใช้ในสารดับเพลิง รวมทั้งในอุตสาหกรรมยาง

คลอโรฟอร์มกลายเป็นไอกลับสู่อากาศง่าย ไม่อยู่ในดินนาน มักจะกลายเป็นไอหรือไปอยู่ในน้ำใต้ดิน คาดประมาณว่า คลอโรฟอร์มปล่อยสู่บรรยากาศทั่วโลก ๖๖๐,๐๐๐ ตันต่อปี โดยร้อยละ ๙๐ ของการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยคลอโรฟอร์มในดินและน้ำผิวดินกลายเป็น

เป็นไอ และในอากาศจะเปลี่ยนแปลงต่อไปอาจสลายตัวเมื่อสัมผัสแสง ให้คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สฟอสจีน ไดคลอโรมีเทน ฟอมีลคลอไรด์ ไฮโดรเจนคลอไรด์ และคลอรีน คลอโรฟอร์มอยู่ในอากาศค่อนข้างนาน มีค่าครึ่งชีวิต ๕๕-๖๒๐ วัน การเปลี่ยนสภาพในน้ำและดินเกิดขึ้นช้า คลอโรฟอร์มละลายได้ดีในน้ำและอาจจะแตกตัวให้สารอย่างอื่น คลอโรฟอร์มอยู่ในน้ำใต้ดิน คลอโรฟอร์มไม่สะสมในพืช สัตว์ และสัตว์น้ำ

คลอโรฟอร์มที่พบในอากาศนอกอาคาร มักมีความเข้มข้นต่ำกว่า ๑ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ความเข้มข้นในอากาศในอาคารอาจจะสูงเป็น ๑๐ เท่า และอาจสูงถึง ๑,๐๐๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในระหว่างอาบน้ำร้อนในสภาพที่มีการระบายอากาศไม่ดี ในน้ำดื่มความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟอร์ม อยู่ที่ ๑๐-๙๐ ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณการรับคลอโรฟอร์มเข้าสู่ร่างกายโดยเฉลี่ย ทั้งจากอาหาร น้ำดื่มและอากาศ ประมาณ ๐.๖-๑๐ ไมโครกรัม ต่อน้ำหนักตัว ๑ กิโลกรัมต่อวัน

การสัมผัส

เนื่องจากคลอโรฟอร์ม กลายเป็นไอดีง่าย จึงมักจะเล็ดลอดออกสู่บรรยากาศและปนเปื้อนเป็นมลพิษในอากาศ นอกจากนี้ยังสามารถออกจากกระบวนการอุตสาหกรรม และกระบวนการทางเคมี มนุษย์อาจสัมผัสคลอโรฟอร์มทั้งโดยการกินคลอโรฟอร์มในน้ำดื่ม อาหาร หรือดิน ทั้งโดยการดูดซึมทางผิวหนัง และโดยการหายใจเอาไอที่มีคลอโรฟอร์มเข้าไปโดยเฉพาะในอาคาร (indoor)

การดูดซึมคลอโรฟอร์มจากทางเดินอาหารเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ระดับความเข้มข้นสูงสุดในเลือดประมาณ ๑ ชั่วโมง และดูดซึมได้ถึงร้อยละ ๖๔-๘๘ นั้นเป็นข้อมูลในสัตว์ทดลอง ข้อมูลอันมีอยู่จำกัดในมนุษย์ก็บ่งชี้ไปในทางเดียวกัน คือ คลอโรฟอร์มดูดซึมเร็วและดูดซึมได้ง่าย แล้วร้อยละ ๙๐ ของที่กินเข้าไป จะหายใจออกในรูปคลอโรฟอร์มที่ยังไม่เปลี่ยนหรือในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ภายใน ๘ ชั่วโมง

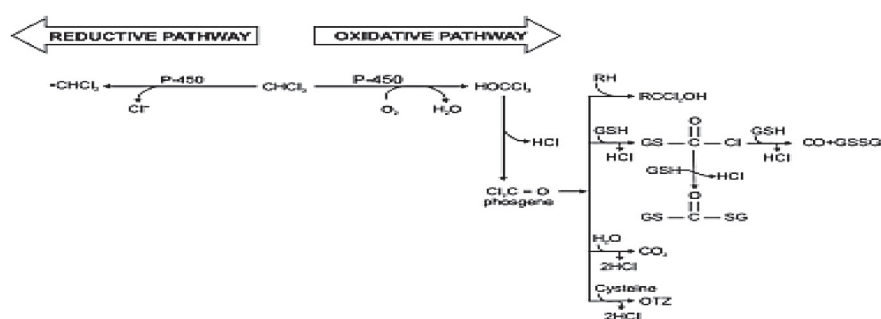
เมื่อดูดซึมแล้วคลอโรฟอร์มกระจายไปทั่วร่างกาย ระดับความเข้มข้นสูงสุดของคลอโรฟอร์มอยู่ในเนื้อเยื่อไขมัน ส่วนในไต ตับและสมองมีระดับต่ำ

เมแทบอลิซึม

คลอโรฟอร์มถูกเปลี่ยนแปลงในร่างกายมนุษย์ และสัตว์ทดลองโดยเอนไซม์ไซโตโครม p 450 ในกรณีที่มีออกซิเจน จะเปลี่ยนเป็นไดคลอโรเมทานอล ซึ่งจะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นฟอสจีน ในกรณีที่ไม่มีออกซิเจนอนุพันธ์ที่สำคัญคือไดคลอโรเมทานิลในรูปอนุมูลอิสระ เนื้อเยื่อเกือบทุกส่วนของร่างกายสามารถเมแทบอลิซ์คลอโรฟอร์มได้ อัตราเมแทบอลิซึมสูงในตับ ไตและเยื่อปอดซึ่งจุดเหล่านี้ก็เป็นจุดหลักที่คลอโรฟอร์มแสดงความเป็นพิษ นั้นหมายถึง

ความสำคัญของเมแทบอลิซึมในการเกิดพิษของคลอโรฟอร์ม สารที่เกิดขึ้นทั้งฟอสจีน และอนุมูลอิสระ ไดคลอโรเมทานิลต่างก็มีปฏิกิริยาต่อไปอย่างรวดเร็ว ฟอสจีนนั้นชอบออกซิเล็กรอน และทำปฏิกิริยาต่อเนื่องอีกหลายอย่าง ปฏิกิริยาที่เด่นที่สุดก็คือ ทำปฏิกิริยากับน้ำ แตกตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์กับกรดไฮโดรคลอริก การแตกตัวของฟอสจีนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าครึ่งชีวิตสั้นกว่า ๑ วินาที ฟอสจีนยังทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่ชอบนิวเคลียสอีกหลายประเภทรวมทั้งเอมีน กลุ่มไฮดรอกซีและไฮดรอล ฟอสจีนยังทำปฏิกิริยากับกลุ่มที่ชอบนิวเคลียสเหล่านี้ในโมเลกุลขนาดใหญ่ภายในเซลล์ เช่น เอนไซม์ โปรตีน ฟอสโฟไลปิด ส่งผลให้เกิดพันธะโควาเลนต์กับโมเลกุลเหล่านั้น การเกิดพันธะโควาเลนต์ จะรบกวนการทำงานระดับโมเลกุล เช่น ทำให้เอนไซม์เสียความสามารถในการช่วยทำปฏิกิริยา ส่งผลให้การทำงานของเซลล์นั้นลดลง และอาจลงท้ายด้วยการตายของเซลล์

ส่วนอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในสภาพมีออกซิเจนน้อยก็มีปฏิกิริยาต่อเนื่องอย่างรวดเร็วก่อพันธะโควาเลนต์กับเอนไซม์และกรดไขมัน อาจจะไปกับจุดที่เกิดอนุมูลอิสระนั้นเกือบจะทันที ส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์เสียไปและทำให้เกิดลิพิดเพอร์ออกซิเดชัน (Lipid peroxidation)



R = cellular nucleophile (protein, phospholipid, nucleic acid); GSH = reduced glutathione; GSSG = oxidized glutathione; OTZ = oxotriazolidine carboxylic acid; P-450 = cytochrome P-450

Source: Adapted from Stevens and Anders (1981), Tomasi et al. (1985), and ILSI (1997).

FIGURE 1. METABOLIC PATHWAYS OF CHLOROFORM BIOTRANSFORMATION

รูปที่ 1 เมแทบอลิซึมของคลอโรฟอร์ม

สันนิษฐานว่า กระบวนการเมแทบอลิซึมของคลอโรฟอร์มน่าจะเป็นในทางที่ใช้ออกซิเจนในเนื้อเยื่อในร่างกายมนุษย์เพราะว่าเนื้อเยื่อมนุษย์จะมีออกซิเจนอยู่สูง อย่างไรก็ตามในบริเวณ centrilobular ของตับซึ่งเป็นบริเวณที่คลอโรฟอร์มมีพิษต่อตับได้มากนั้น มีสภาพค่อนข้างจะพร่องออกซิเจน โดยมีแรงดันบางส่วน (partial pressure) ของออกซิเจนอยู่ระหว่างร้อยละ ๐.๑-๘ อย่างไรก็ตามมีหลักฐาน

แสดงว่า เมแทบอลิซึมส่วนใหญ่จะเกิดผ่านกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน โดยหลักฐานแรก ก็คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงคลอโรฟอร์มที่ไม่ใช้ออกซิเจน เกิดขึ้นเฉพาะในสัตว์ทดลองที่ได้รับเพนโทบาบิทัลมาก่อน โดยที่หากไม่ได้เพนโทบาบิทัลมาก่อนสัตว์ทดลองเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงคลอโรฟอร์มไปเป็นแบบที่ใช้ออกซิเจน หลักฐานประการที่ ๒ ในการทดลองนอกร่างกายสัตว์ทดลองโดยใช้ไมโครโซมจากตับและไตของหนู

แสดงว่าในสภาพพร้อมออกซิเจน มากกว่าร้อยละ ๗๕ ของ ฟอสโฟไลปิดจับกรดไขมัน สภาพนี้เข้าได้กับการเกิดพันธะ โคเวเลนต์นั้นเป็นจากการเกิดฟอสจีน ไม่ใช่อนุมูลอิสระ

การขับออกจากร่างกาย คลอโรฟอร์มส่วนใหญ่ถูก ขับออกจากร่างกายทางปอด โดยร้อยละ ๙๐ ออกในรูปของ คลอโรฟอร์มหรือรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ น้อยกว่าร้อยละ ๐.๐๑ ขับออกทางปัสสาวะ

ไม่มีข้อมูลสนับสนุนว่าการสะสมของคลอโรฟอร์ม หลังจากได้รับสัมผัสหลายๆ ครั้ง เนื่องจากการขับออกและ เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของคลอโรฟอร์ม ร่วมกับได้มีการ ตรวจศพมนุษย์พบว่า มีระดับคลอโรฟอร์มต่ำมาก สนับสนุน ว่าไม่มีการสะสมคลอโรฟอร์มในเนื้อเยื่อมนุษย์

ผลต่อสุขภาพ

ผลต่อมนุษย์ โดยทั่วไปคลอโรฟอร์มทำให้เกิดอาการ พิษในมนุษย์เช่นเดียวกับในสัตว์ทดลอง ในอดีตคลอโรฟอร์ม ใช้เป็นสารนำและดมยาสลบ ซึ่งถูกยกเลิกไปเพราะทำให้เสียชีวิตเนื่องจากการหายใจล้มเหลวและหัวใจเต้นผิดปกติ หลัง ดมยาสลบด้วยคลอโรฟอร์ม คนไข้บางคนมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ตัวเหลือง ตาเหลือง และโคมาจากการทำงานของ ตับผิดปกติ จากการผ่าศพตรวจพบว่า มีเซลล์ตับตายและ เสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่ามีเนื้อไตตายและ ไตทำงานผิดปกติจากการใช้คลอโรฟอร์มเป็นสารดมยาสลบ มีรายงานว่าหากได้รับสัมผัสเป็นเวลา ๑ ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น ๒.๕ กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเกิดผลเสียดังกล่าว หากสัมผัส ต่ำว่า ๐.๒๕ กรัมต่อลูกบาศก์เมตรอาจทำให้เกิดอาการไม่ สบาย เมื่อกินเข้าไปคลอโรฟอร์มทำให้เกิดอาการคล้ายกับ เมื่อหายใจเข้าไป ปริมาณที่เคยมีรายงานความเป็นพิษอย่าง ชัดเจนคือ ๗.๕ กรัม LD 50 ในสภาพรับสัมผัสโดยการกินใน ผู้ใหญ่ คาดว่าอยู่ที่ ๔๕ กรัม กรณีกระเด็นเข้าตาทำให้เกิด การระคายเคืองและการอยู่ในสภาพที่มีไคลคลอโรฟอร์มสูงจะ ทำให้เกิดความรู้สึกระคายเคืองตา

มีรายงานตัวเหลืองตาเหลือง (jaundice) จากตับ อักเสบ ในคนงานที่สัมผัสคลอโรฟอร์มความเข้มข้น ๘๐-๑๖๐ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลาไม่ถึง ๔ เดือน และมี รายงานว่ามีการระบาดของสภาพตับอักเสบนี้ เมื่อคนงาน สัมผัสคลอโรฟอร์มสูงกว่า ๑,๕๕๐ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลาไม่ถึง ๖ เดือน

หากหายใจคลอโรฟอร์มที่มีความเข้มข้น 900 ppm ใน เวลาสั้นจะเกิดการเวียนศีรษะ อ่อนแรงและปวดศีรษะ หาก

สัมผัสที่ผิวหนังในขนาดสูงจะทำให้ปวดได้ ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่า คลอโรฟอร์มเกิดผลเสียต่อระบบสืบพันธุ์และก่อวิรูปในมนุษย์ หรือไม่ มีเพียงข้อมูลในสัตว์ทดลอง

มีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามประเมินความ สัมพันธ์ระหว่างการดื่มน้ำที่ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน กับอุบัติการณ์ การเกิดมะเร็ง โดยคลอโรฟอร์มเป็นสารหนึ่งในหลายๆ อย่าง ที่เกิดขึ้นเมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับอินทรีย์สารในน้ำ มีบาง รายงานพบความเสี่ยงของมะเร็งกระเพาะปัสสาวะเพิ่มขึ้นเมื่อ ดื่มน้ำที่มีคลอรีนอยู่ อย่างไรก็ตามผลไม่สอดคล้องกันระหว่าง ชายและหญิงและผู้สูบบุหรี่ไม่สูบบุหรี่ ยิ่งไปกว่านั้นการศึกษา เหล่านี้ไม่ได้แยกการสัมผัสเฉพาะของสารที่เกิดขึ้นจากคลอรีน ทำปฏิกิริยากับอินทรีย์สารในน้ำแต่ละตัว จึงไม่สามารถระบุได้ ว่า คลอโรฟอร์มมีส่วนเพิ่มความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด ความ เสี่ยงอาจเป็นจากสารฆ่าเชื้อ สารที่เกิดขึ้นร่วมกับการใช้สารฆ่า เชื้ออย่างอื่น ส่วนผสมของสารเหล่านั้น สารปนเปื้อนอื่นๆ ใน น้ำ โดยที่คลอรีนในน้ำเป็นเพียงตัวแทนของสิ่งเหล่านั้นซึ่งเรา สามารถวัดได้

ในปี ค.ศ. ๑๙๙๘ องค์การอนามัยโลกได้ประเมินความ เสี่ยงของการฆ่าเชื้อในน้ำดื่มและสารที่เกิดขึ้น (by-products) by-products ของการใช้คลอรีนฆ่าเชื้อน้ำประปา กลุ่มสำคัญคือ ไตรฮาโลมีเทน นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ เช่น กรดฮาโลอะเซติก ในไตรฮาโลมีเทนส่วนใหญ่จะเป็นคลอโรฟอร์ม ความเข้มข้น ของไตรฮาโลมีเทนในน้ำในสระว่ายน้ำส่วนใหญ่ขึ้นกับขนาด ของคลอรีน อินทรีย์สารในสระน้ำ ระยะเวลาสัมผัสและ อุณหภูมิ ในสระว่ายน้ำส่วนใหญ่องค์ประกอบสำคัญของ ไตรฮาโลมีเทนคือคลอโรฟอร์ม ในขณะที่สระน้ำทะเลจะเป็น โบโรโมฟอร์ม สำหรับคลอโรฟอร์ม องค์การอนามัยโลกสรุปว่า น้ำหนักของข้อมูลหลักฐานที่มีแสดงว่า คลอโรฟอร์มสามารถ ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลองต่อเมื่อได้สัมผัสต่อเนื่องที่จะเป็น พิษต่อเซลล์ และการสัมผัสคลอโรฟอร์มความเข้มข้นต่ำมากใน น้ำดื่มไม่ได้ทำให้มนุษย์เสี่ยงเป็นมะเร็งเพิ่มขึ้น International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดคลอโรฟอร์ม เป็นสารกลุ่ม 2 B คืออาจก่อให้เกิดมะเร็ง หมายถึงมีหลักฐาน เพียงพอในสัตว์ทดลองว่าก่อมะเร็ง แต่มีหลักฐานไม่เพียงพอ ว่าก่อมะเร็งในมนุษย์

องค์การอาหารและเกษตรกรรมกับองค์การอนามัย โลก สรุปว่าไม่ควรจะใช้คลอโรฟอร์มเป็นสารละลายที่ใช้สกัด (extraction solvent) สำหรับสารที่จะใช้ในกระบวนการผลิต อาหาร การผลิตและแปรรูปอาหาร

การเฝ้าระวัง

ยังไม่มี การทดสอบหรือเทสต์ที่จะบอกได้ว่าได้รับคลอโรฟอร์มมากน้อยเพียงใด หรือเกิดผลเสียจากคลอโรฟอร์มแล้ว การวัดคลอโรฟอร์มในน้ำส่วนต่างๆ ในร่างกายและเนื้อเยื่อในร่างกายอาจจะบอกได้ว่าได้รับคลอโรฟอร์มในปริมาณมาก แต่การทดสอบจะมีประโยชน์ต่อเมื่อได้ตรวจทันทีหลังสัมผัส อีกประการหนึ่งคือ คลอโรฟอร์มในร่างกายอาจจะเป็นผลมาจากการสัมผัสสารเคมีอื่น แล้วเปลี่ยนในร่างกายเป็นคลอโรฟอร์มก็ได้ ไม่จำเป็นว่าจะต้องสัมผัสคลอโรฟอร์มเท่านั้น

ACGIH กำหนดค่า TLV TWA 10 ppm

USEPA กำหนดมาตรฐานน้ำดื่ม สำหรับไตรฮาโลมีเทน ไม่เกิน ๑๐๐ ไมโครกรัมต่อลิตร USEPA กำหนดให้การทรวูของคลอโรฟอร์มตั้งแต่ ๑๐ ปอนด์ขึ้นไป ต้องรายงานให้ USEPA ทราบ OSHA กำหนดค่า TLV TWA ของคลอโรฟอร์มที่ 50 ppm

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานค่าเฉลี่ยคลอโรฟอร์มในอากาศ ใน ๑ ปี ไม่เกิน ๐.๔๓ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กรมควบคุมมลพิษกำหนดมาตรฐานค่าเฉลี่ยคลอโรฟอร์มในอากาศ ใน ๒๔ ชั่วโมง ไม่เกิน ๕๗ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

๑. <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad58.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๒. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol73/mono73-10.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๓. <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=16> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๔. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0127.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๕. <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0027.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๖. <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/67663.html> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๗. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0127.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๘. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=52&tid=16> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕
๙. <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0025tr.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๕๕

Abstract

Chloroform

Pornchai Sithisarankul

Department of Preventive and Social Medicine, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University

Chloroform was used as an anesthetic agent. Nowadays it is produced to be raw material for producing fluoropolymers, and is produced in chlorine-related chemical processes. This article reviews sources, metabolism, health effects, and surveillance.

Key words: Chloroform, Exposure, Metabolism, Health effects, Standard, Surveillance