การประเมินการรับสัมผัสสารทาเลทในช่างทำเล็บ

นันทพร ภัทรพุทธ[1] ธีรานันท์ นาคใหญ่[1] กมลวรรณ พรมเทศ[1,*]

[1] สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

ทาเลท (Phthalate) สารอินทรีย์กึ่งระเหยง่าย ซึ่งถูกใช้ในเครื่องอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวันหลายชนิด เนื่องจากทาเลทเป็นสารรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อจึงส่งผลกระทบต่อร่างกายได้ในวงกว้าง ในการศึกษานี้ทำการประเมินการรับสัมผัสสารทาเลทในช่างทำเล็บ จากการสัมผัสกับฝุ่นที่มีทาเลทซึ่งเป็นส่วนผสมในสีทาเล็บ อุปกรณ์ต่อและตกแต่งเล็บโดยเฉพาะในกระบวนการขัดและตะไบเล็บที่ส่งผลให้การรับสัมผัสทาเลทในฝุ่นได้ ตัวอย่างฝุ่นถูกเก็บด้วยเครื่องดูดฝุ่นร่วมกับถุงเก็บฝุ่น ทำการวิเคราะห์ทาเลท 3 ชนิดประกอบด้วย Dibutyl phthalate (DBP), Benzyl butyl phthalate (BBP) และ Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี และประเมินการรับสัมผัสสารทาเลทผ่านการกินฝุ่นโดยไม่ตั้งใจและการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง ผลการศึกษาพบว่า DBP เป็นทาเลทที่มีปริมาณสูงสุดในร้านทำเล็บ (1384.9 ± 374.3 µg/g of dust) รองลงมาคือ DEHP (239.2 ± 164.4 µg/g of dust) และ BBP (26.7 ± 12.5 µg/g of dust) ตามลำดับ การประเมินการรับสัมผัสของทาเลทพบว่าช่องทางการรับสัมผัสหลักคือการกินโดยไม่ตั้งใจ แต่เมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงการรับสัมผัสของ EFSA และ US.EPA พบว่ายังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากทาเลทมีโอกาสรับสัมผัสในสิ่งแวดล้อมทั่วไปได้ การควบคุมปริมาณการรับสัมผัสให้น้อยที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อความปลอดภัยของช่างทำเล็บ เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์ปลอดสารทาเลท การใช้เครื่องฟอกอากาศลดฝุ่น การรักษาสุขอนามัยในที่ทำงาน การใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยระหว่างการทำงาน เป็นต้น

คำสำคัญ: ทาเลท ช่างทำเล็บ สารรบกวนการทำงานต่อมไร้ท่อ การประเมินการรับสัมผัส

รับบทความ: *12 มิถุนายน 2568* ***แก้ไข:*** *26 สิงหาคม 2568* ***ตอบรับ:*** *2 กันยายน 2568*

[*] ผู้รับผิดชอบบทความ

กมลวรรณ พรมเทศ

สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย 20131

อีเมล: kamonwan.pr@go.buu.ac.th

Phthalates Exposure Assessment in Nail Technicians

Nantaporn Phatrabuddha[1] Teeranun Nakyai[1] Kamonwan Promtes[1,*]

[1] Industrial Hygiene and Safety Program, Faculty of Public Health, Burapha University

Abstract

Phthalates, semi-volatile organic compounds, are commonly used in a wide range of daily consumer products. Because phthalates are endocrine-disrupting substances, they can have widespread effects on the human body. This study aims to assess phthalate exposure among nail technicians due to contact with phthalates present in nail polishes, nail extension materials, and nail decoration products—particularly during filing and buffing processes. Dust contained phthalate was collected using vacuum devices equipped with dust collection bags. Three types of phthalates— Dibutyl phthalate (DBP), Benzyl butyl phthalate (BBP) and Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) were analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). The study assessed exposure through unintentional ingestion and dermal absorption of phthalate-containing dust. The study found that DBP was the most phthalate in nail salon (1384.9 ± 374.3 µg/g of dust) followed by DEHP (239.2 ± 164.4 µg/g of dust) and BBP (26.7 ± 12.5 µg/g of dust) respectively. The exposure assessment of phthalate revealed that the primary route of exposure is through unintentional ingestion. When compared to the reference doses established by EFSA and the US. EPA, the levels were found to be within acceptable limits. However, since phthalates can also be encountered in the general environment, minimizing exposure is essential for worker safety and health. This can be achieved through the use of phthalate-free products, the installation of air purifiers to reduce dust, maintaining workplace hygiene, and wearing appropriate personal protective equipment during work *etc*.

Keywords: Phthalates, Nail technicians, Endocrine disruptor substances, Exposure assessment

Received: *12 June 2025,* ***Revised:*** *26 August 2025,* ***Accepted:*** *2 September 2025*

[*]Corresponding author

Kamonwan Promtes

Industrial Hygiene and Safety Program, Faculty of Public Health, Burapha University, Mueang, Chonburi, Thailand 20131

Email: Kamonwan.pr@go.buu.ac.th

บทนำ

จากค่านิยมความสวยงามของชายและหญิงในปัจจุบัน ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของร้านเสริมความงาม และจำนวนผู้ประกอบอาชีพในร้านเสริมความงามเพิ่มขึ้น จากข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ รายงานว่าประเทศไทยมีร้านเสริมสวยกว่า 120,000 ร้าน คิดเป็นมูลค่าตลาดกว่า 60,000 ล้านบาท [1] ธุรกิจร้านเสริมสวยในปัจจุบันมีการจำแนกย่อยออกเป็นหลายประเภท อาทิ ร้านตกแต่งทรงผม ร้านต่อขนตา สักปากสักคิ้ว แว็กซ์ขนและร้านทำเล็บ เป็นต้น สำหรับร้านทำเล็บเป็นร้านเสริมความงามที่ได้รับความนิยมอย่างมาก แต่เดิมการทำเล็บเป็นเพียงการตกแต่งและทาสีเล็บ ปัจจุบันมีเทคนิคการทาสีเล็บแบบพิเศษที่มีการเพิ่มความเงา ความแวววาว เพิ่มความแข็งแรงของตัวเล็บ และการติดทนของเนื้อสีโดยใช้สีทาเล็บชนิดเจล รวมถึงการต่อความยาวเล็บด้วยวัสดุพิเศษชนิดต่างๆ ส่งผลให้ช่างทำเล็บมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเคมีในการทำงานเพิ่มขึ้น อาทิ โลหะหนัก [2, 3] สารระเหยอินทรีย์ โทลูอีน และฟอร์มัลดีไฮด์ [4, 5] สำหรับผลิตภัณฑ์ล้างสีเล็บพบว่ามีส่วนประกอบของอะซีโตน (Acetone) หรือเอทิล อะซิเตท (Ethyl acetate) [6] นอกจากนี้ยังพบสารกลุ่มทาเลท (Phthalates) [7] ในสีทาเล็บ วัสดุตกแต่งและต่อเล็บจำพวกพีวีซี อะคริลิก (Acrylic) หรือ ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass)

ทาเลทเป็นสารเติมแต่งในพลาสติก (Plasticizer) มีคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ป้องกันการแตกร่อน ทำให้สีติดทน เพิ่มความคงทนให้ผลิตภัณฑ์ [8] ทาเลทจึงมักเป็นองค์ประกอบในการผลิตพลาสติกพีวีซี [9] และองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น เสื่อพลาสติก สีทาบ้าน วัสดุปูผนัง พรม ของเล่นเด็ก ขวดนม จุกนมหลอก บรรจุภัณฑ์อาหาร กาว หมึกพิมพ์ เครื่องสำอาง บรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ สเปรย์ใส่ผม แชมพู เครื่องสำอาง รวมถึงสีทาเล็บ [9, 10] ทาเลทเป็นสารอินทรีย์กึ่งระเหยง่าย เข้าสู่ร่างกายได้ผ่านทางการกิน การหายใจและการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง [9] เป็นสารรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ (Endocrine disruptor substances) ส่งผลต่อระบบฮอร์โมนของร่างกาย อาทิเช่น ภาวะน้ำหนักเกินเกณฑ์ การเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ความผิดปกติของฮอร์โมนไทรอยด์ ความเสี่ยงต่อมะเร็งต่อมไทรอยด์ ความดันโลหิตสูงขึ้น การเป็นสาว/เป็นหนุ่มก่อนวัย และยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหอบหืด ภูมิแพ้ ส่งผลต่อความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์เพศชายและเซลล์สืบพันธุ์เพศชาย ในเพศหญิงส่งผลต่อความผิดปกติของฮอร์โมน การเป็นมะเร็งเต้านม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหญิงตั้งครรภ์ อาทิ การแท้ง การคลอดก่อนกำหนด หรือทารกมีน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ [9, 11-20] ซึ่งเด็กเล็ก หญิงตั้งครรภ์และทารกในครรภ์เป็นกลุ่มอ่อนไหวต่อการรับสัมผัสสารทาเลท จากข้อมูลพบว่าในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับสารทาเลทอยู่น้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งยังไม่มีการศึกษาสารทาเลทในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพรวมถึงการรับสัมผัสในบริบทการทำงานในการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์ปริมาณทาเลทในฝุ่นหนักหรือฝุ่นที่ตกบนพื้นผิวบริเวณพื้นที่ทำงาน อาทิ โต๊ะทำเล็บ ผนังของอาคาร และพื้นผิวของเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ในบริเวณ

ร้านทำเล็บ และประเมินการรับสัมผัสในช่างทำเล็บเพื่อเป็นข้อมูลเฝ้าระวังผลกระทบจากการสัมผัสสารทาเลทต่อสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างฝุ่น

ในการประเมินการรับสัมผัสสารทาเลทของช่างทำเล็บในครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการ HS 086/2564 กำหนดขอบเขตพื้นที่การศึกษา โดยคัดเลือกร้านทำเล็บใน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวน 5 ร้าน เก็บตัวอย่างฝุ่น 1 ครั้งในเดือนมกราคม 2566 บริเวณพื้นที่ทำงาน และพื้นที่โดยรอบขณะทำงาน โดยจะเก็บเฉพาะฝุ่นที่อยู่สูงจากพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร ด้วยเครื่องดูดฝุ่น (เครื่องดูดฝุ่นแบบด้าม IRICCO รุ่น TST-W163 กำลังไฟ 600 วัตต์ แรงดันไฟ 220 โวลท์) ร่วมกับถุงเก็บฝุ่น ซึ่งการเก็บฝุ่นแต่ละครั้งใช้เวลานาน 5 นาที ฝุ่นที่ได้นำมาร่อนเพื่อแยกเศษเล็บ ผม หรืออนุภาคที่มีขนาดใหญ่ออกด้วยตะแกรงขนาด 150 mesh โดยจะได้ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน จากนั้น นำฝุ่นไปชั่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 25-50 มิลลิกรัม นำไปเก็บไว้ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ Promtes และคณะ[10] ก่อนนำไปวิเคราะห์ นอกจากนี้ มีการจดบันทึกอุณหภูมิ และความชื้นในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วย

การวิเคราะห์สารทาเลทในฝุ่นร้านทำเล็บ

นำตัวอย่างฝุ่นมาทิ้งให้คลายความเย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการวิเคราะห์ ทำการเติมอะซิโตน ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ที่ผสมด้วย Benzyl benzoate (BB; CAS No. 120-51-4) ปริมาตร 2.5 µg/ml ซึ่งเป็น Internal standard หลังการผสมตัวอย่างฝุ่นกับอะซิโตนแล้วนำไปสกัดด้วยเครื่อง Ultrasonic water bath เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ข้ามคืนในที่แห้งและเย็น พ้นแสงแดด จากนั้นนำสารผสมที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ทำการเก็บสารใสส่วนบนที่ได้จากการสกัดไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของสารทาเลท ได้แก่ Dibutyl phthalate (DBP), Benzyl butyl phthalate (BBP) และ Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) ด้วยเครื่อง Gas chromatography-mass spectrometer (GC Model 8890/ MS model 5977B Agilent Technologies, USA) คอลัมน์ HP-5MS ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมครอน สภาวะของเครื่องอ้างอิงตามวิธีของ วรประภา ศรีโยทัย และ ดวงนภา สุวรรณ[21] ดังตารางที่ 1 และเลขมวลอ้างอิงและ Retention time ของสารทาเลทและ BB แสดงในตารางที่ 2

การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์

นำสารทาเลทมาตรฐานมาเตรียมที่ 5 ความเข้มข้น (0.01, 0.1, 0.5, 1, and 10 µg/mL) ร่วมกับการเติม BB เพื่อเป็น Internal standard ที่ความเข้มข้น 2.5 µg/mL ทำการฉีดสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 3 ครั้ง ด้วยเครื่อง GC/MS ประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) ของกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) ต้องไม่น้อยกว่า 0.995 สำหรับ Limit of detection(LOD) และ Limit of quantitation(LOQ) ประเมินจากความเข้มข้นต่ำที่สุดที่เตรียมขึ้น (0.01 µg/mL) นำไป

วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS 6 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดย LOD เท่ากับ 3SD และ LOQ เท่ากับ 10SD

การประเมินการรับสัมผัสสารทาเลทจากฝุ่นในร้านทำเล็บ

ทำการประเมินการได้รับสารทาเลทจากการกินฝุ่นโดยไม่ตั้งใจ (สมการที่ 1) และจากการดูดซึมผ่านทางผิวหนัง (สมการที่ 2) สำหรับการคำนวณการรับสัมผัสสารทาเลทจะประเมินถึงสัดส่วนที่สารทาเลทสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้โดยประยุกต์จาก Guo และ Kannan [22] ใช้ตัวแปรในการปรับค่าการรับสัมผัสการดูดซึมทาเลทเข้าสู่ร่างกาย (Internal dose) ของ Wormuth และคณะ [23] ดังตารางที่ 3

$$Ex_{dust\ ingestion} = \frac{Cd.T.Fing.Rdust\ ing}{BW} \text{------ 1}$$

$$Ex_{dust\ to\ skin} = \frac{Cd.T.D.Fskin.Bs}{BW} \text{------ 2}$$

ตารางที่ 1. สภาวะของเครื่อง GC/MS ในการวิเคราะห์สารทาเลท

GC condition		**MS Conditions**	
Inlet temp.	290 c	Solvent delay	6 min
Carrier gas	He 1.0 mL/min	MS temp.	230 c (Source), 150 c (Quad)
Injection mode	Splitless	Transfer line temp.	280 c
Injection volume	1 uL	MS mode	EI, SIM Mode
Oven temp. program	50 c hold time 1 min, to 280 c at 30 c/min, to 310 c at 15 c/min hold time 4 min		

ตารางที่ 2. เลขมวลอ้างอิงและ retention time ของสารทาเลทและ Benzyl benzoate (BB)

Name	**Rt**	**Qt ion**	**Cf ion**	
BB*	7.77	105	91	194
DBP	8.38	149	167	223
BBP	9.69	149	91	206
DEHP	10.27	149	167	279

* internal standard; Rt- retention time; Qt- quantification ion; Cf-confirmation ion

ตารางที่ 3. ตัวแปรการรับสัมผัสสารทาเลท

ตัวย่อ	ความหมาย	ค่าที่กำหนด	หน่วย
$Ex_{dust\ ingestion}$	การรับสัมผัสฝุ่นทาเลทผ่านทางการกิน		µg/kg.BW/day
$Ex_{dust\ to\ skin}$	การรับสัมผัสฝุ่นทาเลทผ่านการดูดซึมทางผิวหนัง		µg/kg.BW/day
Cd	ปริมาณทาเลทในฝุ่น		µg/g of dust
T	สัดส่วนการทำงานใน 24 ชั่วโมง (ผู้ประกอบอาชีพทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน)*	0.417	-
BW (NSTDA, 2009)	น้ำหนักเฉลี่ยในคนไทย	63.12	kg
$R_{dust\ ing}$(US.EPA 2011)	ปริมาณการได้รับฝุ่นทางการกินในผู้ใหญ่ต่อวัน	0.03	g/d
F_{ing} (Wormuth et al.,2006)	สัดส่วนการดูดซึมของทาเลทเข้าร่างกายทางการกินจำแนกตามทาเลทแต่ละชนิด		
	DBP	0.685	-
	BBP	0.725	-
	DEHP	0.552	-
D (Guo and Kannan 2011)	ปริมาณฝุ่นที่เกาะติดบนผิว	0. 96	g/m^2
Fskin (Wormuth et al.,2006)	สัดส่วนการดูดซึมของทาเลทเข้าร่างกายทางผิวหนังในผู้ใหญ่		
	DBP	0.0007780	
	BBP	0.0003540	
	DEHP	0.0000530	
Body Surface (BS)**	พื้นผิวของร่างกายที่สัมผัสกับทาเลทต่อวัน (เฉพาะส่วนของร่างกายภายนอกร่มผ้า)	14.62	m^2/day

* ประเมินจากเวลาเปิดให้บริการของร้านทำเล็บ

**การประมาณพื้นที่ผิวของร่างกายประเมินจากน้ำหนักและส่วนสูงเฉลี่ยในคนไทยอายุ 16 - มากกว่า 60 ปี จากข้อมูล NSTDA (2009) ส่วนสูงเฉลี่ยในคนไทย 163.23 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยในคนไทย 63.12 กิโลกรัม โดยพื้นผิวของร่างกายภายนอกร่มผ้าคิดเป็น 1 ใน 4 ของพื้นผิวของร่างกาย[22] แทนค่าในสมการที่ 3 ของ Mosteller (1987) ($BS=((H \times W)/3600)^{1/2} \times 0.25$ -------3)

ผลการวิจัย

จากข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่บันทึกในระหว่างการเก็บตัวอย่างฝุ่นในร้านทำเล็บ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในร้านทำเล็บ เท่ากับ 25.9 ± 1.2 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 39.6 ± 2.9 % ซึ่งช่วงที่ทำการตรวจวัดอยู่ในช่วงเดือนมกราคมที่มีอากาศแห้ง อย่างไรก็ดีอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยอยู่ในระดับสบายเนื่องจากร้านทำเล็บทุกร้านมีการควบคุณอุณหภูมิและความชื้นด้วยเครื่องปรับอากาศ ซึ่งแม้บรรยากาศในร้านทำเล็บจะเย็นและแห้งแต่เนื่องจากทาเลทเป็นสารอินทรีย์กึ่งระเหยง่าย ทาเลทยังสามารถระเหยสู่สิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ดีการใช้เครื่องปรับอากาศจะส่งผลต่อการฟุ้งกระจายของฝุ่นได้น้อยกว่าการใช้พัดลมหรือการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ สำหรับผลวิเคราะห์ปริมาณทาเลทในฝุ่นที่เก็บได้จากพื้นที่การทำงานภายในร้านทำเล็บ พบว่า DBP เป็นทาเลทที่มีปริมาณสูงสุดเฉลี่ย 1384.9 ± 374.3 µg/g of dust คิดเป็น 84% ของปริมาณทาเลทรวม รองลงมาคือ DEHP มีปริมาณเฉลี่ย 239.2 ± 164.4 µg/g of dust คิดเป็น 14% ของปริมาณทาเลทรวม และ BBP มีปริมาณเฉลี่ย 26.7 ± 12.5 µg/g of dust คิดเป็น 2% ของปริมาณทาเลทรวม ดังแสดงในตารางที่ 4

การได้รับสัมผัสสารทาเลทของช่างทำเล็บ

การศึกษาการรับสัมผัสสารทาเลทในช่างทำเล็บ จากการประเมินองค์ประกอบของทาเลทที่เก็บจากฝุ่นหนักบริเวณพื้นที่การทำงาน เนื่องจากประเมินฝุ่นทาเลทจากฝุ่นหนักจึงประเมินการรับสัมผัสที่เป็นไปได้และสอดคล้องกับเส้นทางการรับสัมผัสจริง การประเมินปริมาณการรับสัมผัสจะประเมินเฉพาะโอกาสการได้รับสารทาเลทจากฝุ่นผ่านทางการกิน และการดูดซึมของทาเลทผ่านทางผิวหนัง โดยไม่ประเมินการรับสัมผัสผ่านทางการหายใจเนื่องจากฝุ่นที่เก็บได้มีขนาดใหญ่ จากข้อมูลการประเมินการรับสัมผัสพบว่าการรับสัมผัสทาเลทผ่านการกินเป็นช่องทางการรับสัมผัสหลัก คิดเป็น 68% ของการรับสัมผัสทาเลทรวม เมื่อประเมินการรับสัมผัสรวมจากช่องทางการกินและทางผิวหนังพบว่า DBP (287.9 ± 77.8 ng/kg.BW/day) มีโอกาสรับสัมผัสสูงที่สุด รองลงมาคือ DEHP (27.3 ± 18.8 ng/kg.BW/day) และ BBP (4.7 ± 2.2 ng/kg.BW/day) ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงการรับสัมผัสของทาเลทจาก The European Food Safety Authority (EFSA) และ United States Environmental Protection Agency (US.EPA) พบว่าการรับสัมผัสทาเลททุกชนิดต่ำกว่าค่า TDI และ RfD ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 6)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ปริมาณทาเลทในสีทาเล็บ

ทาเลทเป็นสารที่มีการใช้ในเครื่องอุปโภคบริโภคในชีวิตประจำวัน ได้อย่างหลากหลายแตกต่างไปตามคุณสมบัติที่ต้องการตามชนิดของสารทาเลท อาทิเช่น การใช้ DEHP ซึ่งเป็นทาเลทที่มีมวลโมเลกุลสูงเป็นสารเติมแต่งในพลาสติกพีวีซี ในขณะที่ ทาเลทที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ๆ เช่น DMP, DEP และ DBP มักถูกเติมในตัวทำละลาย กาว สี เครื่องสำอาง และ สารกำจัดแมลง [24] จากการศึกษาก่อนหน้าที่ทำการศึกษาปริมาณสารทาเลทในสีทำเล็บในประเทศสหรัฐอเมริกา[25-29] ประเทศ

ตารางที่ 5. การรับสัมผัสทาเลทในฝุ่นของช่างทำเล็บ

	Ex_dust ingestion			Ex_dust to skin			Total exposure		
	(ng/kg.BW/day)								
	DBP	BBP	DEHP	DBP	BBP	DEHP	DBP	BBP	DEHP
ร้านที่ 1	242.0	5.7	13.6	128.6	1.3	0.6	370.5	7.0	14.3
ร้านที่ 2	199.2	6.1	21.6	105.8	1.4	1.0	305.0	7.5	22.6
ร้านที่ 3	200.9	3.2	7.8	106.8	0.7	0.4	307.7	3.9	8.1
ร้านที่ 4	91.3	1.4	28.5	48.5	0.3	1.3	139.8	1.8	29.8
ร้านที่ 5	206.7	2.8	59.3	109.9	0.6	2.7	316.6	3.4	61.9
เฉลี่ย	188.0	3.8	26.2	99.9	0.9	1.2	287.9	4.7	27.3
SD	50.8	1.8	18.0	27.0	0.4	0.8	77.8	2.2	18.8

ตารางที่ 6. ค่าอ้างอิงการรับสัมผัสทาเลท

	ค่าอ้างอิงการรับสัมผัส(ng/kg.BW/day)	
	EFSA[37-39],TDI[a*]	US EPA[40],RfD[b]**
DBP	1×10^5	1×10^6
BBP	5×10^6	2×10^6
DEHP	5×10^5	2×10^5

*TDI; Tolerable daily intake, **RfD; References dose, [a]EFSA, 2005, [b]US.EPA, 2005

แคนาดา[29] และประเทศเกาหลี[30] พบว่า DBP เป็นทาเลทที่พบมากที่สุดรองลงมาคือ DEHP และ BBP อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ วิเคราะห์ปริมาณทาเลทจากฝุ่นในร้านทำเล็บที่มีองค์ประกอบของสีทาเล็บ ร่วมกับวัสดุต่อและตกแต่งเล็บ ซึ่งเป็นได้ทั้งวัสดุต่อเล็บชนิดพีวีซี ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) หรืออะคริลิก (Acrylic) สำหรับไฟเบอร์กลาสในกระบวนการต่อเล็บจะมีการใช้ร่วมกับกาวเรซินเพื่อให้วัสดุมีความแข็งและอะคริลิกมีการผสมกันระหว่างผงอะคริลิกร่วมกับโมโนเมอร์เจลทำให้เกิดเจลและปั้นแข็งได้ สำหรับพีวีซี เป็นวัสดุที่มีการเติม DEHP เป็นองค์ประกอบหลัก [24] สำหรับกาวเรซินและโมเมอร์เจลล์ที่เป็นองค์ประกอบของไฟเบอร์กลาสและอะคริลิก (Acrylic) อาจมีองค์ประกอบของ DBP ได้ [31] ที่ส่งผลให้พบ DBP ในฝุ่นจากร้านทำเล็บสูง

สำหรับ DEHP และ BBP เป็นทาเลทที่พบได้มากในสีทาเล็บเช่นกัน จากการศึกษาของ Young และคณะ[7] ที่ทำการเก็บตัวอย่างสีทาเล็บ

จำนวน 40 ตัวอย่าง จาก 12 ยี่ห้อ ที่วางขายในสหรัฐอเมริกา พบทาเลทหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ BBP, DEHP, DEHA, DEP, DMP, DBP, DiBP, DnHP และ DnOP โดยพบ BBP ได้ในทุกตัวอย่าง รองลงมาคือ DEHP และ DBP ที่พบได้ 39 และ 36 จาก 40 ตัวอย่าง ตามลำดับ โดย DEHP มีความเข้มข้นเฉลี่ย สูงที่สุด (1.65 µg/g) รองลงมาคือ BBP (1.00 µg/g) DiBP (0.114 µg/g) DEHA (0.107 µg/g) และ DBP (0.021 µg/g) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Young และคณะ [7] ทำการวิเคราะห์สารทาเลทจากสีทาเล็บ ที่มีการระบุ n-free (3-free, 5-free, 10-free) ซึ่งเป็นสีทาเล็บที่ปลอดสารกลุ่มพลาสติไซเซอร์ (plasticizers) 3, 5 และ 10 ชนิด ตามลำดับ พบว่าสีทาเล็บในกลุ่มที่มีการระบุ n-free มีการตรวจพบ DBP ในปริมาณต่ำเนื่องจากตั้งแต่ปี 2006 บริษัทผู้ผลิตสีทาเล็บในสหรัฐอเมริกาเริ่มมีการติดฉลากสีทาเล็บโดยสมัครใจ โดย “3-Free” หมายถึงสีทาเล็บปลอดจากสาร DBP โทลูอีน และฟอร์มาลดีไฮด์

มาตรการในการควบคุมทาเลทพบว่าในหลายประเทศมีการกำกับดูแลและควบคุมการใช้ทาเลทโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเด็ก เนื่องจากเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงต่อการรับสัมผัส เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา แคนาดา เกาหลี ญี่ปุ่นและจีน [32] อย่างไรก็ตามในกลุ่มเครื่องสำอางมีการควบคุมเฉพาะในบางประเทศ เช่น สหภาพยุโรป ห้ามใช้ DBP BBP DEHP และ ทาเลทอีกหลายชนิด [33] สำหรับสหรัฐอเมริกามีการควบคุมการใช้ในบางรัฐโดยกำหนดไว้ในกฎหมายของรัฐอาทิ รัฐวอชิงตันห้ามเติมออร์โธทาเลท (Ortho-phthalates) ทุกชนิด [34] และ รัฐแคลิฟอร์เนีย ห้ามเฉพาะ DBP และ DEHP เท่านั้น [35] สำหรับการควบคุมในระดับประเทศมีการระบุไว้ในองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (US.FDA) โดยกำหนดให้ผู้ผลิตที่มีการเติมทาเลทในผลิตภัณฑ์มีหน้าที่รับผิดชอบต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ โดยไม่ได้มีการห้ามใช้ สำหรับในประเทศจีนและเกาหลีห้ามใช้ DBP, BBP และ DEHP ในเครื่องสำอาง [32, 36] เป็นต้น

การรับสัมผัสทาเลทในช่างทำเล็บ

การประเมินการรับสัมผัสสารทาเลทในฝุ่นของช่างทำเล็บเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงการรับสัมผัสทาเลทจากหน่วยงาน The European Food Safety Authority(EFSA) [37-39] และ United States Environmental Protection Agency (US.EPA) [40] พบว่าการรับสัมผัสทาเลททั้ง 3 ชนิด ยังต่ำกว่าค่า TDI และ RfD ของทั้ง 2 หน่วยงาน ซึ่งจัดได้ว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยพบว่า DBP มีโอกาสรับสัมผัสได้สูงที่สุด รองลงมาคือ DEHP และ BBP ตามสัดส่วนที่พบในสิ่งแวดล้อมการทำงาน อย่างไรก็ตามจากการประเมินการรับสัมผัสของช่างทำเล็บด้วยการประเมินการรับสัมผัสจากปัสสาวะ ในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพให้บริการด้านความงาม (ช่างทำผม ช่างแต่งหน้า ช่างทำเล็บ) พบสารเมตาบอไลท์ของทาเลทในปัสสาวะของช่างฝึกหัด ชนิด DEP สูงที่สุด รองลงมาคือ DBP, DEHP และ DiBP ตามลำดับ [41] และการศึกษาในกลุ่มช่างทำเล็บที่ประเมินปริมาณสารเมตาบอไลท์ของทาเลทในปัสสาวะโดยนำดัชนีชีวภาพที่เก็บก่อนเริ่มงานลบด้วยหลังเลิกงาน พบว่าปริมาณเมตาบอไลท์ของทาเลทชนิด DEP มีสูงที่สุด รองลงมาคือ DBP, DEHP,

DiBP และ BBP ตามลำดับ [42] และการศึกษาของ Varshavsky และคณะ [43] ในช่างทำเล็บชาวเวียดนามในเมืองซานฟานซิสโก รัฐแคลอฟอร์เนีย ซึ่งประเมินสารเมตาบอไลท์ของทาเลท 4 ชนิดในปัสสาวะหลังเลิกงาน พบเมตาบอไลท์ของ DEP ในปัสสาวะสูงที่สุดรองลงมา DBP, DiBP และ DEHP ตามลำดับ จากข้อมูลการประเมินการรับสัมผัสพบว่าสารทาเลทกลุ่มเสี่ยงที่มีการห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในหลายประเทศอย่าง DBP พบได้สูงในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพช่างเสริมสวยและช่างทำเล็บ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้

สรุป

จากการศึกษาพบว่าเมื่อประเมินทาเลทจากตัวอย่างฝุ่นหนักที่เก็บในร้านทำเล็บพบ DBP, DEHP และ BBP ในทุกตัวอย่างโดย DBP เป็นทาเลทที่พบปริมาณสูงสุด รองลงมาเป็น DEHP และ BBP และเมื่อประเมินการรับสัมผัสทาเลททั้ง 3 ชนิด ซึ่งช่างทำเล็บมีโอกาสสัมผัสกับทาเลทสอดคล้องกับปริมาณที่พบในสิ่งแวดล้อมการทำงาน อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงการรับสัมผัสของทาเลทกับ EFSA และ US.EPA พบว่ายังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จากผลการประเมินการรับสัมผัสดังกล่าวมาจากการประเมินในสิ่งแวดล้อมการทำงานเพียงแหล่งเดียว และเนื่องจากทาเลททั้ง 3 ชนิด เป็นสารปนเปื้อนที่พบได้โดยทั่วไปทั้งในอาคารที่พักอาศัย และในอาคารสาธารณะ และพบได้ในสิ่งแวดล้อมนอกอาคาร เช่นตามท้องถนน รวมถึงพบการปนเปื้อนในอาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอาง ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ประกอบกับทาเลทเป็นสารรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ ที่ส่งผลต่อสุขภาพในหลายรูปแบบ เช่น การรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ มีความเกี่ยวข้องกับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง รวมถึงการเกิดมะเร็งเต้านมในเพศหญิง จึงควรมีมาตรการควบคุมปริมาณการรับสัมผัสโดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมในแหล่งที่มีโอกาสรับสัมผัสได้สูง อย่างเช่นในสถานที่ทำงาน ซึ่งการป้องกันที่สามารถลดการรับสัมผัสของผู้ประกอบอาชีพ ได้แก่ การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ในร้านที่ปลอดสารอันตราย การติดเครื่องฟอกอากาศที่มีแผ่นกรองคาร์บอนที่สามารถลดปริมาณฝุ่น ก๊าซและไอระเหย การจัดให้มีเอกสารความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในร้านทำเล็บ การไม่รับประทานอาหารในบริเวณทำงาน การทำความสะอาดร้านเพื่อลดปริมาณฝุ่นสะสม และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจชนิดป้องกันฝุ่นขนาดเล็ก การสวมเสื้อผ้าปิดคลุมผิวหนัง การรักษาสุขอนามัยระหว่างการทำงาน เช่นการล้างมือ ล้างหน้า ล้างตัว หลังเลิกงาน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการวิจัยในครั้งถัดไป

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น อย่างไรก็ดีในการศึกษาครั้งถัดไปควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างร้านทำเล็บในการวิเคราะห์หาสารทาเลท พิจารณาให้มีการเก็บซ้ำในแต่ละร้าน และเพิ่มเติมการเก็บทาเลทในรูปไอระเหย (vapor)และฝุ่นลอย (dust particles) เพื่อประเมินการรับสัมผัสในทุกช่องทาง รวมถึงพิจารณาการประเมินการรับสัมผัสทางชีวภาพของสารทาเลทในตัวอย่างเลือดหรือปัสสาวะจากผู้ประกอบอาชีพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณร้านทำเล็บที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าเก็บฝุ่นในพื้นที่การทำงาน และให้ข้อมูลประกอบการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

ผลประโยชน์ทับซ้อน

คณะผู้วิจัยขอยืนยันว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆในงานวิจัยนี้

คำย่อ

BB	Benzyl benzoate
BBP	Benzyl Butyl phthalate
DEP	Diethyl phthalate
DMP	Dimethyl phthalate
DBP	Di-n-Butyl phthalate
DiBP	Diisobutyl phthalate
DEHA	Di(2-ethylhexyl) adipate
DEHP	Di(2-ethylhexyl) phthalate
DnHP	Di-n-hexyl phthalate
DnOP	Di-n-octyl phthalate
GC/MS	Gas chromatography-mass spectrometry
LOD	Limit of detection
LOQ	Limit of quantitation
Rt	Retention time
Qt ion	Quantification ion
Cf ion	Confirmation ion
RfD	Reference dose
TDI	Tolerable daily intake
EFSA	The European Food Safety Authority
US. EPA	United States Environmental Protection Agency

เอกสารอ้างอิง

1. มติชน. สมอ. ดึง ร้านเสริมสวย ทั่วไทยกว่า 10,000 ราย ชิงมาตรฐาน มอก.เอส หนังสือพิมพ์มติชนออนไลน์. Available at https://www.matichon.co.th/economy/news_3867500, accessed on 10 March, 2025.
2. Ceballos DM, Young AS, Allen JG, et al. Exposures in nail salons to trace elements in nail polish from impurities or pigment ingredients - A pilot study. *Int J Hyg Environ Health* 2021;232:113687.
3. Zeverdegani SK, Mohebian Z. Assessing the health risks of dermal exposure to heavy metals dust among nail salon technicians. *Work* 2024;78(4):1069-79.
4. Garcia E, Sharma S, Pierce M, et al. Evaluating a county-based healthy nail salon recognition program. *Am J Ind Med* 2015;58(2):193-202.
5. Mendelsohn E, Hagopian A, Hoffman K, et al. Nail polish as a source of exposure to triphenyl phosphate. *Environ Int* 2016;86:45-51.
6. Chou M, Dhingra N, Strugar TL. Contact sensitization to allergens in nail cosmetics. *Dermatitis* 2017;28(4):231-40.
7. Young AS, Allen JG, Kim UJ, et al. Phthalate and organophosphate plasticizers in nail polish: evaluation of labels and ingredients. *Environ Sci Technol* 2018;52(21):12841-50.
8. Mondal T, Mondal S, Ghosh SK, et al. Phthalates - a family of plasticizers, their health risks, phytotoxic effects, and microbial bioaugmentation approaches. *Environ Res* 2022;214(Pt 3):114059.

9. Wang Y, Qian H. Phthalates and their impacts on human health. *Healthcare (Basel)* 2021;9(5):603.
10. Promtes K, Kaewboonchoo O, Kawai T, et al. Human exposure to phthalates from house dust in Bangkok, Thailand. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2019;54(13):1269-76.
11. Bai PY, Wittert G, Taylor AW, et al. The association between total phthalate concentration and non-communicable diseases and chronic inflammation in South Australian urban dwelling men. *Environ Res* 2017;158:366-72.
12. Tsai MJ, Kuo PL, Ko YC. The association between phthalate exposure and asthma. *Kaohsiung J Med Sci* 2012;28(7 Suppl):S28-36.
13. Jurewicz J, Hanke W. Exposure to phthalates: reproductive outcome and children health. A review of epidemiological studies. *Int J Occup Med Environ Health* 2011;24(2):115-41.
14. Wang Y, Zhu H, Kannan K. A review of biomonitoring of phthalate exposures. *Toxics* 2019;7(2):21.
15. Xia B, Zhu Q, Zhao Y, et al. Phthalate exposure and childhood overweight and obesity: Urinary metabolomic evidence. *Environ Int* 2018;121(Pt 1):159-68.
16. Chou YY, Huang PC, Lee CC, et al. Phthalate exposure in girls during early puberty. *J Pediatr Endocrinol Metab* 2009;22(1):69-77.
17. Grindler NM, Vanderlinden L, Karthikraj R, et al. Exposure to phthalate, an endocrine disrupting chemical, alters the first trimester placental methylome and transcriptome in women. *Sci Rep* 2018;8(1):6086.
18. Verma R, Vinoda KS, Papireddy M, et al. Toxic pollutants from plastic Waste- a review. *Procedia Environmental Sciences* 2016;35:701-8.
19. Ferguson KK, McElrath TF, Meeker JD. Environmental phthalate exposure and preterm birth. *JAMA Pediatr* 2014;168(1):61-7.
20. Ahern TP, Broe A, Lash TL, et al. Phthalate exposure and breast cancer incidence: a danish nationwide cohort study. *J Clin Oncol* 2019;37(21):1800-9.
21. Sritotai W, Suwan D. Method for determination of phthalate contents in PVC plastic toys using gas chromatography/mass spectrometry. *Bulletin of Applied Sciences* 2012;1(1):23-9.
22. Guo Y, Kannan K. Comparative Assessment of Human Exposure to Phthalate Esters from House Dust in China and the United States. *Environmental Science & Technology* 2011;45(8):3788-94.
23. Wormuth M, Scheringer M, Vollenweider M, et al. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Anal* 2006;26(3):803-24.
24. Schettler T. Human exposure to phthalates via consumer products. *Int J Androl* 2006;29(1):134-9; discussion 81-5.
25. Guo Y, Kannan K. A survey of phthalates and parabens in personal care products from the United States and its implications for human exposure. *Environmental Science & Technology* 2013;47(24):14442-9.
26. Cal EPA (California Environmental Protection Agency). Summary of data and findings from testing of a limited number of nail products. Available at https://dtsc.ca.gov/wp-content/uploads/sites/31/2017/05/NailSalon_Final.pdf. accessed on 23 Apr, 2025
27. Hubinger JC. A survey of phthalate esters in consumer cosmetic products. *J Cosmet Sci* 2010;61(6):457-65.

28. Hubinger JC, Havery DC. Analysis of consumer cosmetic products for phthalate esters. *J Cosmet Sci* 2006;57(2):127-37.
29. Koniecki D, Wang R, Moody RP, et al. Phthalates in cosmetic and personal care products: concentrations and possible dermal exposure. *Environ Res* 2011;111(3):329-36.
30. Koo HJ, Lee BM. Estimated exposure to phthalates in cosmetics and risk assessment. *J Toxicol Environ Health A* 2004;67(23-24):1901-14.
31. Wallace DR. Dibutyl phthalate. In: Wexler P, ed. Encyclopedia of toxicology (Second Edition). New York: Elsevier, 2005: 1-2.
32. Monti M, Fasano M, Palandri L, et al. A review of european and international phthalates regulation: focus on daily use products. 2022;25(3):503.
33. EU. Regulation (EC) no 1223/2009 of the european parliament and of the council of 30 November 2009 on cosmetic products. 2009.
34. Washington State Legislature. Toxic-free cosmetics act (Chapter 70A.560 RCW). Available at https://app.leg.wa.gov/rcw/default.aspx?cite=70A.560&full=true&pdf=true. accessed on 25 Apr, 2025
35. California State Legislature. California toxic-free cosmetics act (AB 2762). Available at https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201920200AB2762. accessed on 25 Apr, 2025
36. Ministry of Food and Drug Safety RoK. Regulations on cosmetic safety standards. Available at https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000236290. accessed on 23 Apr, 2025
37. EFSA. Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to di-butylphthalate (DBP) for use in food contact materials. *European Food Safety Authority journal* 2005.
38. EFSA. Opinion of the scientific panel on food additives, flavorings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to bis (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) for use in food contact materials. *European Food Safety Authority journal* 2005.
39. EFSA. Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to Butylbenzylphthalate (BBP) for use in food contact materials. *European Food Safety Authority journal* 2005.
40. U.S. EPA. Phthalates TEACH chemical summary. Available at https;//archive.epa.gov/region5/teach/web/pdf/phthalates_summary.pdf. accessed on 14 March, 2024
41. Kolena B, Petrovicova I, Sidlovska M, et al. Occupational phthalate exposure and health outcomes among hairdressing apprentices. *Hum Exp Toxicol* 2017;36(10):1100-12.
42. Craig JA, Ceballos DM, Fruh V, et al. Exposure of nail salon workers to phthalates, di(2-ethylhexyl) terephthalate, and organophosphate esters: a pilot study. *Environ Sci Technol* 2019;53(24):14630-7.
43. Varshavsky JR, Morello-Frosch R, Harwani S, et al. A pilot biomonitoring study of cumulative phthalates exposure among vietnamese american nail salon workers. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(1):325.