บทความ: แนวทางการทดสอบความเป็นพิษผลิตภัณฑ์ “เฮมพ์” จากพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก

เอกชา ตนานนท์ชัย, อุดมศักดิ์ บุญมีรติ, พันธวัศ สัมพันธ์พานิช

หน่วยปฏิบัติการวิจัย “การจัดการเหมืองสีเขียว”

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การอ้างอิง: เอกชา ตนานนท์ชัย, อุดมศักดิ์ บุญมีรติ, พันธวัศ สัมพันธ์พานิช. (2562). แนวทางการทดสอบความเป็นพิษผลิตภัณฑ์ “เฮมพ์” จากพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 23 (ฉบับที่ 3).

การผลิตเฮมพ์ในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก

ปัญหามลพิษโดยเฉพาะกลุ่มโลหะหนักมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั่วไป ทั้งนี้ เนื่องมาจากการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม และกิจกรรมการทำเหมืองแร่ที่มีการปลดปล่อยของเสียอันตรายและน้ำเสีย รวมทั้งกิจกรรมทางการเกษตรที่มีการเปิดหน้าดินเพื่อการเพาะปลูก ทำให้โลหะหนักเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปนเปื้อนโลหะหนักในดิน ซึ่งกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ หากไม่ได้รับการบำบัดที่เหมาะสมแล้ว จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ความเป็นพิษต่อสัตว์ ความเป็นพิษต่อพืช และความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Chen et al., 2006) ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักในหลายพื้นที่ อาทิ การปนเปื้อนสารหนู อำเภอร่อนพิบูล จังหวัดนครศรีธรรมราช การปนเปื้อนสารตะกั่ว (ลำห้วยคลิตี้) อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี การปนเปื้อนแคดเมียม (ลำห้วยแม่ตาว) อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และการปนเปื้อนสารหนู จากพื้นที่ศักยภาพแหล่งทองคำ เป็นต้น พื้นที่ดังกล่าวเป็นแหล่งกำเนิดของสายแร่ มีการทำเหมืองแร่และแต่งแร่ ประกอบกับมีการเปิดหน้าดินเพื่อทำการเกษตรกรรม เมื่อฝนตกมักเกิดการชะล้างหน้าดินที่มีโลหะหนักสะสมไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และเกษตรกรมีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูก ทำให้ดินเกิดการปนเปื้อนในระดับสูงและอาจสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ และผู้บริโภค ดังนั้นการกำจัดและฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักทางเลือกหนึ่ง คือ การใช้พืชบำบัดสารมลพิษ หรือที่เรียกว่า Phytoremediation ซึ่งเป็นกลไกของการดูดดึงโลหะหนักโดยใช้หลักการพื้นฐานของการสะสมโลหะหนักซึ่งประกอบไปด้วย 2 กระบวนการ คือ การดูดดึงโลหะหนักโดยรากพืช และการเคลื่อนย้ายโลหะหนักจากรากสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเรียบง่าย สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย และเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental friendly) (พันธวัศ สัมพันธ์พานิช, 2558)

ดังนั้นการคัดเลือกพืชที่นำมาใช้ในการกำจัด และฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักนั้น จึงจำเป็นต้องคัดเลือกพืชที่ไม่เข้าห่วงโซ่อาหารของผู้บริโภค และให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจต่อชุมชน โดยพืชที่น่าสนใจมากในปัจจุบัน คือ เฮมพ์ (*Cannabis sativa* L.) ด้วยคุณสมบัติของเฮมพ์ ซึ่งเป็นพืชที่ง่ายต่อการปลูกและดูแลรักษา มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นพืชล้มลุกมีอายุเพียงปีเดียว มีระบบรากแก้ว และมีรากแขนงจำนวนมาก

ทำไมต้องปลูก “เฮมพ์” ในพื้นที่ปนเปื้อน?

ประเทศไทยได้จัดให้เฮมพ์อยู่ในบัญชียาเสพติดประเภทที่ 5 หากแต่ในปัจจุบันมีการรายงานและยืนยันถึงประโยชน์ในหลากหลายด้านของเฮมพ์มากขึ้น กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ให้มีการขออนุญาตปลูกเฮมพ์นี้ได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริม และสนับสนุนให้มีการปลูกเฮมพ์ และนำไปใช้ประโยชน์ด้านเส้นใยทอผ้า ทั้งในระดับครัวเรือน และอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุข ได้มีการส่งเสริมและสนับสนุนการปลูกเฮมพ์ในทุก ๆ พื้นที่ หากแต่จำเป็นต้องมีการยื่นคำร้องขออนุญาตปลูกเฮมพ์ในพื้นที่นั้น ๆ และผู้ที่ได้รับอนุญาตจะต้องมีแผนการผลิต แผนการจำหน่าย และการนำไปใช้ประโยชน์ตามขั้นตอนที่ได้รับอนุญาต และต้องดำเนินการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะตามที่ได้รับอนุญาต ประกอบกับปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบได้มีการเตรียมการส่งเสริม และยกระดับเฮมพ์ให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ด้วยการนำเส้นใยมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น ผลิตเสื้อผ้า และกระเป๋า เป็นต้น

การเลือก **“เฮมพ์”** มาทำการปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก ต้องมีการยื่นขออนุญาตปลูกเฮมพ์ จากกระทรวงสาธารณสุข นอกจากนี้ยังมีการพัฒนา ปรับปรุง และเสริมการแปรรูปเฮมพ์เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ด้วยการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เนื่องจากเฮมพ์นั้นมีเส้นใยธรรมชาติที่มีความยืดหยุ่นสูง แข็งแรง ทนทาน สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างผลิตภัณฑ์จากเส้นใยได้มากมาย ท่ามกลางกระแสความสนใจเรื่องการรักษ์โลกนับวันยิ่งเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ทุกองค์กรหรือหน่วยงานทุกภาคส่วนต่างตระหนัก และให้ความสนใจมากขึ้น ไม่เว้นแม้แต่ในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งนับวันก็ยิ่งค้นคว้าวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในกระบวนการผลิตสิ่งทอให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเพื่อตอบรับกับความต้องการของผู้บริโภคที่มีความรู้สึกรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมนั้นทำได้หลากหลายรูปแบบ และหลายด้าน เช่น การนำวัสดุที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่ (Recycle) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้วัตถุดิบที่สามารถผลิตใหม่ได้ โดยมุ่งเน้นวัตถุดิบธรรมชาติ การจัดการกับของเสีย และการใช้เทคโนโลยีใหม่ในการผลิต เป็นต้น ทำให้สามารถช่วยลดปริมาณของเสียที่ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้เป็นจำนวนมาก หรือกล่าวได้ว่าอาจจะไม่มีมลพิษใดเกิดขึ้นจนส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของคนในพื้นที่

นอกจากการส่งเสริมการปลูกเฮมพ์ในพื้นที่ดินที่มีการสะสม และปนเปื้อนโลหะหนัก และมีการนำพืชนั้นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนแล้ว (ดังรูปที่ 1) ยังสามารถทำให้พื้น

ที่ดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักมีปริมาณลดลง และเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาพื้นที่ปนเปื้อนได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

รูปที่ 1 การปลูกเฮมพ์ เพื่อผลิตเส้นใย อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

ที่มา: ดร.รุ่งทิพย์ ลุยเลา (2561)

“เฮมพ์” ผลิตภัณฑ์เพื่อวิสาหกิจชุมชน

การปลูกเฮมพ์ในพื้นที่ดินที่มีการสะสม และปนเปื้อนโลหะหนัก เพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมและพัฒนาให้ชุมชนในพื้นที่ปลูกพืชดังกล่าว และมีการนำพืชนั้นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชน จึงคาดว่าจะเป็นวิธีการที่จะสามารถทำให้พื้นที่ดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักมีปริมาณลดลง เป็นวิธีการแก้ไขปัญหาพื้นที่ปนเปื้อนได้อย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน ตลอดจนยังเป็นวิธีการที่สามารถสร้างเป็นผลิตภัณฑ์สีเขียว หรือ Green production ที่กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมดำเนินการส่งเสริมในปัจจุบันได้ ดังนั้น **“เฮมพ์ ผลิตภัณฑ์เพื่อวิสาหกิจชุมชน”** จึงมีความเหมาะสมต่อการแก้ไขปัญหา และฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนได้เป็นอย่างดี และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนา และสร้างวิธีการผลิตนวัตกรรมจากเฮมพ์ที่ปลูกในดินปนเปื้อนที่สามารถทำได้ง่าย สะดวก ประหยัด และมีความเหมาะสมต่อวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม หน่วยงาน อาทิ โครงการส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งเป็นหน่วยงานกำกับ ดูแลพื้นที่นั้น ยังสามารถช่วยส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนให้มีการปลูกเฮมพ์ และนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ได้ หรือหน่วยงาน คือ สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับโครงการผลิตภัณฑ์สีเขียว หรือ Green production ได้อย่างเป็นรูปธรรม และยั่งยืนในการสร้างผลิตภัณฑ์จาก **“เฮมพ์”**

ความเป็นพิษต่อผลิตภัณฑ์ “เฮมพ์”

“เฮมพ์” ได้นำมาใช้ประโยชน์ด้านเส้นใยในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้า และอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ ซึ่งผลิตภัณฑ์จากเส้นใยเฮมพ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง และมีคุณสมบัติที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์จากเส้นใยประเภทอื่น ๆ อาทิ การผลิตเสื้อผ้าจากใยเฮมพ์ จะมีความแข็งแรงทนทานกว่า “ผ้าฝ้าย” ดูดซับความชื้นได้ดีกว่า “ไนลอน” ทำให้สวมใส่เย็นสบายในฤดูร้อน อบอุ่นกว่า “ลินิน” ทำให้สวมใส่แล้วอบอุ่นในฤดูหนาว ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว จึงทำให้ผลิตภัณฑ์จากเฮมพ์ได้รับความสนใจ และมีความต้องการในตลาดเพิ่มสูงขึ้น (Schluttenhofer and Yuan, 2017) นอกจากนี้ยังพบว่า เฮมพ์เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารโลหะหนักได้ โดยพบว่ารากของเฮมพ์สามารถเจริญเติบโตได้ในดินปนเปื้อนแคดเมียม โดยไม่พบความผิดปกติทางใบและการสะสมแคดเมียมในปริมาณสูง โดยเฮมพ์มีการสะสมในรากสูงที่สุด รองลงมาคือ ลำต้น ใบ และเมล็ด ตามลำดับ (Angelova et al., 2004) โดยพบว่ามีการสะสมแคดเมียมได้สูงที่สุดบริเวณราก (800 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) และในส่วนลำต้น และใบ มีการสะสมแคดเมียมได้ 50–100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (Linger et al., 2005) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเฮมพ์เป็นพืชที่มีความน่าสนใจในการนำมาส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ปนเปื้อนแคดเมียม โดยสามารถนำส่วนของลำต้นเฮมพ์มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำพวกเส้นใยได้อีกด้วย

การส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการปลูกเฮมพ์ในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นั้น หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะพบคำถามว่า **“เส้นใยกัญชงจะมีการปนเปื้อนโลหะหนักหรือไม่”** และ **“โลหะหนักที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์นั้นจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์หรือไม่”** ซึ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง ต่อการพิสูจน์ทราบความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์ต่อการสัมผัสของมนุษย์ โดยการศึกษาความเป็นพิษของโลหะหนักจากการใช้ผลิตภัณฑ์จากใยเฮมพ์ที่ปลูกในดินปนเปื้อนนั้น จะต้องพิจารณาจากหลายปัจจัย ได้แก่ 1) ปริมาณโลหะหนักที่สะสมอยู่ในเส้นใยกัญชง ซึ่งได้มีการระบุในหลายงานวิจัย ที่พบการสะสมโลหะหนักในส่วนของรากเฮมพ์ในปริมาณสูงกว่าส่วนอื่น ๆ และโลหะหนักบางชนิด อาทิ พบการสะสมแคดเมียมในลำต้นของเฮมพ์ที่จะนำมาแปรรูปเป็นเส้นใยในปริมาณไม่สูงนัก และ 2) ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปขึ้นมานั้น อาทิ กระบวนการนำเส้นใยเฮมพ์มาผลิตเป็นกระดาษ จะมีอัตราเสี่ยงต่อการแสดงความเป็นพิษต่ำกว่าทำเสื้อผ้า ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการใช้งาน ความถี่ในการสัมผัส และกระบวนการดูแลรักษา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณการสะสมโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ ซึ่งในปัจจุบันการศึกษาความเป็นพิษจากการปนเปื้อนโลหะหนักมีไม่แพร่หลายนัก และมีหลายประเทศที่ส่งเสริมให้สกัดสารจากพืชตระกูลกัญชง (เฮมพ์) และกัญชา มาใช้ในกระบวนการรักษาโรค เช่น Federal Drug Administration (FDA) (Wieliczko, 2019) ได้มีการกำหนดมาตรฐานให้สารสกัดเพื่อการรักษาโรคจากพืชตระกูลกัญชงและกัญชา 1 กรัมต้องมีปริมาณแคดเมียมต่ำกว่า 0.5 ไมโครกรัม ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการประเมินความเป็นพิษของโลหะหนักจากผลิตภัณฑ์เฮมพ์ ยังคงไม่เป็นที่แพร่หลายนัก เพราะในปัจจุบันมุ่งเน้นแต่การสกัดสารจากพืช

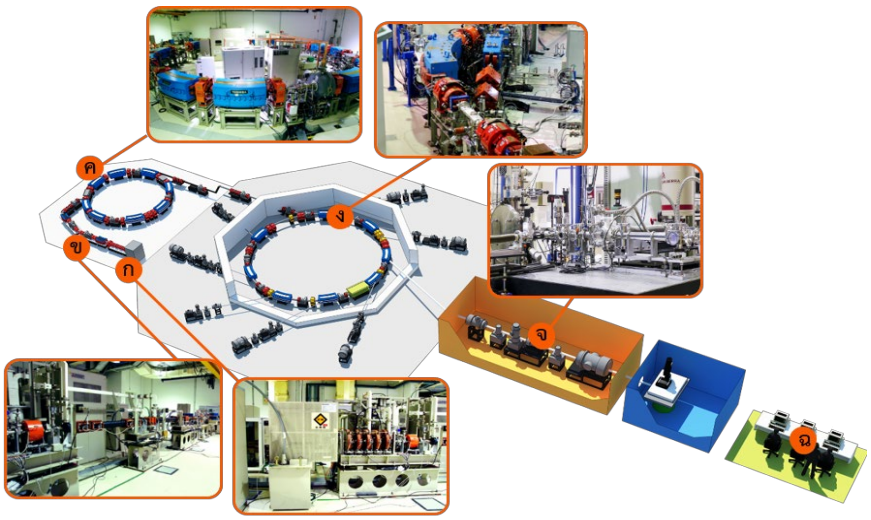
ดังกล่าว เพื่อการรักษาโรคเพียงอย่างเดียว โดยมิได้ตระหนักถึงประโยชน์ในมุมมองอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง

แนวทางการทดสอบความเป็นพิษจากผลิตภัณฑ์ “เฮมพ์”

การทดสอบความเป็นพิษของโลหะหนักที่สะสมในเส้นใยและผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเฮมพ์ ที่ปลูกในบริเวณพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักนั้น นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะกระบวนการทดสอบเป็นวิธีการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ที่จะซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยเฮมพ์ที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนสารโลหะหนัก โดยวิธีการทดสอบความเป็นพิษของสารโลหะหนักในผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีการศึกษาทั้งข้อมูลในเชิงปริมาณ เพื่อประเมินความเข้มข้นของสารโลหะหนักที่สะสมในเส้นใยเฮมพ์ หรือผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่น ๆ ที่ได้จากการปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนสารโลหะหนัก ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการมาตรฐานที่สามารถใช้ตรวจสอบได้ สามารถบ่งชี้ถึงความเป็นอันตรายจากการสะสมสารโลหะหนักในอาหาร พืช และตัวกลางทางสิ่งแวดล้อม โดยการเตรียมตัวอย่างจากของแข็งให้เป็นสารละลาย และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอินดักทีฟคับเปิลพลาสมาแมสสเปกโตรมิเตอร์ (ICP-MS) หรือเครื่องอินดักทีฟคับเปิลพลาสมาออฟติคอลอิมิสชั่นสเปกโตรมิเตอร์ (ICP-OES) หรือเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) (Wieliczko, 2019) ทั้งนี้ได้มีการศึกษาเพื่อหาปริมาณการสะสมแคดเมียมในเฮมพ์ โดยพบว่ามีค่าการสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมสูงกว่าพืชทดลองชนิดอื่น ๆ โดยปริมาณการสะสมทางชีวภาพจะเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกเฮมพ์ในดินปนเปื้อนแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น (Shi and Cai, 2009) และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในเฮมพ์ พบว่าเฮมพ์สามารถสะสมนิกเกิลได้สูงที่สุด รองลงมา คือ ตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ โดยการสะสมจะมีความเข้มข้นสูงบริเวณราก รองลงมา คือ เมล็ด ใบ และลำต้น ตามลำดับ (Linger et al., 2005; Linger et al., 2002) อย่างไรก็ตามการระบุข้อมูลในเชิงปริมาณดังกล่าว อาจไม่เพียงพอต่อการพิจารณาและการทดสอบความเป็นพิษของสารโลหะหนักที่สะสมและกระจายอยู่ในเส้นใย และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่แปรรูปจากเฮมพ์ นอกจากนี้ การทดสอบด้านความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการประเมินความเสี่ยงจากความเป็นพิษของโลหะหนักในช่วงการนำผลิตภัณฑ์นั้นออกมาใช้ประโยชน์ ยังสามารถทำการวิเคราะห์และทดสอบความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์ได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ การวิเคราะห์ตามขั้นตอนการสกัดตามลำดับส่วน (Sequential Extraction Procedure, SEP) ซึ่งเป็นการศึกษาการหลุดออกหรือการเคลื่อนที่ของสารประกอบโลหะออกสู่ภายนอก โดยมีขั้นตอนสรุปได้ดังนี้ 1) การสกัดด้วยน้ำ (Water soluble fraction) 2) ส่วนที่แลกเปลี่ยนไอออนได้ (Exchangeable fraction) 3) รูปที่ถูกรีดิวซ์ได้หรือรูปที่จับกับสารประกอบออกไซด์ (Reducing phase or oxide bound fraction) และ 4) ส่วนที่ละลายในกรด (Acid soluble fraction) โดยทำการวิเคราะห์จากส่วนต่าง ๆ ของเฮมพ์ที่ปลูกในแปลงก่อน และเมื่อได้ผลิตภัณฑ์จากเฮมพ์แล้ว ควรทำการทดสอบด้วยการสกัดแบบลำดับส่วนอีกครั้ง เพื่อให้เกิดและสร้างความมั่นใจว่า ผลิตภัณฑ์จากเฮมพ์ที่ผ่านขั้นตอนการผลิตนั้นมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคหรือไม่

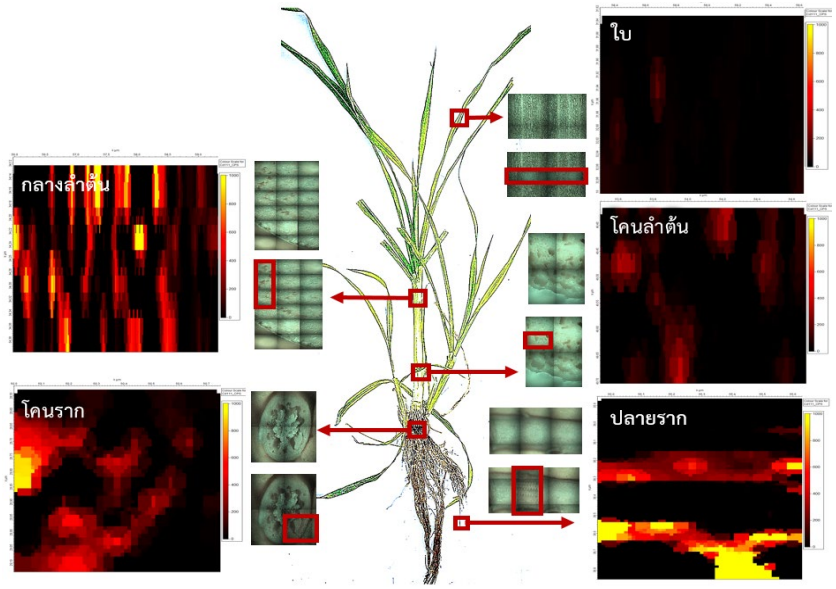
ปัจจุบันมีการศึกษาโดยใช้แผนภาพการกระจายตัวของสารโลหะหนักด้วยเทคนิคการใช้แสงซินโครตรอนเทคนิคไมโครเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (SR-micro-XRF) การใช้เลเซอร์อะบเลชั่นอินดักทีฟลีคอบเพิลพลาสมาร์แมสสเปกโตรเมทรี (LA-ICP-MS) เพื่อช่วยในการพิจารณาความเสี่ยงต่อการรับสัมผัส ซึ่งเทคนิคดังกล่าวเป็นวิธีการพิจารณาการสะสมและกระจายตัวของสารโลหะหนัก (ดังรูปที่ 2) สามารถทำให้ทราบว่า บริเวณใดมีการสะสม การกระจาย และการจุกตัวของสารโลหะหนักในปริมาณสูง เช่น สารโลหะหนักมีการสะสมในเนื้อเยื่อชั้นในได้ปริมาณสูง และมีการสะสมที่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอก หรือผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์เฮมพ์ในปริมาณต่ำ หรืออาจกล่าวได้ว่า การสะสมในเส้นใยหรือในผลิตภัณฑ์เฮมพ์อาจมีปริมาณที่ต่ำด้วย ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถเป็นเครื่องยืนยันที่ดีกว่าข้อมูลเชิงปริมาณ ว่าผลิตภัณฑ์จากเฮมพ์นั้นมีความเป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด ดังนั้น วิธีการหรือเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่กล่าวมาในข้างต้นนี้ แม้ว่าจะยังไม่มีการประยุกต์ใช้ในการศึกษาการกระจายตัวของโลหะหนักในเฮมพ์ หากแต่มีการนำมาใช้ศึกษาการกระจายตัวของสารโลหะหนักในพืชชนิดอื่น ๆ เช่น การศึกษาของ Mongkhonsin et al. (2016) ที่ศึกษาความทนทานของต้นว่านมหากาฬต่อการสะสมสังกะสีและแคดเมียมที่ปลูกในระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของสังกะสีและแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของพืชด้วยการใช้แสงซินโครตรอนเทคนิค SR-micro-XRF ทำให้ทราบว่าต้นว่านมหากาฬมีการสะสมแคดเมียมและสังกะสีมากบริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอกของลำต้น และสะสมน้อยในเนื้อเยื่อบริเวณแกนกลางลำต้น นอกจากนี้มีการศึกษาของ Arai et al. (2004) ที่ศึกษาการกระจายตัวของแคดเมียมและสังกะสี โดยใช้เทคนิค SR-micro-XRF โดยรังสีเอ็กซ์ที่มีความเข้มสูง พบว่าบริเวณแกนของใบและขนใบมีการสะสมและกระจายตัวของแคดเมียมสูงกว่าบริเวณอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการศึกษาของ Fukuda et al. (2008) ศึกษาการกระจายตัวของแคดเมียมใน *Sedum alfredii* โดยใช้เทคนิค LA-ICP-MS ซึ่งผลการทดลองพบว่าแคดเมียมมีการสะสมและกระจายตัวบริเวณช่องว่างบริเวณกลางลำต้นหรือพิช (Pith) และคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นต้น และจากแผนภาพการกระจายตัวยังสามารถแสดงให้เห็นว่าการสะสมแคดเมียมมีปริมาณสูงบริเวณผิวนอกของรากพืช ดังรูปที่ 3 (Aekkacha et al., 2019) เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาตัวอย่างข้างต้นแสดงให้เห็นได้ว่า การศึกษาโดยใช้แผนภาพเพื่อพิจารณาการสะสมและกระจายตัวของสารโลหะหนัก สามารถนำไปประยุกต์และใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสจากการใช้ผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ที่ได้จากเฮมพ์ได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น การศึกษาความเป็นพิษจากการรับสัมผัสทางผิวหนัง หรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนของสารโลหะหนัก อาจยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก และยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจนเป็นตัวกำหนด จึงต้องอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการตรวจวัดข้อมูลในเชิงปริมาณ ร่วมกับการศึกษาแผนภาพการกระจายตัวของสารโลหะหนักที่เป็นการตรวจวัดในเชิงคุณภาพ จึงเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการประเมินเบื้องต้นถึงความเป็นพิษ และโอกาสจากการรับสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และยังเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเฮมพ์ที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคสูงสุด



รูปที่ 2 ระบบลำแสงซินโครตรอน

ที่มา: สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555)



รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายตัวของแคดเมียมในหญ้าเนเปียร์แคระ

ที่มา: Aekkacha et al., 2019

ความเชื่อมั่นและมั่นใจ...ผลิตภัณฑ์ “เฮมพ์”

เฮมพ์มีความสามารถในการสะสมแคดเมียม มีการรายงานโดย Linger et al. (2002) ที่ทำการปลูกเฮมพ์ในกากตะกอนที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 102 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าเฮมพ์สามารถสะสมแคดเมียมได้สูงสุดที่ใบ เท่ากับ 3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือเมล็ด เท่ากับ 1.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีความเข้มข้นของแคดเมียมเท่ากันในส่วนของเนื้อไม้ (Hurds) และเส้นใย (Fibers) เท่ากับ 0.8

มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยเนื้อไม้และเส้นใยที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับเฮมพ์ที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อน และอยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยไม่ได้ทำการศึกษาปริมาณการสะสมแคดเมียมในส่วนของราก ในขณะที่ Citterio et al. (2003) รายงานว่าเฮมพ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมเช่นเดียวกับเฮมพ์ที่ปลูกในดินที่ไม่ปนเปื้อน โดยเมื่อเข้าสู่ระยะการเติบโตเต็มที่ (Ripeness) หรือที่เวลาประมาณ 4 เดือน พบว่าเฮมพ์ที่ปลูกในดินที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเท่ากับ 26.6±11.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สามารถสะสมแคดเมียมได้สูงสุดที่ราก เท่ากับ 109.2±65.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือใบและลำต้น เท่ากับ 18.1±8.0 และ 9.4±5.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่เฮมพ์ที่ปลูกในดินที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเท่ากับ 82±2.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เฮมพ์สามารถดูดดึงและสะสมแคดเมียมได้สูงสุดที่ราก เท่ากับ 1,368.2±1,106.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือลำต้นและใบ เท่ากับ 73.0±44.5 และ 58.8±26.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยคณะผู้วิจัยสรุปว่าสามารถเพาะปลูกเฮมพ์ในพื้นที่ปนเปื้อน เพื่อเก็บเกี่ยวไปใช้ประโยชน์ในฐานะพืชเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมในการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Angelova et al. (2004) ที่รายงานว่าเฮมพ์มีการสะสมแคดเมียมเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย คือ ดอก > ราก > เมล็ด > ลำต้น > ใบ > เส้นใย โดยเฮมพ์ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่ระดับ 10-12.2 และ 2.5-2.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีความเข้มข้นของแคดเมียมในเส้นใย เท่ากับ 0.40 และ 0.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Linger et al. (2005) ที่พบว่าแคดเมียมไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเฮมพ์ และความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณการสะสมแคดเมียมของเฮมพ์ที่เพิ่มขึ้น โดยเฮมพ์สามารถสะสมแคดเมียมได้สูงสุดที่ราก รองลงมา คือ ลำต้น และใบ ตามลำดับ

การสะสมแคดเมียมในส่วนของเส้นใยเฮมพ์ในปริมาณต่ำนั้น มีความสอดคล้องกับการนำส่วนของลำต้นเฮมพ์ที่ประกอบด้วยเนื้อไม้ และเส้นใยไปใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในการสร้างผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด อาทิ กระดาษคุณภาพสูง สิ่งทอ เส้นใยสังเคราะห์ พลาสติกชีวภาพ วัสดุก่อสร้าง และวัสดุรองพื้นสำหรับสัตว์ (Animal bedding) เป็นต้น โดยเฉพาะเส้นใยเฮมพ์ที่มีการใช้ประโยชน์ในหลายประเทศทั่วโลก โดยในปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณการผลิตเส้นใยเฮมพ์รวมทั่วโลกมากกว่า 110,000 ตัน (Schluttenhofer and Yuan, 2017) อย่างไรก็ตาม การเพาะปลูกเฮมพ์ในพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม เพื่อนำเส้นใยมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อาจทำให้ผู้บริโภคเกิดความกังวลต่อการปนเปื้อนแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเส้นใยเฮมพ์ แต่เมื่อพิจารณาถึงกลไกการดูดและสะสมแคดเมียมแล้ว พบว่าเฮมพ์มีความสามารถในการสะสมแคดเมียมได้ดีในส่วนของราก ในขณะที่เส้นใยเฮมพ์มีความเข้มข้นของแคดเมียมในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.15-0.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Linger et al., 2002; Angelova et al., 2004) และเมื่อพิจารณาปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในอาหาร พบว่าข้าวสารถูกกำหนดให้มีความเข้มข้นสูงสุดไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (CODEX, 2015) ในขณะที่อาหารทะเล (หมึก หอยสองฝา หอยฝาเดียว ปลา และสาหร่ายพร้อมบริโภค) ถูกกำหนดให้มีความเข้มข้นสูงสุดไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดของ

แคดเมียมในอาหารบางชนิด) ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเก็บเกี่ยวส่วนต่าง ๆ ของเฮมพ์ที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนัก โดยเฉพาะเส้นใยเฮมพ์มาใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ หากสามารถพิสูจน์ได้ว่าเส้นใยเฮมพ์มีการปนเปื้อนแคดเมียมในระดับที่ไม่เกินความเข้มข้นที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานการปนเปื้อนแคดเมียมในอาหาร ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการสร้างรายได้ให้กับชุมชนควบคู่ไปกับการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนอย่างยั่งยืน

ผลิตภัณฑ์ “เฮมพ์” สู่ตลาดโลก

ปริมาณผลผลิตเฮมพ์ในส่วนของเส้นใยและเมล็ดทั่วโลกมีการเพิ่มขึ้นและลดลงตามความต้องการ และปริมาณพื้นที่การเพาะปลูก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการเพาะปลูกเฮมพ์เพื่อนำเส้นใยและเมล็ดมาใช้ประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่การเพาะปลูกเฮมพ์ทั่วโลกกว่า 569,000 ไร่ ซึ่งประเทศที่มีพื้นที่การเพาะปลูกเฮมพ์ขนาดใหญ่ที่สุด 5 ลำดับแรก คือ แคนาดา เกาหลีเหนือ จีน ฝรั่งเศส และชิลี โดยที่สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีมูลค่าการนำเข้าผลผลิตเฮมพ์สูงที่สุด (Schluttenhofer and Yuan, 2017) ในปัจจุบันเฮมพ์ถูกแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ได้แก่ อาหารและเครื่องดื่ม วัสดุก่อสร้าง ยารักษาโรค เส้นใย และน้ำมัน โดยในปี พ.ศ. 2560 รัฐบาลออสเตรเลียได้ผ่านกฎหมายอนุญาตให้ประชาชนสามารถบริโภคเมล็ดเฮมพ์ และน้ำมันสกัดจากเมล็ดได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย หลังจากที่ก่อนหน้านี้อนุญาตให้สามารถผลิตเฮมพ์เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยง อาหารสำหรับปศุสัตว์ และผลิตภัณฑ์บำรุงผิวกายเท่านั้น (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2562ก) ทั้งนี้เมล็ดเฮมพ์และน้ำมันสกัดจากเมล็ดมีโปรตีนสูง อีกทั้งยังอุดมไปด้วยสารโอเมก้า 3, 6 และ 9 กรดไลโนเลอิก และวิตามินอี ซึ่งช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด และลดการเกิดโรคมะเร็งในร่างกายได้ โดยปริมาณโปรตีนที่สูงของเมล็ดเฮมพ์ทำให้ในปัจจุบันมีความเป็นไปได้ที่จะมีการผลิตแป้งจากเมล็ดเฮมพ์ทดแทนถั่วเหลืองซึ่งเป็นพืช GMOs (กองควบคุมวัตถุเสพติด, 2561) โดยมีการคาดการณ์ว่ามูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดเฮมพ์ และน้ำมันสกัดจากเมล็ดของออสเตรเลียจะสูงถึง 1 พันล้านเหรียญออสเตรเลียต่อปี (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2562ข) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเฮมพ์ในออสเตรเลียมีปริมาณน้อย และไม่เพียงพอกับความต้องการ ทำให้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการสร้างผลิตภัณฑ์เฮมพ์ในออสเตรเลีย จึงจำเป็นต้องนำเข้าวัตถุดิบส่วนใหญ่จากแคนาดาและสหภาพยุโรป (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2562ก)

ในขณะที่เส้นใยเฮมพ์ซึ่งมีคุณสมบัติในการต่อต้านแบคทีเรีย ระบายความร้อน และความชื้นได้ดี สามารถดูดซับรังสียูวี และมีความคงทนสูง ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมสิ่งทอและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ หลากหลายชนิด นอกจากนี้เส้นใยเฮมพ์ถือเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากใช้ปริมาณน้ำในการเพาะปลูกน้อยกว่าการเพาะปลูกฝ้าย แต่กลับให้ผลผลิตที่สูงกว่า โดยในอดีตอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าในสาธารณรัฐเช็ก ใช้เส้นใยเฮมพ์เป็นวัตถุดิบก่อนที่จะถูกทดแทนด้วยเส้นใยฝ้าย ทั้งนี้บริษัท Bohempia ซึ่งก่อตั้งขึ้นในสาธารณรัฐเช็กในปี พ.ศ. 2558 ได้เริ่มนำเส้นใยเฮมพ์กลับมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนเส้นใยฝ้ายในการผลิตเสื้อยืด

ถุงเท้า ถุงมือ ผ้าเช็ดตัว รองเท้า และกระเป๋า (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2559) นอกจากนี้ในปัจจุบันบริษัทชั้นนำในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้า และเครื่องแต่งกายหลายแห่งทั่วโลกก็ได้เริ่มผลิตสินค้าที่มีส่วนผสมของเส้นใยเฮมพ์ออกมาจำหน่ายหลากหลายชนิด ส่งผลให้ปริมาณความต้องการเส้นใยเฮมพ์ทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณการผลิตเส้นใยเฮมพ์มีอยู่อย่างจำกัด โดยในประเทศไทย “เฮมพ์” ถือเป็นพืชวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับชาวไทยภูเขาเผ่าม้ง ซึ่งจะนำเส้นใยจากเปลือกเฮมพ์มาปั่นทำเป็นเส้นด้ายแล้วทอเป็นผ้า ทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าเฮมพ์เพื่อการส่งออกโดย บริษัท ดีดี เนเจอร์ คราฟท์ จำกัด (ดังรูปที่ 4) และมีการส่งออกผ้าเฮมพ์ให้กับแบรนด์รองเท้าผ้าใบชื่อดังจากสหรัฐอเมริกา และแบรนด์เครื่องหนังระดับโลกจากฝรั่งเศส ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากผ้าเฮมพ์ที่ผลิตโดยบริษัท ดีดี เนเจอร์ คราฟท์ จำกัด มีทั้งหมดกว่า 20 รายการ โดยมีราคาขายสูงถึง 1,000-5,000 บาท เนื่องจากปริมาณเส้นใยเฮมพ์ที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยผลิตภัณฑ์จากผ้าเฮมพ์มีตลาดหลักที่ส่งออก คือ ญี่ปุ่น กว่า 70% ที่เหลือส่งออกไปยังยุโรป สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และจำหน่ายภายในประเทศประมาณ 10% (คมชัดลึก, 10 เมษายน 2558; ประชาชาติธุรกิจ, 21 กันยายน 2560)

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 4 (ก) รองเท้าผ้าใบที่ผลิตจากเส้นใยเฮมพ์ ของบริษัท Bohempia (ข) กระเป๋าใยกัญชง ของบริษัท ดีดี เนเจอร์ คราฟท์ จำกัด (ค) แผ่นไม้อัดที่ผลิตจากเนื้อไม้ของเฮมพ์ และ (ง) วัสดุก่อสร้างบ้าน Hemp blocks

ที่มา: https://bohempia.com, http://www2.mtec.or.th, https://hempearth.ca/2019/05/13/hemp earth-100-hemp-board-new-green-option/ และ https://www.isohemp.com

การบริโภคผลิตภัณฑ์เฮมพ์ทั่วโลกส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอาหาร ยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ซึ่งมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เฮมพ์ให้มีความหลากหลาย และสามารถตอบสนองต่อความต้องการในด้านต่าง ๆ อาทิ พลาสติกชีวภาพที่มีส่วนผสมของเส้นใยเฮมพ์ แผ่นไม้อัด (Particle board) ที่ผลิตจากเนื้อไม้ของเฮมพ์ 100% และวัสดุก่อสร้างบ้านที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ผสมเนื้อไม้ของเฮมพ์ เรียกว่า Hempcrete หรือ Hemp blocks ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ดูดความชื้น และระบายอากาศได้ดี และยังมีความทนต่อการติดไฟได้นานกว่า 2 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณการผลิตเฮมพ์ไม่เพียงพอต่อความต้องการ (ดังรูปที่ 4) ดังนั้น จึงเป็นโอกาสดีสำหรับประเทศที่มีการส่งเสริม และสนับสนุนให้มีการผลิตและเพาะปลูกเฮมพ์ในพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้น และควรมีการสนับสนุนปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเพาะปลูกแก่เกษตรกรให้มากขึ้น เพื่อรองรับกับการสร้าง **“ผลิตภัณฑ์เฮมพ์”** ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของตลาดโลก

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้ได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนจากโครงการวิจัย เรื่อง **“การปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์จากเฮมพ์ที่ปลูกในดินปนเปื้อนแคดเมียม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (RDG62T0053)”** โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.พันธวัศ สัมพันธ์พานิช เป็นหัวหน้าโครงการฯ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ 2562 อันเป็นประโยชน์ต่อความสำเร็จของการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2559. Bohempia พยายามที่จะนาเส้นใยกัญชากลับมาใช้ในธุรกิจสิ่งทอในประเทศสาธารณรัฐเช็ก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.ditp.go.th/ditp_web61/article_ sub_view.php?filename=contents_attach/153115/153192.pdf&title=153192&cate=819&d=0 [17 พฤษภาคม 2562]

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2562ก. ตลาดผลิตภัณฑ์ Hemp ในออสเตรเลีย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/539799/535397.pdf&title=539799&cate=1450&d=0 [17 พฤษภาคม 2562]

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2562ข. ออสเตรเลียอนุญาตให้การบริโภคเมล็ดกัญชงถูกต้องตามกฎหมาย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.ditp.go.th/ditp_ pdf.php?filename=contents_attach/210 515/210515.pdf&title=210515 [17 พฤษภาคม 2562]

กองควบคุมวัตถุเสพติด. 2561. คู่มือ พนักงานเจ้าหน้าที่ในการกำกับ ดูแล ซึ่งยาเสพติดให้โทษประเภท 5 เฉพาะเฮมพ์ (Hemp). จำนวน 500 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

คมชัดลึก. HEMP ผลิตภัณฑ์จากใยกัญชง ชูความเป็นไทยในต่างแดน. 10 เมษายน 2558. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.komchadluek.net/news/kom-kid/204463 [17 พฤษภาคม 2562]

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดของแคดเมียมในอาหารบางชนิด. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135 ตอนพิเศษ 209 ง (30 สิงหาคม 2561): 12.

ประชาชาติธุรกิจ. ส่องฐานข้อมูลวัสดุไทย (TCDC Materials Database). 21 กันยายน 2560. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.prachachat.net/economy/news-42712 [17 พฤษภาคม 2562]

พันธวัศ สัมพันธ์พานิช. 2558. การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพืช. 1,000 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยแสงซินโครตอน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). แสงซินโครตรอน. Available from: https://www.slri.or.th/th/what-is-synchrotron-light.html [2019,March 30]

Aekkacha Tananonchai, Pantawat Sampanpanish, Penradee Chanpiwat, Somchai Tancharakorn, Usa Sukkha. 2019. Effect of EDTA and NTA on cadmium distribution and translocation in Pennisetum purpureum Schum cv. Mott. *Environmental Science and pollution Research.* 26(10): 9851-9860.

Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V., and Ivanov, K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products*. 19 (3): 197-205.

Arai, T., Ikemoto, T., Hokura, A., Terada, Y., Kunito, T., Tanabe, S., et al. 2004. Chemical forms of mercury and cadmium accumulated in marine mammals and seabirds as determined by XAFS analysis. *Environmetal Science and Technol*ogy. 38(24): 6468–6474.

Chen, L., Sun, T., Sun, L., Zhou, Q. and Chao, L. 2006. Influence of phosphate nutritional level on the phytoavailability and speciation distribution of cadmium and lead in soil. *Journal of Environmental Sciences.* 18: 1247-1253.

Citterio, S., Santagostino, A., Fumagalli, P., Prato, N., Ranalli, P., and Sgorbati, S. 2003. Heavy metal tolerance and accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L. *Plant and Soil.* 56: 243-252.

CODEX. 2015. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CODEX STAN 193-1995, last amended in 2015). [Online]. Available from : http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/ [2019,May17]

Fukuda, N., Hokura, A., Kitajima, N., Terada, Y., Saito, H., Abe, T., et al. 2008. Micro X-ray fluorescence imaging and micro X-ray absorption spectroscopy of cadmium hyper-accumulating plant, *Arabidopsis halleri* ssp. gemmifera, using high-energy synchrotron radiation. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 23*(8), 1068-1075.

Linger, P., Müssig, J., Fischer, H., Kobert, J. 2002. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential. *Industrial Crops and Products.* 16: 33-42.

Linger, P., Ostwald, A., and Haensler, J. 2005. *Cannabis sativa* L. growing on heavy metal contaminated soil: growth, cadmium uptake and photosynthesis. *Biologia Plantarum.* 49(4): 567-576.

Mongkhonsin, B., Nakbanpote, W., Hokura, A., Nuengchamnong, N. and Maneechai, S. 2016. Phenolic compounds responding to zinc and/or cadmium treatments in Gynura pseudochina (L.) DC. extracts and biomass. *Plant Physiology and Biochemistry.* 109: 549-560.

Schluttenhofer, C, and Yuan, L. 2017. Challenges towards revitalizing Hemp: A multifaceted crop. *Trends in Plant Science.* 22(11): 917-929.

Shi, G., and Cai, Q. 2009. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. *Biotechnology Advances*. 27: 555-561.

Wieliczko, M. 2019. Heavy metal testing to improve cannabis safety & quality. [Online]. Available from: https://www.analyticalcannabis.com/articles/heavy-metal-testing-to-improve-cannabis-safety-quality-311445 [2019,January 23]