DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม ในกาแฟสกัดเย็นแบบทำเอง

ภูมิภัทร ภูมิอริยพงศ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ปีการศึกษา 2565

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

A SURVEY OF CONTAMINATION OF LEAD AND CADMIUM CONTENT IN SELF-MADE COLD BREW COFFEE

PHUMIPHAT PHUMARIYAPONG

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Degree of Master of Science
Department of Anti-aging and Regenerative Medicine,
Collage of Integrative Medicine,
Dhurakij Pundit University
Academic Year 2522

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ใบรับรองสารนิพนธ์

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม ในกาแฟสกัดเย็นแบบทำเอง
เสนอโดย	ภูมิภัทร ภูมิอริยพงศ์
สาขาวิชา	วิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
กลุ่มวิชา	วิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกราช บำรุงพืชน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เภสัชกรหญิงมยุรี ตันติสิระ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกราช บำรุงพืชน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พัฒนา เต็งอำนวย)

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ รับรองแล้ว

..... คณบดีวิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พัฒนา เต็งอำนวย)

วันที่ 21 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2566

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟสกัดเย็นแบบทำเอง
ชื่อผู้เขียน	ภูมิภัทร ภูมิอริยพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกราช บำรุงพืชน์
หลักสูตร	วิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเป็นปัญหาระดับโลก ในหลายงานวิจัยได้มีการให้ความสนใจกับการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมใน กาแฟ เนื่องจากว่ากาแฟเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก และการทานกาแฟในปริมาณที่เหมาะสมยังเป็นผลดีกับร่างกายอีกด้วย ผลตรวจในหลาย ๆ งานวิจัยได้พบการปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในเมล็ดกาแฟและเครื่องดื่มกาแฟสกัดร้อนจากหลาย ๆ แหล่ง ทั้งนี้ยังไม่มีการทดสอบในผลิตภัณฑ์ที่มีแหล่งสั่งซื้อในไทยทั้งช่องทางออนไลน์และหน้าร้าน นอกจากนี้ยังไม่เคยมีการเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีการชงแบบสกัดเย็นเทียบกับสกัดร้อน ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วโดยใช้ตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่สามารถหาซื้อได้ในประเทศไทยมาทั้งหมด 8 ตัวอย่างนำมาสกัดเย็นและร้อนด้วยตนเอง ตรวจค่าปริมาณสารโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมด้วยวิธี ICP-MS

ผลการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมแสดงให้เห็นว่าตรวจไม่พบการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในทุกตัวอย่าง โดยมี LOD ของตะกั่วและแคดเมียมเป็น 0.010 mg/kg และ 0.005 mg/kg ตามลำดับ สามารถแปลได้ว่ามีในปริมาณที่ต่ำมากจนเครื่องตรวจไม่สามารถตรวจวัดได้หรือไม่มีการปนเปื้อนของโลหะสองชนิดนี้เลย สรุปได้ว่าการนำเมล็ดกาแฟที่หาซื้อในไทยมาสกัดเย็นหรือสกัดร้อนด้วยตนเองและดื่มนั้นไม่มีผลกับโรคที่เกี่ยวข้องกับการสะสมของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในร่างกาย

คำสำคัญ: กาแฟ, โลหะหนัก

อาจารย์ที่ปรึกษา

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Thematic Paper Title	A SURVEY OF CONTAMINATION OF LEAD AND CADMIUM CONTENT IN SELF-MADE COLD BREW COFFEE
Author	Phumiphat Phumariyapong
Thematic Paper Advisor	Assistant Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D.
Program	Anti-Aging and Regenerative Medicine
Academic Year	2022

Abstract

Contamination of lead and cadmium in food is a global problem. Several research studies have focused on determining the amount of lead and cadmium contamination in coffee since coffee is one of the most popular beverages in the world, and consumption of coffee in a proper amount can be beneficial to our health. Results from several papers reported contamination of lead and cadmium in coffee beans and hot brew coffee. However, there is no research on coffee products available in Thailand, either from online or stores, and there is no comparison between cold brew and hot brew methods. Therefore, the researcher conducted a study on contamination of lead and cadmium on self-made cold brew coffee compared with self-made hot brew coffee using eight coffee bean samples sold in Thailand using the ICP-MS method.

The results of the study showed that no lead or cadmium was detected in any of the samples with the limit of detection (LOD) of lead and cadmium of 0.010mg/kg and 0.005mg/kg respectively. This can be interpreted that the amount of lead or cadmium was too low to be detected by the ICP-MS method, or there was no contamination at all. Therefore, it can be concluded that cold brew or hot brew coffee made by coffee beans available in Thailand can be consumed without risk of sickness due to accumulation of lead or cadmium.

Keywords: coffee, heavy metal

Advisor

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง “การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟสกัดเย็นแบบทำเอง” เล่มนี้มิอาจประสบความสำเร็จได้เลย หากปราศจากความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. เอกราช บำรุงพืชน์ อาจารย์ที่ปรึกษา และเหล่าคณาจารย์ท่านอื่น ๆ ที่ได้สละเวลาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง พร้อมทั้งได้แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้คำปรึกษาที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ามากขึ้น รวมทั้งกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพทุกท่าน ที่มอบความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาพัฒนาสารนิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะทุกท่านที่ช่วยประสานงานให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างราบรื่น

ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง และมุ่งหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์กับทุกท่านและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้สืบต่อไป

ภูมิภัทร ภูมิอริยพงศ์

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ช
สารบัญ..... ซ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญภาพ..... ฌ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 คำถามงานวิจัย..... 2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
2. แนวคิด ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3
2.1 กาแฟ..... 3
2.2 โลหะหนัก..... 9
2.3 วิธีตรวจโลหะหนักในเครื่องดื่ม..... 11
3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 12
3.1 รูปแบบงานวิจัย..... 12
3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา..... 12
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 13
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 14
4. ผลการวิจัย..... 15
4.1 ข้อมูลตัวอย่างที่ส่งตรวจ..... 15
4.2 ผลการศึกษาการตรวจหาปริมาณตะกั่ว..... 17
4.3 ผลการศึกษาการตรวจหาปริมาณแคดเมียม..... 18
5. อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุป..... 20
5.1 อภิปรายผลการทดลอง..... 20
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 21
5.3 สรุปผลการทดลอง..... 22
บรรณานุกรม..... 23
ประวัติผู้เขียน..... 29

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ข้อมูลตัวอย่างในการส่งตรวจ..... 16
4.2 ผลการทดสอบหาปริมาณตะกั่วในตัวอย่าง..... 18
4.3 ผลการทดสอบหาปริมาณแคดเมียมในตัวอย่าง..... 19

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน..... 7
2.2 โครงสร้างทางเคมีของกรดคลอโรจีนิค..... 8
2.3 โครงสร้างทางเคมีของไตรโกนีลีน..... 8
3.1 เครื่องบดกาแฟแบบมือหมุน..... 13
3.2 อุปกรณ์ French Press..... 13
3.3 กาต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ..... 13

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ ที่มา และความสำคัญของปัญหา

กาแฟนั้นถือได้ว่าถือเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก ณ ปัจจุบัน[1] มนุษย์นั้นนิยมดื่มกาแฟเพื่อคาเฟอีน โดยเฉพาะฤทธิ์ที่ทำให้ร่างกายตื่นตัว นอกจากนี้การดื่มกาแฟในปริมาณที่เหมาะสมในทุก ๆ วันสามารถส่งผลดีต่อร่างกายได้อีกด้วย[2,3]

สำหรับการทำกาแฟเพื่อดื่มเองในบ้าน การสกัดเย็น (cold brew) ถือได้ว่าเป็นวิธีที่กำลังนิยมและเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นในปัจจุบัน การสกัดเย็นคือการนำเมล็ดกาแฟไปบดแล้วแช่น้ำ และนำไปเก็บในอุณหภูมิที่ต่ำประมาณ 1 วันเพื่อให้น้ำสกัดกาแฟออกมาโดยไม่ผ่านความร้อน[4] และยังมีงานวิจัยที่กล่าวถึงวิธีการสกัดเย็นเมื่อเทียบกับการสกัดร้อนแล้วปริมาณสารเคมีต่าง ๆ ที่ถูกสกัดออกมานั้นไม่เท่ากันอีกด้วย[5-7]

ทั้งนี้กาแฟอาจจะไม่ได้มีแต่ประโยชน์เพียงอย่างเดียว ในหลาย ๆ วิจัยของประเทศต่าง ๆ นอกประเทศไทยได้มีการแสดงถึงความสนใจในโลหะหนักที่มีติดค้างอยู่ในกาแฟ ทั้งในรูปแบบของเมล็ดกาแฟคั่วโดยตรงในต่างประเทศ[8,9] หรือในรูปแบบกาแฟสกัดร้อน[10] โดยเฉพาะสารตะกั่วที่มีมากกว่าปริมาณแนะนำในการดื่มในกาแฟบางชนิดและจากบางแหล่ง นอกจากนี้ยังมีการพบสารแคดเมียมปนเปื้อนในบางตัวอย่างด้วย ซึ่งโลหะหนักเป็นธาตุที่สามารถสะสมในร่างกายได้เรื่อย ๆ และไม่สามารถกำจัดออกได้โดยง่าย[11] นอกจากนี้ในงานวิจัยที่มีการสำรวจปริมาณโลหะหนักในกาแฟสกัดร้อนได้แสดงผลถึงปริมาณของตะกั่วและแคดเมียมที่สามารถผ่านลงมาพร้อมกับการสกัดได้สูงกว่า 90% อีกด้วย[10]

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่ากาแฟชนิดสกัดเย็นยังไม่มีการนำไปตรวจปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียม ซึ่งปริมาณการดื่มกาแฟชนิดนี้กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้น นอกจากนี้ยังไม่มีกาแฟที่มีแหล่งที่มาจากประเทศไทยหรือมีขายในประเทศไทยในการตรวจสอบค่าโลหะหนัก ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจว่าปริมาณของสารโลหะหนักในกาแฟสกัดเย็นที่คนไทยซื้อมาทำเองนั้นอยู่ในปริมาณที่สามารถดื่มได้ต่อเนื่องหรือไม่ และเมื่อเทียบกับการสกัดร้อน การสกัดเย็นจะมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่แตกต่างกันหรือไม่

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

1.2 คำถามงานวิจัย

1.2.1 กาแฟสกัดเย็นมีตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนหรือไม่

1.2.2 กาแฟสกัดเย็นมีปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียมเกินปริมาณที่กำหนดหรือไม่ และมีในปริมาณที่แตกต่างจากกาแฟสกัดร้อนหรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณสารโลหะตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟสกัดเย็นแบบทำเอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ประโยชน์ของงานวิจัยนี้เพื่อที่จะได้รู้ถึงปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนมาในกาแฟสกัดเย็น และสามารถแนะนำปริมาณการดื่มต่อวันได้ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความปลอดภัยในการดื่มกาแฟสกัดเย็นของคนไทยอีกด้วย

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 กาแฟ

2.1.1 ประวัติและข้อมูลเบื้องต้นของกาแฟ

หนึ่งในประวัติศาสตร์ที่เป็นที่รู้จักของกาแฟมีการกล่าวว่ากาแฟมีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศเอธิโอเปีย ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 9 ค้นพบครั้งแรกโดยคนเอธิโอเปียที่ต้อนแพะแล้วสังเกตได้ถึงอาการตื่นตัวที่แตกต่างไปของแพะบางตัวหลังจากกินผลเบอร์รี่จากต้นไม้ชนิดหนึ่ง คนต้อนแพะจึงทดลองด้วยตัวเองด้วยความสงสัยแล้วพบว่าผลเบอร์รี่จากต้นน้ำให้เขามีความตื่นตัวมากขึ้น เขาจึงนำผลเบอร์รี่นี้ไปให้กับพระ หลังจากนั้นพระได้มีการนำผลเบอร์รี่ไปใส่ในไฟด้วยความเข้าใจผิด แล้วค้นพบว่ามีกลิ่นหอมออกมามากกว่าเดิม พระจึงนำผลเบอร์รี่ไปแช่น้ำร้อนเพื่อการเก็บ และหลังจากที่พระได้ดื่มน้ำที่ใช้แช่ผลเบอร์รี่นั้นจึงได้รู้ว่าน้ำนี้ช่วยให้พระสามารถสวดมนต์และทำสมาธิช่วงกลางคืนโดยไม่หลับได้นานขึ้น และต้นเบอร์รี่นี้ก็ได้มีการเรียกชื่อว่าต้นกาแฟในเวลาถัดมา

นอกจากนี้ยังมีประวัติศาสตร์ของการค้นพบกาแฟจากคนประเทศเยเมนที่มาแสวงบุญในประเทศเอธิโอเปียแล้วค้นพบต้นกาแฟจากการตามรอยนกตัวหนึ่งที่เห็นว่ามีความกระตือรือร้นมากจนพบว่านกตัวนี้กินเบอร์รี่จากต้นไม้ต้นหนึ่งที่เป็นที่รู้จักว่าต้นกาแฟในเวลาถัดมา นักแสวงบุญจากประเทศเยเมนจึงลองผลเบอร์รี่นี้ด้วยตัวเองแล้วพบว่าผลเบอร์รี่นี้ทำให้เค้ามีพลังงานมากขึ้น อย่างไรก็ตามคนส่วนใหญ่ยังคงเชื่อว่าเมล็ดกาแฟนั้นมาจากประเทศเอธิโอเปียแล้วส่งออกไปที่ประเทศเยเมน

จากความเชื่อที่ว่ากาแฟมีแหล่งกำเนิดในประเทศเอธิโอเปีย ถัดมาในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 15 กาแฟได้มีการเริ่มปลูกในเขตอาราเบียของประเทศเยเมน และกลายเป็นที่รู้จักของประเทศแถบนั้น (เปอร์เซีย อียิปต์ และตุรกี) ในคริสต์ศตวรรษที่ 16 ด้วยความสามารถในการทำให้ร่างกายตื่นตัวระหว่างการสวดมนต์ของนักบุญ และในคริสต์ศตวรรษที่ 17 กาแฟก็ได้เริ่มเป็นที่รู้จักในยุโรปจากการที่นักเดินทางแถบยุโรปไปค้นพบกาแฟและเกิดความสนใจอย่างมาก ทำให้กาแฟเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายไปทั่วทวีป แต่เนื่องด้วยสภาพอากาศที่เย็นเกินทำให้ทวีปยุโรปไม่สามารถเป็นแหล่งปลูกกาแฟได้ ทำให้มีการปลูกกาแฟในแถบอเมริกากลางในช่วงต้นของคริสต์ศตวรรษที่ 18 และสุดท้ายกาแฟก็ได้มีการนำไปปลูกที่แถบลาตินอเมริกา ซึ่งมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมในการปลูกกาแฟมากที่สุด และกลายเป็นแหล่งปลูกกาแฟที่ใหญ่ที่สุดในปัจจุบัน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ต้นกาแฟนั้นเป็นไม้ไม่ผลัดใบพื้นเมืองของแถบแอฟริกา โดยปกติแล้วต้นกาแฟจะมีความสูงอยู่ระหว่าง 3-9 เมตร มีลักษณะเป็นพุ่มสูงที่มีกิ่งก้านแผ่ออกมาจากแกนกลาง ต้นกาแฟนั้นใช้เวลาระหว่าง 3-5 ปีหลังเริ่มปลูกที่จะสามารถพร้อมให้เก็บเกี่ยวได้เต็มที่ และมีอายุโดยประมาณ 20-30 ปีขึ้นกับสายพันธุ์และการดูแล กาแฟมีสองสายพันธุ์หลัก ๆ ได้แก่สายพันธุ์โรบัสต้า และสายพันธุ์อาราบิก้า กาแฟโรบัสต้าเป็นสายพันธุ์ที่เป็นที่รู้จักในด้านความเข้มข้นของรสชาติและรสขม นิยมปลูกที่ระดับความสูงต่ำกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ผิวของเมล็ดกาแฟมีลักษณะขรุขระ กาแฟโรบัสต้ามีราคาที่ต่ำกว่าและปริมาณคาเฟอีนที่สูงกว่าสายพันธุ์อาราบิก้า ทำให้เป็นสายพันธุ์ที่นิยมนำมาผสมในกาแฟราคาถูก สายพันธุ์อาราบิก้าจะเป็นสายพันธุ์ที่มีคุณภาพสูงกว่า ผิวของเมล็ดจะค่อนข้างเรียบเนียน และปลูกในระดับความสูงที่สูงกว่าสายพันธุ์โรบัสต้า สายพันธุ์นี้จะมีรสชาติที่หวานกว่า และมีกลิ่นที่ซับซ้อนกว่า ทำให้ได้รับความนิยมในหมู่เครื่องดื่มกาแฟราคาสูง

2.1.2 การผลิตกาแฟ

เมล็ดกาแฟคั่วที่เรานำมาบดและสกัดเป็นน้ำกาแฟดื่มนั้นเริ่มต้นมาจากการเก็บเกี่ยวผลเบอร์รี่กาแฟที่สุกเต็มที่แล้วจากต้นกาแฟ จากนั้นจะผ่านการคัดแยกผลที่สุกเกิน ดิบเกิน หรือมีการเสียหายจากผลที่สุกดี แล้วนำไปล้างทำความสะอาดฝุ่นและสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ออก ขั้นตอนถัดไปจะเป็นการแยกเมล็ดกาแฟออกจากผลเบอร์รี่กาแฟ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะนิยมใช้เครื่องจักรในการบีบเมล็ดกาแฟออกมา เมล็ดกาแฟที่ได้มาจะมีส่วนของเนื้อเบอร์รี่ติดมาด้วยเล็กน้อย เมล็ดนี้จะนำไปเข้ากระบวนการหมักซึ่งจะแช่เมล็ดกาแฟเป็นระยะเวลาระหว่าง 12 ถึง 48 ชั่วโมง

ในระหว่างการหมักนี้เอนไซม์จะสลายเศษของผลกาแฟที่ติดกับเมล็ดกาแฟออก ซึ่งขั้นตอนนี้จะส่งผลต่อรสชาติและกลิ่นของกาแฟ หลังจากการหมักเมล็ดกาแฟจะเป็นการล้างและตากเมล็ดกาแฟเพื่อให้แห้ง การตากจะใช้เวลาตั้งแต่หลักหลายวันถึงหลายสัปดาห์ขึ้นกับสภาพอากาศในช่วงนั้น เมื่อเมล็ดกาแฟแห้งได้ที่จะมีการนำเข้าเครื่องสีสำหรับเมล็ดกาแฟเพื่อแยกเปลือกของเมล็ดกาแฟ เมล็ดกาแฟที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเรียกว่าสารกาแฟที่พร้อมจะนำไปเข้าการคั่วถัดไป

สำหรับการหมักเมล็ดกาแฟนั้น วิธีที่ได้กล่าวถึงขั้นต้นนั้นเรียกว่า Washed Process ซึ่งจะเป็นวิธีที่นิยมและรวดเร็วที่สุด แต่นอกจากวิธีนี้จะยังมีวิธีอื่น ๆ ทั้ง Natural (Dry) Process ที่จะตากผลกาแฟหลังเก็บเกี่ยวทันทีเลยเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ถึง 4 สัปดาห์เพื่อให้เมล็ดกาแฟมีการดูดซึมสารจากเนื้อของผลเข้าไปเพิ่มเติม แล้วค่อยแยกเมล็ดออกมาจากผลเบอร์รี่กาแฟ หรือวิธี Honey (Pulped Natural) Process ที่จะบีบเมล็ดกาแฟออกมาก่อน แต่แทนที่จะนำไปบ่มเหมือน Washed Process เมล็ดกาแฟที่แยกออกมาจะถูกนำไปตากแดดตามระยะเวลาที่เหมาะสมของเมล็ดกาแฟนั้น ๆ ก่อนจะนำไปสีแยกเปลือกออกมาเป็นสารกาแฟ ในแต่ละผู้ผลิตจะมีขั้นตอนและวิธีการการผลิตที่แตกต่างกันไปตามแต่ละความต้องการในเอกลักษณ์ของผู้ผลิต

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

สารกาแฟหรือเมล็ดกาแฟดิบพร้อมคั่วนั้นจะผ่านการคัดกรองคุณภาพและแยกสิ่งปนเปื้อนอีกครั้ง การคั่วเมล็ดกาแฟเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการเปลี่ยนจากสารกาแฟให้เป็นเมล็ดกาแฟคั่วที่จะนำไปสกัดเป็นเครื่องดื่มกาแฟ การคั่วกาแฟนั้นคือการให้ความร้อนสูงอย่างสม่ำเสมอกับเมล็ดกาแฟให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในจนเกิดเป็นกลิ่นหอมและเอลักษณ์กาแฟที่เป็นที่รู้จักกัน การคั่วจะมีหลายวิธีและระดับความเข้มขึ้นกับความต้องการของผู้ผลิต ซึ่งวิธีที่ต่างกันจะส่งผลต่อแกลักษณ์ของเมล็ดกาแฟที่แตกต่างกันไป กาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วเมล็ดกาแฟจะถูกทำให้เย็นลงทันทีและบรรจุสำหรับการนำไปบดและสกัดดื่มในอนาคต

2.1.3 การสกัดกาแฟ

สำหรับการสกัดกาแฟ น้ำจะถูกใช้เป็นตัวกลางในการสกัดกาแฟเนื่องจากกาแฟไม่สามารถสกัดตัวเองได้ และการสกัดร้อนเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบันด้วยวิธีการที่หลากหลายและความรวดเร็วในการสกัด [12] ขั้นตอนและวิธีในการสกัดร้อนนั้นมีหลากหลาย เช่น Espresso, French press, Moka pot, Drip และวิธีอื่นๆอีกมากมาย แต่ในทุกวิธีจะมีการใช้น้ำร้อนทำหน้าที่ในการสกัดกาแฟออกมา[1]

ในวิธีการสกัดกาแฟแบบร้อนจะแบ่งเป็นสามหลักการหลัก ๆ นั่นก็คือการสกัดโดยใช้ความดัน ใช้การแช่ ใช้ทั้งสองหลักการนี้ และการสกัดแบบที่ไม่ได้ใช้ทั้งความดันและการแช่ ซึ่งในแต่ละหลักการจะใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันดังนี้

2.1.3.1 ใช้ความดัน

(1) เอสเพรสโซ่ (Espresso): เอสเพรสโซ่เกิดจากการบังคับน้ำร้อนแรงดันสูงให้วิ่งผ่านผงกาแฟที่บดละเอียดมาก ทำให้เกิดการสกัดกาแฟอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความเข้มข้นสูง

(2) มอคค่าพอท (Moka pot): จะเป็นอุปกรณ์ที่แบ่งเป็นสองห้องบนและล่าง ด้านล่างจะใส่น้ำสำหรับการนำไปต้ม ไอน้ำจากการระเหยของน้ำที่ต้มเดือด จะเพิ่มความดันจากการต้มจนไอน้ำวิ่งผ่านผงกาแฟบดขึ้นไปที่ห้องด้านบน

2.1.3.2 ใช้การแช่

(1) เฟรนช์เพรส (French press): กาแฟบดหยาบจะใส่ลงไปแช่ในน้ำร้อน หลังจากผ่านไประยะเวลหนึ่ง กดอุปกรณ์กดแบบที่มีตะแกรงกรองเพื่อแยกผงกาแฟบดไว้ด้านล่าง และเทน้ำกาแฟออกทางด้านบน วิธีนี้จะใช้การแช่ในการสกัดกาแฟแทนการใช้แรงดัน

(2) ชงแบบกาแฟตุรกี (Turkish Coffee): วิธีนี้จะใช้ผงกาแฟแบบละเอียดมาก ๆ ในการชง วิธีนี้จะเป็นการใส่กาแฟผสมกับน้ำในหม้อให้ความร้อนแบบพิเศษ ซึ่งจะไม่มีการกรองแยกผงกาแฟออกในตอนหลัง ผงกาแฟจะตกลงไปที่ด้านล่างของแก้วก่อนการนำไปดื่ม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

2.1.3.3 ใช้ทั้งความดันและการแช่

(1) ไซฟอน (Siphon/Vacuum pot): เครื่องมือนี้จะใช้ทั้งหลักการของแรงดันไอน้ำและสุญญากาศในการสกัด เริ่มต้นจากเครื่องมือจะมีการแบ่งเป็นสองส่วนบนและล่าง ส่วนล่างจะสำหรับใส่น้ำและส่วนบนสำหรับใส่ผ้ากรองและผงกาแฟบด สองส่วนนี้จะเชื่อมต่อกันด้วยหลอดแก้ว น้ำที่อยู่ในส่วนล่างจะถูกให้ความร้อนจนเดือด เกิดเป็นแรงดันในอากาศส่วนล่างซึ่งจะดันน้ำร้อนขึ้นไปบนหลอดไปยังส่วนบนที่มีผงกาแฟบดเพื่อสกัดกาแฟ หลังจากนั้นนำแหล่งกำเนิดความร้อนออก ทำให้อากาศส่วนล่างเย็นตัวลงและเกิดเป็นสุญญากาศซึ่งจะดูดน้ำกาแฟจากส่วนบนกลับคืน แยกผงกาแฟบดแกจากน้ำกาแฟไปพร้อมกัน

(2) แอโร่เพรส (Aeropress): อุปกรณ์นี้จะแช่กาแฟในน้ำร้อนแล้วปั๊มน้ำกาแฟออผ่านตะแกรงกรองกาแฟ ซึ่งวิธีนี้จะใช้ทั้งการแช่และใช้แรงดัน

2.1.3.4 ไม่ได้ใช้ทั้งความดันหรือการแช่

(1) เครื่องทำกาแฟดริป (Drip Coffee Maker): เครื่องนี้จะใช้หลักการหยดน้ำร้อนลงบนกาแฟบดที่อยู่ในที่กรอง หลังจากนั้นน้ำกาแฟจะไหลผ่านที่กรองแล้วลงบนภาชนะพร้อมเสิร์ฟ

(2) Pour Over: เป็นวิธีการชงมือด้วยการเทน้ำร้อนลงบนกาแฟบดที่อยู่ในกระดาษกรอง น้ำร้อนจะไหลผ่านกาแฟบดและผ่านกระดาษกรองออกมาเป็นน้ำกาแฟ

กาแฟแบบสกัดร้อนเป็นรูปแบบที่นิยมดื่มกันมากที่สุด[12] อย่างไรก็ตาม การสกัดเย็นนั้นเป็นวิธีการสกัดรูปแบบใหม่ที่กำลังเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นจากกลิ่นและรสสัมผัสที่ต่างจากกาแฟทั่วไป[13] และการสกัดเย็นนี้กำลังค่อย ๆ แทนกาแฟเย็น (กาแฟร้อนที่ทำให้เย็น) อย่างต่อเนื่อง[14]

การสกัดเย็นคือการนำเมล็ดกาแฟไปบดแล้วนำไปแช่น้ำเพื่อให้น้ำทำหน้าที่สกัดกาแฟออกมาโดยไม่ผ่านความร้อน วิธีการสกัดเย็นนั้นไม่มีการกำหนดความและหลักการที่แน่ชัด แต่จากงานวิจัยที่มีสำรวจถึงความนิยมในการทำการสกัดเย็นกาแฟนั้น คนที่ทำกาแฟสกัดเย็นดื่มเองที่บ้านนิยมนำกาแฟคั่วระดับกลางถึงคั่วเข้มไปบดในระดับหยาบ และนำไปแช่น้ำนาน 20-26ชั่วโมงในอุณหภูมิตู้เย็น(8องศาเซลเซียส)[4]

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

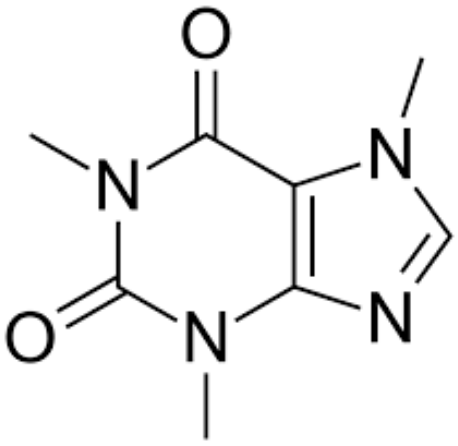
2.1.4 ประโยชน์ของสารเคมีในกาแฟ

กาแฟนั้นมีความนิยมในเรื่องของผลที่ช่วยทำให้ตื่นตัว นอกจากผลในการตื่นตัวแล้ว มีรายงานจำนวนมากได้กล่าวถึงประโยชน์ของการดื่มกาแฟในระยะยาวซึ่งได้แก่ ทำให้กระฉับกระเฉงมากขึ้น เพิ่มการเผาผลาญไขมัน ลดโอกาสการเกิดโรคหัวใจ มะเร็งตับ มะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งลำไส้ใหญ่ลงได้ 20% ลดความเสี่ยงโรคพาร์กินสันลง 25% นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่ากาแฟทำให้อารมณ์ดีขึ้น ลดความเสี่ยงของการฆ่าตัวตายลงได้ 50% [15] มีวิจัยที่พบอีกว่า ประชากรในบางประเทศได้รับสารต้านอนุมูลอิสระต่อวันจากกาแฟมากกว่า ชา ผลไม้ และผักอีกด้วย[16]

ในกาแฟนั้นมีสารเคมีหลากหลายชนิดที่มีส่งผลดีต่อร่างกาย สารที่เป็นที่รู้จักกันดีในเครื่องดื่มกาแฟนั้นคือคาเฟอีน นอกจากนี้ในงานวิจัยที่มีการสำรวจถึงปริมาณกรดคลอโรจีนิค (Chlorogenic Acid; CGA) พบว่ากรดคลอโรจีนิคจากกาแฟนั้นเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหลักในการบริโภคแบบชาวตะวันตกเนื่องจากมีการดื่มกาแฟเป็นปริมาณมาก[17] และในงานวิจัยที่ได้สำรวจส่วนประกอบชีวภาพในเมล็ดกาแฟก็ได้พบว่านอกจากคาเฟอีนและกรดคลอโรจีนิคแล้ว ในเมล็ดกาแฟยังมีสารไตรโกนีลีน (Trigonelline) ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย[18]

สารคาเฟอีนเป็นสารออกฤทธิ์ทางประสาท และกาแฟเป็นเครื่องดื่มคาเฟอีนที่มีการดื่มกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด ประโยชน์ของคาเฟอีนคือความสามารถที่ช่วยให้สมรรถภาพร่างกายสูงขึ้น ช่วยด้านความทรงจำ อารมณ์ และการตื่นตัวมากขึ้น ปริมาณการได้รับคาเฟอีนที่แนะนำจาก EFSA (European Food Safety Authority) อยู่ที่ไม่เกิน 3มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ในเด็กและวัยรุ่น และไม่เกิน 400 มก/วัน ในผู้ใหญ่ และปริมาณคาเฟอีนที่เราได้รับต่อวันนั้นมาจากกาแฟมากที่สุดด้วย[19]

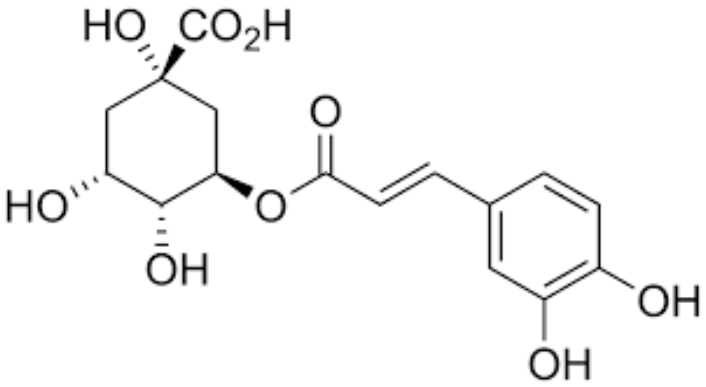
ปริมาณการรับคาเฟอีนของคนเอเชียเฉลี่ยอยู่ที่ 67.75 มก./วัน และประชากรประเทศเกาหลีที่ดื่มกาแฟเป็นประจำรับคาเฟอีนเฉลี่ยอยู่ที่ 250.7 มก./วัน[20] ในงานวิจัยทบทวนวรรณกรรมที่มีการรวบรวมผลงานเกี่ยวกับปริมาณการรับคาเฟอีนในมนุษย์ แสดงให้เห็นว่าปริมาณการรับสารคาเฟอีนที่ให้ผลดีที่สุดกับร่างกายคือระหว่าง 38-400 มก./วัน[21]



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน

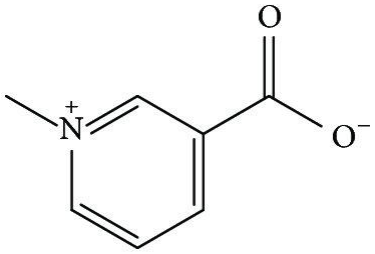
DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

กรดคลอโรจีนิคเป็นสารเคมีจำเพาะกลุ่มหนึ่งในโพลีฟีนอลที่เป็นกลุ่มของสารพฤกษเคมีที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและทุกตัวในนี้จะมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ กรดคลอโรจีนิคจะมีปริมาณมากที่สุดในโพลีฟีนอลทั้งหมดที่พบในกาแฟ และเป็นหนึ่งในสารโพลีฟีนอลที่ร่างกายรับเข้าไปจากการบริโภคมากที่สุดด้วย นอกจากนี้ยังมีการบอกถึงความสัมพันธ์ในทางที่ดีของการรับกรดคลอโรจีนิคต่อการลดความเสี่ยงภาวะเมแทบอลิกซินโดรม (Metabolic Syndrome)และโรคเรื้อรังอื่น ๆ และยังมีการกล่าวถึงผลดีในด้านระบบประสาท ระบบหัวใจและหบอดเลือด ระบบย่อยอาหาร ไต ตับ การดผาผบาญไขมันและน้ำตาล และช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้ด้วย[22]



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของกรดคลอโรจีนิค

สารไตรโกนีลีนนั้นพบได้มากในลูกซัด (Fenugreek) ซึ่งเป็นสมุนไพรจีน อย่างไรก็ตามสารนี้ก็มีการพบในเมล็ดกาแฟในระดับหนึ่งเช่นกัน สารไตรโกนีลีนมีผลดีต่อร่างกายหลายอย่าง โดยเฉพาะช่วยเรื่องโรคเบาหวานและโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสามส่วนกลาง รวมถึงการลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดระดับไขมันในเลือด บำรุงสภาวะโรคแทรกซ้อนในระบบประสาทการฟังเสียง ป้องกันระบบประสาท ลดโอกาสการปวดหัวแบบไมเกรน ช่วยควบคุมอารมณ์ ป้องกันเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และลดโอกาสการเกิดมะเร็ง กลไกของสารไตรโกนีลีนต่อโรคเบาหวานและระบบประสาทนั้นเกี่ยวเนื่องกับการคืนสภาพของเบต้าเซลล์ในตับ ควบคุมการหลั่งของฮอร์โมนอินซูลิน เสริมสร้างการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญน้ำตาล การจัดการกับสารอนุมูลอิสระ และการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ประสาท[23]



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของไตรโกนีลีน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ในงานวิจัยที่ได้ทดสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกาแฟแบบสกัดเย็นเทียบกับวิธีสกัดร้อนและได้พบว่าความสามารถในการสกัดสารเคมีต่าง ๆ จากกาแฟรวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระจะแตกต่างกันได้ตามวิธีและอุณหภูมิที่ใช้สกัดกาแฟซึ่งโดยรวมการสกัดเย็นจะได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า[5]

ในอีกงานวิจัยได้มีการแสดงถึงปริมาณน้ำตาลและ Trigonelline ของกาแฟสกัดเย็นนั้นสูงกว่าชนิดสกัดร้อนอีกด้วย[6] และในงานวิจัยที่ได้ทดสอบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกาแฟสกัดเย็นและร้อนที่เตรียมจากเมล็ดกาแฟที่คั่วต่างความเข้มข้นกัน ผลงานวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าเมล็ดกาแฟและสารเคมีข้างในนั้นตอบสนองต่อวิธีการสกัดเย็นและสกัดร้อนแตกต่างกัน โดยที่ความเข้มในการคั่วนั้นจะมีผลต่อการสกัดสารของวิธีสกัดเย็น แต่ได้ผลที่ไม่แตกต่างกันในกาแฟสกัดร้อน[7]

2.2 โลหะหนัก

โลหะหนักคือธาตุในหมู่โลหะเกิดขึ้นในธรรมชาติที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้นไป โลหะหนักจำพวกนี้มักจะถูกนำไปใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ทางการแพทย์ และอุปกรณ์เทคโนโลยี ทำให้มีการกระจายของโลหะหนักในสภาพแวดล้อม ผลจากพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัยด้วยกัน อาทิ เพศ อายุ กรรมพันธุ์ และภาวะโภชนาการของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ปริมาณของสารโลหะหนักและช่องทางที่ได้รับนั้นก็ส่งผลถึงความรุนแรงของอาการเช่นกัน[24] โลหะหนักถือเป็นหนึ่งในกลุ่มธาตุที่ได้รับการตรวจในอาหารและเครื่องดื่มมากที่สุดเนื่องด้วยความสามารถในการสะสมในห่วงโซ่อาหาร9 ด้วยเหตุนี้ทั่วโลกจึงมีการกำหนดมาตรฐานสำหรับโลหะหนักในอาหารและเครื่องดื่ม[25]

ด้วยความที่โลหะหนักมีความเสถียรสูง สารพวกนี้จึงคงอยู่ในธรรมชาติและสะสมในดิน[26] ต้นไม้มีการดูดซับสารโลหะหนักพวกนี้และสะสมไว้ที่บริเวณราก ลำเลียงกระจายไปตามลำต้น และสุดท้ายไปสะสมที่เมล็ด[27] มีงานวิจัยที่ได้ทดลองตรวจสอบสารโลหะในแหล่งดินต่าง ๆ ที่ใช้เพาะปลูกกาแฟและพบการปนเปื้อนของแคดเมียมในบางตัวอย่างของดินเกินปริมาณที่แนะนำจากองค์กรอนามัยโลก28 นอกจากนี้ งานวิจัยที่ได้ทดลองเกี่ยวกับปริมาณของสารโลหะหนักในกาแฟได้มีการบอกว่าปริมาณสารโลหะหนักที่แตกต่างกันมีผลมาจากแหล่งที่เพาะปลูกและสายพันธุ์ของกาแฟ[8]

โลหะหนักที่สะสมในดินมีผลมาจากสารเคมีโดยเฉพาะปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง/ยากำจัดศัตรูพืชนั้นมีการนำมาใช้เพื่อความรวดเร็วในการเก็บเกี่ยวผลผลิตกับเพื่อป้องกันแมลง ศัตรูพืช และหนูที่จะมาทำลายผลการเก็บเกี่ยว มีงานวิจัยที่ได้ตรวจสอบดินจากแหล่งเพาะปลูกต่าง ๆ ที่มีการใช้ปุ๋ยในระหว่างการปลูก และเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในดินก่อนปลูก และในดินหลังการเก็บเกี่ยว

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการใช้ปุ๋ยสงผลต่อการเพิ่มขึ้นของตะกั่วและแคดเมียมอย่างมีนัยสำคัญ [29] นอกจากนี้มีงานที่เปรียบเทียบสูตรปุ๋ยฟอสฟอรัสปริมาณต่าง ๆ ต่อปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเมล็ดข้าว และผลลัพธ์ได้แสดงถึงความแตกต่างของสูตรปุ๋ยต่อปริมาณโลหะหนักที่สะสมด้วย[30] ความสัมพันธ์นี้มาจากความสามารถของปุ๋ยที่มีผลต่อการปรับคุณสมบัติของดินและส่งผลต่อการดูดซับโลหะหนักของต้นไม้ และตัวปุ๋ยเองที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักจากการขุดหินฟอสเฟตมาใช้ในสูตรผสมของปุ๋ย[31]

ในงานวิจัยหลายฉบับที่ได้ทำการทดลองในต่างประเทศมีการให้ความสนใจถึงโลหะหนักในผลิตภัณฑ์กาแฟหลาย ๆ รูปแบบ หนึ่งในงานวิจัยมีการตรวจสอบสารตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟชงสำเร็จรูปและในรูปแบบอื่น ๆ ของประเทศโปแลนด์ฝั่งตะวันออก วิจัยนี้ได้พบว่าปริมาณของสารตะกั่วมีสูงกว่าแคดเมียมและเป็นอันตรายได้หากดื่มเป็นประจำต่อเนื่อง[32] ในงานวิจัยที่มีการนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟในประเทศบราซิลมาตรวจปริมาณของโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ได้มีการพบว่าปริมาณสารตะกั่วในตัวอย่างบางตัวสูงกว่าปริมาณสูงสุดที่แนะนำในการรับประทานได้[8,9]

นอกจากประเทศบราซิลแล้ว มีงานวิจัยที่ได้ตรวจสอบการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในเมล็ดกาแฟดิบจากแหล่งปลูกกาแฟขนาดใหญ่ในประเทศเอธิโอเปียก็ได้มีการพบการปนเปื้อนของตะกั่วในบางตัวอย่างที่นำมาตรวจเช่นกัน[33] งานวิจัยของประเทศโปแลนด์มีการพบปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียมในเมล็ดกาแฟ และได้ตรวจสอบถึงปริมาณของแคดเมียมและตะกั่วที่ผ่านจากเมล็ดกาแฟลงมาในการสกัดร้อนสูงถึง 95.5% และ 94% ตามลำดับ[10]

แคดเมียมและตะกั่วเป็นโลหะหนักที่สามารถสะสมในร่างกายได้ยาวนานถึง 30 ปี11 นอกจากแคดเมียมจะพบได้จากอุตสาหกรรมแล้ว แคดเมียมจะยังสามารถพบปนเปื้อนได้ในผักใบเขียว มันฝรั่ง ธัญพืช และเมล็ดต่างๆ[34] มนุษย์มีการรับแคดเมียมหลัก ๆ จากการรับประทานอาหารหรือดื่มเครื่องดื่มที่มีการปนเปื้อน และจากการสูบบุหรี่ อาชีพที่มีการได้รับแคดเมียมหรือมีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นอาจเกี่ยวข้องกับมะเร็งชนิดต่าง ๆ รวมถึงมะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด มะเร็งที่บริเวณช่องจมูก มะเร็งตับอ่อน และมะเร็งที่ไต อวัยวะตับและไตจะมีความว่องไวต่อพิษของแคดเมียมเป็นพิเศษ และไมโตคอนเดรียในเซลล์จะเป็นเป้าหมายในเซลล์หลัก ๆ ของแคดเมียม[35] นอกจากนี้มีงานวิจัยหลายฉบับได้กล่าวถึงความเชื่อมโยงระหว่างการรับแคดเมียมปริมาณน้อย ๆ เป็นระยะเวลานานกับการลดลงของแร่ธาตุในกระดูกและโรคกระดูกพรุน[36,37]

ตะกั่วมักจะดูดซับเข้าร่างกายผ่านทางการหายใจเอาฝุ่นละอองที่มีส่วนประกอบของตะกั่วเข้าไป หรือการบริโภคอาหารหรือน้ำที่มีตะกั่วปนเปื้อนเข้าไป ตะกั่วสามารถดูดซึมเข้าร่างกายได้สูงถึง 35-50% ในผู้ใหญ่ผ่านทางการดื่ม ระบบประสาทถือเป็นระบบที่อ่อนไหวต่อพิษโลหะหนักมากที่สุด อาการปวดหัว สมาธิสั้น อาการระคายเคือง ความจำสั้น ล้วนเป็นอาการเริ่มต้นของการที่ตะกั่วสะสมในระบบประสาทส่วนกลาง [38] นอกจากนี้ตะกั่วมีความสามารถในการแทนที่แคลเซียมในกระดูกและจับกับเอนไซม์หมู่ sulfhydryl และ amide ทำให้รบกวนระบบต่างๆของร่างกาย[39]

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตามกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน มีการกำหนดไว้ว่าปริมาณสูงสุดของแคดเมียมที่อนุญาตสำหรับชา หรือชาสมุนไพร ในลักษณะแห้ง คือไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนปริมาณสูงสุดของตะกั่วที่อนุญาตสำหรับชา หรือชาสมุนไพร ในรูปน้ำชาหรือชาปรุงสำเร็จพร้อมบริโภคคือไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2.3 วิธีการตรวจโลหะหนักในเครื่องดื่ม

วิธีการตรวจโลหะหนักที่เป็นที่รู้จักและใช้งานบ่อยในทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมประกอบด้วยสองวิธีหลัก ๆ คือ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) และ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) วิธีการสองวิธีการนี้มักนำมาใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน น้ำ และอากาศ นิยมใช้กับการตรวจความปลอดภัยของโลหะหนักในอาหารและเครื่องดื่ม นอกจากนี้ AAS และ ICP-MS ยังมีการใช้ในการตรวจปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างทางชีวภาพอีกด้วย อาทิเลือด ปัสสาวะ หรือส่วนอื่น ๆ ที่ต้องการนำมาตรวจ นักวิจัยในสาขาอื่น ๆ เช่นธรณีเคมี วัสดุศาสตร์ และการวิเคราะห์ทางนิติวิทยา ที่ต้องการความแม่นยำของค่าโลหะหนักก็จะใช้วิธีสองวิธีนี้ในการตรวจสอบเช่นกัน

2.3.1 AAS เป็นวิธีการวิเคราะห์ตรวจจับแลปะวัดปริมาณของโลหะหนัก วิธีนี้ทำงานโดยใช้หลักการของการดูดซับแสงของอะตอมโลหะนั้น ๆ ในสถานะแก๊ส AAS เป็นที่รู้จักในความไม่ซับซ้อนของกระบวนการ ความหลากหลายของโลหะที่สามารถตรวจได้ และต้นทุนในการตรวจที่ไม่สูง ขั้นตอนการตรวจสอบจะเริ่มต้นจากการทำให้ตัวอย่างที่เตรียมไว้อยู่ในสภาพละอองอะตอม และทำการวัดค่าการดูดซับแสงด้วยตะเกียงแคโทด จากนั้นค่าที่ได้จะนำไปอ้างอิงและคำนวณเป็นปริมาณโลหะนั้น ๆ ออกมา วิธีการตรวจนี้จะนิยมใช้กับการวิเคราะห์ที่ทำเป็นประจำและปริมาณที่ต้องการจะตรวจนั้นอยู่ในขอบเขตที่เครื่องมือสามารถวัดได้

2.3.2 ICP-MS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบธาตุด้วยหลักการใช้แสงเลเซอร์ยิงเข้าไปที่ตัวอย่างให้เกิดการระเหิด หลังจากนั้นโมเลกุลจะเข้าเครื่อง ICP เพื่อใส่พลังงานพลาสมาให้อิเล็กตรอนวงนอกของอะตอมหลุดทำให้เกิดเป็นไอออนบวก หลังจากนั้นไอออนบวกจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Mass spectrometry โดยที่ปริมาณไอออนบวกที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของปริมาณธาตุนั้นๆในสารตัวอย่าง ซึ่งวิธี ICP-MS นี้สามารถตรวจสอบความเข้มข้นได้ในระดับส่วนในพันล้านส่วน (ppb) อย่างแม่นยำซึ่งจะมีความละเอียดอ่อนมากกว่าวิธีการ AAฆ เครื่องมือนี้ได้รับความนิยมในการนำมาตรวจความเข้มข้นของโลหะหนักที่ต้องการความแม่นยำและปริมาณน้อยมาก ๆ เช่นในเครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ รวมถึงกาแฟ [10,32,40]

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบงานวิจัย

งานศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง การศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟสกัดเย็นแบบทำเอง ที่ได้รับความนิยมและมีจำหน่ายในประเทศไทย เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยทำการเลือกสุ่มตัวอย่างจากแหล่งขายกาแฟที่เป็นที่รู้จักจากทั้งช่องทางหน้าร้านและออนไลน์ ในช่วงระหว่างวันที่ 1-15 มีนาคม พ.ศ.2566

โดยผู้ทำการวิจัยนำมาสกัดเย็นและสกัดร้อนด้วยอุปกรณ์ French Press ที่ทำจากแก้ว ก่อนนำไปตรวจความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขากรุงเทพ: 2179 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นเมล็ดกาแฟ ที่มีจำหน่ายอยู่ในร้านกาแฟ Starbucks กับ Amazon สุ่มแบรนด์ละ 2 ตัวอย่าง และจากช่องทางออนไลน์ Shopee และ Lazada ช่องทางละ 2 ตัวอย่าง คัดเลือกตามยอดจำหน่ายสูงสุดก่อนนำมาสุ่มอีกครั้ง กาแฟที่คัดเลือกนั้นจะต้องเป็นกาแฟที่มีลักษณะการคั่วกลางหรือเข้ม[4] และไม่ใช่กาแฟที่มีจำหน่ายเฉพาะฤดูกาล โดยผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมตัวอย่างด้วยตนเอง ขั้นตอนการสุ่มจะทำโดยการนำรายการที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมดของแบรนด์มาระบุด้วยตัวเลข และสุ่มตัวเลขด้วย random.org สองครั้ง รายการที่ตรงกับหมายเลขที่สุ่มได้จะนำมาใช้ในการทดลอง กรณีที่สุ่มได้เลขเดิมจะทำการสุ่มอีกครั้ง ในส่วนของช่องทางออนไลน์จะมีการคัดเลือก 10 รายการที่มียอดขายมากที่สุดในแต่ละช่องทางมาสุ่มด้วยวิธีการเดียวกัน ตัวอย่างหลังการสุ่มที่นำมาทดลองทั้งหมดคือ 8 ตัวอย่าง

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

(1) เครื่องบดกาแฟแบบมือหมุน

(2) อุปกรณ์ทำสกัดเย็นกาแฟ (French Press)

(3) อุปกรณ์ทำสกัดร้อนกาแฟ (French Press)

(4) บรรจุภัณฑ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง

(5) เครื่องมือทำความสะอาดที่บดกาแฟ

(6)กาต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ภาพที่ 3.1 เครื่องบดกาแฟแบบมือหมุน

ภาพที่ 3.2 อุปกรณ์ French Press

ภาพที่ 3.3 กาต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.2.1 การเตรียมตัวอย่างกาแฟสกัดเย็น

(1) นำเมล็ดกาแฟที่ต้องการนำมาทดลองมา 40 กรัม บดด้วยเครื่องบดมือให้อยู่ในระดับหยาบ (โดยประมาณ1.0-1.5 มิลลิเมตร)ใส่กาแฟที่บดแล้วลงไปในตัวกรองของอุปกรณ์สกัดเย็นกาแฟ หลังจากนั้นเติมน้ำ 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้องใส่อุปกรณ์

(2) นำอุปกรณ์สกัดกาแฟเย็นแช่ตู้เย็นไว้เป็นเวลา 23 ชั่วโมง

(3) เทน้ำกาแฟออกใส่บรรจุภัณฑ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง 300 มิลลิลิตร

(4) ระบุแหล่งที่มาของเมล็ดกาแฟบนตัวอย่าง

(5) ทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมด และดำเนินการตามข้อ 1-4 กับทุกตัวอย่าง

(6) นำตัวอย่างส่งวิเคราะห์ ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) เพื่อนำไปตรวจสอบปริมาณโลหะหนักตะกั่ว และแคดเมียม ด้วยเครื่อง ICP-MS ที่มีการอ้างอิงวิธีทดสอบ In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.

3.3.3.2 การเตรียมตัวอย่างกาแฟสกัดร้อน

(1) นำเมล็ดกาแฟที่ต้องการนำมาทดลองมา 40 กรัม บดด้วยเครื่องบดมือให้อยู่ในระดับหยาบ (โดยประมาณ1.0-1.5 มิลลิเมตร)ใส่กาแฟที่บดแล้วลงไปในอุปกรณ์สกัดร้อนกาแฟ

(2) เติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส ปริมาณ 500 มิลลิลิตรใส่ลงในอุปกรณ์สกัดร้อนกาแฟ

(3) หลังจากเวลาผ่านไป 9 นาที เทน้ำกาแฟออกใส่บรรจุภัณฑ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง 300 มิลลิลิตร

(4) ระบุแหล่งที่มาของเมล็ดกาแฟบนตัวอย่าง

(5) ทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมด และดำเนินการตามข้อ 1-4 กับทุกตัวอย่าง

(5) นำตัวอย่างส่งวิเคราะห์ ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) เพื่อนำไปตรวจสอบปริมาณโลหะหนักตะกั่ว และแคดเมียม ด้วยเครื่อง ICP-MS ที่มีการอ้างอิงวิธีทดสอบ In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

นำเสนอปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของทุกตัวอย่าง เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักของกาแฟสกัดเย็นกับสกัดร้อน และเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักที่แนะนำต่อวันของกระทรวงสาธารณสุข รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจโดยการเลือกสุ่มกลุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่มีวางจำหน่ายผ่านช่องทางต่าง ๆ ทั้งช่องทางออนไลน์และช่องทางหน้าร้านรวม 8 ตัวอย่าง นำแต่ละตัวอย่างมาสกัดเย็นและสกัดร้อน รวมเป็น 16 ตัวอย่าง พร้อมน้ำเปล่าที่นำมาใช้ทำการสกัดเย็นและร้อนในการทดลอง 1 รายการ ทั้งหมด 17 รายการ นำมาทดสอบหาปริมาณหนักตะกั่ว และแคดเมียม

4.1 ข้อมูลตัวอย่างที่ส่งตรวจ

จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟแบบสุ่ม 8 ผลิตภัณฑ์ นำมาทำการสกัดร้อนและสกัดเย็นรวม 16 ตัวอย่าง และน้ำเปล่าที่นำมาสกัดกาแฟ 1 รายการ รวม 17 รายการ นำส่งตรวจในภาชนะบรรจุขวดพลาสติก ฝาพลาสติก และอุณหภูมิห้อง สภาพตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในสภาพปกติ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลตัวอย่างที่ส่งตรวจ

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟ	แหล่งที่มาของเมล็ดกาแฟ	วิธีทดสอบอ้างอิงสำหรับวัดค่าตะกั่วและแคดเมียม
น้ำเปล่า	ประเทศไทย	In-house method TE-CH-126 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF, 23rd Edition 2017. Part 3030 E. by ICP-MS Technique.
AH	ประเทศไทย	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.
AV	ปางขอน ผาลั้ง และแม่สลอง	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.
SBM	ประเทศไทย และหมู่เกาะในเอเชียแปซิฟิก	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟ	แหล่งที่มาของเมล็ดกาแฟ	วิธีทดสอบอ้างอิงสำหรับวัดค่าตะกั่วและแคดเมียม
SBS	ประเทศรวันดา	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.
LD	ดอยช้าง	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.
LP	ปางขอน	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.
SB	ประเทศบราซิล	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.
SP	ดอยช้าง และปางขอน	In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique.

หมายเหตุ. วิธีทดสอบอ้างอิงในการวัดค่าตะกั่วและแคดเมียมเป็นไปตามกำหนดของบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.2 ผลการศึกษาการตรวจหาปริมาณตะกั่ว

จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟแบบสุ่ม 8 ผลิตภัณฑ์ นำมาทำการสกัดร้อนและสกัดเย็นรวม 16 ตัวอย่าง และน้ำเปล่าที่นำมาสกัดกาแฟ 1 รายการ ดังตารางแสดงปริมาณโลหะหนักตะกั่วที่ส่งตรวจกับทางห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาปริมาณตะกั่ว

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟ	**LOD (mg/kg)**	**ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Lead)**	
		สกัดร้อน	**สกัดเย็น**
น้ำเปล่า	0.0005	Not Detected	
AH	0.010	Not Detected	Not Detected
AV	0.010	Not Detected	Not Detected
SBM	0.010	Not Detected	Not Detected
SBS	0.010	Not Detected	Not Detected
LD	0.010	Not Detected	Not Detected
LP	0.010	Not Detected	Not Detected
SB	0.010	Not Detected	Not Detected
SP	0.010	Not Detected	Not Detected

หมายเหตุ. ข้อมูลจากการส่งตรวจบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

ผลการทดสอบปริมาณสารโลหะหนักตะกั่วในน้ำเปล่าที่ใช้สกัดกาแฟ 400 กรัม และตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่นำไปสกัดร้อนและสกัดเย็นในปริมาณ 300 กรัม 16 ตัวอย่าง พบว่าในตัวอย่างที่นำมาสำรวจทั้งหมดตรวจไม่พบโลหะหนักตะกั่วทุกตัวอย่าง

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

4.3 ผลการศึกษาการตรวจปริมาณแคดเมียม

จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟแบบสุ่ม 8 ผลิตภัณฑ์ นำมาทำการสกัดร้อนและสกัดเย็นรวม 16 ตัวอย่าง และน้ำเปล่าที่นำมาสกัดกาแฟ 1 รายการ ดังตารางแสดงปริมาณโลหะหนักแคดเมียมที่ส่งตรวจกับทางห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาปริมาณแคดเมียม

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟ	LOD (mg/kg)	ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cadmium)	
		สกัดร้อน	สกัดเย็น
น้ำเปล่า	0.0005	Not Detected	
AH	0.005	Not Detected	Not Detected
AV	0.005	Not Detected	Not Detected
SBM	0.005	Not Detected	Not Detected
SBS	0.005	Not Detected	Not Detected
LD	0.005	Not Detected	Not Detected
LP	0.005	Not Detected	Not Detected
SB	0.005	Not Detected	Not Detected
SP	0.005	Not Detected	Not Detected

หมายเหตุ. ข้อมูลจากการส่งตรวจบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

ผลการทดสอบปริมาณสารโลหะหนักแคดเมียมในน้ำเปล่า 400 กรัม และตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่นำไปสกัดร้อนและสกัดเย็นในปริมาณ 300 กรัม 16 ตัวอย่าง พบว่าในตัวอย่างที่นำมาสำรวจทั้งหมดตรวจไม่พบโลหะหนักแคดเมียมทุกตัวอย่าง

การทดสอบปริมาณสารโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟสกัดร้อนและเย็นที่สามารถหาซื้อได้จากช่องทางออนไลน์หรือหน้าร้าน นำผลมาเปรียบเทียบกันพบว่าโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างกาแฟที่นำมาสกัดร้อนและเย็นไม่มีตัวอย่างใดที่พบโลหะหนักของทั้งสองตัวนี้

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

จากผลการตรวจจากบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด Not Detected หรือตรวจไม่พบ ที่ใช้ในการรายงานผลในอุตสาหกรรมอาหาร จะมีการแจ้งค่า LOD (limit of detection) หรือขีดจำกัดในการตรวจพบ แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ไม่สามารถวัดค่าอย่างเที่ยงตรงได้ ซึ่งเป็นค่าที่ต่างจากศูนย์และมีค่าสูงกว่าค่าความไม่แน่นอนของวิธีทดสอบ

สำหรับการทดสอบธาตุปริมาณต่ำมาก ๆ ซึ่งอาจมีหรือไม่มีธาตุนั้นในตัวอย่างก็ได้ ในกรณีที่มีการรายงานว่าตรวจไม่พบในตัวอย่างจึงจำเป็นต้องรายงานค่า LOD ด้วย ซึ่งในกรณีนี้ค่า LOD ของน้ำเปล่าจะเป็น 0.0005 mg/kg ในทั้งตะกั่วและแคดเมียม

ส่วนสำหรับกาแฟจะเป็น 0.010 mg/kg สำหรับตะกั่ว และ 0.005 mg/kg สำหรับแคดเมียม ค่า LOD นี้จะได้มาจากวิธีทดสอบอ้างอิง In-house method TE-CH-126 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF, 23rd Edition 2017. Part 3030 E. by ICP-MS Technique. และ In-house method TE-CH134 based on AOAC (2019) 999.10 by ICP-MS technique. ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ตรวจสอบค่าตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเปล่า และในตัวอย่างน้ำกาแฟของการทดลองนี้ตามลำดับ

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บทที่ 5
อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุป

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ทีจุดประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในเมล็ดกาแฟที่หาซื้อได้จากช่องทางออนไลน์หรือทางหน้าร้าน นำมาสกัดเย็นและสกัดร้อนด้วยตนเอง เพื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมของวิธีการสกัดกาแฟที่แตกต่างกันทั้งหมด 8 ชนิด รวมเป็นทั้งหมด 16 ตัวอย่าง เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการแนะนำการเลือกบริโภคชนิดของการสกัดกาแฟให้กับผู้บริโภค

จากการตรวจสอบปริมาณสารโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในกาแฟสกัดเย็นและร้อนรวมทั้งหมด 16 ตัวอย่าง ผลการสำรวจได้ผลสรุปว่าค่าปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมของทุกตัวอย่าง ไม่พบตัวอย่างใดที่มีสารโลหะหนักสองตัวนี้ กล่าวคือไม่พบสารโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมเนื่องด้วยมีปริมาณที่ปนเปื้อนน้อยกว่าขีดจำกัดในการตรวจพบของเครื่องมือ(0.010 และ 0.005 mg/kg ของตะกั่วและแคดเมียมตามลำดับตามวิธีอ้างอิงจากบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด) ผลการทดสอบจึงเป็น Not Detected ในทั้งสองโลหะนี้

จากผลการตรวจสอบที่ไม่พบการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในทุกตัวอย่างนั้นมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักนั้นจะขึ้นกับแหล่งที่ปลูกและการควบคุมคุณภาพของแหล่งนั้น ๆ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Yohannes Seifu Beregoและคณะ ที่ได้มีการตรวจวัดปริมาณสารโลหะที่จำเป็นต่าง ๆ ในกาแฟรวมถึงโลหะหนักที่เป็นโทษ (ตะกั่วและแคดเมียม) ในดินที่เพาะปลูกกาแฟและในเมล็ดกาแฟจากแถบทางใต้ของประเทศเอธิโอเปีย จากผลการวิจัยได้พบโลหะหนักแคดเมียมปริมาณสูงกว่ากำหนดที่ตั้งโดย WHO (3mg/kg) ในหนึ่งในตัวอย่างทั้งหมดของดิน แต่ไม่มีการพบการปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่วในทุกตัวอย่างของเมล็ดกาแฟ ในงานวิจัยนี้ยังได้มีการเปรียบเทียบปริมาณสารโลหะที่พบกับงานวิจัยอื่น ๆ และพบว่าปริมาณสารโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมมีทั้งตรวจพบและไม่พบแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาของกาแฟ[28]

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Ramato Ashuและคณะ ที่วัดปริมาณโลหะต่าง ๆ รวมถึงตะกั่วและแคดเมียมในเมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วเปรียบเทียบกับหลังนำไปชงเป็นน้ำกาแฟ ผลการทดลองคือปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่าขีดจำกัดที่เครื่องตรวจวัดสามารถตรวจได้ ซึ่งแปลได้ว่ามีปริมาณที่ต่ำมาก ๆ หรือไม่มีการปนเปื้อนอยู่เลยในทุกตัวอย่าง ทั้งนี้มีการเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่นที่ได้มีการตรวจโลหะหนักในน้ำกาแฟที่สกัดจากเมล็ดกาแฟแหล่งประเทศอื่น ๆ ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าปริมาณส่วนประกอบโลหะในน้ำกาแฟแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาด้วย[41]

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ในงานวิจัยของ Abera Gure ได้นำเมล็ดกาแฟดิบจากแหล่งปลูกใหญ่ต่าง ๆ ในประเทศเอธิโอเปีย 5 แหล่งมาตรวจโลหะรวมถึงตะกั่วและแคดเมียม ผลการทดลองพบโลหะหนักตะกั่ว 0.06±0.005 mg/kg ในหนึ่งตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างที่เหลือไม่มีการตรวจพบทั้งโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียม แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแหล่งของเมล็ดกาแฟกับปริมาณการปนเปื้อนของสารโลหะหนัก[33]

การตรวจโลหะหนักในงานวิจัยของ Ramona Massoudและคณะ ที่สุ่มตัวอย่างเมล็ดกาแฟมาจากประเทศอิหร่านและตุรกี ไม่พบโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างใดเลย อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ก็ได้มีการแนะนำถึงการสำรวจผลกระทบจากเครื่องมือต่าง ๆ ในระหว่างการผลิตกาแฟต่อปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักด้วยเช่นกัน[42]

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลของงานวิจัยหลาย ๆ ฉบับที่มีทั้งการพบโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่าง และที่ไม่มีการพบโลหะหนัก จะสังเกตได้ว่าในการตรวจของแต่ละงานวิจัยจะนำตัวอย่างที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตเดียวกันจากต่างแหล่งมาทำการเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม ทั้งนี้ยังไม่มีการตรวจตัวอย่างกาแฟตัวเดียวกันเปรียบเทียบในระหว่างขั้นตอนการผลิตว่าอาจพบการปนเปื้อนมากขึ้นหรือน้อยลงได้จากปัจจัยภายนอกในขั้นตอนไหนอย่างไรบ้าง

นอกจากนี้อาจทดลองเปรียบเทียบการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จากต่างยี่ห้อมาทำในขั้นตอนเดียวกันสำหรับสังเกตความเป็นไปได้ในการปนเปื้อนเช่นกัน

นอกจากลำดับขั้นตอนในการผลิตเมล็ดกาแฟคั่วแล้ว อุปกรณ์และวิธีที่ใช้ในการนำเมล็ดกาแฟคั่วแล้วไปบดจนถึงสกัดสำเร็จนั้นก็มีความหลากหลายมากด้วยเช่นกัน ทั้งนี้การเปรียบเทียบอุปกรณ์แต่ละชนิดและต่างยี่ห้อในประเภทเดียวกันอาจช่วยให้เข้าใจถึงการส่งผลถึงการปนเปื้อนมากขึ้น และวิธีการชงที่แตกต่างกันในอุปกรณ์ชนิดเดียวกันก็อาจส่งผลได้เช่นกัน

หากมีการทดลองกับเครื่องดื่มกาแฟที่มีส่วนผสมอื่น ๆ เช่นนม ครีมเทียม หรือส่วนผสมอย่างอื่นนอกจากเมล็ดกาแฟแล้ว ควรคำนึงถึงความเป็นไปได้ของการปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียมในส่วนผสมกลุ่มนี้ด้วย เนื่องจากว่าผลการสำรวจปริมาณตะกั่วและแคดเมียมอาจคลาดเคลื่อนจากการปนเปื้อนในส่วนนี้ด้วยเช่นกัน

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิจัยนี้พบว่า เมล็ดกาแฟคั่วแล้วที่หาซื้อจากช่องทางออนไลน์และหน้าร้านทั้ง 8 ตัวอย่าง นำมาสกัดเย็นและสกัดร้อนเป็นน้ำกาแฟรวมทั้งหมด 16 ตัวอย่าง ไม่สามารถตรวจพบโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมได้ แปลได้ว่ามีปริมาณการปนเปื้อนต่ำมากจนเครื่องวัดไม่สามารถตรวจพบได้ หรือไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมเลย ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่ากำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน) จึงอยู่ในปริมาณที่สามารถดื่มได้อย่างปลอดภัย และไม่มีความเกี่ยวข้องกับโรคที่เกี่ยวกับการสะสมของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม

1. Martini D, Del Bo' C, Tassotti M, Riso P, Del Rio D, Brighenti F, Porrini M. Coffee Consumption and Oxidative Stress: A Review of Human Intervention Studies. Molecules. 2016 Jul 28;21(8):979. doi: 10.3390/molecules21080979.
2. Jia H, Aw W, Egashira K, Takahashi S, Aoyama S, Saito K, Kishimoto Y, Kato H. Coffee intake mitigated inflammation and obesity-induced insulin resistance in skeletal muscle of high-fat diet-induced obese mice. Genes Nutr. 2014 May;9(3):389. doi: 10.1007/s12263-014-0389-3. Epub 2014 Mar 6.
3. Yukawa GS, Mune M, Otani H, Tone Y, Liang XM, Iwahashi H, et al. Effects of coffee consumption on oxidative susceptibility of low-density lipoproteins and serum lipid levels in humans. Biochemistry Biokhimiia. 2004;69(1):70-74. doi: 10.1023/b:biry.0000016354.05438.0f.
4. Claassen L, Rinderknecht M, Porth T, Röhnisch J, Seren HY, Scharinger A, Gottstein V, Noack D, Schwarz S, Winkler G, Lachenmeier DW. Cold Brew Coffee-Pilot Studies on Definition, Extraction, Consumer Preference, Chemical Characterization and Microbiological Hazards. Foods. 2021 Apr 15;10(4):865. doi: 10.3390/foods10040865.
5. Kang DE, Lee HU, Davaatseren M, Chung MS. Comparison of acrylamide and furan concentrations, antioxidant activities, and volatile profiles in cold or hot brew coffees. Food Sci Biotechnol. 2019 Aug 8;29(1):141-148. doi: 10.1007/s10068-019-00644-2.
6. Pan L, Xiao Y, Jiang F, Jiang T, Zhu J, Tang W, et al. Comparison of Characterization of Cold Brew and Hot Brew Coffee Prepared at Various Roasting Degrees. [Internet]. [updated 2023 Apr18]. Available from: https://www.hindawi.com/journals/jfpp/2023/3175570/
7. Rao NZ, Fuller M, Grim MDJF. Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. 2020;9(7):902. doi: 10.3390/foods9070902.
8. Pigozzi M, Passos F, Mendes F. Quality of Commercial Coffees: Heavy Metal and Ash Contents. Journal of Food Quality. [Internet]. [updated 2018 May 06]. Available from: https://www.hindawi.com/journals/jfq/2018/5908463/

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

9. da Silva, S. A., Mendes, F. Q., Reis, M. R., Passos, F. R., de Carvalho, A. M. X., Rocha, et al. Determination of heavy metals in the roasted and ground coffee beans and brew. African Journal of Agricultural Research. [Internet].12.4 (2017): 221-228. doi : /10.5897/AJAR2016. 11832

10. Winiarska-Mieczan A, Kwiatkowska K, Kwiecień M, Zaricka E. Assessment of the risk of exposure to cadmium and lead as a result of the consumption of coffee infusions. Biol Trace Elem Res. 2021 Jun;199(6):2420-2428. doi: 10.1007/s12011-020-02332-3. Epub 2020 Aug 13.

11. Winiarska-Mieczan A, Grela ER. Content of cadmium and lead in raw, fried and baked commercial frozen fishery products consumed in Poland. J Sci Food Agric. 2017 Jul;97(9):2969-2974. doi: 10.1002/jsfa.8136. Epub 2016 Dec 14.

12. Fibrianto K, Umam K, Wulandari ES, editors. Effect of roasting profiles and brewing methods on the characteristics of Bali Kintamani coffee. in 4th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources (FANRes 2018); 2018: Atlantis Press. doi 10.2991/fanres-18.2018.40

13. Heo J, Choi KS, Wang S, Adhikari K, Lee J. Cold Brew Coffee: Consumer Acceptability and Characterization Using the Check-All-That-Apply (CATA) Method. Foods. 2019 Aug 13;8(8):344. doi: 10.3390/foods8080344.

14. Maksimowski D, Pachura N, Oziembłowski M, Nawirska-Olszańska A, Szumny A. Coffee Roasting and Extraction as a Factor in Cold Brew Coffee Quality. Applied Sciences 2022;12:2582. doi: 10.3390/app12052582.

15. Wachamo HL. Review on Health benefit and risk of coffee consumption. 2017;6(4):1-12. doi: 10.4172/2167-0412.1000301

16. Svilaas A, Sakhi AK, Andersen LF, Svilaas T, Ström EC, Jacobs DR Jr, Ose L, Blomhoff R. Intakes of antioxidants in coffee, wine, and vegetables are correlated with plasma carotenoids in humans. J Nutr. 2004 Mar;134(3):562-7. doi: 10.1093/jn/134.3.562.

17. Farah A, dePaula Lima J. Consumption of Chlorogenic Acids through Coffee and Health Implications. Beverages [Internet]. 2019 Feb 1;5(1):11. Available from: http://dx.doi.org/10.3390/beverages5010011

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

18. Hu GL , Wang X , Zhang L , Qiu MH . The sources and mechanisms of bioactive ingredients in coffee. Food & Function. 2019 Jun;10(6):3113-3126. DOI: 10.1039/c9fo00288j.

19. Verster JC, Koenig J. Caffeine intake and its sources: A review of national representative studies. Crit Rev Food Sci Nutr. 2018 May 24;58(8):1250-1259. doi: 10.1080/10408398. 2016.1247252. Epub 2017 Jun 12.

20. Lim HS, Hwang JY, Choi JC, Kim M. Assessment of caffeine intake in the Korean population. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2015;32(11):1786-1798. doi: 10.1080/19440049.2015.1077396. Epub 2015 Sep 12.

21. Ruxton, C.H.S. (2008), The impact of caffeine on mood, cognitive function, performance and hydration: a review of benefits and risks. Nutrition Bulletin, 33: 15-25. doi: 10.1111/j.1467-3010.2007.00665.x

22. Lu H, Tian Z, Cui Y, Liu Z, Ma X. Chlorogenic acid: A comprehensive review of the dietary sources, processing effects, bioavailability, beneficial properties, mechanisms of action, and future directions. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2020 Nov;19(6):3130-3158. doi: 10.1111/1541-4337.12620. Epub 2020 Sep 4.

23. Zhou J, Chan L, Zhou S. Trigonelline: a plant alkaloid with therapeutic potential for diabetes and central nervous system disease. Curr Med Chem. 2012;19(21):3523-31. doi: 10.2174/092986712801323171.

24. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. Exp Suppl. 2012;101:133-64. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6.

25. Malik J, Szakova J, Drabek O, Balik J, Kokoska L. Determination of certain micro and macroelements in plant stimulants and their infusions. Food Chemistry. 2008 Nov;111(2):520-525. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.009.

26. HSEU, Z.-Y., SU, S.-W., LAI, H.-Y., GUO, H.-Y., CHEN, T.-C., CHEN, Z.-S. Remediation techniques and heavy metal uptake by different rice varieties in metal-contaminated soils of Taiwan: New aspects for food safety regulation and sustainable agriculture. Soil Science & Plant Nutrition, 2010;56: 31-52. doi:10.1111/j.1747-0765.2009.00442.x

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

27. Si Silva, M.L. de S.,Vitti, G.C and Trevizam, A.R. Concentration of heavy metals in grain of plants cultivated in soil with different contamination levels. Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brazil) 2007;42:527-35.
28. Berego YS, Sota SS, Ulsido M, Beyene EM. The contents of essential and toxic metals in coffee beans and soil in Dale Woreda, Sidama Regional State, Southern Ethiopia. PeerJ. 2023 Feb 2;11:e14789. doi: 10.7717/peerj.14789.
29. Atafar Z, Mesdaghinia A, Nouri J, Homaee M, Yunesian M, Ahmadimoghaddam M, Mahvi AH. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. Environ Monit Assess. 2010 Jan;160(1-4):83-89. doi: 10.1007/s10661-008-0659-x.
30. Chen XX, Liu YM, Zhao QY, Cao WQ, Chen XP, Zou CQ. Health risk assessment associated with heavy metal accumulation in wheat after long-term phosphorus fertilizer application. Environ Pollut. 2020 Jul;262:114348. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114348. Epub 2020 Mar.
31. Mortvedt, J.J. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. Fertilizer Research. 1995;43, 55–61.doi: 10.1007/BF00747683
32. Winiarska-Mieczan A, Jachimowicz K, Kislova S, Kwiecień M, Zasadna Z, Yanovych D. Cadmium and Lead Concentration in Drinking Instant Coffee, Instant Coffee Drinks and Coffee Substitutes: Safety and Health Risk Assessment. Biol Trace Elem Res. 2023 Jan;201(1):425-434. doi: 10.1007/s12011-022-03129-2. Epub 2022 Jan 25.
33. Gure, A., Chandravanshi, B.S., Godeto, T.W. Metals in green coffee beans from major coffee-growing regions of Ethiopia. [Internet]. 2018 Available from: https://www.semanticscholar.org/paper/Metals-in-green-coffee-beans-from-major-regions-of-Gure-Chandravanshi/594edf108384cbe7e1a408d5d9c9da10de67eca7
34. Satarug S, Baker JR, Urbenjapol S, Haswell-Elkins M, Reilly PE, Williams DJ, Moore MR. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. Toxicol Lett. 2003 Jan 31;137(1-2):65-83. doi: 10.1016/s0378-4274(02)00381-8.

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

บรรณานุกรม (ต่อ)

35. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity. Int J Environ Res Public Health. 2020 May 26;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782.
36. Akesson A, Bjellerup P, Lundh T, Lidfeldt J, Nerbrand C, Samsioe G, Skerfving S, Vahter M. Cadmium-induced effects on bone in a population-based study of women. Environ Health Perspect. 2006 Jun;114(6):830-4. doi: 10.1289/ehp.8763.
37. Schutte R, Nawrot TS, Richart T, Thijs L, Vanderschueren D, Kuznetsova T, Van Hecke E, Roels HA, Staessen JA. Bone resorption and environmental exposure to cadmium in women: a population study. Environ Health Perspect. 2008 Jun;116(6):777-783. doi: 10.1289/ehp.11167.
38. U.S. Department of Health and Human Services. The Public Health Service. Toxicological Profile for Lead. [Internet]. 2020 August. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/ toxprofiles/tp13.pdf
39. Flora SJ, Saxena G, Gautam P, Kaur P, Gill KD. Response of lead-induced oxidative stress and alterations in biogenic amines in different rat brain regions to combined administration of DMSA and MiADMSA. Chem Biol Interact. 2007 Dec 15;170(3):209-20. doi: 10.1016/j.cbi.2007.08.003. Epub 2007 Aug 12.
40. Nęędzarek A, Tórz A, Karakiewicz B, Clark JS, Laszczyńska M, Kaleta A, Adler G. Concentrations of heavy metals (Mn, Co, Ni, Cr, Ag, Pb) in coffee. Acta Biochim Pol. 2013;60(4):623-7. Epub 2013 Dec 16.
41. Ashu, R., & Chandravanshi, B.S. (2011). Concentration levels of metals in commercially available Ethiopian roasted coffee powders and their infusions. Bulletin of The Chemical Society of Ethiopia, Bull. Chem. Soc. Ethiop. 2011, 25(1) doi: 10.4314/bcse.v25i1.63356
42. Massoud R,, Makki F. M., Mirmohammadmakki a, M., Massoud A. Evaluation of heavy metals in Roasted Coffee powder in Iran and Turkey. Coffee Science. 2022;17 doi: 10.25186/.v17i.2013

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล ภูมิภัทร ภูมิอริยพงศ์

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2563 - ปริญญาตรี วิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย