Published Online: 28 JAN 2025

การเปรียบเทียบปริมาณวิตามินเค (ฟิลโลควิโนน เมนาควิโนน-4 และเมนาควิโนน-7) ในถั่วเน่าดิบ และถั่วเน่าแห้ง ซึ่งเป็นถั่วหมักจากภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีของไหลวิกฤตยิ่งยวด-แมสสเปกโตรเมทรี

Comparison of Vitamin K (Phylloquinone, Menaquinone-4, and Menaquinone-7) Contents in Raw and Dried Thua Nao, A Fermented Soybean from Northern Thailand, using Supercritical Fluid Chromatography-Mass Spectrometry

สุดามน กำเหนิดดิษฐ์
อีเมล: 6452003280@lamduan.mfu.ac.th
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร.กานต์ วงศ์ศุภสวัสดิ์
อีเมล: karnt.won@mfu.ac.th
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบวิตามินเค ฟิลโลควิโนน (PK) และเมนาควิโนน (MK-4 และ MK-7) ในถั่วเน่าดิบและแห้ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักแบบดั้งเดิมจากภาคเหนือของประเทศไทย ถั่วเน่ามีลักษณะคล้ายกับนัตโตะของญี่ปุ่น โดยสมมติฐานว่าถั่วเน่าอาจเป็นแหล่งวิตามินเคที่สำคัญ โดยเฉพาะ MK-7 อย่างไรก็ตาม ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างละเอียด ในการวิจัยนี้ใช้วิธีโครมาโทกราฟีของไหลวิกฤตยิงยวด-แมสสเปกโทรเมตรี (SFC-MS) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของ PK, MK-4 และ MK-7 ในตัวอย่างถั่วเน่า และเปรียบเทียบปริมาณระหว่างถั่วเน่าดิบและแห้ง ตัวอย่าง 6 ชุดจาก 3 ชื่อทางการค้า ถูกเลือกมาจากจังหวัดเชียงราย และเตรียมวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งสำหรับการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน รวมถึงการทดสอบค่า t-test แบบตัวอย่างเดียวและแบบคู่ ผลการวิจัยพบว่าปริมาณ PK ในผลิตภัณฑ์ถั่วเน่าสามารถวัดได้ แต่ต่ำกว่าระดับที่คาดไว้ที่ 15.38 µg/100g และไม่พบ MK-4 ในตัวอย่างใด ๆ ขณะที่ปริมาณ MK-7 ต่ำกว่า 901.72 µg/100g การเปรียบเทียบระหว่างถั่วเน่าดิบและแห้งไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญใน PK แต่ปริมาณ MK-7 พบว่า สูงกว่าในตัวอย่างดิบ การศึกษานี้ช่วยเสริมความรู้ที่มีอยู่เกี่ยวกับปริมาณวิตามินเคในถั่วเน่า และให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประโยชน์ต่อสุขภาพและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเน่า

ผลการวิจัยนี้อาจมีผลต่อการผลิตถั่วเน่าในระดับอุตสาหกรรมในอนาคตในฐานะแหล่งอาหารที่มีวิตามินเค

คำสำคัญ: ถั่วเน่า, วิตามินเค, ฟิลโลควิโนน, เมนาควิโนน-4 (MK-4), เมนาควิโนน-7 (MK-7), ถั่วเหลืองหมัก, โครมาโทกราฟีของเหลวชนิดวิกฤต-แมสสเปกโตรเมตรี (SFC-MS)

Abstract

This study focuses on the comparison the levels of vitamin K compounds, specifically Phylloquinone (PK), Menaquinone-4 (MK-4), and Menaquinone-7 (MK-7), in both raw and dried Thua Nao, a traditional fermented soybean product from Northern Thailand. Similar to Japanese natto, Thua Nao is hypothesized to be a significant dietary source of vitamin k, particularly MK-7, though this has not been extensively studied. Using Supercritical Fluid Chromatography-Mass Spectrometry (SFC-MS), the research aimed to quantify PK, MK-4, and MK-7 concentrations in Thua Nao samples and compare the levels between raw and dried forms. Six samples from three commercial brands were selected from Chiang Rai province and prepared in triplicate for analysis. Descriptive and inferential statistical methods, including one-sample t-tests and paired t-tests, were employed to analyze the data. The findings reveal that the concentration of PK in Thua Nao products is quantifiable, though lower than the expected threshold of 15.38 µg/100g. MK-4 was not detected in any samples, while MK-7 concentrations were below 901.72 µg/100g. A comparison between raw and dried Thua Nao indicated no significant difference in PK levels, but MK-7 concentrations were generally higher in raw samples. The study contributes to the existing knowledge of vitamin k content in Thua Nao and provides valuable insights into its potential health benefits and nutritional value. These findings may also influence the future industrial production of Thua Nao as a dietary source of vitamin K.

Keywords: Thua Nao, Vitamin K, Phylloquinone, Menaquinones-4 (MK-4), Menaquinones-7 (MK-7), Fermented Soybean, Supercritical Fluid Chromatography-Mass Spectrometry (SFC-MS)

บทนำ

ปัจจุบันมีการรายงานผลศึกษาถึงประโยชน์ทางสุขภาพของวิตามินเค ซึ่งอาจมีมากกว่าบทบาทดั้งเดิมซึ่งเกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่งบทบาทที่เกี่ยวข้องกับผลที่มีต่อกระดูกและผลกระทบต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด วิตามินเค 2 ซึ่งเป็นกลุ่มของไอโซฟอร์มธรรมชาติที่รู้จักกันในชื่อเมนาควิโนน มีบทบาทในการรักษาสมดุลของแคลเซียม วิตามินเค 2 ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถกระตุ้นโปรตีนออสตีโอแคลซิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่สำคัญสำหรับการสร้างและการแร่ธาตุกระดูก (Beulens et al., 2013) การขาดวิตามินเค 2 อาจนำไปสู่การสะสมแคลเซียมในกระดูกต่ำและการสะสมในผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นปรากฏการณ์ “แคลเซียมพาราดอกซ์” ดังนั้นจึงมีการเสนอว่าวิตามินเค 2 อาจป้องกันการสูญเสียมวลกระดูกโดยส่งเสริมการสะสมแคลเซียมในกระดูกและลดความเสี่ยงของการแข็งตัวของหลอดเลือด โดยการควบคุมการทำงานของโปรตีนเมทริกซ์ จีแอลเอ (MGP) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการแข็งตัวของเนื้อเยื่ออ่อนที่มีประสิทธิภาพ (Mandatori et al., 2021)

ในบรรดาวิตามินเคโฮโมล็อก MK-7 ได้รับการพิสูจน์ว่ามีความสามารถในการดูดซึมสูงที่สุดและมีผลที่สำคัญที่สุดต่อการคาร์บอกซิเลชันของออสตีโอแคลซินในมนุษย์ แหล่งอาหารหลักของ MK-7 คือ ถั่วเหลืองหมักของญี่ปุ่น หรือ นัตโตะ (Sato et al., 2020) แม้ว่าถั่วเน่า ซึ่งเป็นถั่วเหลืองหมักของไทย จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันในด้านลักษณะและกระบวนการผลิตกับนัตโตะ (Chukeatirote, 2015; Dajanta et al., 2011) แต่ยังไม่มีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการสำรวจปริมาณวิตามินเค 2 ในถั่วเน่า

ดังนั้น เป้าหมายของการศึกษานี้คือการสำรวจปริมาณของวิตามินเคสามชนิด (PK, MK-4 และ MK-7) ในผลิตภัณฑ์ถั่วเน่า และเปรียบเทียบปริมาณวิตามินเคในถั่วเน่าสดและถั่วเน่าตากแห้งที่มาจากภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีของไหลวิกฤตยิ่งยวด-แมสสเปกโตรเมทรี (SFC-MS) เพื่อให้ข้อมูลทางโภชนาการพื้นฐานเกี่ยวกับแหล่งอาหารที่มีวิตามินเคสำหรับประชาชนไทยและอาจนำไปสู่การพัฒนาการผลิตถั่วเน่าสำหรับการบริโภคในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

ระเบียบวิจัย

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินเคในถั่วเน่าแบบสดและแบบแห้ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักแบบดั้งเดิม โดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีของไหลเหนือวิกฤต-แมสสเปกโตรเมทรี (Supercritical Fluid Chromatography-Mass Spectrometry หรือ SFC-MS) เพื่อหาปริมาณและเปรียบเทียบระดับของไฟลโลควิโนน (PK) เมนาควิโนน-4 (MK-4) และเมนาควิโนน-7 (MK-7) ตัวอย่างในการศึกษานี้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเน่าจากตำบลแม่ยาวในจังหวัดเชียงราย โดยเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเน่าจาก 3 แบรนด์การค้า (แบรนด์ A, แบรนด์ B และแบรนด์ C)

ทั้งในรูปแบบสดและแบบแห้ง รวมเป็น 6 ตัวอย่าง (2 ตัวอย่างต่อแบรนด์: สดและแห้ง) โดยแต่ละตัวอย่างจะถูกทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติในรูปค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One-sample t-test) จะถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินเคกับค่าที่กำหนด และการทดสอบทีแบบจับคู่ (Paired t-test) จะถูกนำมาใช้เพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณวิตามินเคระหว่างตัวอย่างทั้งสองชนิด โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value <0.05

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ปริมาณของ PK, MK-4 และ MK-7 (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ในตัวอย่างถั่วเน่า

แบรนด์	No.	μg/100g		
		PK	MK-4	MK-7
A (ดิบ)	1	0.7515	N.D.(W/B)	0.0682
	2	0.7085	N.D.(W/B)	0.0959
	3	0.6610	N.D.(W/B)	0.0969
A (แห้ง)	1	0.7799	N.D.(W/B)	0.0058
	2	0.7232	N.D.(W/B)	0.0061
	3	0.7912	N.D.(W/B)	0.0061
B (ดิบ)	1	0.7606	N.D.(W/B)	0.0037
	2	0.7638	N.D.(W/B)	0.0030
	3	0.7252	N.D.(W/B)	0.0035
B (แห้ง)	1	0.7131	N.D.(W/B)	0.0045
	2	0.7477	N.D.(W/B)	0.0053
	3	0.7067	N.D.(W/B)	0.0059
C (ดิบ)	1	0.8098	N.D.(W/B)	0.1622
	2	0.7099	N.D.(W/B)	0.0584
	3	0.6572	N.D.(W/B)	0.0508
C (แห้ง)	1	0.6666	N.D.(W/B)	0.0055
	2	0.6104	N.D.(W/B)	0.0075
	3	0.5975	N.D.(W/B)	0.0068

หมายเหตุ *N.D.(W/B), ไม่พบ (ในขอบเขต/ต่ำกว่าขอบเขตการตรวจจับ)

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ผลการศึกษาทดสอบ PK พบว่า ตัวอย่าง C (ดิบ) มีค่าของ PK สูงสุดที่ 0.8098 μg/100g ตัวอย่าง A (ดิบ) มีระดับ MK-7 สูงสุดที่ 0.0969 μg/100g และ MK-4 ตรวจไม่พบในการทดลอง

ตารางที่ 2 สถิติภาพรวมของปริมาณ PK, MK-4 และ MK-7 (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ในตัวอย่างถั่วเน่า

Thua Nao	n	Min	Max	Mean	Std.
PK					
แบรนด์ A (raw)	3	0.6610	0.7515	0.707000	0.0452686
Sample A (dried)	3	0.7232	0.7912	0.764767	0.0364385
Sample B (raw)	3	0.7252	0.7638	0.749867	0.0214218
Sample B (dried)	3	0.7067	0.7477	0.722500	0.0220572
Sample C (raw)	3	0.6572	0.8098	0.725633	0.0775071
Sample C (dried)	3	0.5975	0.6666	0.624833	0.0367416
MK-7					
Sample A (raw)	3	0.0682	0.0969	0.087000	0.0162890
Sample A (dried)	3	0.0058	0.0061	0.006000	0.0001732
Sample B (raw)	3	0.0030	0.0037	0.003400	0.0003606
Sample B (dried)	3	0.0045	0.0059	0.005233	0.0007024
Sample C (raw)	3	0.0508	0.1622	0.090467	0.0622390
Sample C (dried)	3	0.0055	0.0075	0.006600	0.0010149

จากข้อมูลที่นำเสนอในตารางที่ 2 ผลการทดสอบ PK แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่าง A (แห้ง) แสดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PK สูงที่สุดที่ 0.764767 μg/100g (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.0364385) ขณะที่ตัวอย่าง C (แห้ง) แสดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PK ที่ 0.624833 μg/100g (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.0367416) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ PK ที่ต่ำที่สุด สำหรับการตรวจหา MK-7 ตัวอย่าง B (สด) มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ MK-7 อยู่ที่ 0.003400 μg/100g (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.0003606) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ MK-7 ที่ต่ำที่สุด ตัวอย่าง C (สด) แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของ MK-7 สูงที่สุดที่ 0.090467 μg/100g (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.0622390)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ t-test แบบหนึ่งตัวอย่างสำหรับการหาปริมาณ PK และ MK-7 ในผลิตภัณฑ์ถั่วเน่า

One-Sample t-Test							
	n	Mean	Std. Deviation	PK Level	t	df	P-value
PK_Brand A (Raw)	3	0.707000	0.0452686	15.38	27.051	2	0.001
PK_Brand A (Dried)	3	0.764767	0.0364385	15.38	36.352	2	0.001
PK_Brand B (Raw)	3	0.749867	0.0214218	15.38	60.630	2	>0.001
PK_Brand B (Dried)	3	0.722500	0.0220572	15.38	56.735	2	>0.001
PK_Brand C (Raw)	3	0.725633	0.0775071	15.38	16.216	2	0.004
PK_Brand C (Dried)	3	0.624833	0.0367416	15.38	29.456	2	0.001
MK-7 Brand A (Raw)	3	0.087000	0.0162890	901.72	9.251	2	0.011
MK-7 Brand A (Dried)	3	0.006000	0.0001732	901.72	60.000	2	>0.001
MK-7 Brand B (Raw)	3	0.003400	0.0003606	901.72	16.333	2	0.004
MK-7 Brand B (Dried)	3	0.005233	0.0007024	901.72	12.905	2	0.006
MK-7 Brand C (Raw)	3	0.090467	0.0622390	901.72	2.518	2	0.128
MK-7 Brand C (Dried)	3	0.006600	0.0010149	901.72	11.264	2	0.008

โดยการวิเคราะห์ One-Sample t-Test แสดงให้เห็นว่าปริมาณ PK ในทุกตัวอย่างสามารถวัดได้ที่น้อยกว่า 15.38 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม อย่างมีความมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value <0.05) สำหรับการวัดปริมาณ MK-7 ในผลิตภัณฑ์ถั่วเน่า สามารถวัดได้ที่น้อยกว่า 901.72 ไมโครกรัมต่อ 100

กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value <0.05) สำหรับแบรนด์ส่วนใหญ่ ยกเว้นแบรนด์ C (สด) ที่มีค่า p ซึ่งเกินเกณฑ์ความมีนัยสำคัญ (P-value >0.05)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทีแบบจับคู่สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณ PK และ MK-7 ระหว่างถั่วเน่าดิบและถั่วเน่าแห้ง

Paired Samples t-Test							
		n	Mean	Std. Deviation	t	df	P-value
Pair 1	PK_Brand A Raw-Dried	6	0.0577667	0.0631020	-1.586	5	0.254
Pair 2	PK_Brand B Raw-Dried	6	0.0273667	0.0174772	2.712	5	0.113
Pair 3	PK_Brand C Raw-Dried	6	0.1008000	0.0417652	4.180	5	0.053
Pair 1	MK-7_Brand A Raw-Dried	6	0.0810000	0.0161158	8.705	5	0.013
Pair 2	MK-7_Brand B Raw-Dried	6	0.0018333	0.0008963	-3.543	5	0.071
Pair 3	MK-7_Brand C Raw-Dried	6	0.0838667	0.0631698	2.300	5	0.148

การเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของ PK ระหว่างผลิตภัณฑ์ถั่วเน่าดิบและถั่วเน่าแห้งในยี่ห้อ A, B และ C ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value >0.05) ซึ่งหมายความว่าระดับความเข้มข้นของ PK ในถั่วเน่าดิบและถั่วเน่าแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของ MK-7 ในถั่วเน่าดิบและถั่วเน่าแห้งแตกต่างกันในบางยี่ห้อ โดยในการเปรียบเทียบระหว่างยี่ห้อ A (ดิบ) และ ยี่ห้อ A (แห้ง) มีค่า P-value <0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับ MK-7 ในถั่วเน่าดิบนั้นสูงกว่าถั่วเน่าแห้งอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ในการเปรียบเทียบระหว่างยี่ห้อ B (ดิบ) กับ ยี่ห้อ B (แห้ง) และ ยี่ห้อ C (ดิบ) กับ ยี่ห้อ C (แห้ง) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value >0.05)

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้ตรวจสอบระดับของวิตามินเค (Phylloquinone (PK), Menaquinone-4 (MK-4), และ Menaquinone-7 (MK-7)) ในถั่วเน่า ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองหมักดั้งเดิมจากภาคเหนือของประเทศไทย ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ทางโภชนาการที่สำคัญของถั่วเน่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฐานะแหล่งของวิตามินเค การศึกษายืนยันว่ามี PK ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการ

แข็งตัวของเลือด ซึ่งมักพบในผักใบเขียว นอกจากนี้ยังตรวจพบ MK-7 ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของวิตามิน K2 ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพของกระดูก การสนับสนุนสุขภาพหัวใจและหลอดเลือดโดยการควบคุมการสะสมแคลเซียมในหลอดเลือด (Popa et al., 2021; Simes et al., 2020) อย่างไรก็ตาม MK-4 ที่มักพบในอาหารจากสัตว์ ไม่ได้ตรวจพบในถั่วเน่า ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาต่อไป (Bus & Szterk, 2021) นอกจากนี้การศึกษายังตรวจสอบผลกระทบของวิธีการทำให้แห้งด้วยการตากแดด ต่อปริมาณวิตามินเคในถั่วเน่า โดยระดับ PK คงที่ในตัวอย่างที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างถั่วเน่าดิบและแห้ง อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อปริมาณ MK-7 มีความซับซ้อนมากขึ้น ในบางตัวอย่าง การทำให้แห้งทำให้ระดับ MK-7 ลดลง ในขณะที่ตัวอย่างอื่น ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ ความแตกต่างนี้อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งอาจทำให้ MK-7 เสื่อมสภาพ ดังในงานวิจัยของ Jeong et al. (2022) ที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกัน เช่น นัตโตะ การศึกษาแสดงให้เห็นว่า วิธีการแช่แข็งนัตโตะสามารถรักษาหรือเพิ่มระดับ MK-7 ได้ดีกว่าการแช่เย็น นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Mathatheeranan et al. (2024) ซึ่งได้ทำการทดสอบวิธีการทำให้ถั่วเน่าแห้งหลายวิธี ได้แก่ การตากแดด การอบด้วยลมร้อน การอบแห้งด้วยไมโครเวฟสุญญากาศ และการอบแห้งด้วยสุญญากาศ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ถั่วเน่าในกลุ่มตัวอย่างที่ตากแดดมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระลดลง รวดเร็วกว่าการทำให้แห้งด้วยวิธีอื่น ๆ แต่ในกรณีของถั่วเน่าในการศึกษานี้ การทำให้แห้งโดยการตากแดดไม่ส่งผลกระทบต่อระดับ PK มากนัก แต่ทำให้ระดับ MK-7 ลดลงในบางกรณี

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

การศึกษาต่อไปอาจมุ่งเน้นไปที่อาหารหมักและผลิตภัณฑ์จากสัตว์ในอาหารไทยชนิดอื่น อาหารที่อาจมีวิตามิน K2 ได้แก่ ปลาร้า ซึ่งเป็นปลาหมักแบบดั้งเดิมที่ใช้ในอาหารภาคอีสาน ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองหมัก เช่น เต้าหู้ยี้ อาจมีวิตามิน K2 จากกระบวนการหมัก น้ำปลาที่ทำจากปลาหมักและกะปิซึ่งเป็นส่วนประกอบทั่วไปในอาหารไทยหลายชนิดก็อาจมีวิตามิน K2นอกจากนี้การวิจัยในอนาคตอาจสำรวจเทคนิคการสกัดอื่น ๆ เช่น การสกัดด้วยเฟสของแข็ง (Solid Phase Extraction - SPE) วิธีนี้อิงจากการวิจัยก่อนหน้านี้ (Tarvainen et al., 2019) ที่ถูกปรับให้เหมาะสมกับตัวอย่างอาหารหมักมากขึ้นเพื่อวิเคราะห์สารประกอบเฉพาะในอาหารที่มีส่วนผสมหลากหลายและการกำจัดสิ่งรบกวน การสกัดด้วยเฟสของแข็ง (SPE) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์สารประกอบต่าง ๆ และในอาหารประเภทต่าง ๆ ความหลากหลายของชนิดของสารดูดซับทำให้ SPE อาจเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการสกัดตัวอย่าง (Ötles & Kartal, 2016)

รายการอ้างอิง

Beulens, J. W. J., Booth, S. L., van den Heuvel, E. G. H. M., Stoecklin, E., Baka, A., & Vermeer, C. (2013). The role of menaquinones (vitamin K_2) in human health. *British Journal of Nutrition*, *110*(8), 1357–1368. https://doi.org/10.1017/S0007114513001013

Bus, K., & Szterk, A. (2021). Relationship between structure and biological activity of various vitamin K forms. *Foods*, *10*(12), 3136. https://doi.org/10.3390/foods10123136

Chukeatirote, E. (2015). Thua nao: Thai fermented soybean. *Journal of Ethnic Foods*, *2*(3), 115–118. https://doi.org/10.1016/j.jef.2015.08.004

Dajanta, K., Apichartsrangkoon, A., & Chukeatirote, E. (2011). Antioxidant properties and total phenolics of Thua Nao (a Thai fermented soybean) as affected by bacillus-fermentation. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, *03*(04). https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000052

Jeong, I.-S., Gu, S.-Y., Park, K.-H., Lee, S.-Y., & Kim, S. (2022). A simultaneous determination and monitoring of vitamin K1 (phylloquinone) and vitamin K2 (menaquinone) in vegetable drinks and natto sold on the Korean market. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *16*(1), 248–257. https://doi.org/10.1007/s11694-021-01147-7

Mandatori, D., Pelusi, L., Schiavone, V., Pipino, C., Di Pietro, N., & Pandolfi, A. (2021). The dual role of vitamin K2 in "Bone-vascular crosstalk": Opposite effects on bone loss and vascular calcification. *Nutrients*, *13*(4), 1222. https://doi.org/10.3390/nu13041222

Mathatheeranan, P., Wongprasert, T., Fang, M., Lu, T.-J., & Suppavorasatit, I. (2024). Effect of drying techniques on the stability of volatile compounds and antioxidative activities of dried Thai fermented black soybean (thua nao). *Journal of Agriculture and Food Research (18),* 101305. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101305

Ötles, S., & Kartal, C. (2016). Solid-phase extraction (SPE): Principles and application in food samples. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 15*(1), 5–15. https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.1.1

Popa, D.-S., Bigman, G., & Rusu, M. E. (2021). The role of vitamin K in humans: Implication in aging and age-associated diseases. *Antioxidants*, *10*(4), 566. https://doi.org/10.3390/antiox10040566

Tarvainen, M., Fabritius, M., & Yang, B. (2019). Determination of vitamin K composition of fermented food. *Food Chemistry*, *275*, 515–522. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.136