



การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ

Evaluating laboratory performance on analysis of mandatory nutrients for nutrition labelling

จิราพิชชา บุญพอ¹, ครรชิต จุดประสงค์^{1*}, ประภาศรี ภูวเสถียร²

Jirapitcha Boonpor¹, Kunchit Judprasong², Prapasri Puwastien³

¹ อาจารย์คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการฝ่ายเคมีอาหาร สถาบัน โภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

³ รองศาสตราจารย์ ที่ปรึกษา สถาบัน โภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

*Corresponding author, อีเมล: Kunchit.jud@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ฉลากโภชนาการบนบรรจุภัณฑ์ที่มีความน่าเชื่อถือช่วยให้ผู้บริโภคสามารถเลือกอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้ จากข้อมูลในอดีตชี้ให้เห็นว่า ฉลากโภชนาการที่แสดงอยู่บนผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดยังไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ได้กำหนดไว้ ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องน่าจะมาจากห้องปฏิบัติการที่เป็นผู้วิเคราะห์สารอาหาร และจัดทำฉลาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ และการจัดทำฉลากโภชนาการ โดยตัวอย่างทดสอบที่ใช้คือ แครกเกอร์ชนิดโฮลวีทในรูปแบบที่จำหน่าย และที่เตรียมเป็นผงละเอียดมีความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยกำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม (16 แห่ง) วิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ รายงานผลและนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ มาจัดทำฉลากโภชนาการที่พร้อมใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข การประเมินความสามารถในการวิเคราะห์สารอาหารของห้องปฏิบัติการ ใช้วิธีทางสถิติโดยใช้คะแนน z-score เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน สำหรับตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท พบว่าห้องปฏิบัติการมีความสามารถดี ($|z\text{-score}| < 2$) ในการวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด โปรตีน โซเดียม ความชื้น และเถ้า ในขณะที่ตัวอย่างแครกเกอร์แบบผง พบว่าห้องปฏิบัติการมีความสามารถดีในการวิเคราะห์สารอาหารดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งการวิเคราะห์ไขมันอิ่มตัว โยอาหาร แคลเซียม และเหล็กด้วย ส่วนการวิเคราะห์สารอาหารที่พบว่ายังไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีความแปรปรวนสูงคือ การวิเคราะห์วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และน้ำตาล ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการที่รับผิดชอบในการจัดทำฉลากโภชนาการในประเทศไทย มีความสามารถในการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการต่างๆ ได้ จึงทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูลโภชนาการบนฉลากอาหารมากขึ้น

ABSTRACT

Reliable nutrient composition data on a food label is important information to assist the consumers in making the right choice for healthy processed foods. Previous studies on nutrition labelling indicated considerable problems of non-complied information based on the Thai Food and Drug Administration (Thai FDA) regulations. The main issue involving the unreliable nutrient information could be the laboratories who take responsibility for developing the

nutrient composition data. This study aimed to investigate the performance of laboratories on analysis of mandatory nutrients, and the preparation of nutrition labelling. For laboratory performance, whole wheat cracker and cracker powder were used as test materials. Participating laboratories (16 laboratories) were requested to analyse mandatory nutrients for nutrition labelling and to use the obtained data to prepare ready-to-use nutrition information based on the Thai FDA regulations. Laboratory analytical performance was statistically evaluated using z-score. For whole wheat cracker, good laboratory performance ($|z\text{-score}| < 2$) was found satisfactory performance on analyses of total fat, protein, sodium, moisture, and ash. Moreover, cracker powder was found on the analyses of those nutrients as well as the analyses of saturated fat, dietary fibre, calcium, and iron. Unsatisfactory performance was found on analyses of vitamin B1 and B2 and sugars. The findings strongly demonstrate good performance of laboratory for mandatory nutrients which could provide reliability of the nutrition information on food labels.

คำสำคัญ: การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ สารอาหาร ฉลากโภชนาการ

Keywords: evaluating laboratory performance, nutrient, nutrition labelling

1. บทนำ

สถาบันโภชนาการ (Institute of Nutrition, Mahidol University, INMU) มีความตระหนักในเรื่องของความถูกต้องของข้อมูลสารอาหารที่แสดงในฉลากโภชนาการบนฉลากอาหาร ซึ่งต้องดำเนินการเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 (1) และประกาศฉบับที่ 305 พ.ศ. 2550 (2) เป็นอย่างมาก สถาบันฯ จึงได้ดำเนินการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ (proficiency testing, PT) ในการวิเคราะห์สารอาหาร และจัดทำฉลากโภชนาการเป็นระยะๆ ในช่วงปี 2541-2554 มีการดำเนินการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการในเรื่องดังกล่าวไปแล้ว ทั้งหมด 4 ครั้ง (PT-3, PT-4, PT-7 และ PT-9) จาก PT ทั้งหมด 9 ครั้ง สำหรับ PT-3 ที่จัดในปี 2541 มีเพียง 4 ห้องปฏิบัติการจากประเทศไทยที่เข้าร่วมโครงการ (3) ในปี 2543 (PT-4) จำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการมีเพิ่มขึ้นเป็น 12 แห่ง (4) ในปี 2546 (PT-7) จำนวนห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน เช่นมีประมาณ 28 ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์สารอาหารหลัก ในขณะที่มีเพียง 8-10 ห้องปฏิบัติการเท่านั้นที่วิเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fat) คอเลสเตอรอล (cholesterol) น้ำตาล (total sugar) และใยอาหาร (dietary fibre) ได้ (5) และเพิ่มเป็น 17 แห่งในปี 2553 (PT-9) (6) อย่างไรก็ตามห้องปฏิบัติการบางแห่งยังไม่ได้ดำเนินการ

วิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการครบทุกตัวตามประกาศฯ ต่อมาปี 2550 ได้มีการประกาศฉบับที่ 305 (2) เรื่องการบังคับให้มีแสดงฉลากโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป ซึ่งเป็นฉลากโภชนาการอย่างย่อ ในปี 2552 (7) มีการสำรวจห้องปฏิบัติการในประเทศไทยในการวิเคราะห์สารอาหารเพื่อจัดทำฉลากโภชนาการพบว่าห้องปฏิบัติการทั้งหมด 15 จาก 17 แห่งที่สามารถวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการทั้งหมดได้ และมี 12 แห่งที่สามารถวิเคราะห์กรดไขมันชนิดทรานส์ได้ อย่างไรก็ตามสารอาหารชนิดนี้ยังไม่ได้เป็นสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ ที่จะต้องแสดงบนฉลากโภชนาการของไทย ในเดือนมกราคม 2553 (8) ได้มีการสำรวจความถูกต้องในการจัดทำฉลากโภชนาการบนฉลากอาหารจำนวน 599 ฉลาก ตามประกาศฉบับที่ 305 พ.ศ. 2550 ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปทั้ง 5 กลุ่มได้แก่ มันฝรั่งแผ่นแบบอบหรือทอด ข้าวโพดอบกรอบ ขนมขบเคี้ยวที่ทำมาจากข้าว แครกเกอร์หรือบิสกิต และเวเฟอร์สอด้ไส้ต่างๆ ผลการสำรวจพบว่ามี การแสดงฉลากโภชนาการที่ไม่สอดคล้องกับประกาศฯ สูงถึงร้อยละ 93 ได้แก่ การระบุปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค การคำนวณพลังงานและพลังงานจากไขมัน การปิดเลขต่อหนึ่งหน่วยบริโภค และต่อร้อยละของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน (% Thai Recommended Daily Intake, RDI) เป็นต้น ข้อมูลในการจัดทำฉลากโภชนาการได้มาจากการวิเคราะห์

สารอาหารต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปประเมินและคำนวณเพื่อจัดทำเป็นฉลากโภชนาการ ดังนั้นการหาสาเหตุของปัญหาในการแสดงฉลากโภชนาการ ไม่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องเริ่มจากที่มาของข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ ร่วมกับการประเมินความถูกต้องในการนำข้อมูลไปจัดทำฉลากโภชนาการ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ สำหรับการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการของฉลากโภชนาการตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ.2541 และ 305 พ.ศ.2550 โดยใช้ตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท (whole wheat cracker) เป็นตัวอย่างทดสอบเพื่อประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารอาหารสำหรับการจัดทำฉลากโภชนาการ

2. วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 ตัวอย่างทดสอบ และการเตรียมตัวอย่าง

การศึกษาค้นคว้านี้เลือกใช้ตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท (whole wheat cracker) เป็นตัวแทนในการศึกษา เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มอาหารพร้อมบริโภค (ready-to-eat food) ชนิดหนึ่งที่ถูกบังคับให้แสดงฉลากโภชนาการ เมื่อพิจารณาจากฐานข้อมูลทางโภชนาการพบว่าตัวอย่างทดสอบนี้ น่าจะมีความหลากหลายของสารอาหาร เช่น มีไขมันสูง ไขมันอิ่มตัวสูง โยอาหาร และวิตามินบีหนึ่งเป็นต้น ตัวอย่างทดสอบนี้เป็นผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ชนิดโฮลวีทที่กำหนดทั่วไป โดยเลือกตัวอย่างทั้งหมดที่ผลิตในชุดเดียวกัน โดยผู้วิจัยขอให้ทางบริษัทฯ ส่งตัวอย่างในขนาดบรรจุเป็น 2 รูปแบบตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ 1) บรรจุในรูปแบบที่กำหนดตามท้องตลาด คือ ซองละ 30 กรัม จำนวน 300 ซอง และ 2) บรรจุในถุงขนาดใหญ่จำนวน 5 กิโลกรัม จำนวน 2 ถุง โดยมีรายละเอียดตัวอย่างและการเตรียมเพื่อนำไปใช้ดังนี้

2.1.1 รูปแบบที่กำหนดตามท้องตลาด

แครกเกอร์ชนิดโฮลวีทที่กำหนดอยู่ในห้างสรรพสินค้า บรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยล์ ขนาดบรรจุของละ 30 กรัม จำนวน 6 ซองบรรจุอยู่ในกล่องกระดาษขนาด 180 กรัม ผู้วิจัยได้ขอให้บริษัทผู้ผลิต บรรจุตัวอย่างดังกล่าว

ในซองออลูมิเนียมฟอยล์ในขนาดบรรจุ 30 กรัมจำนวน 300 ซอง โดยไม่มีการแสดงฉลากใดๆ หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างแบบไม่เจาะจง เพื่อแบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่ม A และกลุ่ม B และให้รหัสตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ในการจัดทำฉลากโภชนาการนั้น มีการกำหนดให้ต้องสุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 บรรจุภัณฑ์จากตัวอย่างที่ผลิตขึ้น เพื่อให้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างแบบไม่เจาะจงจำนวน 12 ซองโดยสุ่ม 6 ซองจากรหัส A และ 6 ซองจากรหัส B บรรจุลงในถุงพลาสติก โดยแสดงฉลากที่มีรายละเอียดดังนี้คือ ชื่อตัวอย่าง วันที่บรรจุตัวอย่าง และรหัสตัวอย่าง แล้วบรรจุลงกล่องเพื่อเตรียมจัดส่งให้กับห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการต่างๆ ทางไปรษณีย์ต่อไป (ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งที่นานที่สุดที่ห้องปฏิบัติการได้รับตัวอย่างคือ 2 สัปดาห์หลังการส่งตัวอย่าง) เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกันทั้งหมด 16 ชุด ตัวอย่างทดสอบนี้ใช้ในการประเมินความสามารถในการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ และประเมินการจัดทำฉลากโภชนาการฉบับย่อตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 305 (2)

2.1.2 ตัวอย่างที่บรรจุในถุงขนาดใหญ่

ตัวอย่างนี้ผู้วิจัยได้เป็นผู้เตรียมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน และบรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยล์ โดยใช้ชื่อตัวอย่างทดสอบว่า cracker powder (รหัส INMU-18) ทั้งนี้เพื่อขจัดปัจจัยอันเนื่องมาจากการเตรียมตัวอย่างที่อาจต่างกันของแต่ละห้องปฏิบัติการ ใช้เป็นตัวอย่างทดสอบสำหรับการประเมินการวิเคราะห์อีกรูปแบบหนึ่งซึ่งไม่รวมการเตรียมตัวอย่าง ผู้วิจัยเป็นผู้เตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างทั้งหมด 10 กิโลกรัมมาทยอยยบป้อนให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารความแรงสูง (Robot Coupe®, Germany) เนื่องจากตัวอย่างนี้มีปริมาณไขมันสูง ทำให้ไม่สามารถร่อนตัวอย่างที่บดแล้วผ่านตะแกรงขนาดที่ต้องการได้ (sieve mesh หมายเลข 60 หรือขนาด 250 ไมครอน) จึงกระจายตัวอย่างโดยการร่อนผ่าน sieve mesh No. 8, 10 และ 16 (ขนาด 2.36, 2.0 และ 1.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ซึ่งทำให้ตัวอย่างมีขนาดที่สม่ำเสมอพอสมควร ตัวอย่างที่ผ่านการบดและร่อนแล้วนำมาผสมให้เข้ากันอีกครั้ง โดยใช้วิธีผสมแบบการแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (quartering technique) บรรจุในถุงพลาสติก 4 ถุง ปิดให้สนิท นำตัวอย่างแต่ละถุงมาบรรจุด้วย

ระบบสุญญากาศในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ของละประมาณ 50 กรัม ตัดฉลากที่มีรายละเอียดดังนี้คือ ชื่อตัวอย่างคือ cracker powder (INMU-18) วันที่บรรจุตัวอย่าง และรหัสตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน จำนวน 10 ซอง ตัวอย่างสำหรับส่งให้แต่ละห้องปฏิบัติการนั้นแบ่งออกเป็น 2 ชุดคือชุด A สำหรับรายงานผลเป็นค่า A และ ชุด B สำหรับรายงานผลเป็นค่า B ตัวอย่างที่เหลือจากการส่งให้ห้องปฏิบัติการเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง -20°C เพื่อใช้ในการศึกษาความคงตัวของสารอาหาร ตัวอย่างที่เหลือเมื่อจบการศึกษาอาจใช้เป็นตัวอย่างอาหารมาตรฐานต่อไป (reference material) ตัวอย่าง INMU-18 นี้ใช้เป็นตัวอย่างทดสอบในการประเมินความสามารถการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการและประเมินการจัดทำฉลากโภชนาการแบบเต็ม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 (1)

2.2 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity study) ของสารอาหารในตัวอย่างทดสอบ (cracker powder, INMU-18)

เนื่องจากตัวอย่างทดสอบ cracker powder (INMU-18) เตรียมโดยผู้วิจัยโครงการ ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างโดยสุ่มตัวอย่างทดสอบ cracker powder (INMU-18) อย่างไม่เจาะจงจำนวน 10 ซอง จากตัวอย่างชุด A 5 ซองและจากชุด B 5 ซอง วิเคราะห์สารอาหารที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มสารอาหารด้วยวิธีมาตรฐาน (Official Methods of Analysis - AOAC International, AOAC, 2005) ได้แก่

- 1) วิเคราะห์โปรตีน ไขมัน และความชื้น เพื่อเป็นตัวแทนของสารอาหารหลัก
- 2) วิเคราะห์ไขมัน และกรดไขมันอิ่มตัว เพื่อเป็นตัวแทนของสารอาหารที่คาดว่าจะมีปัญหา
- 3) วิเคราะห์ใยอาหาร เนื่องจากเป็นสารอาหารที่มีปัญหาจากการศึกษาที่ผ่านมา
- 4) วิเคราะห์โซเดียม และแคลเซียมเพื่อเป็นตัวแทนของแร่ธาตุปริมาณมาก
- 5) วิเคราะห์เหล็ก เพื่อเป็นตัวแทนของแร่ธาตุปริมาณน้อย
- 6) วิเคราะห์วิตามินบีหนึ่ง เพื่อเป็นตัวแทนของวิตามิน และเป็นสารที่ไม่คงตัว

ในการวิเคราะห์สารอาหารแต่ละชนิด ให้ชั่งตัวอย่างจากแต่ละซอง แบบไม่เจาะจง ตัวอย่างละ 2 กรัม ดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ชั่งไว้แล้วอย่าง ไม่เจาะจง โดยวิเคราะห์ในวันเดียวกันหรือในชุดของการวิเคราะห์เดียวกัน โดยผู้วิเคราะห์ที่ทำอยู่เป็นประจำ ใช้วิธีสารเคมี สภาวะแวดล้อม และเครื่องมือในชุดเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ที่ได้ทั้งหมดนำไปประเมินผลทางสถิติโดยไม่มีการตัดค่าหนึ่งค่าใดที่แตกต่าง (outlier) ออกจากกลุ่ม

2.3 การทดสอบความคงตัวของสารอาหาร (stability study) ในตัวอย่างทดสอบ (cracker powder)

เนื่องจากวิตามินบีหนึ่ง (thiamin) เป็นวิตามินที่ละลายในน้ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความร้อนหรือออกซิเจน ผู้วิจัยจึงเลือกวิตามินนี้เป็นสารอาหารที่ใช้เป็นตัวแทนของการศึกษาความคงตัวของสารอาหารในตัวอย่างทดสอบ โดยสุ่มตัวอย่างทดสอบ cracker powder (INMU-18) อย่างไม่เจาะจงจำนวน 5 ซอง (จากซอง A จำนวน 2-3 ซอง จากซอง B จำนวน 2-3 ซอง) ในแต่ละช่วงเวลาของการศึกษา วิเคราะห์วิตามินบีหนึ่งโดยวิเคราะห์ 1 ชั่วโมง ในแต่ละซอง ก่อนการเก็บตัวอย่าง (0 เดือน) และหลังจากเก็บตัวอย่างไว้ที่ช่องแช่แข็ง -20°C เป็นเวลา 3, 6 และ 12 เดือน นอกจากนั้นในแต่ละช่วงเวลาได้วิเคราะห์ความชื้นเพื่อตรวจสอบการรื้อซึมที่อาจเกิดขึ้น และติดตามคูแวนไน้มของการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างทดสอบ

2.4 การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ (Evaluating laboratory performance study)

การประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ สำหรับการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการนั้นได้ดำเนินการตามมาตรฐานสากลของ ISO/IEC 17043 (9)

2.4.1 ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ

ก่อนดำเนินการโครงการ ผู้วิจัยได้สอบถามห้องปฏิบัติการที่มีการวิเคราะห์และจัดทำฉลากโภชนาการ ห้องปฏิบัติการดังกล่าวได้เคยเข้าร่วมการศึกษากับสถาบันฯ ก่อนหน้านี้แล้ว (PT-9) (6) และได้รับการยืนยันจากห้องปฏิบัติการในการเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ (PT-10) จำนวน 16 แห่ง

2.4.2 การส่งตัวอย่างและเอกสาร

ส่งตัวอย่าง 2 รูปแบบที่เตรียมในข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 ให้กับห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการต่างๆ ทางไปรษณีย์

พร้อมทั้งเอกสารต่างๆ ได้แก่ เอกสารเรื่องขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้ระบุรหัสลับของแต่ละห้องปฏิบัติการด้วย สำหรับเอกสารเรื่องแบบฟอร์มรายงานผลการวิเคราะห์ และการแสดงฉลากโภชนาการ และเอกสารเรื่องวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ในแต่ละห้องปฏิบัติการ กำหนดให้ส่งกลับทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail)

2.4.3 การกำหนดสารอาหารที่ต้องวิเคราะห์

1) ตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท กำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วม โครงการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการตามประกาศฉบับที่ 305 พ.ศ. 2550 (2) ซึ่งประกอบด้วยไขมันทั้งหมด โปรตีน น้ำตาล โซเดียม ใย และไขมัน โดยให้วิเคราะห์แต่ละสารอาหาร 2 ซ้ำ และรายงานค่าทั้งสองในแบบฟอร์มรายงานผลซึ่งได้มีการระบุหน่วย และจำนวนทศนิยมไว้ให้แล้ว สำหรับการวิเคราะห์ไขมันได้แนะนำให้มีการย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด (acid digestion) ก่อนการสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน

2) ตัวอย่าง cracker powder (INMU-18) กำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วม โครงการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการตามประกาศ ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2542 (1) ซึ่งประกอบด้วยไขมันทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัว โปรตีน โยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามิน บีหนึ่งวิตามินบี 2 แคลเซียม เหล็ก ใย และไขมัน การศึกษาครั้งนี้ไม่รวมการวิเคราะห์คอเลสเตอรอลและวิตามิน เอ (เนื่องจากตัวอย่างทดสอบไม่มีส่วนประกอบของอาหารที่มาจากสัตว์ จึงไม่มีสารอาหารทั้ง 2 ชนิดนี้) โดยกำหนดให้วิเคราะห์สารอาหารต่างๆ ในตัวอย่างทดสอบของ A และให้รายงานเป็นค่าวิเคราะห์ของตัวอย่าง A และในตัวอย่างทดสอบของ B และรายงานเป็นค่าวิเคราะห์ของตัวอย่าง B ลงผลในแบบฟอร์มรายงานผลซึ่งได้มีการระบุหน่วย และจำนวนทศนิยมไว้ให้แล้ว สำหรับการวิเคราะห์ไขมัน ผู้วิจัยได้แนะนำให้มีการย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด (acid digestion) ก่อนการสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน และสำหรับการวิเคราะห์โยอาหารนั้น ผู้วิจัยแนะนำให้สกัดไขมัน (de-fat) ออกจากตัวอย่างก่อนวิเคราะห์

2.4.4 วิธีวิเคราะห์

ผู้วิจัยขอให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่าง และวิธีวิเคราะห์ที่ใช้เป็นประจำ

(routine methods) โดยขอให้แต่ละห้องปฏิบัติการให้รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ต่างๆ โดยย่อ และให้ข้อมูลการควบคุมคุณภาพที่มีการแก้ไขเพิ่มเติม จากข้อมูลที่เคยให้ไว้ของการศึกษาครั้งที่ผ่านมา (PT-9) (6) ข้อมูลเหล่านี้ใช้ประกอบในการอภิปรายผลการประเมินความสามารถในการวิเคราะห์สารอาหารของห้องปฏิบัติการต่อไป

2.5 การประเมินผลทางสถิติ (Statistical evaluation)

2.5.1 การศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบ

ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง INMU-18 ที่เตรียมโดยผู้วิจัย จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สารอาหาร 2 ซ้ำ โดยใช้ “Cochran’s maximum range test” (10, 11) ในการประเมินความแปรปรวนที่เกิดจากตัวอย่างภายในช่องเดียวกัน (within-sample variation) ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถของผู้วิเคราะห์ หากอัตราส่วนระหว่างค่าสูงสุดของความต่างที่เกิดจากการทำซ้ำเทียบกับผลรวมของความต่างทั้งหมด น้อยกว่าค่าที่ได้จากตาราง Cochran’s critical value (เช่นเมื่อมีข้อมูล 10 ชุดๆ ละ 2 ซ้ำ Cochran’s critical value มีค่า = 0.602) แสดงว่าผู้วิเคราะห์ตัวอย่างสำหรับการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันมีความเที่ยง (good precision)

เนื่องจากตัวอย่างทดสอบ INMU-18 นี้มีปริมาณไขมันค่อนข้างมากทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความละเอียดของตัวอย่าง โดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 250 ไมครอน ซึ่งอาจมีผลต่อความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างได้ ดังนั้นเพื่อแสดงความมั่นใจในการตัดสินใจเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบระหว่างช่องที่บรรจุ (between sample variations) จึงได้ประเมินผลสารอาหารที่วิเคราะห์ได้โดยใช้วิธีทางสถิติ 2 วิธีคือ 1) ใช้สถิติการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันที่ระบุอยู่ใน ISO 13528 (12) และ 2) ใช้การพิจารณาจาก % relative standard deviation (%RSD) ร่วมกับการใช้ความรู้และประสบการณ์ (professional judgment) โดยใช้ค่า predicted relative standard deviation (pRSD_R) จาก Horwitz’s equation เป็นค่า target SD (13-16) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาตามลำดับดังนี้

1) ใช้สถิติการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันที่ระบุอยู่ใน ISO 13528 (12)

$$\boxed{\text{ISO 13528: } s_s \leq 0.3\hat{\sigma}} \dots\dots\dots\text{สมการที่ (1)}$$

โดยที่ s_s = Between-samples standard deviation (due to sampling)

$\hat{\sigma}$ = Target standard deviation

1) ใช้การพิจารณาจาก % relative standard deviation (%RSD_r) (13-16)

$$\%RSD_r = SD \times 100/\text{mean}$$

$$\boxed{\text{HORRAT} = RSD_r/pRSD_R} \dots\dots\dots\text{สมการที่ (2)}$$

RSD_r = Relative standard deviation ที่ได้จากการวิเคราะห์สารอาหารสำหรับการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

pRSD_R = Predicted relative standard deviation ที่คำนวณได้จาก Horwitz's equation

$pRSD_R = 2^{1-0.5 \log C}$ (โดย C เป็นค่าสัดส่วนของความเข้มข้นของสารอาหาร, fraction concentration ซึ่งเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย)

โดยเกณฑ์การยอมรับ HORRAT (Horwitz's Ratio) อยู่ในช่วง 0.3-1.3 (13-16)

2.5.2 การศึกษาความคงตัวของวิตามินบีหนึ่งและความชื้นในตัวอย่างทดสอบ

ประเมินความคงตัวของสารอาหารในตัวอย่างทดสอบ INMU-18 จากผลการวิเคราะห์วิตามินบีหนึ่งและความชื้น จากตัวอย่างทดสอบ 5 ซองๆ ละ 1 ซ้ำ โดยการใช้สถิติการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันที่ระบุอยู่ใน ISO 13528 (12) ด้วยการเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สารอาหารในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างในระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ณ วันที่เริ่มต้นศึกษา

2.5.3 การหาค่ากำหนด (assigned value)

a. วิธีการตาม ISO 13528 (12)

นำผลการวิเคราะห์ของสารอาหารต่างๆ ในตัวอย่างทดสอบ ที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการ มาเข้ากระบวนการหาค่า assigned value ตามวิธีที่ระบุไว้ใน ISO 13528 (Algorithm A ใน Annex C) เริ่มจากการไม่นำค่าที่เกิดจากความผิดพลาดต่างๆ เช่น การระบุทศนิยมที่ผิดตำแหน่ง การ

รายงานหน่วยผิดพลาด เป็นต้น มาใช้ในการกำหนดค่า assigned value จากนั้นเรียงค่าที่วิเคราะห์ได้จากแต่ละห้องปฏิบัติการจากน้อยไปหามาก แล้วใช้กระบวนการทางสถิติที่กำหนดใน Algorithm A หลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีการกำหนดค่าความแปรปรวนที่ยอมรับ หากมีค่าวิเคราะห์ที่มากหรือน้อยซึ่งอยู่นอกเกณฑ์ที่ยอมรับ จะมีกระบวนการให้ค่าที่ปรับปรุงใหม่ แล้วทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่า mean และค่า standard deviation ที่คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากๆ เช่นสำหรับสารอาหารการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในทศนิยมตำแหน่งที่สองเท่านั้น ค่า mean และ standard deviation ที่ได้กำหนดเป็นค่า assigned robust mean + robust SD สำหรับการประเมินผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการต่อไป

b. วิธีการตาม ISO 13528 (12) และหาค่า target standard deviation จาก Horwitz (13)

ในกรณีที่ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการต่างๆ มีความแปรปรวนมาก โดยเฉพาะในกรณีที่ตัวอย่างทดสอบมีสารอาหารบางอย่างในปริมาณน้อย หรือบางครั้งวิธีวิเคราะห์ที่ต่างกันทำให้เกิดเกิดความแปรปรวนได้ หรือตัวอย่างมีข้อจำกัดในเรื่องของความเป็นเนื้อเดียวกัน (ซึ่งจะเห็นได้จากค่าของ relative standard deviation (%RSD_r) ที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าค่า HORRAT (คำนวณได้จากอัตราส่วนของ RSD_r เทียบกับ RSD_R) อยู่ในช่วง 0.3-1.3 สามารถใช้วิธีในข้อ a ในการกำหนดค่า assigned value ได้ แต่ถ้าค่า HORRAT ของสารอาหารใดมีค่ามากกว่า 1.3 จะนำค่า robust mean ที่ได้มาจากการคำนวณตาม ISO 13528 (12) มากำหนดค่า target SD จากสมการของ Horwitz (13)

$$\boxed{\text{Horwitz Predicted Relative Standard Deviation หรือ } pRSD_R = 2^{1-0.5 \log C}}$$

.....สมการที่ (3)

โดยที่ค่า C = fraction concentration ของสารอาหารที่ได้จาก robust mean ค่า C นั้นเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย เช่นเมื่อค่าความชื้นมีค่าเท่ากับ 2 กรัมต่อ 100 กรัม ค่า C จะมีค่า = 2/100 = 0.02 เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในบางกรณีการใช้ค่า target Horwitz's SD โดยตรงนั้นอาจไม่เหมาะสมเนื่องจากค่านี้อาจมากหรือน้อยเกินไป ทำให้การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ (evaluating laboratory performance) มีจำนวนห้องปฏิบัติการที่ผ่านเกณฑ์มากเกินไป ทั้งๆที่มีความแปรปรวนมาก (ดูจากค่า RSD_R) จึงควรมีการกำหนดลดค่า target SD ลง หรือบางครั้งมีจำนวนห้องปฏิบัติการที่ผ่านเกณฑ์น้อยมากเกินไป ทั้งๆที่ค่า RSD_R ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำของช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งในกรณีนี้ควรมีการขยายค่าของ target SD เช่นเป็น 2 หรือ 3 SD ตามความเหมาะสม (16) โดยให้มีค่า %CV ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ต้องมีการใช้ประสบการณ์ของคณะผู้วิจัย ช่วยในการตัดสินใจ (professional judgment) ค่าของ SD ที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันต้องนำมาใช้ในการพิจารณาในครั้งนี้ด้วยตัวอย่างของสารอาหารที่เห็นได้ชัดจากการศึกษาครั้งที่ผ่านมา (PT-9) (6) คือ โยฮาทหาร

2.5.4 การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารอาหาร

ประเมินผลการวิเคราะห์สารอาหารทั้งหมดที่ได้จากห้องปฏิบัติการต่างๆ โดยใช้การประเมินทางสถิติ 2 วิธี คือ ประเมินความสามารถการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ (within-laboratory performance) และประเมินความสามารถการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการ (between-laboratory performance) ดังต่อไปนี้คือ

2.5.4.1 Within-laboratory performance

ประเมินความสามารถภายในห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารอาหาร โดยประเมินความแตกต่างระหว่างค่าสารอาหารแต่ละชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2 ซอง คือ ค่า A (จากการวิเคราะห์ตัวอย่างของ A) และค่า B (จากการวิเคราะห์ตัวอย่างของ B) ซึ่งได้รับจากแต่ละห้องปฏิบัติการ เทียบค่าความแตกต่างของสารอาหารนั้นกับค่ากลาง (median) และค่า Normalised Inter-Quartile Range (NIQR) ของความแตกต่างจากห้องปฏิบัติการทั้งหมด โดยการใช้สถิติ robust z-score_{within} (17)

$$z - score_{within} = \frac{(x_{di} - median_{di})}{NIQR_{di}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (4)}$$

โดยที่ x_{di} เป็นความแตกต่างระหว่างค่าของการวิเคราะห์ใน 2 ซองของแต่ละห้องปฏิบัติการ [(A-B)/ $\sqrt{2}$]

$median_{di}$ เป็นค่ากลางของ x_{di} ที่ได้จากทุกห้องปฏิบัติการ

$$NIQR_{di} \text{ (Normalised Inter-quartile Range)} = (\text{ค่าที่ Quartile 3} - \text{ค่าที่ Quartile 1}) \times 0.7413$$

2.5.4.2 Between-laboratory performance

ประเมินค่าสารอาหาร โดยใช้ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่าง 2 ซองของแต่ละห้องปฏิบัติการเทียบกับห้องปฏิบัติการอื่นที่ร่วมโครงการ ด้วยการใช้สถิติ robust z-score_{between} ด้วยการเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้ของแต่ละสารอาหารกับค่า assigned values ที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 2.5.3 ตามความเหมาะสม

1) เทียบค่าวิเคราะห์ได้กับ assigned value ที่ได้จากการคำนวณตาม ISO 13528 (12) ในรูปของ robust mean \pm robust SD ดังสมการที่ 5 ต่อไปนี้คือ

$$z - score_{between} = \frac{(x - robust\ mean)}{robust\ SD} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (5)}$$

โดยที่ x เป็นค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ใน 2 ซองของแต่ละห้องปฏิบัติการ [(A+B)/2]

robust mean เป็นค่า assigned mean ตาม ISO 13528

robust SD เป็นค่า assigned standard deviation ตาม ISO 13528

2) ในบางกรณีค่าที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการต่างๆ มีความแตกต่างกันมาก เช่นในการวิเคราะห์โยฮาทหารและวิตามินบีหนึ่งของการศึกษาครั้งที่ผ่านมา (6) มีผลให้ห้องปฏิบัติการผ่านการประเมินทั้งหมด แต่พบว่าค่า mean + SD ของสารอาหารที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ (consensus value) มีช่วงที่กว้างมากคือมีค่า %CV เกินกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (มากกว่า predicted SD ที่คำนวณมาจาก RSD_R ของ Horwitz's equation (16)) ดังนั้นจึงใช้ค่า assigned value ในรูปของ robust mean ที่ได้จากการคำนวณตาม ISO 13528 (12) แต่แทนค่าของ robust SD ด้วยการใส่ค่าที่เหมาะสมกว่าคือใช้ค่า predicted SD ที่คำนวณมาจาก RSD_R ของ Horwitz's equation (16) เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ ดังสมการที่ 6 คือ

$$z - score_{between} = \frac{(x - robust\ mean)}{predicted\ SD} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (6)}$$

2.5.4.3 การแปรผลการศึกษาความสามารถห้องปฏิบัติการ

ค่าของ absolute z-score ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ($|z\text{-score}| \leq 2$) หมายถึงความสามารถห้องปฏิบัติการได้ผลการประเมินเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์ “a” ค่าของ absolute z-score ที่มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 3 ($2 < |z\text{-score}| < 3$) หมายถึงผลการวิเคราะห์เป็นที่น่าสงสัย แสดงด้วยสัญลักษณ์ “w” สำหรับการประเมิน within-laboratory performance หรือ “b” สำหรับการประเมิน between-laboratory performance ค่าของ absolute z-score ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3 ($|z\text{-score}| \geq 3$) หมายถึงผลการวิเคราะห์ไม่เป็นที่น่าพอใจ และแสดงด้วยสัญลักษณ์ “ww” สำหรับการประเมิน within-laboratory performance หรือ “bb” สำหรับการประเมิน between-laboratory performance ดังแสดงในตารางที่ 4A และ 4B

2.5.5 การแสดงผลของการประเมิน

ผลการวิเคราะห์ของสารอาหารแต่ละชนิด ซึ่งแต่ละห้องปฏิบัติการรายงานมาให้ผู้วิจัย รวมทั้งผลของการประเมินทางสถิติในรูปแบบของ z-score ทั้ง within- และ between-laboratory performance และการคำนวณค่า consensus value ของแต่ละสารอาหารจากห้องปฏิบัติการที่ผ่านเกณฑ์การประเมินทั้ง within- และ between-laboratory performance แสดงอยู่ในตารางที่ 4A และ 4B และแต่ละตัวอย่างทดสอบแยกกัน

3. ผลการศึกษา และวิจารณ์

3.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

การจัดทำลากลอกโภชนาการของไทยตามประกาศฯ มีข้อกำหนดให้ต้องใช้ตัวอย่างทั้งหมดหรือตัวแทนจากแต่ละผลิตภัณฑ์จาก 12 บรรจุภัณฑ์ในปริมาณที่เท่ากัน เพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ ในการศึกษาพบว่าห้องปฏิบัติการ 15 แห่งจากทั้งหมด 16 แห่ง ที่มีการเตรียมตัวอย่างเครื่องสำอางชนิดโพลีเอทิลีนจาก 12 ซองตามข้อกำหนด แต่มีห้องปฏิบัติการ 1 แห่งที่ใช้ตัวอย่างเพียง 10 ซอง และมีห้องปฏิบัติการอีก 1 แห่งใช้ตัวแทนของตัวอย่างจากแต่ละซองมารวมกันในถุงใหญ่ หลังจากนั้นผสมตัวอย่างให้

เข้ากันก่อนนำไปปั่นให้ละเอียด เนื่องจากเครื่องชนิดโพลีเอทิลีนปริมาณไขมันสูงทำให้ร้อนผ่านตะแกรงร้อนไม่ได้ อย่างไรก็ตามมีห้องปฏิบัติการ 1 แห่งจากทั้งหมด 16 แห่ง ที่นำมาร้อนผ่านตะแกรงร้อนตะแกรงหมายเลข 10 (2 มิลลิเมตร) จากนั้นห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง นำตัวอย่างที่บดได้มาบรรจุในภาชนะที่แตกต่างกันไปได้แก่ของอลูมิเนียม (aluminum foil bag), ถุงซิปลาสติก (zip-locked plastic bag) ขวดพลาสติก หรือ ขวดแก้วจุกเกลียว แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น (25-30°C) หรือในตู้เย็น หรือใส่ในช่องแช่แข็งเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

สำหรับตัวอย่าง cracker powder (INMU-18) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผู้วิจัยเตรียมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันเนื่องจากตัวอย่างที่มีปริมาณไขมันสูง (ประมาณ 28 กรัม ต่อ 100 กรัม) การเตรียมตัวอย่าง ด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (Robot Coupe® food processor) ทำให้ตัวอย่างมีลักษณะเกาะตัวเป็นก้อน ไม่สามารถร่อนผ่านตะแกรงตามที่ต้องการคือ 250 ไมครอน (0.25 มิลลิเมตร) ได้ ตัวอย่างนี้จึงไม่สามารถศึกษาการกระจายตัวของตัวอย่าง (particle size distribution) อาจมีผลต่อความเป็นเนื้อเดียวกันของสารอาหารบางอย่างได้ ซึ่งจะอภิปรายผลในหัวข้อต่อไป

3.2 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง cracker powder (INMU-18)

3.2.1 การประเมินความแปรปรวนของสารอาหารภายในตัวอย่างเดียวกัน (within-sample variation) โดยใช้สถิติ “Cochran’s maximum range test” (10, 11) (ไม่แสดงผลการประเมิน) พบว่าทุกสารอาหารมีค่าสัดส่วนของค่าสูงสุดของความต่างที่เกิดจากการทำซ้ำ (maximum range) เมื่อเทียบกับผลรวมของความต่างทั้งหมด (sum of the ranges) น้อยกว่าค่า Cochran’s critical values ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าตัวอย่างที่ศึกษาไม่มีความแปรปรวนของสารอาหารที่ทดสอบทั้งหมดภายในตัวอย่างเดียวกัน หรืออีกนัยหนึ่งคือผู้วิเคราะห์ตัวอย่างสำหรับการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกันมีความเที่ยงในการวิเคราะห์ (good precision) ความแปรปรวนที่เกิดจากการวิเคราะห์ ไม่มีผลหรือมีผลน้อยมาก และไม่มีความสำคัญต่อผลการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบซึ่งจะดำเนินในขั้นตอนต่อไป

3.2.2 การประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทดสอบ (sample homogeneity, between-sample variation) เนื่องจากตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทมีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง ทำให้ยากต่อการเตรียมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน และไม่สามารถร่อนตัวอย่างที่บดแล้วผ่านตะแกรงร่อนที่ต้องการตรวจสอบความละเอียดได้ ดังนั้นการบดตัวอย่างที่ไม่ละเอียดมากพอ อาจมีผลต่อความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างได้ ตัวอย่างชนิดนี้จัดเป็นตัวแทนของขนมขบเคี้ยวที่พบได้ทั่วไปคาดว่าห้องปฏิบัติการต่างๆ ต้องประสบปัญหาในการเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างเช่นกัน ทางผู้วิจัยจึงเลือกแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทเป็นตัวอย่างทดสอบในการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการในครั้งนี้ การประเมินความแปรปรวนของสารอาหารระหว่าง 10 ของของตัวแทนตัวอย่างทดสอบทั้งหมด เพื่อแสดงความเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้วิธีทางสถิติ 2 วิธี ผลการวิเคราะห์และการประเมินแสดงในตารางที่ 1A และ 1B

1) ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างโดยใช้สถิติตามมาตรฐาน ISO 13528 (12) และใช้ target standard deviation จาก Horwitz's equation พบว่าค่า between-samples standard deviation (S_s) ของสารอาหารที่ศึกษาส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.3 เท่าของ target standard deviation ยกเว้น โปรตีน วิตามินบีหนึ่งและเหล็ก (ตารางที่ 1A) ในตารางนี้ได้แสดงผลการประเมินที่ใช้ target standard deviation จากการวิเคราะห์สารอาหารเดียวกันของการศึกษา PT-9 เมื่อปี 2553 (6) โดยมีถั่วปากอ้าอบเกลือ (salted broad bean) เป็นตัวอย่างทดสอบ ซึ่งเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดที่มีไขมันสูงเช่นกัน ผลการประเมินพบว่า มีค่า between-samples standard deviation (S_s) ของตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของ target standard deviation ยกเว้นไขมันทั้งหมด แคลเซียม และ โซเดียม ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาี้ โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่า จากผลการประเมินโดยใช้วิธีทางสถิติที่ระบุใน ISO 13528 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกันของสารอาหารเหล่านี้คือ ความชื้น โปรตีน กรดไขมันอิ่มตัว โยอาหาร เถ้า วิตามินบีหนึ่งและเหล็ก สำหรับการวิเคราะห์ไขมันทั้งหมด แคลเซียม และ โซเดียม ตัวอย่างอาจมีความเป็นเนื้อเดียวกันไม่เพียงพอ ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิท

มีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง ยากต่อการเตรียมตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2) ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างด้วยการใช้ relative standard deviation (RSD) ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก เข้าใจได้ง่าย เป็นการประเมินค่าความแปรปรวนของแต่ละสารอาหารที่เกิดจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเดียวกัน (RSD) เทียบกับค่า Horwitz's predicted RSD ($pRSD_R$) ซึ่งเป็นค่าประมาณการความแปรปรวนระหว่างห้องปฏิบัติการ จากตารางที่ 1B พบว่าค่าของ RSD_R อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.0% ของไขมันอิ่มตัว ถึง 5.7% ของความชื้น ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ และยอมรับได้โดยทั่วไป ยกเว้น RSD_R ของแคลเซียมที่มีค่าสูงกว่า (9.2%) แต่ต่ำกว่า 10% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้โดยทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์แร่ธาตุ และวิตามิน เมื่อพิจารณาค่า HORRATs ($RSD/pRSD_R$) สารอาหารเกือบทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (0.3-1.3) ยกเว้นความชื้น (HORRAT = 1.57, ความแปรปรวนนี้น่าจะเกิดจากการที่ตัวอย่างมีความชื้นต่ำ 1.8 กรัมต่อ 100 กรัม) และโยอาหาร (HORRAT = 1.60) ส่วนการที่ค่า HORRATs ของวิตามินบีหนึ่งและโปรตีน มีค่าน้อยกว่า 0.3 นั้นเนื่องมาจากความแปรปรวนของการวิเคราะห์สารอาหารเหล่านี้มีน้อยมากเมื่อเทียบกับค่า $pRSD_R$ ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่ดีมาก จากเกณฑ์การประเมินนี้สามารถสรุปได้ว่า cracker powder (INMU-18) มีความเป็นเนื้อเดียวกันเพียงพอสำหรับใช้เป็นตัวอย่างทดสอบความสามารถห้องปฏิบัติการได้ ถึงแม้ว่ามีข้อจำกัดของค่าความเป็นเนื้อเดียวกันของความชื้น และโยอาหาร อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการประมาณค่า assigned value ของสารอาหาร และนำตัวอย่างนี้ไปใช้ในการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารอาหารต่างๆ โดยเฉพาะความชื้น และโยอาหาร จะต้องนำค่า RSD_R ที่ได้จากการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันมาร่วมพิจารณาด้วย

3.3 การทดสอบความคงตัวของวิตามินบีหนึ่งและความชื้นในตัวอย่าง cracker powder

3.3.1 วิตามินบี 1

ผลประเมินความคงตัวของวิตามินบีหนึ่ง(ตัวแทนสารอาหารที่ละลายตัวได้ง่าย) ในตัวอย่างทดสอบ cracker powder (INMU-18) ที่เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุด้วย

ตารางที่ 1A ผลการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง โดยสถิติตามมาตรฐาน ISO 13528 (12)

| สารอาหาร (ต่อ 100 กรัม) | ค่าเฉลี่ย (mean) | Standard deviation (SD) _i | Relative standard deviation (RSD) _i , %CV | Between-samples standard deviation (S _s) | 0.3 of target SD from Horwitz (0.3 SD _p) | Conclusion | |
|---|------------------|--------------------------------------|--|--|--|----------------------|--------------------|
| | | | | | | $s_s \leq 0.3\sigma$ | 0.3 of SD จาก PT-9 |
| ความชื้น (moisture) (กรัม) | 1.80 | 0.10 | 5.7 | 0.054 | 0.020 | ไม่ผ่าน | ผ่าน |
| โปรตีน (protein) (กรัม) | 8.39 | 0.04 | 0.4 | 0.021 | 0.073 | ผ่าน | ผ่าน |
| ไขมันทั้งหมด (total fat) (กรัม) | 28.09 | 0.35 | 1.3 | 0.276 | 0.204 | ไม่ผ่าน | ไม่ผ่าน |
| กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fat) (กรัม) | 19.54 | 0.19 | 1.0 | 0.174 | 0.150 | ไม่ผ่าน | ผ่าน |
| ใยอาหาร (dietary fibre) (กรัม) | 3.30 | 0.18 | 5.3 | 0.170 | 0.033 | ไม่ผ่าน | ผ่าน |
| เถ้า (ash) (กรัม) | 1.49 | 0.02 | 1.7 | 0.019 | 0.017 | ไม่ผ่าน | ผ่าน |
| วิตามินบีหนึ่ง (vitamin B1) (มิลลิกรัม) | 0.07 | 0.00 | 4.1 | 0.001 | 0.004 | ผ่าน | ผ่าน |
| แคลเซียม (calcium) (มิลลิกรัม) | 15.74 | 1.44 | 9.2 | 1.406 | 0.353 | ไม่ผ่าน | ไม่ผ่าน |
| โซเดียม (sodium) (มิลลิกรัม) | 397.71 | 20.47 | 5.1 | 18.692 | 5.483 | ไม่ผ่าน | ไม่ผ่าน |
| เหล็ก (iron) (มิลลิกรัม) | 1.21 | 0.04 | 3.4 | 0.038 | 0.040 | ผ่าน | ผ่าน |

1) สรุปผลตามสถิติมาตรฐาน ISO 13528 โดยใช้ค่า target SD ที่ได้จาก Horwitz's equation (13-15)

2) สรุปผลจากการใช้ค่า target SD ที่ได้จากการศึกษา PT-9 ที่ผ่านมา (6)

ตารางที่ 1B การประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างโดยใช้ relative standard deviation (RSD)

| สารอาหาร (ต่อ 100 กรัม) | ค่าเฉลี่ย (mean) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) (SD _p) | Relative standard deviation (RSD _p) | Target RSD from Horwitz pRSD _R ^(b) | HORRAT RSD _p /pRSD _R ^(a) | Acceptable HORRAT ^(a) (0.3-1.3) |
|---|------------------|--|---|--|---|--|
| ความชื้น (moisture) (กรัม) | 1.80 | 0.10 | 5.7 | 3.7 | 1.57 | ไม่ผ่าน |
| โปรตีน (protein) (กรัม) | 8.39 | 0.04 | 0.4 | 2.9 | 0.15 | ผ่าน |
| ไขมันทั้งหมด (total fat) (กรัม) | 28.09 | 0.35 | 1.3 | 2.4 | 0.52 | ผ่าน |
| กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fat) (กรัม) | 19.54 | 0.19 | 1.0 | 2.6 | 0.39 | ผ่าน |
| ใยอาหาร (dietary fibre) (กรัม) | 3.30 | 0.18 | 5.3 | 3.3 | 1.60 | ไม่ผ่าน |
| เถ้า (ash) (กรัม) | 1.49 | 0.02 | 1.7 | 3.8 | 0.44 | ผ่าน |
| วิตามินบีหนึ่ง (vitamin B1) (มิลลิกรัม) | 0.07 | 0.003 | 4.1 | 16.9 | 0.24 | ผ่าน |
| แคลเซียม (calcium) (มิลลิกรัม) | 15.7 | 1.4 | 9.2 | 7.5 | 1.23 | ผ่าน |
| โซเดียม (sodium) (มิลลิกรัม) | 397.7 | 20.5 | 5.1 | 4.6 | 1.12 | ผ่าน |
| เหล็ก (iron) (มิลลิกรัม) | 1.21 | 0.04 | 3.4 | 11.0 | 0.31 | ผ่าน |

^(a) http://www.aoac.org/dietsupp6/Dietary-Supplement-web-site/HORRAT_SLV.pdf(14); Definitions and calculations of HORRAT values from intralaboratory data.

- For interlaboratory studies: Acceptable HORRAT (R) < 1 (lower limit = 0.5, upper limit = 2.0)
- For intralaboratory studies: acceptable HORRAT (r) 0.3-1.3 (one half of lower limit to two thirds of the upper limit)

^(b) Horwitz's predicted relative standard deviation

ระบบสุญญากาศเก็บไว้ที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C ในช่วง 3 และ 6 เดือน โดยใช้สถิติที่ระบุอยู่ใน ISO 13528 (12) โดยการเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บในช่วงเวลาต่างๆ กับค่าที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ณ วันที่เริ่มต้น (ตารางที่ 2) พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บ 3 เดือน ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ($|x_1 - y| = 0.003$) มีค่าน้อยกว่า 0.3 เท่าของ Horwitz's target SD ($0.3\sigma = 0.004$) แสดงว่าผ่านเกณฑ์ นั่นคือวิตามินบีหนึ่งยังมีความคงตัว แต่ในช่วงเวลาการเก็บ 6 เดือน ค่าความแตกต่าง ($|x_2 - y| = 0.019$) มีค่ามากกว่า target SD แสดงว่าวิตามินบีหนึ่งมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามค่าของวิตามินบีหนึ่งในตัวอย่าง

ทดสอบนี้มีปริมาณที่น้อยมาก (0.071 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ในการแสดงผลลากโภชนาการคิดเป็น 0.02 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค [1 ชอง (30 กรัม)] หรือ < 2% ของ Thai RDI การที่สารอาหารมีปริมาณน้อยมากเช่นนี้ ทำให้เกิดความแปรปรวนของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังนั้นเป็นไปได้ที่การเปลี่ยนแปลงของระดับวิตามินที่พบระหว่างการเก็บตัวอย่าง อาจเกิดจากความแปรปรวนจากการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษา หากต้องการศึกษาความคงตัวเพื่อลดความแปรปรวนของการวิเคราะห์ ควรเลือกใช้วิธีที่เรียกว่า Isochronous method (17) คือเมื่อถึงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา ก็นำตัวอย่างออกจากตู้แช่แข็งที่ -20°C ไปเก็บไว้ที่ตู้แช่แข็ง -40°C ถึง -80°C เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บจึง

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความคงตัวของวิตามินบีหนึ่ง และความชื้นในตัวอย่างแครกเกอร์บดละเอียด

| ช่วงเวลา | ค่าเฉลี่ย (mg/100g) | ค่าความต่าง (x-y) | Target SD _R * ($\hat{\sigma}$) | 0.3 $\hat{\sigma}$ | สรุป x-y < 0.3 $\hat{\sigma}$ |
|---|------------------------|------------------------|--|--------------------|------------------------------------|
| วิตามินบี 1: | | | | | |
| ค่าที่ได้จากการศึกษา ความเป็นเนื้อเดียวกัน (y) | 0.071 | - | 0.012 | - | - |
| หลังเก็บที่ -20°C 3 เดือน (x ₁) | 0.068 | 0.003 | 0.012 | 0.004 | ผ่าน |
| หลังเก็บที่ -20°C 6 เดือน (x ₂) | 0.052 | 0.019 | 0.012 | 0.004 | ไม่ผ่าน |
| ความชื้น: | | | | | |
| ค่าที่ได้จากการศึกษา ความเป็นเนื้อเดียวกัน (y) | 1.80 | - | 0.066 | - | - |
| 3 เดือน (x ₁) | 2.06 | 0.263 | 0.066 | 0.020 | ไม่ผ่าน |
| 6 เดือน (x ₂) | 2.08 | 0.277 | 0.066 | 0.020 | ไม่ผ่าน |

*Horwitz's predicted SD

** ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน น้อยกว่าหรือเท่ากับค่า repeatability limit คือ $2.8 \times S_r$ (repeatability SD จากการการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน = $2.8 \times 0.1 = 0.28$ กรัมต่อ 100 กรัม) นั่นคือปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ถือว่ายอมรับได้

นำตัวอย่างทั้งหมดในทุกช่วงเวลาออกมาวิเคราะห์ในชุดเดียวกัน ซึ่งเป็นการลดความแปรปรวนจากการวิเคราะห์ได้ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดที่ต้องรอให้จบการศึกษา ก่อน จึงจะนำไปวิเคราะห์สารอาหารได้

3.3.2 ความชื้น

ผลการประเมินความคงตัวของความชื้นในตัวอย่างทดสอบ cracker powder ในช่วง 3 และ 6 เดือน แสดงอยู่ในตารางที่ 2 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บ 3 และ 6 เดือน ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าที่ได้จากการศึกษาความเป็นเนื้อเดียวกัน ($|x-y| = 0.263$ และ 0.277 ตามลำดับ) แม้ว่าค่า moisture ที่เพิ่มขึ้นจะไม่มาก แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์คือ 0.3 เท่าของ Horwitz's target SD ($0.3 = 0.02$) พบว่ามากกว่าเกณฑ์อย่างมาก นั่นคือความชื้นน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เดือนที่ 3 เมื่อพิจารณาค่าของปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 6 เดือน

ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดน้อยกว่าจาก 1.80 เป็น 2.08 เพิ่มขึ้นเพียง 0.28 กรัมต่อ 100 กรัม ถือว่ายอมรับได้ เพราะน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า repeatability limit คือ $2.8 \times S_r$ (repeatability SD จากการทำ homogeneity testing = $2.8 \times 0.1 = 0.28$ กรัมต่อ 100 กรัม) อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ศึกษาบรรจุด้วยระบบสุญญากาศในถุง laminated aluminum foil และทุกตัวอย่างที่นำมาศึกษาและจัดส่งให้ห้องปฏิบัติการอยู่ในสภาพที่ใกล้เคียงกับลักษณะตัวอย่างที่เตรียมในตอนแรก (intact) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ห้องปฏิบัติการต่างๆ ได้ดำเนินการวิเคราะห์เสร็จสิ้นภายในระยะเวลา 1.5 เดือน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่เกิดขึ้น จึงไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อผลการประเมินผลความสามารถของห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตามตัวอย่างทดสอบนี้มีไขมันสูง จึงไม่มีการเก็บตัวอย่างไว้ใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการวิเคราะห์อย่างที่เคยปฏิบัติใน PT ที่ผ่านมา

3.4 การหาค่า assigned values ของสารอาหารในตัวอย่างทดสอบ

ผู้วิจัยกำหนดให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทที่เตรียมตัวอย่างเอง และแสดงข้อมูลสารอาหารต่างๆ ตามประกาศกระทรวงฯ ฉบับที่ 305 พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นฉลากโภชนาการแบบย่อ (2) ข้อมูลและสารอาหารที่ต้องแสดงดังนี้ คือพลังงาน ไขมันทั้งหมด คอเลสเตอรอล (ถ้ามี) โปรตีน น้ำตาล และโซเดียม สำหรับตัวอย่าง cracker powder (INMU-18) ให้วิเคราะห์และแสดงฉลากแบบเต็ม และจัดทำฉลากโภชนาการตามประกาศกระทรวงฯ ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 (1) ซึ่งรวมถึงข้อมูล พลังงาน พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัว คอเลสเตอรอล (ไม่มีในตัวอย่างนี้) โปรตีน โยอาหาร น้ำตาล วิตามินเอ (ไม่มีในตัวอย่างนี้) วิตามินบีหนึ่งวิตามินบี 2 (มีต่ำมากในตัวอย่างนี้ จึงไม่ประเมิน) แคลเซียม และเหล็ก โดยที่ตัวอย่างทดสอบทั้งสองต้องวิเคราะห์ความชื้น และเถ้าด้วย จึงจำเป็นต้องมีการหาค่า assigned value ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการโดยดำเนินการตาม ISO 13528 (2005) (12) เพื่อให้ได้ค่า assigned values ซึ่งแสดงเป็นค่า robust mean (\bar{x}^*) และ robust standard deviation (S^*) ดังแสดงในตารางที่ 3A สำหรับสารอาหารบางชนิดได้แก่ น้ำตาล โยอาหาร เหล็ก และวิตามินบีหนึ่งค่า assigned value ที่ได้นี้ไม่เหมาะสม เนื่องจากผลวิเคราะห์ของสารอาหารเหล่านี้มีการแปรปรวนค่อนข้างสูง ด้วยเหตุผลต่างๆ ทำให้ได้ค่า %RSD สูง ไม่สามารถยอมรับได้ ยกตัวอย่างเช่นการวิเคราะห์น้ำตาล ห้องปฏิบัติการมีการใช้วิธีการที่หลากหลายเช่น HPLC, titration, spectrophotometer เป็นต้น ผู้วิจัยจึงประเมินค่า assigned values ใหม่โดยใช้ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการที่ใช้วิธี HPLC เท่านั้น โดยกำหนดให้ assigned value ของน้ำตาล ในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทและ cracker powder (INMU 18) เป็นค่า robust mean ± 3 เท่าของ Horwitz predicted standard deviation (3 SDp) (13-15) ซึ่งอธิบายไว้ในหัวข้อ 2.5.3 b ส่วนเหล็ก และวิตามินบีหนึ่ง ใช้ค่า robust mean \pm SDp ผู้วิจัยไม่ประเมินค่าของวิตามินบี 2 เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้มีวิตามินบี 2 ในระดับต่ำมาก ไม่เหมาะสมในการใช้ประเมินการวิเคราะห์วิตามินบี 2 ค่า assigned value ของสารอาหาร

เหล่านี้แสดงไว้ในตารางที่ 3B ซึ่งนำไปใช้ในการประเมินความสามารถของห้องปฏิบัติการ โดยใช้ค่า z-score ต่อไป

3.5 การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ

ดำเนินการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการโดยใช้โปรตีน (Protein) เป็นตัวอย่างในการนำเสนอเท่านั้น ผลการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของโปรตีนในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทและ cracker powder (INMU-18) จาก 16 ห้องปฏิบัติการ แสดงในตารางที่ 4A และ 4B และแสดงเป็นกราฟแท่งในรูปที่ 1A และ 1B ตามลำดับ ค่าของโปรตีนที่รายงานมีค่าเริ่มจาก 7.59 กรัมต่อ 100 กรัม (ห้องปฏิบัติการหมายเลข 12) ถึง 8.84 กรัมต่อ 100 กรัม (ห้องปฏิบัติการหมายเลข 11) ผลการประเมินความสามารถการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการ (between-laboratory performance) พบว่ามี 2 จาก 16 ห้องปฏิบัติการ (ห้องปฏิบัติการหมายเลข 11 และ 12) ที่บ่งชี้ว่าผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ($|z\text{-score}| > 3$) ในทั้ง 2 ตัวอย่างทดสอบ โดยห้องปฏิบัติการหมายเลข 11 รายงานโปรตีนที่สูงกว่าห้องปฏิบัติการอื่นๆ ทั้งในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทและ INMU-18 ซึ่งเห็นได้จากค่า z-score^{between} ที่มีค่าเท่ากับ 8.47 และ 4.28 ตามลำดับ ในขณะที่ห้องปฏิบัติการหมายเลข 12 รายงานโปรตีนที่ต่ำกว่าห้องปฏิบัติการอื่นๆ ซึ่งเห็นได้จากค่า z-score^{between} ที่มีค่าเท่ากับ -12.71 และ -6.27 ตามลำดับ ทุกห้องปฏิบัติการใช้วิธีวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานที่เดียวกัน (Kjeldahl method) แต่มีการใช้สารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ที่ต่างกันบ้าง โดยสารที่ใช้ได้แก่ K_2SO_4 and $CuSO_4$ or K_2SO_4 และ Se จากการศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นแล้วว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาที่ต่างกัน ไม่มีผลที่ทำให้การวิเคราะห์โปรตีนได้ค่าที่แตกต่างกัน (3-6, 16, 19-20) ดังนั้นห้องปฏิบัติการหมายเลข 11 และ 12 จึงนับได้ว่าเป็นการรายงานผลที่บ่งชี้ว่าเป็น outliers ของการวิเคราะห์โปรตีน นอกจากนั้นยังสามารถเห็นชัดได้จากกราฟ Youden plot (12) ที่แสดงความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์โปรตีนทั้งสองตัวอย่างทดสอบ ในรูปที่ 1C โดยที่ห้องปฏิบัติการทั้งสองอยู่นอกวงรีที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงจัดได้ว่าทั้งห้องปฏิบัติการหมายเลข 11 และ 12 แสดงว่ามี systematic error ในการวิเคราะห์โปรตีน เมื่อคำนึงข้อกำหนดของ ISO 17025 (21) แล้ว ทั้งสอง

ตารางที่ 3A ค่า assigned values ของสารอาหารต่างๆ ในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท และแครกเกอร์บดละเอียด ที่ประเมินจาก ISO 13528: 2005

| ตัวอย่าง และสารอาหาร | หน่วยต่อ 100 กรัม | Robust mean (x*) | Robust SD (S*) | %RSD |
|--|----------------------|---------------------|-------------------|--------------|
| แครกเกอร์ชนิดโฮลวีท (whole wheat cracker): | | | | |
| ไขมัน (fat) | กรัม | 27.59 | 0.92 | 3.3 |
| โปรตีน (protein, N x 6.25) | กรัม | 8.37 | 0.06 | 0.7 |
| น้ำตาลทั้งหมด (total sugars) | กรัม | 1.36 | 0.68 | 50.3* |
| โซเดียม (sodium) | มิลลิกรัม | 483 | 25 | 5.2 |
| ความชื้น (moisture) | กรัม | 3.41 | 0.38 | 11.0 |
| เถ้า (ash) | กรัม | 1.64 | 0.07 | 4.3 |
| แครกเกอร์บดละเอียด (cracker powder, INMU 18): | | | | |
| ไขมัน (fat) | กรัม | 28.25 | 0.76 | 2.7 |
| กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fat) | กรัม | 19.91 | 1.42 | 7.1 |
| โปรตีน (protein, N x 6.25) | กรัม | 8.31 | 0.10 | 1.1 |
| ใยอาหาร (dietary fibre) | กรัม | 3.22 | 0.43 | 13.5 |
| น้ำตาลทั้งหมด (total sugars) | กรัม | 1.28 | 0.61 | 47.5* |
| โซเดียม (sodium) | มิลลิกรัม | 480 | 27 | 5.5 |
| แคลเซียม (calcium) | มิลลิกรัม | 18.8 | 1.7 | 9.2 |
| เหล็ก (iron) | มิลลิกรัม | 1.22 | 0.24 | 20.0* |
| วิตามินบีหนึ่ง (vitamin B1) | มิลลิกรัม | 0.07 | 0.02 | 32.7* |
| วิตามินบีสอง (vitamin B2) | มิลลิกรัม | 0.024 | 0.017 | 70.6* |
| ความชื้น (moisture) | กรัม | 2.32 | 0.35 | 14.9 |
| เถ้า (ash) | กรัม | 1.60 | 0.06 | 3.8 |

*%RSD สูงเกินไป ไม่นำมาใช้ในการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ

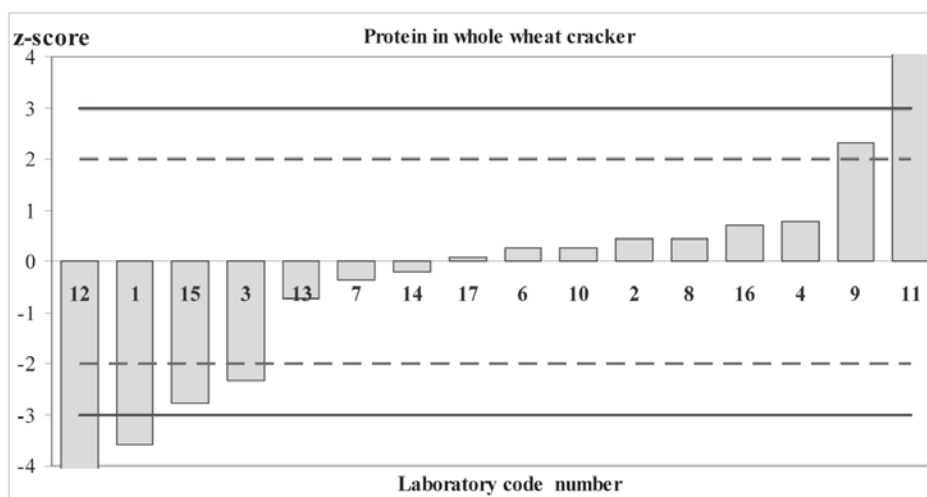
ตารางที่ 3B ค่า assigned values ใหม่ของน้ำตาล ใยอาหาร เหล็ก และวิตามินบีหนึ่งในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท และแครกเกอร์บดละเอียด

| ตัวอย่าง และสารอาหาร | หน่วยต่อ 100 กรัม | Robust mean (x*) | Robust SD (S*) | %RSD |
|--|----------------------|---------------------|-------------------|------|
| แครกเกอร์ชนิดโฮลวีท (whole wheat cracker): | | | | |
| น้ำตาลทั้งหมด (total sugars) ^(a) | กรัม | 1.36 | 0.16 (3 SDp) | 11.5 |
| แครกเกอร์บดละเอียด (cracker powder, INMU 18): | | | | |
| ใยอาหาร (dietary fibre) ^(a) | กรัม | 3.22 | 0.32 | 10.1 |
| น้ำตาลทั้งหมด (total sugars) ^(a) | กรัม | 1.28 | 0.15 | 11.6 |
| เหล็ก (iron) ^(b) | มิลลิกรัม | 1.22 | 0.13 | 11.0 |
| วิตามินบีหนึ่ง (vitamin B1) ^(c) | มิลลิกรัม | 0.066 | 0.011 | 17.0 |

^(a) คำนวณ robust mean ตาม ISO 13528 แสดงในรูปของ robust mean \pm 3SDp (Horwitz's predicted SD)

^(b) คำนวณ robust mean ตาม ISO 13528 แสดงในรูปของ robust mean \pm SDp

^(c) ใช้เฉพาะค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC คำนวณ robust mean ตาม ISO 13528 แสดงในรูปของ robust mean \pm SDp



รูปที่ 1A z-scores ของโปรตีนในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีท (whole wheat cracker)

ตารางที่ 4A ผลการประเมินความสามารถในการวิเคราะห์โปรตีนในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮตวิท

ค่า Assigned value (robust mean + robust SD) = 8.37 + 0.06 กรัม/100 กรัม (%CV = 0.7, N = 16)

| Lab code No. | Result | | Di (B-A)/SQRT2 | Si (A+B)/SQRT2 | z-score ⁽¹⁾ | | z-score ⁽²⁾ Between | Conclusion code based on (2) | Mean (a+b/2) | Mean for consensus |
|-----------------|--------|------|-------------------|-------------------|--|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------|
| | A | B | | | Within | Between ⁽¹⁾ | | | | |
| 1 | 8.20 | 8.13 | -0.05 | 11.55 | -0.86 | -3.10 | -3.59 | bb | 8.17 | |
| 2 | 8.39 | 8.39 | 0.00 | 11.87 | 0.00 | 0.22 | 0.43 | a | 8.39 | 8.39 |
| 3 | 8.26 | 8.21 | -0.04 | 11.65 | -0.61 | -2.07 | -2.34 | b | 8.24 | |
| 4 | 8.43 | 8.39 | -0.03 | 11.89 | -0.49 | 0.52 | 0.79 | a | 8.41 | 8.41 |
| 6 | 8.35 | 8.41 | 0.04 | 11.85 | 0.74 | 0.07 | 0.25 | a | 8.38 | 8.38 |
| 7 | 8.38 | 8.31 | -0.05 | 11.80 | -0.86 | -0.44 | -0.37 | a | 8.35 | 8.35 |
| 8 | 8.44 | 8.34 | -0.07 | 11.87 | -1.23 | 0.22 | 0.43 | a | 8.39 | 8.39 |
| 9 | 8.43 | 8.56 | 0.09 | 12.01 | 1.59 | 1.77 | 2.31 | b | 8.50 | |
| 10 | 8.38 | 8.38 | 0.00 | 11.85 | 0.00 | 0.07 | 0.25 | a | 8.38 | 8.38 |
| 11 | 8.84 | 8.84 | 0.00 | 12.50 | 0.00 | 6.87 | 8.47 | bb | 8.84 | |
| 12 | 7.59 | 7.72 | 0.09 | 10.83 | 1.59 | -10.64 | -12.71 | bb | 7.66 | |
| 13 | 8.33 | 8.32 | -0.01 | 11.77 | -0.12 | -0.74 | -0.73 | a | 8.33 | 8.33 |
| 14 | 8.27 | 8.44 | 0.12 | 11.82 | 2.08 | -0.30 | -0.20 | w | 8.36 | |
| 15 | 8.21 | 8.21 | 0.00 | 11.61 | 0.00 | -2.44 | -2.79 | b | 8.21 | |
| 16 | 8.36 | 8.45 | 0.06 | 11.89 | 1.10 | 0.44 | 0.70 | a | 8.41 | 8.41 |
| 17 | 8.38 | 8.36 | -0.01 | 11.84 | -0.25 | -0.07 | 0.07 | a | 8.37 | 8.37 |
| No of results | 16 | 16 | 16 | 16 | "a" = satisfactory result; z-score ≤ 2 | | No of results | | 16 | 9 |
| Median | 8.37 | 8.37 | 0.00 | 11.84 | "w" or "b" = questionable result; 2 < z-score < 3 | | Mean | | 8.33 | 8.38 |
| Q1 | 8.27 | 8.29 | -0.03 | 11.74 | "ww" or "bb" = unsatisfactory result; z-score ≥ 3 | | SD | | 0.23 | 0.03 |
| Q3 | 8.40 | 8.42 | 0.05 | 11.87 | (w = within lab, b = between lab) | | %CV | | 2.81 | 0.33 |
| IQR (Q3-Q1) | 0.13 | 0.13 | 0.08 | 0.13 | Final consensus value for protein in whole wheat cracker | | | | | |
| Normalised IQR | 0.10 | 0.10 | 0.06 | 0.10 | calculated from laboratories with accepted values | | | | | |
| Robust CV | 1.17 | 1.17 | | | = 8.38 ± 0.03 g/100g (mean±SD), with N = 9, %CV = 0.3 | | | | | |

ตารางที่ 4B ผลการประเมินความสามารถในการวิเคราะห์โปรตีนในตัวอย่างแตกกระเบื้อง (cracker powder, INMU-18)

ค่า Assigned value (robust mean + robust SD) = 8.31 + 0.10 กรัม/100 กรัม (%CV = 1.1, N = 16)

| Lab code No. | Result | | Di (B-A)/SQRT2 | Si (A+B)/SQRT2 | z-score ⁽¹⁾ | | z-score ⁽²⁾ Between | Conclusion code based on (2) | Mean (a+b/2) | Mean for consensus |
|-----------------|--------|------|-------------------|-------------------|---|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------|
| | A | B | | | Within | Between ⁽¹⁾ | | | | |
| 1 | 8.34 | 8.12 | -0.16 | 11.64 | -2.48 | -1.52 | -0.86 | w | 8.23 | |
| 2 | 8.23 | 8.36 | 0.09 | 11.73 | 1.38 | -0.51 | -0.18 | a | 8.30 | 8.30 |
| 3 | 8.32 | 8.34 | 0.01 | 11.78 | 0.17 | 0.04 | 0.19 | a | 8.33 | 8.33 |
| 4 | 8.33 | 8.33 | 0.00 | 11.78 | -0.06 | 0.04 | 0.19 | a | 8.33 | 8.33 |
| 6 | 8.35 | 8.36 | 0.01 | 11.82 | 0.06 | 0.43 | 0.45 | a | 8.36 | 8.36 |
| 7 | 8.36 | 8.22 | -0.10 | 11.72 | -1.60 | -0.59 | -0.23 | a | 8.29 | 8.29 |
| 8 | 8.33 | 8.43 | 0.07 | 11.85 | 1.05 | 0.82 | 0.71 | a | 8.38 | 8.38 |
| 9 | 8.56 | 8.40 | -0.11 | 11.99 | -1.82 | 2.39 | 1.76 | a | 8.48 | 8.48 |
| 10 | 8.35 | 8.35 | 0.00 | 11.81 | -0.06 | 0.35 | 0.40 | a | 8.35 | 8.35 |
| 11 | 8.79 | 8.65 | -0.10 | 12.33 | -1.60 | 6.14 | 4.28 | bb | 8.72 | |
| 12 | 7.73 | 7.70 | -0.02 | 10.91 | -0.39 | -9.58 | -6.27 | bb | 7.72 | |
| 13 | 8.21 | 8.15 | -0.04 | 11.57 | -0.72 | -2.31 | -1.39 | a | 8.18 | 8.18 |
| 14 | 8.30 | 8.34 | 0.03 | 11.77 | 0.39 | -0.12 | 0.08 | a | 8.32 | 8.32 |
| 15 | 8.13 | 8.14 | 0.01 | 11.50 | 0.06 | -3.01 | -1.86 | a | 8.14 | 8.14 |
| 16 | 8.37 | 8.42 | 0.04 | 11.87 | 0.50 | 1.06 | 0.87 | a | 8.40 | 8.40 |
| 17 | 8.25 | 8.40 | 0.11 | 11.77 | 1.60 | -0.04 | 0.13 | a | 8.33 | 8.33 |
| No of results | 16 | 16 | 16 | 16 | "a" = satisfactory result; z-score ≤ 2 | | | | No of results | 16 |
| Median | 8.33 | 8.35 | 0.00 | 11.78 | "w" or "b" = questionable result; 2 < z-score < 3 | | | | Mean | 8.30 |
| Q1 | 8.25 | 8.20 | -0.06 | 11.70 | "ww" or "bb" = unsatisfactory result; z-score ≥ 3 | | | | SD | 0.20 |
| Q3 | 8.35 | 8.40 | 0.03 | 11.82 | (w = within lab, b = between lab) | | | | %CV | 2.45 |
| IQR (Q3-Q1) | 0.11 | 0.20 | 0.09 | 0.12 | Final consensus value for protein in INMU-18 | | | | | |
| Normalised IQR | 0.08 | 0.15 | 0.06 | 0.09 | calculated from laboratories with accepted values | | | | | |
| Robust CV | 0.96 | 1.75 | | | = 8.32 ± 0.09 g/100g (mean±SD), with N= 13, %CV = 1.1 | | | | | |

ห้องปฏิบัติการจึงควรวางหาสาเหตุที่ทำให้ผลการวิเคราะห์โปรตีนแตกต่างจากห้องปฏิบัติการอื่น และดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องต่อไป

ห้องปฏิบัติการหมายเลข 1 รายงานผลที่บ่งชี้ว่าผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ($z\text{-score}_{\text{between}} = -3.59$) ของการประเมินผลระหว่างห้องปฏิบัติการในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิท ในขณะที่ตัวอย่าง INMU-18 อยู่ในเกณฑ์ที่ผลเป็นน่าพอใจ ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าการวิเคราะห์โปรตีนของห้องปฏิบัติการนี้เกิดข้อผิดพลาดแบบสุ่ม (random error) นอกจากนั้นในตัวอย่าง INMU-18 ห้องปฏิบัติการนี้มีการรายงานผลที่เกิดความแตกต่างระหว่างค่าการทำซ้ำ ทำให้ผลประเมินความสามารถการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ (within-laboratory evaluation) ที่บ่งชี้ว่าได้รับผลเป็นที่น่าสงสัย ($z\text{-score}_{\text{within}} = -2.48$) สำหรับผลการประเมินผลระหว่างห้องปฏิบัติการของตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิท พบว่าห้องปฏิบัติการหมายเลข 3, 9 และ 15 รายงานเป็นที่น่าสงสัย (questionable result) โดยมีค่า $z\text{-score}_{\text{between}} = -2.34, 2.31$ และ -2.79 ตามลำดับ แต่ในตัวอย่าง INMU-18 ทั้ง 3 ห้องปฏิบัติการได้รับผลการประเมินเป็นที่น่าพอใจ แสดงว่าการเตรียมตัวอย่างที่แตกต่างกันของแต่ละห้องปฏิบัติการ อาจมีส่วนที่ทำให้เกิดความแตกต่างในผลของการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ

โดยสรุปค่า consensus value ของโปรตีนที่ได้จากผลวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่มี good performance (within- and between-laboratory $z\text{-score} \leq 2$)

ในตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทและ cracker powder (INMU-18) แสดงในรูปของ $\text{mean} \pm \text{SD}$ คือ $8.38 \pm 0.03 \text{ g}/100 \text{ g}$ ($N=9$) และ $8.32 \pm 0.09 \text{ g}/100 \text{ g}$ ($N=13$) ซึ่งมี %CV = 0.3 และ 1.1 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการมีความสามารถของการวิเคราะห์โปรตีนได้ดี ได้ผลการประเมินเป็นที่ยอมรับ (satisfactory results)

4. สรุป

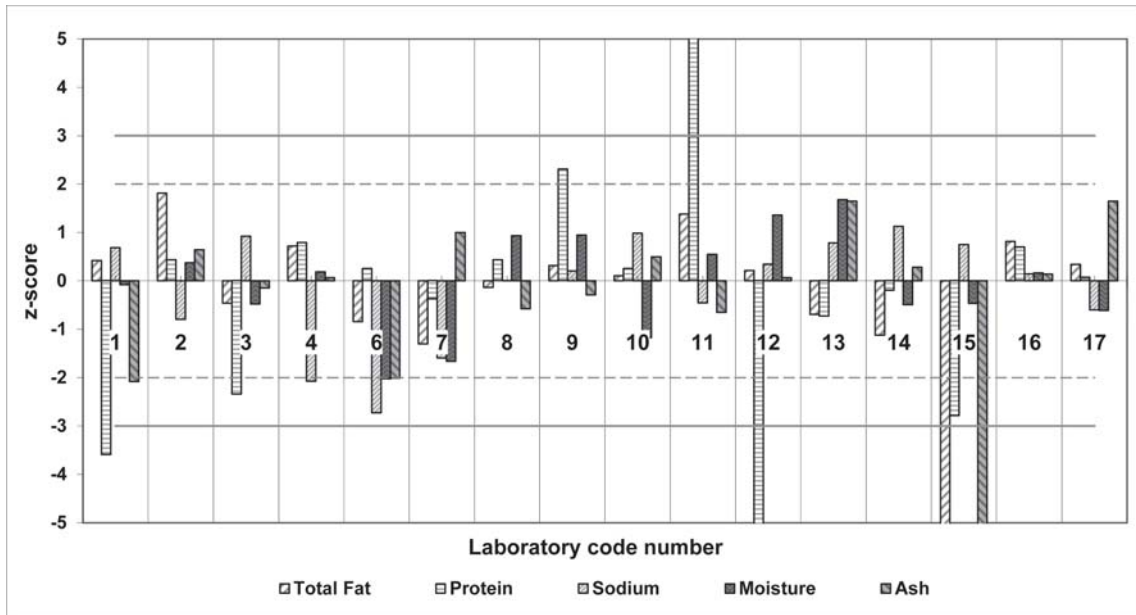
4.1) ตัวอย่าง whole wheat cracker

การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการตามประกาศกระทรวงฉบับที่ 305 (2550) ด้วยการใช้แครกเกอร์

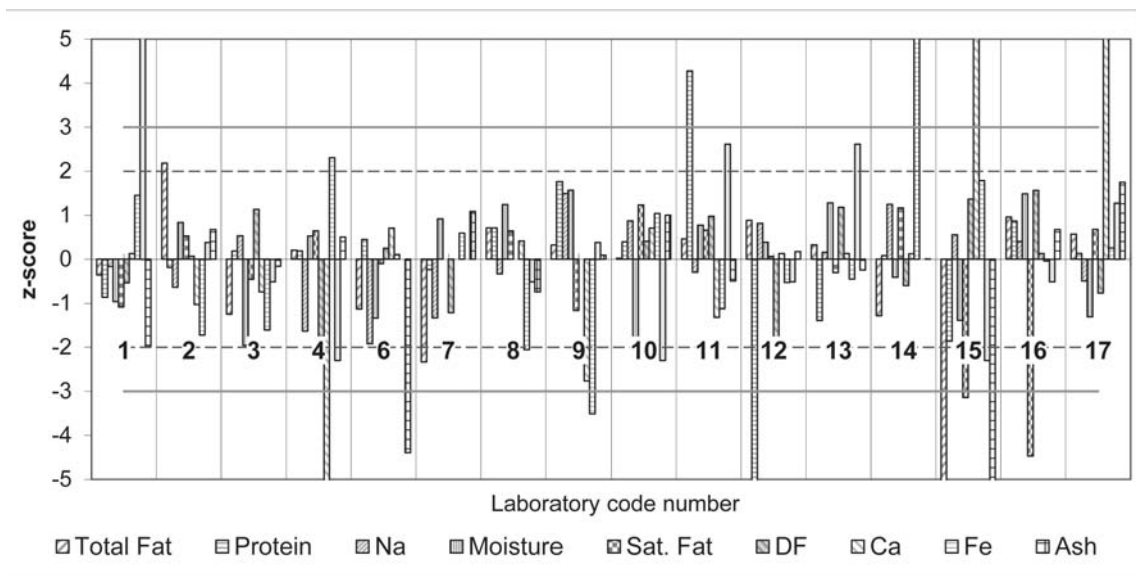
ชนิดโฮลวิทเป็นตัวอย่างทดสอบ ใช้เกณฑ์ robust z-scores ในการประเมิน แสดงผลรวมเป็นกราฟแท่งในรูปที่ 2 ซึ่งพบว่ามี 8 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 2, 7, 8, 10, 13, 14, 16 และ 17) ที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ($|z\text{-score}_{\text{between}}| \leq 2$) ในทุกสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ (ไขมัน โปรตีน โซเดียม ความชื้น และเถ้า ยกเว้นน้ำตาลที่ไม่ได้ประเมิน) มี 3 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 3, 4 และ 9) ที่มี 1 สารอาหารที่ผลอยู่ในช่วงที่สงสัย ($2 < |z\text{-score}_{\text{between}}| < 3$) ได้แก่สารอาหารที่ต้องสงสัยของห้องปฏิบัติการหมายเลข 3 และ 9 คือโปรตีน และของห้องปฏิบัติการหมายเลข 4 คือโซเดียม พบว่ามี 2 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 1 และ 15) ที่มีทั้งผลแบบไม่เป็นที่น่าพอใจ และผลเป็นที่ยอมรับ ห้องปฏิบัติการหมายเลข 1 โปรตีนได้รับผลเป็นไม่น่าพอใจ ในขณะที่เถ้าได้รับผลเป็นที่ยอมรับ ส่วนห้องปฏิบัติการหมายเลข 15 ไขมันได้รับผลเป็นไม่น่าพอใจ ($|z\text{-score}_{\text{between}}| \geq 3$) ในขณะที่โปรตีนได้รับผลเป็นที่ยอมรับ และพบว่ามี 2 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 11 และ 12) ที่ได้รับผลการประเมินของการวิเคราะห์โปรตีนแบบไม่เป็นที่น่าพอใจ นอกจากนั้นยังเห็นได้ว่าห้องปฏิบัติการหมายเลข 6 มี 3 สารอาหาร (โซเดียม ความชื้น และเถ้า) ที่ได้รับผลการประเมินแบบเป็นที่ยอมรับ

4.2) ตัวอย่าง cracker powder (INMU-18)

การประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการตามประกาศกระทรวงฉบับที่ 182 (2542) ด้วยการใช้ cracker powder (INMU-18) เป็นตัวอย่างทดสอบ ใช้เกณฑ์ robust z-scores ในการประเมิน แสดงผลรวมเป็นกราฟแท่งในรูปที่ 3 ซึ่งพบว่ามีเพียง 3 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 1, 3 และ 13) จากทั้งหมด 16 ห้องปฏิบัติการที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน ($|z\text{-score}_{\text{between}}| < 2$) ในทุกสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการ (ไขมัน กรดไขมันอิ่มตัว โปรตีน โยอาหาร โซเดียม แคลเซียม เหล็ก ความชื้น และเถ้า ยกเว้นกรดไขมันชนิดทรานส์ น้ำตาล วิตามินบีหนึ่งและวิตามินบี 2 ที่ไม่ได้ประเมิน) มี 3 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 2, 7 และ 8) ที่มี 1 สารอาหารที่ผลอยู่ในช่วงที่สงสัย ($2 < |z\text{-score}_{\text{between}}| < 3$) ได้แก่สารอาหารที่ต้องสงสัยของห้องปฏิบัติการหมายเลข 2 และ 7 คือไขมัน และของห้องปฏิบัติการหมายเลข 8 คือเหล็ก พบว่ามี 3 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 4, 9 และ 12)



รูปที่ 2 กราฟแท่งของการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการตามประกาศกระทรวงฉบับที่ 305 (2550) โดยใช้ตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวีทเป็นตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 3 กราฟแท่งของการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการของสารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการตามประกาศกระทรวงฉบับที่ 182 (2542) โดยใช้ตัวอย่างแครกเกอร์บดละเอียด (cracker powder, INMU-18) เป็นตัวอย่างทดสอบ

ที่มีทั้งผลแบบไม่เป็นที่น่าพอใจ และผลเป็นที่ต้องสงสัย ห้องปฏิบัติการหมายเลข 4 แคลเซียมได้รับผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ในขณะที่เหล็กได้รับผลเป็นที่ต้องสงสัย ห้องปฏิบัติการหมายเลข 9 ตรงข้ามกับหมายเลข 4 คือเหล็กได้รับผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ในขณะที่แคลเซียมได้รับผลเป็นที่ต้องสงสัย ส่วนห้องปฏิบัติการหมายเลข 12 พบว่าโปรตีนได้รับผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ในขณะที่ใยอาหารได้รับผลเป็นที่ต้องสงสัย มี 4 ห้องปฏิบัติการ (หมายเลข 6, 14, 16 และ 17) ที่มี 1 สารอาหารที่มีผลแบบไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยห้องปฏิบัติการหมายเลข 6 ในถั่ว ห้องปฏิบัติการหมายเลข 14 ในเหล็ก หมายเลข 16 ในกรดไขมันอิ่มตัว และหมายเลข 17 ในแคลเซียม นอกจากนั้นเห็นได้อย่างชัดเจนว่าห้องปฏิบัติการหมายเลข 15 มี 4 สารอาหาร (ไขมัน กรดไขมันอิ่มตัว แคลเซียม และถั่ว) ที่ได้รับผลไม่เป็นที่น่าพอใจ

เนื่องจากตัวอย่าง INMU-18 เตรียมโดยผู้วิจัย ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างนับว่าน้อยมาก เนื่องจากตัวอย่างได้ผ่านเกณฑ์การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ดังนั้นความสามารถของห้องปฏิบัติการในการทดสอบสารอาหารต่างๆ จึงสามารถบอกถึงสถานะของการทดสอบสารอาหารของห้องปฏิบัติการต่างๆ ได้ดีกว่าการใช้ตัวอย่างแครกเกอร์ชนิดโฮลวิทเป็นตัวอย่างทดสอบ อย่างไรก็ตามพบว่าห้องปฏิบัติการที่รับผิดชอบในการจัดทำฉลากโภชนาการในประเทศไทย ส่วนใหญ่มีความสามารถในการวิเคราะห์สารอาหารที่กำหนดให้แสดงในฉลากโภชนาการต่างๆ ได้ ยกเว้นในบางสารอาหารที่ยังพบว่ามีปัญหาได้แก่การวิเคราะห์วิตามินบี1 วิตามินบี2 และน้ำตาล ดังนั้นห้องปฏิบัติการต่างๆ จึงควรเข้าร่วมการดำเนินการประเมินความสามารถในลักษณะนี้เป็นระยะๆ เพื่อทำให้เกิดความเชื่อถือในทุกๆ สารอาหาร

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณสถาบันโภชนาการ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการทุกแห่งที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Notification of the Ministry of Public Health (No. 182) B.E. 2541(1998) Re: Nutrition labelling, 1998. Thai.
- (2) Notification of Ministry of Public Health (No. 305) B.E. 2550 (2007) Re. Labelling of some kinds of ready-to-eat foods, 2007. Thai.
- (3) Puwastien P, Sungpuag P, Judprasong K. Proficiency testing III; External analytical quality control programme for nutrition labelling. Nakhon Pathom, Institute of Nutrition, Mahidol University, 1998 September.
- (4) Puwastien P, Raroengwicht M. Summary report: Laboratory performance study IV. Nakhon Pathom, Institute of Nutrition, Mahidol University, 2000 November 1999 - February.
- (5) Puwastien P, Pinprapai N, Judprasong K, Sungpuag P. Final report: Laboratory performance study VII: analysis of mandatory nutrients for nutrition labelling. Nakhon Pathom, Institute of Nutrition, Mahidol University; 2003 October.
- (6) Judprasong K, Puwastien P, Boonpor J, Pinprapai N. Laboratory performance study IX: Analysis of mandatory nutrients and preparation of nutrition labelling. Nakhon Pathom, Institute of Nutrition, Mahidol University; 2010 August.
- (7) ประไพศรี ศิริจักรวาล, ประภาศรี ภูวเสถียร, อชิรญา คำจันทร์, ปราณีรัตน์ แสงเกษตรชัย. สรุปรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการปรับปรุงข้อมูลของปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงในอาหารชนิดต่างๆ และสำรวจความถูกต้องของฉลากโภชนาการ. นครปฐม สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2550.

- (8) Boonpor J, Judprasong K, Puwastien P, Sirichakwal PP. Evaluation of the reliability of nutrition information on food package of processed foods. *J Nutr Assoc Thailand*. 2013; 48(1): 1-10. Thai.
- (9) ISO/IEC 17043. Conformity assessment-General requirements for proficiency testing. Geneva, Switzerland, 2010.
- (10) ISO 5725. Precision of test methods – Determination of repeatability and reproducibility by interlaboratory tests, 1981.
- (11) ISO 5725-2. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method: International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1994.
- (12) ISO 13528: 2005(E). Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. Geneva, Switzerland, 2005.
- (13) Horwitz W, Albert R. The Horwitz Ratio (HorRat): A useful index of method performance with respect to precision. *J AOAC Inter*. 2006;89(4): 1095-109.
- (14) http://www.aoac.org/dietsupp6/Dietary-Supplement-web-site/HORRAT_SLV.pdf. Definitions and calculations of HORRAT values from intralaboratory data. Available from: http://www.aoac.org/dietsupp6/Dietary-Supplement-web-site/HORRAT_SLV.pdf.
- (15) Horwitz W, Albert R, Deutsch M J. Precision parameters of methods of analysis required for nutrition labelling. Part II. Macro elements. *J AOAC Inter*. 1992: 227–39.
- (16) Puwastien P, Judprasong K, Pinprapai N. Development of rice reference material and its use for evaluation of analytical performance of food analysis laboratories. *J Food Comp and Anal*. 2009;22: 453–62.
- (17) ISO guide 35. Reference materials – General and statistical principles for certification. Third edition, Switzerland, 2006.
- (18) National Association of testing Authorities (NATA). New statistics for NATA's proficiency testing programmes. Australia, 1996.
- (19) Puwastien P, Pinprapai N, Judprasong K. Laboratory performance study V: Main nutrients analysis. Nakhon Pathom, Institute of Nutrition, Mahidol University, 2001 October.
- (20) Torelm I. Interlaboratory variance in analysis of major nutrients in foods. *J Food Comp and Anal*. 1994;7(1-2): 2-22.
- (21) ISO/IEC 17025. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Geneva, Switzerland, 2005.