คุณค่าทางโภชนาการของไข่ที่นิยมบริโภค และผลของการประกอบอาหาร

Nutritive Value of Commonly Consumed Eggs and Effects of Cooking

ศิริพร ตันจอ

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ตรีรัตน์ สายวรรณ์, ประภาศรี ภูวเสถียร, อังคารศิริ ดีอ่วม และครรชิต จุดประสงค์*

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

Siriporn Tanjor

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University,

Ngam Wong Wan Road, Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900

Treerat Saiwan, Prapasri Puwastien, Angkalsiri Deeaum and Kunchit Judprasong*

Institute of Nutrition, Mahidol University,

Putthamonthon 4 Road, Salaya, Nakhon Pathom 73170

บทคัดย่อ

ไข่เป็นแหล่งของสารอาหารโปรตีนคุณภาพดีที่นิยมบริโภคในทุกประเทศ งานวิจัยนี้จึงศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของไข่ที่นิยมบริโภค 3 ชนิด คือ ไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา โดยสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ดังกล่าวจากตลาด 3 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร ตลาดละ 3 ร้านค้า นำไข่แต่ละชนิดจากแต่ละตลาดมาเตรียมเป็น single composite sample แบ่งไข่ทั้งหมด เป็นไข่ดิบ และไข่ที่จะนำไปประกอบอาหารตามวิธีที่นิยมบริโภค ได้แก่ การต้ม เจียว หรือทอด และตุ๋น (เฉพาะในไข่ไก่) ศึกษาขนาด yield factor ปริมาณส่วนที่กินได้ (edible portions) และคุณค่าทางโภชนาการในเรื่องของสารอาหารหลัก โคเลสเตอรอล กรดไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน (วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐาน AOAC) นอกจากนี้ยังศึกษา % true retention ของวิตามินต่าง ๆ ที่ผ่านกระบวนการหุงต้ม ผลการศึกษา พบว่าไข่ดิบทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน (13-14 กรัม ต่อ 100 กรัม) ไข่เป็ดมีปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลสูงสุด (12 กรัม และ 555 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับไข่ชนิดอื่น ไข่ต้มหรือไข่เจียวจากไข่ไก่และไข่เป็ด 1 ฟอง (หนึ่งหน่วยบริโภค) จัดได้ว่าเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ฟอสฟอรัส วิตามินเอ ไรโบฟลาวิน และโฟเลต ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10-20 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน (Thai RDI) ในขณะที่ไข่นกกระทา ต้ม หรือ

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** kunchit.jud@mahidol.ac.th

ทอด หนึ่งหน่วยบริโภค (4 ฟอง) ให้พลังงาน และโปรตีนน้อยกว่าเล็กน้อย แต่อุดมไปด้วยวิตามินเอและโฟเลต (คิดเป็นร้อยละ 20-25 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน) และมีโคเลสเตอรอลน้อยกว่ามาก การต้มหรือเจียวไข่ไก่และไข่เป็ดไม่มีผลต่อปริมาณไทอะมีน และไรโบฟลาวิน โดยมีค่า % true retention มากกว่า 90 % ในขณะที่มีการสูญเสียปริมาณวิตามินเอปานกลาง (15-30 %) และโฟเลตเล็กน้อย การตุ๋นไข่ไก่พบว่ามีการสูญเสียของวิตามินเอถึง 50 % การต้มหรือทอดไข่นกกระทาในถาดหลุมมีการสูญเสียของปริมาณวิตามินเอน้อยกว่า โดยมีค่า % true retention เท่ากับ 90 และ 85 % ตามลำดับ และมีผลลดระดับของไทอะมิน ไรโบฟลาวิน และโฟเลต 10-25 % ของระดับตั้งต้น โดยสรุป การประกอบอาหารประเภทไข่ตามวิธีที่นิยม สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการของสารอาหารหลัก และวิตามินที่สำคัญ โดยมีการสูญเสียของวิตามินเอบางส่วนจากการต้ม เจียว หรือตุ๋น

คำสำคัญ : คุณค่าทางโภชนาการ; ไข่; การต้ม; การทอด; การตุ๋น

Abstract

As a source of high-quality protein, eggs are consumed in all countries. The purpose of this research was to study the nutritive value of commonly consumed eggs. Hen, duck and quail eggs were purchased from three local markets in Bangkok, Thailand. At each market, eggs were purchased from three shops and combined into a single composite sample. They were divided into uncooked fresh eggs and cooked eggs by boiling, frying or steaming (hen eggs only). The size, yield factor, edible portion, nutritive value in terms of proximate composition, cholesterol, fatty acids, minerals and vitamins (using AOAC standard methods) contents of the eggs were measured. Percentage of true retention of some vitamins after cooking was also evaluated. The results showed that protein content of all fresh eggs was no significant difference (13-14 g/100 g). Duck eggs contained higher levels of lipid and cholesterol (12 g and 555 mg/100 g, respectively) than hen or quail eggs. One hen or duck egg (one serving), prepared by boiling or as an omelet, is considered to be a good source of protein, phosphorus, vitamin A, riboflavin and folate as it provides 10-20 % of the Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) for these nutrients. One serving of boiled or fried (in mold) quail eggs (4 eggs) provide slightly lower amounts of energy and protein than hen or duck eggs. However, they are rich sources of vitamin A and folate (20-25 % of Thai RDI) and contain much less cholesterol. Thiamin and riboflavin were not significantly affected by boiling or frying, more than 90 % true retention was observed. However, moderate loss of vitamin A (15-30 %) and slight loss of folate occurred in boiled or fried hen and duck eggs, and about 50 % of vitamin A was lost in steamed hen eggs. Boiling or frying (in a mold) quail eggs had less effect on loss of vitamin A and 90 and 85 %, respectively. The cooking reduced thiamin, riboflavin and folate 10-25 % of the original levels. In conclusion, commonly household methods for cooking eggs preserve their nutritive value in terms of the main nutrients and significant vitamins, with some loss of vitamin A by boiling, frying or steaming.

Keywords: nutritive value; eggs; boiling; frying; steaming

1. บทนำ

ไข่เป็นอาหารที่นิยมบริโภคของคนทั่วไปไม่ว่าจะเป็นเด็กหรือผู้ใหญ่ เนื่องจากสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายประเภทไม่ว่าจะเป็นการต้ม ตุ๋น เจียว/ทอด หรือผัดกับข้าวหรือก๋วยเตี๋ยว อีกทั้งไข่ยังเป็นอาหารที่มีราคาไม่สูง ไข่ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดคือไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกระทา คนส่วนใหญ่นิยมบริโภคไข่ไก่ และไข่เป็ดเฉลี่ยวันละ 1 ฟองต่อคน และไข่นกกระทาครั้งละประมาณ 4 ฟองต่อคน [1] ไข่จัดเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญซึ่งจัดอยู่ในหมวดของอาหารที่ให้โปรตีนเช่นเดียวกับกลุ่มของเนื้อสัตว์ โดยไข่มีโปรตีนสูง 12.0-12.8 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม (ไข่ไก่หรือไข่เป็ดประมาณ 2 ฟอง ไข่นกกระทาประมาณ 11 ฟอง) ในขณะที่เนื้อไก่ดิบ และปลาทูสดมีโปรตีน 17-18 กรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม [2] นอกจากนี้ไข่ยังเป็นแหล่งของเกลือแร่บางชนิด เช่น ฟอสฟอรัส ซีลีเนียม ไอโอดีน และวิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามินบี 2 โฟเลต วิตามินบี 12 รวมถึงกรดไขมันไลโนเลอิก (18:2, n-6) ที่จำเป็นต่อร่างกาย [3-5] อย่างไรก็ตาม ไข่มีโคเลสเตอรอลสูงซึ่งพบอยู่เฉพาะในไข่แดงเท่านั้น ไข่ 1 ฟองมีปริมาณโคเลสเตอรอลประมาณ 200-220 มิลลิกรัม ซึ่งเท่ากับ 2 ใน 3 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันของคนไทย (300 มิลลิกรัม) [6-7] มีการศึกษาของนักวิจัยหลายคนที่บ่งชี้ว่าระดับของของโคเลสเตอรอลในเลือดมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด [8-11] แต่ทั้งนี้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ ระดับของโคเลสเตอรอลชนิด high density lipo-protein (HDL) รวมถึงการสูบบุหรี่ การเป็นโรคความดันโลหิต โรคเบาหวาน โรคอ้วน ล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคดังกล่าว [12-13] ขณะนี้ยังไม่มีงานวิจัยที่ลงความเห็นอย่างแน่นอน เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการบริโภคไข่กับความเสี่ยงในการเกิดโรคนี้อย่างแน่ชัด [14] ดังนั้นในกลุ่มผู้ที่อายุเกิน 35-40 ปีขึ้นไป และผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ คนอ้วน ผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ผู้ที่มีโคเลสเตอรอลสูง ผู้ป่วยเบาหวาน ควรจำกัดการบริโภคไข่ โดยรับประทานไข่สัปดาห์ละ 3-4 ฟอง หรือเลือกบริโภคเฉพาะไข่ขาว สำหรับผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงที่มีอายุน้อยกว่า 35 ปี สามารถบริโภคได้วันละ 1 ฟอง [7]

การประกอบอาหารประเภทไข่โดยวิธีต่าง ๆ น่าจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารที่อยู่ในไข่ที่ทำให้สุกด้วยความร้อนในระดับที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่แตกต่างกันด้วย ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาผลของการประกอบอาหารต่อคุณค่าสารอาหารเฉพาะในอาหารบางประเภท เท่านั้น เช่น อาหารประเภทถั่ว [15] มันฝรั่ง [16-7] เผือก [17] เนื้อปลา [18-19] ถึงแม้ว่าในตารางคุณค่าทางโภชนาการของประเทศไทยและประเทศต่าง ๆ ในอาเซียน [2, 20-21] มีข้อมูลของสารอาหารของไข่ดิบ แต่การศึกษาผลของการนำไข่มาประกอบอาหารต่อคุณค่าทางโภชนาการยังมีจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไข่ที่นิยมบริโภค 3 ชนิด คือ ไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารในไข่ดังกล่าว ที่ผ่านการประกอบอาหารโดยการ ต้ม เจียว/ทอด และการตุ๋น

2. วิธีการวิจัย

แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็นการเก็บตัวอย่าง การเตรียม การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ การประเมินผล และ

การนำข้อมูลไปใช้ ดังนี้

2.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการสุ่มซื้อตัวอย่างไข่ 3 ชนิด ได้แก่ ไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา อย่างไม่เจาะจงจากตลาดใหญ่ 3 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งจำหน่ายอาหารที่นำจากภาคต่าง ๆ ได้แก่ ตลาดสะพานใหม่ (ตัวแทนตลาดจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ตลาดบางกอกน้อย (ตัวแทนตลาดจากภาคใต้) และตลาดบางรัก (ตัวแทนตลาดจากกรุงเทพมหานคร) แต่ละตลาดซื้อตัวอย่างจากตัวแทนร้านค้า 3 แห่ง แห่งละ 60 ฟอง (สำหรับไข่ไก่และไข่เป็ด) และ 50 ฟอง (สำหรับไข่นกกระทา)

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

นำไข่แต่ละชนิดมาเช็ดทำความสะอาดชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักต่อลูก) ทำการแบ่งไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา ออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ส่วนที่ 1 ใช้ในการวิเคราะห์ไข่ดิบ นำส่วนหนึ่งมาแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว ชั่งน้ำหนักเพื่อหาสัดส่วนของไข่แดงต่อไข่ขาว

2.2.2 ส่วนที่ 2 ใช้ในการทำไข่ต้มไข่ไก่และไข่เป็ด ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15-20 นาที ส่วนไข่นกกระทาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที

2.2.3 ส่วนที่ 3 ใช้ในการทำไข่เจียวที่ทำจากไข่ไก่และไข่เป็ด ในการศึกษานี้มีการเติมน้ำปลา 1 ช้อนชา (ประมาณ 5 กรัม) ต่อไข่ 1 ฟอง เพื่อให้เหมือนกับการบริโภคจริง หลังจากนั้นทอดในน้ำมันถั่วเหลืองจนเหลืองสุก เป็นเวลาประมาณ 2-3 นาที ส่วนไข่นกกระทานั้นทอดโดยผู้จำหน่าย ซึ่งใช้ถาดหลุม (เตาขนมครก)

2.2.4 ส่วนที่ 4 ใช้ในการทำไข่ตุ๋น (เฉพาะไข่ไก่) โดยการผสมไข่และน้ำในอัตราส่วน 1:2 และเติมน้ำปลา 2 ช้อนชา (ประมาณ 10 กรัม) ต่อไข่ 1 ฟอง ตีผสมให้เข้ากันแล้วนำไปนึ่งเป็นเวลา 15 นาที

โดยแต่ละขั้นตอนมีการชั่ง และบันทึกน้ำหนักทั้งก่อนและหลังการทำให้สุกด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูล edible portion และ yield factor การทำไข่ให้สุกโดยวิธีต่าง ๆ ทำโดยอาสาสมัคร ซึ่งเป็นผู้ที่ประกอบอาหารเป็นประจำอยู่แล้วจำนวน 5 คน หลังจากปล่อยให้ไข่ที่ทำให้สุกเย็นลงนำตัวอย่างที่ได้มาเตรียมเป็น single composite sample [22] แล้วบดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นอาหารโดยไม่ต้องเติมน้ำเก็บตัวอย่างในขวดพลาสติกที่ผ่านการล้างแช่กรดและอบแห้งมาแล้ว ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าทำการวิเคราะห์ต่อไป

2.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

2.3.1 สารอาหารหลัก (proximate composition) วิเคราะห์โดยใช้วิธีมาตรฐาน ดังนี้

(1) ความชื้น (moisture) วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยอบตัวอย่างในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100$\pm$5 °C โดยใช้ทรายที่ผ่านการแช่กรดและล้างมาแล้ว (acid-washed sand) เป็นตัวช่วยในการกระจายความร้อน (AOAC method 990.19 และ 925.23, 2005) [23] นำไปอบให้แห้งจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วทำการชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไปของตัวอย่าง

(2) โปรตีน (crude protein) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method (AOAC method 991.20 และ 981.10, 2005) [26] ซึ่งทำโดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างหลังจากผ่านการย่อยด้วยกรดเข้มข้น เปลี่ยนรูปของไนโตรเจนให้อยู่ในรูปแก๊สแอมโมเนียแล้วจับด้วยสารละลายกรดบอริคไตเตรตด้วยกรดมาตรฐาน และคำนวณเป็นปริมาณไนโตรเจน หลังจากนั้นคูณด้วย N-converting factor ที่เหมาะสมในที่นี้ใช้ค่า 6.25 เพื่อเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็นปริมาณโปรตีน

(3) ไขมัน (lipid) วิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยวิธี acid hydrolysis และ solvent extraction (AOAC method 922.32 และ 945.16, 2005) [23] โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดกรองตัวอย่างที่ย่อยแล้วโดยใช้กระดาษกรอง เบอร์ 1 จากนั้นล้างกรดออกให้หมดด้วยน้ำอุ่น นำกระดาษกรองไปอบให้แห้ง แล้วนำไปสกัดไขมันด้วยตัวทำละลาย Petroleum ether (จุดเดือด 40-60 °C) โดยใช้เครื่อง Soxtec System นำน้ำหนักไขมันที่ได้มาคำนวณเป็นปริมาณไขมัน

(4) เถ้า (ash) วิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยวิธี dry ashing (AOAC method 945.46 และ 930.30, 2005) [23] นำตัวอย่างไปทำให้แห้งบนอ่างน้ำร้อน/ตู้อบ จากนั้นเผาตัวอย่างบนheater จนหมดควัน นำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 °C จนเป็นเถ้าโดยสมบูรณ์ปล่อยให้เย็นใน desiccators ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณปริมาณเถ้าต่อไป

(5) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) และพลังงาน (energy) ใช้วิธีการคำนวณ โดยคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต (available carbohydrate) จากสูตร [คาร์โบไฮเดรต = 100 - ความชื้น - โปรตีน - ไขมัน - เถ้า - ใยอาหาร (assumed zero)] ส่วนปริมาณพลังงานเป็นผลรวมที่คำนวณจาก Atwater factors คือ ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตคูณด้วย 4 และปริมาณไขมันคูณด้วย 9

2.3.2 แร่ธาตุ (minerals)

(1) แคลเซียม โซเดียมและโพแทส-เซียม วิเคราะห์โดยวิธี Atomic Absorption Spectrometry (AAS) (AOAC method 985.35, 2005) [23] ทำโดยการนำเถ้าที่ได้จากการวิเคราะห์ไปละลายด้วยกรดไนตริกและปรับปริมาตรที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แคลเซียมโซเดียมและโพแทส-เซียม สำหรับการวิเคราะห์แคลเซียมต้องมีการเติมสารละลาย lanthanum chloride เพื่อช่วยในแตกตัวและขจัดสิ่งรบกวน นำสารละลายตัวอย่างที่ได้วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 422.7 nm สำหรับการวิเคราะห์โซเดียมและโพแทสเซียม วัดค่าการคายแสงที่ความยาวคลื่น 589.0 และ 766.5 nm ตามลำดับ โดยใช้เครื่อง AAS เปรียบเทียบกับสารละลายแร่ธาตุมาตรฐานของแต่ละแร่ธาตุที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วคำนวณเป็นปริมาณแร่ธาตุแต่ละชนิดต่อไป

(2) ฟอสฟอรัส วิเคราะห์โดยวิธี Gravimetric method [23] โดยการนำสารละลายตัวอย่างที่ละลายได้จากการทำเถ้า มาตกตะกอนด้วยสารละลาย ammonium molybdate แล้วนำตะกอนที่ได้มาชั่งน้ำหนัก และคำนวณเป็นปริมาณฟอสฟอรัส

(3) แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และทองแดง วิเคราะห์โดยวิธี inductively coupled plasma หรือ ICP (AOAC method 984.27, 2005) [23] โดยการนำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรด (acid digestion หรือ microwave digestion) ปรับปริมาตรที่เหมาะสม นำไปอ่านค่าการคายแสงด้วยเครื่อง ICP เปรียบเทียบกับสารละลายแร่ธาตุมาตรฐานแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้วคำนวณเป็นปริมาณแร่ธาตุแต่ละชนิดต่อไป เพื่อความเชื่อมั่นของการวิเคราะห์ทำการวัดแร่ธาตุแต่ละชนิดโดยใช้ 3 ความยาวคลื่น คือ แมกนีเซียมวัดที่ความยาวคลื่น 285.213, 279.073, 279.077 nm เหล็กวัดที่ความยาวคลื่น 239.562, 238.200, 259.939 nm สังกะสีวัดที่ความยาวคลื่น 213.857, 216.196, 206.200 nm และทองแดงวัดที่ความยาวคลื่น 324.752, 327.393 nm

2.3.3 วิตามิน (vitamin)

(1) วิตามินเอ (เรตินอล) วิเคราะห์ด้วยวิธี high performance liquid chromatography

(HPLC) [23] โดยนำตัวอย่างไปสกัดแยกส่วนของชั้นไขมัน (saponification) แล้วใช้ petroleum ether และ hexane สกัดไขมันออกจากตัวอย่างจากนั้นนำส่วนชั้นที่แยกได้ไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง rotary vacuum evaporator ที่ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน นำส่วนที่เหลือเจือจางด้วยเมทานอลซึ่งใช้เป็น mobile phase มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ใช้ UV detector ที่ความยาวคลื่น 325 nm นำไปคำนวณหาปริมาณวิตามินเอโดยเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

(2) ไทอะมีนและไรโบฟลาวิน วิเคราะห์โดยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC) [23-25] นำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง และตามด้วยเอนไซม์ Takadiastase 10 % แล้วนำไปวัดการคายแสงด้วย HPLC-fluorescence detector สำหรับไรโบฟลาวิน วัดที่ความยาวคลื่น 530 nm ส่วนไทอะมีนต้องใช้ potassium ferricyanide เพื่อเปลี่ยนไทอะมีนเป็น ไทโอโครม (thiochrome) และวัดค่าการคายแสงที่ความยาวคลื่น 435 nm

(3) ไนอะซิน วิเคราะห์ด้วยวิธี microbiological assay [23] โดยใช้ *Lactobacillus plantarum*, ATCC 8014 เป็น test organism

(4) โฟเลต วิเคราะห์ด้วยวิธี microbiological assay หลังจากการสกัดด้วยเอนไซม์ 3 ชนิด (tri-enzyme treatment) และตรวจวัดด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา [26,27] โดยมี *Lactobacillus casei* subspecies *rhamnosus*, ATCC 7469 เป็น test organism

2.3.4 โคเลสเตอรอล (cholesterol)

วิเคราะห์โดยใช้วิธี gas chromatography [23] ทำการสกัดไขมันออกจากตัวอย่างโดยใช้ alcoholic KOH และ hexane แล้วระเหยแห้งละลายกลับด้วย N,N-dimethylformamide (DMF) แล้วนำมาหาปริมาณโดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโคเลสเตอรอล และใช้ 5-α-cholestane เป็นสาร internal standard วัดปริมาณด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) ที่ต่อกับ flame ionized detector (FID) ใช้คอลัมน์ 5 % phyenylmethyl-siloxane capillary (HP-5) (30 m x 0.32 mm x id 0.25 µm) ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นเฟสเคลื่อนที่ ใช้อากาศและก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงของ FID

2.3.5 กรดไขมัน (fatty acid)

วิเคราะห์โดยวิธี gas chromatography [28,29] เริ่มจากการสกัดไขมันในตัวอย่างโดยวิธี cold extraction ด้วย chloroform และ methanol จากนั้นนำส่วนไขมันที่สกัดได้มา saponify และเปลี่ยนให้อยู่ในรูป fatty acid methyl esters ด้วย boron trifluoride/methanol และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography ที่ต่อกับ flame ionized detector (FID) ใช้คอลัมน์ 5 % phenylmethylpolysiloxane capillary (DB 5) (60 m x 0.25 mm id) ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นเฟสเคลื่อนที่

2.4 การคำนวณ edible portion ของไข่

$$\% \text{ Edible portion} = \frac{\text{Weight of edible portion X 100}}{\text{Weight of whole egg}}$$

2.5 การคำนวณ yield factor ของไข่

การหาค่า yield factor เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของไข่เมื่อทำไข่ให้สุก เช่น ไข่ต้ม โดยการใช้สมการของ Matthews และ Garrison [30] ดังต่อไปนี้

$$\text{Yield factor} = \frac{\text{น้ำหนักของไข่ต้ม (edible portion) (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของไข่ดิบ (edible portion) (กรัม)}}$$

2.6 การคำนวณ % true retention ของสารอาหารในไข่ที่ผ่านกระบวนการหุงต้ม

การคำนวณ true retention ต้องมีน้ำหนักและข้อมูลสารอาหารต่อกรัมของอาหารดิบและ

อาหารสุก จากนั้นคำนวณ % true retention [31] จากสมการดังนี้

$$\% \text{ True retention} = \frac{\text{Nutrient content per g of cooked egg} \times \text{Wt. (g) of egg after cooking} \times 100}{\text{Nutrient content per g of raw egg} \times \text{Wt. (g) of egg before cooking}}$$

2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลวิเคราะห์ของสารอาหารต่าง ๆ ในไข่แต่ละชนิดข้อมูล % edible portion, yield factor และ % true retention แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean+SD) ประเมินความแตกต่างของสารอาหารแต่ละชนิดในไข่ชนิดต่าง ๆ ด้วยสถิติ one-way ANOVA และ Scheffe's test โดยใช้โปรแกรม SPSS™ software for Windows version 13.0 (SPSS Inc., Illinois, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทา ที่ศึกษามีน้ำหนักเฉลี่ยต่อลูกประมาณ 61, 60 และ 11 กรัม ตามลำดับ ไข่เป็ดมีสัดส่วนของไข่แดงต่อไข่ขาวมากที่สุด คือ มีไข่แดงเฉลี่ยร้อยละ 41 ซึ่งใกล้เคียงกับไข่นกกระทา (ร้อยละ 40) ส่วนไข่ไก่พบว่ามีปริมาณไข่แดงน้อยที่สุด คือ เฉลี่ยร้อยละ 31 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนัก ขนาด และสัดส่วนไข่แดงต่อไข่ขาว (mean±SD) ของไข่ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่างอาหาร	น้ำหนัก ต่อฟอง (g)	ขนาด กว้าง x ยาว (cm)	น้ำหนักไข่ ไม่รวมเปลือก (g)	ไข่แดง* (g)	ไข่ขาว* (g)	% ไข่แดง
ไข่ไก่ (N=45)	61.4±2.20	4.0x5.5	53.7±1.95	16.5±0.59	37.0±1.83	30.8±1.74
ไข่เป็ด (N=45)	60.0±3.74	4.1x5.5	51.8±3.08	23.6±1.09	33.5±2.23	41.3±2.02
ไข่นกกระทา (N=45)	10.9±0.87	2.5x3.3	9.2±0.79	3.7±0.33	5.6±0.80	40.0±4.95

*N=9

3.2 edible portion และ yield factor

ไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทามีส่วนที่รับประทานได้คิดเป็นร้อยละของปริมาณทั้งหมด (% edible portion) คือ 87, 86 และ 84 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดย % edible portion ของไข่ไก่มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับงานวิจัยของ Roe และคณะ [4] ไข่ทั้งสามชนิดมีค่า % yield ของการต้มอยู่ในช่วงร้อยละ 100-103 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไข่ หรือเปลี่ยนแปลงน้อยมากทั้งนี้เนื่องจากไข่ต้มมีเปลือกไข่หุ้มห่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของน้ำในไข่ สำหรับไข่เจียวจากไข่ไก่และไข่เป็ด และไข่นกกระทาทอด มีค่า % yield ลดลง คือ มีค่าเฉลี่ยที่ 76, 84 และ 83 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปได้ว่าระหว่างกระบวนการเจียวและทอดมีการสูญเสียน้ำออกจากไข่มากกว่าการดูดซึมของน้ำมัน การศึกษาครั้งนี้พบว่าการเจียวไข่ไก่และไข่เป็ด และการทอดไข่นกกระทา มีการสูญเสียน้ำประมาณร้อยละ 29, 20 และ 19 ตามลำดับ และมีการดูดซับน้ำมันในไข่ไก่และไข่เป็ดในประมาณเดียวกัน คือ ร้อยละ 19-20 สำหรับไข่นกกระทา ทำการทอดในถาดหลุมขนมครก การทอดเหมือนทำไข่ดาวแต่น้ำมันที่ใช้น้อยกว่ามาก และไม่มีการกลับด้านของไข่ระหว่างการรอให้สุก ต่างจากการ

ทำไข่เจียวซึ่งมีการกลับด้าน 1-2 ครั้ง ระหว่างทอด การศึกษานี้พบว่าไข่นกกระทาทอดมีปริมาณน้ำมันที่ดูดซับเข้าไปน้อยที่สุดคือเพียงร้อยละ 4 ของน้ำหนักไข่ดิบเท่านั้น ซึ่งมีผลทำให้ไขมันในไข่นกกระทาทอดมีปริมาณน้อยที่สุด คือ 18.6 กรัมต่อ 100 กรัมเมื่อเทียบกับไข่เจียวจากไข่ไก่และไข่เป็ด ซึ่งมีค่าประมาณ 30 กรัมต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 2 Percentage of edible portion, yield factor ปริมาณสารอาหารหลัก และโคเลสเตอรอลต่อ100 กรัม น้ำหนักสด (mean±SD)[1,2] ในไข่ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่างอาหาร		% Edible portion	Yield factor	Energy (kcal)	Moisture (g)	Protein (g)	Lipid (g)	Avail. CHO[3] (g)	Ash (g)	Cholesterol (mg)
ไข่ไก่	ดิบ	87±0		133±5^{b}	76.4±0.2^{b}	13.1±0.3^{b}	8.4±0.9^{b}	1.2	0.8±0.0^{a}	392±41^{c}
	ต้ม	88±1	1.00±1	133±2^{b}	76.6±0.7^{b}	13.0±0.7^{b}	8.6±0.1^{b}	1.0	0.8±0.1^{a}	380±36^{c}
	เจียว	100±0	0.76±1	348±20^{c}	49.0±1.5^{a}	14.0±0.5^{b}	30.1±3.4^{c}	5.2	1.8±0.0^{b}	297±28^{b}
	ตุ๋น	100±0	0.92±3	53±3^{a}	89.8±0.5^{c}	5.0±0.3^{a}	3.3±0.2^{a}	0.9	1.0±0.1^{a}	139±15^{a}
ไข่เป็ด	ดิบ	86±1		170±1^{b}	71.7±0.1^{b}	13.9±0.3^{a}	12.2±0.3^{a}	1.0	1.2±0.1^{a}	556±23^{b}
	ต้ม	89±1	1.01±2	162±1^{a}	72.8±0.0^{b}	13.6±0.2^{a}	11.6±0.2^{a}	1.0	1.1±0.1^{a}	561±30^{b}
	เจียว	100±0	0.84±2	347±2^{c}	50.3±1.1^{a}	14.0±0.7^{a}	31.0±0.5^{b}	3.1	1.6±0.3^{a}	441±26^{a}
ไข่นกกระทา	ดิบ	84±1		160±6^{b}	73.2±0.5^{b}	13.7±0.1^{a}	11.6±0.9^{a}	0.3	1.2±0.1^{b}	488±65^{a}
	ต้ม	88±1	1.03±1	149±4^{a}	74.8±0.1^{b}	13.2±0.2^{a}	10.5±0.7^{a}	0.6	1.0±0.0^{a}	449±54^{a}
	ทอด	100±0	0.83±4	230±12^{c}	64.3±1.0^{a}	14.3±0.5^{b}	18.6±1.6^{b}	1.5	1.4±0.1^{c}	511±72^{b}

[1]ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 single composite samples ซึ่งสุ่มจากตลาด 3 แห่ง (N=3)

[2]ตัวอักษรที่แตกต่างกันของแต่ละสารอาหารของไข่ชนิดเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[3]Available carbohydrate คาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมใยอาหาร

3.3 คุณค่าทางโภชนาการของไข่

3.3.1 ไข่ดิบ ผลการศึกษาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของไข่ทั้ง 3 ชนิด แสดงในตารางที่ 2 และ 3 พบว่าไข่ดิบทั้งสามชนิดมีปริมาณของโปรตีนใกล้เคียงกัน (13-14 กรัมต่อ 100 กรัม) ในขณะที่ไข่เป็ดมีปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลสูงสุด (12.2 กรัม และ 556 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) รองลงมาเป็นไข่นกกระทา (11.6 กรัม และ 488 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) และไข่ไก่ (8.4 กรัม และ 392 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่ที่ได้จากการศึกษานี้ใกล้เคียงกับข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [32] (543 มิลลิกรัม 508 มิลลิกรัม และ 427 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมในไข่เป็ด ไข่นกกระทา และไข่ไก่ ตามลำดับ) และปริมาณโคเลสเตอรอลในไข่ไก่สอดคล้องกับข้อมูลจากการศึกษาของ Roe และคณะ [4] และจาก USDA [5] คือ 350 มิลลิกรัม และ 372 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณของโคเลสเตอรอลในไข่ต่าง ๆ พบว่ามีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของไข่แดงในไข่แต่ละชนิด เนื่องจากพบโคเลสเตอรอลเฉพาะในไข่แดงเท่านั้น ไข่เป็ดซึ่งมีสัดส่วนของไข่แดงต่อไข่ขาวมากที่สุด (ตารางที่ 1) พบว่ามีโคเลสเตอรอลต่อไข่ 100 กรัม สูงที่สุด

แร่ธาตุต่าง ๆ ที่ศึกษา ในไข่ทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่อนข้างน้อยถึงน้อยมาก ยกเว้นฟอสฟอรัสที่พบทั่วไปในแหล่งอาหารโปรตีนในไข่ดิบ 100 กรัม มี

ฟอสฟอรัส 167-213 มิลลิกรัม ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกันกับข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [32] USDA [5] และปริมาณในไข่ไก่ ที่ศึกษาโดย Roe และคณะ [4] (179 มิลลิกรัมต่อไข่ดิบ 100 กรัม)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินในไข่ทั้ง 3 ชนิด (ตารางที่ 3) พบว่าไข่นกกระทาดิบมีปริมาณของวิตามินเอต่อ 100 กรัม สูงที่สุด (574+175 ไมโครกรัมเรตินอล) รองลงมา คือ ไข่ไก่ และไข่เป็ด ตามลำดับ และสูงประมาณ 4 เท่า ของค่าในตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [32] และ USDA [5] และพบว่าไข่นกกระทามีค่าไรโบฟลาวิน (0.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และโฟเลต (141 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่พบในไข่ไก่และไข่เป็ด (0.33-0.44 มิลลิกรัม และ 70-76 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) สำหรับกรดไขมันชนิดต่าง ๆ พบว่าไข่ดิบทั้ง 3 ชนิด มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) (45.9-51.8 %) มากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) (35.8-38.6 %) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) (9.4-17.3 %) ดังแสดงในตารางที่ 5 ไข่ดิบทั้งสามชนิดมีกรดโอเลอิก (18:1, n-9) สูงที่สุดรองลงมาคือกรดปาล์มิติก (16:0) ซึ่งไขมันทั้ง 2 ชนิด นี้พบมากที่สุดในไข่เป็ด ส่วนไข่ไก่มีปริมาณของกรดไลโนเลอิก (18:2, n-6) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไข่อีกสองชนิด ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนปริมาณกรดไขมันของ กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข [32] USDA [5] และข้อมูลของ Roe และคณะ [4]

ตารางที่ 3 เกลือแร่และวิตามินต่อ100 กรัม น้ำหนักสด (mean±SD)[1,2] ในไข่ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่างอาหาร		Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Magnesium (mg)	Iron (mg)	Sodium (mg)	Potassium (mg)	Copper (mg)	Zinc (mg)	Vit.A (µg)	Thiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin (mg)	Folate (µg)
ไข่ไก่	ดิบ	49±1^{b}	167±7^{b}	9.3±0.4^{b}	1.3±0.1^{b}	137±10^{b}	130±12^{b}	0.03±0.01^{b}	0.9±0.1^{b}	235±33^{c}	0.08±0.01^{b}	0.33±0.02^{b}	0.07±0.03^{a}	76±12^{c}
	ต้ม	54±4^{b}	164±7^{b}	8.8±0.8^{b}	1.3±0.1^{b}	130±7^{a}	125±11^{b}	0.04±0.01^{b}	0.9±0.1^{b}	161±14^{b}	0.08±0.01^{b}	0.33±0.04^{b}	0.10±0.07^{a}	60±2^{b}
	เจียว	86±8^{c}	204±4^{c}	14.7±0.2^{c}	1.9±0.1^{c}	591±56^{d}	188±28^{c}	0.03±0.01^{b}	1.2±0.1^{c}	154±42^{b}	0.08±0.01^{b}	0.45±0.08^{c}	0.19±0.03^{b}	60±6^{b}
	ตุ๋น	21±1^{a}	64±3^{a}	6.4±0.5^{a}	0.5±0.1^{a}	351±23^{c}	63±8^{a}	0.01±0.01^{a}	0.4±0.0^{a}	52±4^{a}	0.03±0.01^{a}	0.14±0.01^{a}	0.11±0.04^{a}	22±2^{a}
ไข่เป็ด	ดิบ	67±7^{a}	213±4^{b}	10.2±0.3^{a}	2.2±0.1^{a}	130±17^{a}	144±12^{a}	0.08±0.01^{a}	1.1±0.1^{a}	198±64^{ab}	0.27±0.02^{a}	0.44±0.03^{a}	0.12±0.05^{a}	70±5^{a}
	ต้ม	73±4^{a}	188±4^{a}	10.1±0.4^{a}	3.2±0.2^{c}	128±5^{a}	139±11^{a}	0.08±0.01^{a}	1.1±0.1^{a}	167±32^{ab}	0.25±0.02^{a}	0.40±0.02^{a}	0.13±0.05^{a}	65±14^{a}
	เจียว	85±20^{a}	215±8^{b}	13.9±0.9^{b}	2.7±0.2^{b}	414±69^{b}	171±9^{b}	0.08±0.01^{a}	1.3±0.1^{a}	134±9^{ac}	0.27±0.02^{a}	0.50±0.03^{a}	0.20±0.07^{a}	71±15^{a}
ไข่นกกระทา	ดิบ	65±6^{a}	202±8^{b}	8.9±0.3^{a}	2.7±0.1^{b}	139±7^{a}	166±26^{a}	0.06±0.01^{a}	1.4±0.1^{a}	574±175^{ac}	0.17±0.02^{a}	0.56±0.06^{a}	0.08±0.01^{a}	141±42^{b}
	ต้ม	63±5^{a}	183±4^{a}	8.4±0.5^{a}	2.3±0.1^{a}	130±2^{a}	149±10^{a}	0.06±0.01^{a}	1.2±0.2^{a}	511±164^{ab}	0.14±0.03^{a}	0.47±0.01^{a}	0.08±0.02^{a}	119±38^{a}
	ทอด	76±13^{a}	226±7^{c}	10.0±0.3^{b}	3.0±0.1^{b}	163±24^{b}	194±30^{b}	0.07±0.01^{a}	1.6±0.1^{c}	542±103^{ab}	0.18±0.02^{a}	0.50±0.03^{a}	0.10±0.03^{a}	137±47^{b}

[1] ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 single composite samples ซึ่งสุ่มจากตลาด 3 แห่ง (N=3)

[2] ตัวอักษรที่แตกต่างกันของแต่ละสารอาหารของไข่ชนิดเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.3.2 ไข่ที่ผ่านกระบวนการหุงต้ม ผลการศึกษาไข่ต้มจากไข่ทั้ง 3 ชนิด (ตารางที่ 4) พบว่าสารอาหารส่วนใหญ่รวมถึงกรดไขมันมีค่าใกล้เคียงกับไข่ดิบ ยกเว้นปริมาณของวิตามินเอและโฟเลตที่มีค่าลดลงในระดับปานกลางถึงเล็กน้อย (69-86 % และ 81-94 % true retention ตามลำดับ) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาในไข่ไก่ของ Roe และคณะ [4] และการศึกษาปริมาณโฟเลตของ Han และคณะ [33]

และ Soongsongkiat และคณะ [34]

ปริมาณโซเดียมในไข่เจียวที่ทำจากไข่ไก่และไข่เป็ดมีค่าสูงจากไข่ดิบประมาณ 3-4 เท่า เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีการเติมน้ำปลาในการเตรียมเพื่อให้เหมือนกับการรับประทานจริง ส่วนในไข่นกกระทาทอดซึ่งไม่ได้มีการเติมน้ำปลาพบว่ามีปริมาณโซเดียมเพิ่มจากไข่ดิบเล็กน้อยจากการสูญเสียน้ำระหว่างการทอดดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ปริมาณวิตามินเอและโฟเลตในไข่ทั้ง 3 ชนิด หลังจากการเจียวและการทอด พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเทียบกับไข่ดิบโดยมีค่า % true retention ของวิตามินเอและโฟเลตเท่ากับ 62-84 และ 76-81 ตามลำดับ ยกเว้นโฟเลตในไข่เป็ดที่ไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินเอเป็นวิตามินที่ละลายในน้ำมันถูกทำลายได้โดยความร้อนสูง โดยเฉพาะที่มีออกซิเจนร่วมด้วย [35] ปริมาณของกรดไขมันในอาหารจะขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด [36] การศึกษานี้ใช้น้ำมันถั่วเหลืองในการทำไข่เจียว น้ำมันชนิดนี้มีปริมาณของไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูงคือประมาณ 62 % [32] ดังที่คาดหมายพบว่าไข่เจียวที่ทำจากไข่ไก่และไข่เป็ดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเพิ่มขึ้นจากเดิม และมีกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวลดลงจากไข่ดิบ (ตารางที่ 5) ส่วนไข่นกกระทาซึ่งใช้น้ำมันปาล์มในการทอด น้ำมันปาล์มมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว (42 %) และไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (44 %) [32] ค่อนข้างสูง พบว่าไข่นกกระทาทอดมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเชิงเดียวเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับไข่เจียวที่ทำจากไข่ไก่และไข่เป็ด น่าจะเป็นเพราะการทอดไข่นกกระทาในกระทะแบบหลุม ใช้น้ำมันปริมาณน้อย

ตารางที่ 4 Percentage of true retention ของวิตามินในไข่ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่างอาหาร		Vit. A (%)	Thiamin (%)	Riboflavin (%)	Niacin (%)	Folate (%)
ไข่ไก่	ต้ม N=3 (9)	69±7	95±11	97±3	94±14	81±11
	เจียว N=3 (14)	62±10	92±7	130±12	298±152	81±7
	ตุ๋น N=3 (45)	51±0	89±2	106±11	414±161	76±9
ไข่เป็ด	ต้ม N=3 (45)	77±11	92±9	92±11	110±8	94±22
	เจียว N=3 (45)	73±19	104±14	117±5	174±16	104±24
ไข่นกกระทา	ต้ม N=3 (245)	86±25	85±9	88±11	104±10	87±3
	ทอด N=3 (204)	84±29	86±8	75±7	103±6	81±8

พบว่าสารอาหารส่วนใหญ่ในไข่ไก่ตุ๋นมีค่าลดลงมากกว่าไข่ต้มและไข่เจียว โดยเฉพาะวิตามินเอลดลงประมาณ 50 % ซึ่งอาจเป็นเพราะในการตุ๋นมีการเติมน้ำ ทำให้สารอาหารเจือจางลง และใช้เวลานานในการทำให้สุก (ประมาณ 15 นาที ในหม้อนึ่งปิด) ในทางตรงกันข้ามพบว่าปริมาณไนอะซินเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ในไข่เจียว และ 4 เท่า ในไข่ตุ๋นเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ดิบ สำหรับไข่เป็ดเจียวพบว่ามีการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันแต่น้อยกว่า ประมาณ 60 % (ดังค่า % retention ที่แสดงในตารางที่ 4) การเพิ่มขึ้นของไนอะซินในไข่ดังกล่าวขณะนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้ และพบว่าไม่สอดคล้องกับผลการคำนวณ apparent retention จากข้อมูลของ USDA [5] และ Roe และคณะ [4] ซึ่งพบว่าลดลงประมาณ 12 % นอกจากนี้

พบว่ากรดไขมันในไข่ไก่ตุ๋นมีค่าใกล้เคียงกับไข่ไก่ต้ม ดังแสดงในตารางที่ 2, 3 และ 4 เนื่องจากไม่มีการใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร

ตารางที่ 5 กรดไขมันในไข่ชนิดต่าง ๆ (% ต่อปริมาณกรดไขมันทั้งหมด)

Fatty	ไข่ไก่				ไข่เป็ด			ไข่นกกระทา		
acids	ดิบ	ต้ม	เจียว	ตุ๋น	ดิบ	ต้ม	เจียว	ดิบ	ต้ม	ทอด
8:0	0.0	0.0	0.1±0.07	0.0	0.1±0.00	0.0	0.1±0.14	0.0	0.0	0.0
10:0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12:0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.07
14:0	0.4±0.15	0.4±0.10	0.2±0.00	0.4±0.15	0.5±0.15	0.5±0.10	0.2±0.00	0.3±0.00	0.3±0.00	0.5±0.23
14:1	0.1±0.00	0.1±0.00	0.0	0.1±0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16:0	25.7±0.23	25.6±0.26	16.6±0.65	25.7±0.46	30.5±3.84	28.7±0.36	19.1±0.40	26.0±1.90	25.7±1.87	29.5±0.93
16:1	2.6±0.26	2.6±0.32	0.8±0.06	2.8±0.58	2.6±0.90	2.7±0.70	1.0±0.21	3.2±1.03	3.5±0.91	2.6±0.59
18:0	8.9±0.31	8.6±0.42	6.2±0.36	8.4±0.46	6.9±0.55	6.7±0.90	5.1±0.70	11.2±0.96	10.9±1.07	8.5±0.75
18:1	44.0±1.92	45.4±2.19	30.9±2.11	45.7±1.67	49.1±1.19	49.3±1.05	35.9±2.06	42.7±0.35	42.7±1.93	43.6±1.40
18:2,n-6	14.2±0.95	13.5±2.00	39.8±2.00	13.8±0.91	6.2±2.06	7.3±0.25	33.7±2.21	13.7±2.35	13.3±3.11	12.5±2.03
18:3,n-6	0.1±0.00	0.1±0.00	0.4±0.10	0.0	0.0	0.0	0.1±0.00	0.0	0.0	0.0
18:3,n-3	0.2±0.00	0.2±0.00	3.9±0.55	0.2±0.07	0.0	0.0	2.8±0.53	0.3±0.14	0.3±0.00	0.1±0.00
20:0	0.0	0.0	0.2±0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:1	0.2±0.00	0.3±0.06	0.1±0.00	0.1±0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:2	0.2±0.07	0.1±0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:3,n-6	2.0±0.25	1.8±0.31	0.6±0.10	1.7±0.10	2.2±1.32	2.5±0.47	0.9±0.36	1.1±0.14	1.8±0.10	1.3±0.10
22:6,n-3	0.6±0.10	0.6±0.15	0.1±0.00	0.5±0.00	1.0±0.70	1.6±0.98	0.6±0.53	1.4±0.31	1.0±0.64	1.4±0.57
SFA	35.8±0.53	35.3±0.44	23.5±0.85	35.2±0.95	38.6±4.09	36.5±1.43	24.9±2.27	37.5±0.31	36.8±0.67	38.6±0.20
MUFA	46.9±1.93	48.4±2.48	31.7±1.99	48.7±1.97	51.8±1.21	52.0±1.72	36.9±2.25	45.9±1.37	46.2±2.79	46.2±1.87
PUFA	17.3±1.64	16.2±2.55	44.8±2.77	16.1±1.12	9.4±4.01	11.3±1.11	38.1±3.52	16.5±1.50	17.0±3.48	15.2±1.95

3.4 การประยุกต์ใช้

โดยเฉลี่ยคนไทยบริโภคไข่ไก่หรือไข่เป็ดวันละ 1 ฟอง [1] จึงใช้เป็นข้อมูลปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงของไข่ [6] คุณค่าทางโภชนาการในไข่ชนิดต่าง ๆ ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค และที่คิดเป็นร้อยละของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคในหนึ่งวัน (% Thai RDI) แสดงในตารางที่ 6

ไข่เป็ดต้ม 1 ฟอง (หนักประมาณ 54 กรัม) ให้พลังงานทั้งหมด (90 กิโลแคลอรี) ไขมัน (6 กรัม) และโคเลสเตอรอล (300 มิลลิกรัม) มากกว่าไข่ไก่ต้มที่มีขนาดเดียวกัน (หนักประมาณ 55 กรัม) ในขณะที่ไม่ว่าจะรับประทานไข่ต้มจากไข่ไก่หรือไข่เป็ด 1 ฟอง จะทำให้ได้สารอาหารต่อไปนี้ในปริมาณใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ได้รับโปรตีน 7 กรัม และได้รับแร่ธาตุฟอสฟอรัส วิตามินเอ (เรตินอล) วิตามิน บี 2 (ไรโบ-ฟลาวิน) และโฟเลตในปริมาณที่คิดเป็นร้อยละ 10, 10, 10 และ 15-20 ของ Thai RDI ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าไข่ต้มเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพดี และเป็นแหล่งของวิตามินดังกล่าวโดยเฉพาะโฟเลต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Soongsongkiat และคณะ [34] อย่างไรก็ตาม ไข่ต้มทั้งสองชนิดนี้มีโคเลสเตอรอลสูง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 70 (ในไข่ไก่) ถึง 100 (ในไข่เป็ด)

ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน ทำให้ต้องมีการจำกัดการบริโภคไข่ทั้งฟองในผู้สูงอายุ และผู้ที่มีไขมันและโคเลสเตอรอลในเลือดสูง สำหรับไข่นกกระทาโดยเฉลี่ยคนส่วนใหญ่บริโภค 4 ฟองต่อวัน [1] จึงใช้เป็นข้อมูลปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงของไข่นกกระทา (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับ 182 พ.ศ. 2541) เนื่องจากปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคของไข่นกกระทาน้อยกว่าไข่ไก่ และไข่เป็ด (หนึ่งหน่วยบริโภคคือ 4 ฟอง

ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนาการในไข่ชนิดต่าง ๆ ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคและคิดเป็นร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคในหนึ่งวัน (% Thai RDI)

ข้อมูลโภชนาการ	ไข่ต้ม						เจียว/ทอด						ตุ๋น	
	ไข่ไก่		ไข่เป็ด		ไข่นกกระทา		ไข่ไก่		ไข่เป็ด		ไข่นกกระทา		ไข่ไก่	
	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วย	% Thai RDI
	บริโภค (55 กรัม)		บริโภค (54 กรัม)		บริโภค (40 กรัม)		บริโภค (52 กรัม)		บริโภค (53 กรัม)		บริโภค (32 กรัม)		บริโภค (140 กรัม)	
พลังงานทั้งหมด (kcal)	70		90		60		180		180		70		80	
พลังงานจากไขมัน (kcal)	40		60		40		140		150		50		40	
ไขมันทั้งหมด (g)	4.5	7	6	9	4	6	16	25	16	25	6	9	4.5	7
ไขมันอิ่มตัว (g)	1.5	8	2.5	13	1.5	8	3.5	18	4	20	2.5	13	1.5	8
โคเลสเตอรอล (mg)	210	70	300	100	180	60	155	52	235	78	40	13	195	65
โปรตีน (g)	7		7		5		7		7		5		7	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (g)	<1	0	<1	0	0	0	3	1	2	1	0	0	1	0
โซเดียม (mg)	70	3	70	3	50	2	310	13	220	9	50	2	490	20
โพแทสเซียม (mg)	69	2	75	2	73	2	98	2	91	2	62	2	88	2
แคลเซียม (mg)	30	4	39	4	25	4	45	6	45	6	24	4	29	4
ฟอสฟอรัส (mg)	90	10	102	10	73	9	106	15	114	15	72	10	90	10
แมกนีเซียม (mg)	4.8	0	5.5	<2	3.4	0	7.6	2	7.4	2	3.2	0	9.0	2
เหล็ก (mg)	0.72	4	1.73	10	0.92	6	0.99	6	1.43	10	0.96	6	0.70	4
ทองแดง (mg)	0.02	0	0.04	2	0.02	0	0.02	0	0.04	2	0.02	0	0.01	0
สังกะสี (mg)	0.5	4	0.6	4	0.5	4	0.6	4	0.7	4	0.5	4	0.6	4
วิตามินเอ (เรตินอล) (µg)	89	10	90	10	204	25	80	10	71	8	173	20	73	10
ไทอะมีน (mg)	0.04	2	0.14	8	0.06	4	0.04	2	0.14	10	0.06	4	0.04	2
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.18	10	0.22	10	0.19	10	0.23	15	0.27	15	0.16	10	0.20	10
ไนอาซิน (mg)	0.06	0	0.07	0	0.03	0	0.10	0	0.11	0	0.03	0	0.15	0
โฟเลต (µg)	33	15	35	20	47.6	25	31	15	38	20	44	20	31	15

หนักประมาณ 40 กรัม) ทำให้พลังงานทั้งหมด สารอาหารหลักและโคเลสเตอรอลที่จะได้รับน้อยกว่าเมื่อรับประทานไข่ต้มจากไข่ไก่หรือไข่เป็ด 1 ฟอง ไข่นกกระทาต้ม 4 ฟอง ให้วิตามินเอ และโฟเลตสูงมาก (คิดเป็นร้อยละ 25 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน) สูงกว่าไข่ไก่ และไข่เป็ดต้มถึง 2 และ 1.5 เท่า

ตามลำดับ และเป็นแหล่งของไรโบฟลาวิน (หนึ่งหน่วยบริโภคให้วิตามินคิดเป็น 10 % Thai RDI)

ไข่เจียวจากไข่ไก่หรือไข่เป็ด 1 ฟอง น้ำหนักประมาณเดียวกับไข่ต้ม (52-53 กรัม) รับประทานไข่เจียวหนึ่งฟองได้พลังงานทั้งหมดมากเป็นประมาณ 2 เท่า (180 กิโลแคลอรี) ของไข่ต้ม เนื่องจากมีปริมาณไขมันทั้งหมดในระดับสูงมาก (25 % Thai RDI) และมีไขมันอิ่มตัวในระดับสูงปานกลาง (18-20 % Thai RDI) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของน้ำมันที่ใช้เจียวไข่เช่นเดียวกับไข่ต้ม พบว่าไข่เป็ดเจียวมีปริมาณของโคเลสเตอรอลสูงกว่าไข่ไก่ แต่พบว่าการเจียวไข่มีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในไข่เจียวลดลงเมื่อเทียบกับไข่ต้ม ซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 70-100 ของ Thai RDI ลดลงเป็น 52-78 % Thai RDI ได้รับโปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน) และโฟเลต ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกันกับไข่ต้ม เนื่องจากการปรุงไข่เจียวในการวิจัยครั้งนี้มีการเติมน้ำปลาลงไปด้วยเพื่อให้เหมือนสภาพที่บริโภคจริง จึงพบปริมาณของโซเดียมในไข่เจียวอยู่ในช่วง 220-310 มิลลิกรัม คิดเป็นปริมาณร้อยละ 9-13 ของปริมาณโซเดียมที่แนะนำต่อวัน สำหรับไข่นกกระทาเมื่อนำไปทอดในกระทะหลุมพบว่ามีน้ำหนักลดลง ไข่นกกระทาทอด 1 ฟองหนัก 8 กรัม ดังนั้นหนึ่งหน่วยบริโภคของไข่นกกระทาทอด คือ 4 ฟอง (หนักประมาณ 32 กรัม) ให้พลังงานทั้งหมด 70 กิโลแคลอรี โปรตีน 5 กรัม และให้ไขมันทั้งหมด และมีปริมาณโคเลสเตอรอลน้อยกว่าไข่ไก่และไข่เป็ดประมาณ 3 และ 4-5 เท่า (กล่าวคือ มีปริมาณที่คิดเป็นร้อยละ 9 และ 13 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน) ตามลำดับ นอกจากนี้ ไข่นกกระทาทอดในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค ยังเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสและไรโบฟลาวิน อีกทั้งอุดมไปด้วยวิตามินเอและโฟเลต

เนื่องจากขนาดของไข่นกกระทามีขนาดค่อนข้างเล็ก (2.5 x 3.3 ซ.ม. หนักประมาณ 10 กรัมต่อฟอง) อาจทำให้มีการบริโภคเกินจากปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิงที่กำหนดได้ โดยเฉพาะเมื่อรับประทานไข่นกกระทาทอด ซึ่งปกติจำหน่ายประมาณ 9 ฟอง ในหนึ่งถาด ซึ่งมีผลทำให้ได้รับไขมันและโคเลสเตอลอลในปริมาณสูงถึงสูงมาก

ไข่ไก่ตุ๋น 1 ฟอง (หนักประมาณ 140 กรัม) ให้ปริมาณพลังงาน โปรตีน ไขมัน โคเลสเตอรอล วิตามินเอ ไรโบฟลาวิน และโฟเลตใกล้เคียงกับไข่ไก่ต้ม ยกเว้นปริมาณโซเดียมที่เพิ่มขึ้นเป็น 490 มิลลิกรัม (คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณโซเดียมที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน) เนื่องจากมีการเติมน้ำปลาลงไปด้วย

4. สรุป

ไข่ไก่และไข่เป็ดทั้งดิบและที่ผ่านกระบวนการต้ม เจียว หรือตุ๋นจัดเป็นแหล่งอาหารสำคัญ ของโปรตีน ฟอสฟอรัส วิตามินเอ ไรโบฟลาวิน และโฟเลต รวมถึงไข่นกกระทา แม้ว่าปริมาณสารอาหารเมื่อคิดเทียบต่อ 1 ฟอง จะมีปริมาณน้อยกว่าไข่ไก่ และไข่เป็ด แต่โดยทั่วไปคนส่วนใหญ่รับประทานวันละประมาณ 4 ฟอง จึงทำให้ได้รับปริมาณสารอาหารใกล้เคียงกับไข่ไก่และไข่เป็ด แต่ทั้งนี้ไข่ทั้งสามชนิดมีปริมาณของโคเลสเตอรอลค่อนข้างสูงโดยไข่ไก่ต้ม 1 ฟอง มีปริมาณของโคเลสเตอรอลถึง 3 ใน 4 ส่วนของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน ในขณะที่ไข่เป็ดต้มเพียง 1 ฟอง นั้นให้โคเลสเตอรอลเท่ากับปริมาณที่แนะนำต่อวัน ไข่ทั้ง 3 ชนิด เมื่อผ่านกระบวนการประกอบอาหาร พบว่าปริมาณโฟเลตและวิตามินเอมีค่าลดลงเล็กน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่การตุ๋นไข่ไก่ ทำให้ปริมาณวิตามินเอลดลงถึงประมาณร้อยละ 50 ดังนั้นไข่จึงเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นแหล่งของโปรตีนและวิตามินที่สำคัญ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่มีสุขภาพดีทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะเด็กที่อยู่ในช่วงเจริญเติบโต แต่สำหรับผู้ที่มีปัญหาสุขภาพ เช่น ผู้ที่เป็น

โรคความดัน โรคหัวใจ ควรพิจารณาให้เหมาะสมกับการบริโภค

5. รายการอ้างอิง

[1] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS), 2006, Food Consumption Data of Thailand, ACFS, Ministry of Agriculture and Cooperatives, December, p. 91.

[2] Puwastien, P., Raroengwichit, M., Sungpuag, P. and Judprasong, K., 1999, Thai Food Composition Tables, Institute of Nutrition, Mahidol University, Bangkok.

[3] Cherian, G., 2009, Eggs and Health: Nutrient Sources and Supplement Carriers: Chapter 16, In Watson, R.R., Ed., Complementary and Alternative Therapies and the Aging Population an Eevidence-based Approach, Elsevier Inc., USA.

[4] Roe, M., Pinchen, H., Church, S., Finglas, P., 2012, Nutrient Analysis of Eggs: Sampling Report, Institute of Food Research, Norwich Research Park, Colney, Norwich.

[5] United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2011, National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25, Software 1.2.2.

[6] Food Control Division, Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. Notification of Ministry of Public Health (No. 182): 1998, Thai Recommended Daily Intakes-Thai RDI, p. 67, In Food and Drug Administration, It is easy to do Nutrition labeling, Ministry of Public Health, Nonthaburi.

[7] Sirichakwal, P., 2008, Nutrition trend: Health and eggs consumption, J. Nutr. Assoc. Thailand 43(2): 8-12.

[8] LaRosa, J.C., Hunninghake, D., Bush, D., Criqui, M.H., Getz, G.S., Gotto, A.M.Jr., Grundy, S.M., Rakita, L., Robertson, R.M., Weisfeldt, M.L. and Cleeman, J.I., 1990, The cholesterol facts: A summary of the evidence relating dietary fats, serum cholesterol and coronary heart disease; A joint statement by the American Heart Association and the National Heart, Lung, and Blood Institute; The task force on cholesterol issues, Amer. Heart Assoc. Circulat. 81: 1721-1733.

[9] Mancini, M., Stamler, J., 2004, Diet for preventing cardiovascular diseases: Light from Ancel Keys, distinguished centenarian scientist, Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. 14: 52-57.

[10] Martin, M.J., Hulley, S.B., Browner, W.S., Kuller, L.H., Wentworth, D., 1986, Serum cholesterol, blood pressure and mortality: Implications from a cohort of 361, 662 men, Lancet 2: 933-936.

[11] Verschuren, W.M., Jacobs, D.R., Bloemberg, B.P., Kromhout, D., Menotti, A., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Dontas, A.S. and Fidanza, F., 1995, Serum

total cholesterol and long-term coronary heart disease mortality in different cultures twenty-five-year follow-up of the seven countries study, J. Amer. Med. Assoc. 274: 131-36.

[12] Assmann, G., Cullen, P. and Schulte, H., 1998, The Munster heart study (PROCAM): Results of follow-up at 8 years, Eur. Heart J., 19(Suppl. A): A2-A11.

[13] Evans, A., Tolonen, H., Hense, H.W., Ferrario, M., Sans, S. and Kuulasmaa, K., 2001, Trends in coronary risk factors in the WHO MONICA project, Int. J. Epidemiol. 30: S35-S40.

[14] Vislocky, L.M., Pikosky, M.A., Rubin, K.H., Vega-López, S., Gaine, P.C., Martin, W.F., Zern, T.L., Lofgren, I.E., Fernandez, M.L. and Rodriguez, N.R., 2009, Habitual consumption of eggs does not alter the beneficial effects of endurance training on plasma lipids and lipoprotein metabolism in untrained men and women, J. Nutr. Biochem. 20: 26-34.

[15] Saleh, A.A. and Tarek, A.E., 2006, Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods, J. Food Compos. Anal. 19: 806-812.

[16] Bethke, P.C. and Jansky, S.H., 2008, The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes, J. Food Sci. 75(5): 80-85.

[17] FAO, Effect of processing on nutritional value, Available Source: http://www.fao.org/docrep/t0207e/t0207e07.htm.

[18] Ersoy, B. and Ozeren, A., 2009, The effects of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish, Food Chem. 115: 419-422.

[19] Nimish, M.S., Jeya, S.R., Jeyasekaran, G. and Sukumar, D., 2010, Effect of different types of heat processing on chemical changes in tuna, J. Food Sci. and Tech. 47: 174-181.

[20] Siong, T.E., Noor, M.I., Azudin, M.N. and Idris, K., 1997, Nutrient Composition of Malaysian Foods. Malaysian Food Composition Database Programme, Institute for Medical Research, Kuala Lumpur.

[21] Portugal, T.R., Apilado, R.J., Ardena, J.G., Avena, E.M., Matibag, P.M., Reyes, G.D., Castillo, E.M., Aguinaldo, A.R., Abdon, I.C. and Lontoc, A.V., 1997, The Philippine Foods Composition Tables, Food and Nutrition Research Institute, Department of Science and Technology, Metro Manila, Philippines.

[22] Greenfield, H. and Southgate, D.A.T., 2003, Food composition data production, management and use, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

[23] Horwitz, W. and Latimer, G.W., 2005, Official Methods of Analysis of AOAC

International, 18th Ed., AOAC International, Maryland, USA.

[24] Wehling, R.L. and Wetzel, D.L., 1984, Simultaneous determination of pyridoxine, riboflavin, and thiamin in fortified products by high-performance liquid chromatography, J. Agric. Food Chem. 32: 1326-1331.

[25] Wimalasiri, P. and Wills, R.B.H., 1985, Simultaneous analysis of thiamin and riboflavin in foods by high-performance liquid chromatography, J. Chrom. 318: 412-416.

[26] American Association of Cereal Chemists (AACC), 2000, Method 86-47, Total folate in cereal products – Microbiological assay using trienzyme extraction: Vitamins.

[27] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2006, Method 2004.05., Total folates in cereals and cereal foods microbiological assay-trienzyme procedure.

[28] Association of Official Analytical Chemists (AOAC)-IUPAC Method, 1995, Preparation of methyl esters borontrifluoride method, pp. 17-22, In Firestone, D., Ed., AOAC Official Method of Analysis, 16th Ed., Virginia.

[29] Horwitz, W., 2005, Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Ed., AOAC International, Maryland, USA.

[30] Matthews, R.H. and Garrison, Y.J., 1975, Food Yields Summarized by Different Stages of preparation, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, p. 102.

[31] Murphy, E.W., Criner, P.E. and Gray, B.C., 1975, Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods, J. Agric. Food Chem. 23: 1153-1157.

[32] Bureau of Nutrition, 2002, Fatty Acids Composition and Cholesterol in Thai Foods, Ministry of Public Health, Nonthaburi.

[33] Han, Y.H., Yon, M. and Hyun, T.H., 2005, Folate intake estimated with an updated database and its association to blood folate and homocysteine in Korean college students, Eur. J. Clin. Nutr. 59: 246-254.

[34] Soongsongkiat, M., Puwastien, P., Jittinandana, S., Dee-Uam, A. and Sungpuag, P., 2010, Testing of folate conjugase from chicken pancreas vs. commercial enzyme and studying the effect of cooking on folate retention in Thai foods, J. Food Comp. Anal. 23: 681-688.

[35] Lund, D.B., 1973, Effects of heat processing., Food Tech. 27: 16-18.

[36] Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victorio, A.M. and Emanuelli, T., 2008, Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets, Food Chem. 106: 140-146.