รายงานการวิจัย

เรื่อง

การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด

THE DETERMINATION OF NUTRITIVE VALUES OF MUSHROOMS

สุนันท์ พุฒิสามารถ และคณะ

641.358
ร151
ฉ 1

ภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนวิจัยจากเงินอุดหนุนเพื่อเพิ่มพูนและพัฒนาประสิทธิภาพทางวิชาการ
ปีงบประมาณ 2526

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด

The Determination of Nutritive Values in Mushrooms

โดย

รศ.ดร. สุนันท์ พงษ์สามารถ

รศ. สุรางค์ อัศวมั่นคง

ผศ. ปิยวรรณ์ สุรินทร์รัฐ

อ. ลำดวน เศวตมาลย์

อ. ธิติรัตน์ ปานม่วง

ดร. จงดี ว่องพินัยรัตน์

น.ส. นรานินทร์ มารคแมน

นาง พันธุ์ทวี ภักดีดินแดน

นาย ประเสริฐ วุฒิศัมภีร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก เงินอุดหนุน เพื่อ เพิ่มพูนและพัฒนา

ประสิทธิภาพทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2526

ภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิงหาคม 2528

การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด

สุนันท์ พงษ์สามารถ สุรางค์ อัศวมั่นคง ปิยวรรณ์ สุรินทร์รัฐ ลำดวน เศวตมาลย์
ธิติรัตน์ ปานม่วง จงดี ว่องพินัยรัตน์ นรานินทร์ มารคแมน พันธุ์ทวี ภักดีดินแดน
และ ประเสริฐ วุฒิศัมภีร์

บทคัดย่อ

ได้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเห็ดที่เพาะเลี้ยงและเห็ดรับประทานได้ที่ขึ้นเองตามธรรมชาติในประเทศไทยทั้งหมด 14 พันธุ์ จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเห็ดสดส่วนใหญ่มีโปรตีนประมาณ 2-4% จากการวิเคราะห์โดยวิธี เคลดาห์ล (Kjeldahl) ยกเว้นในเห็ดโคนมีโปรตีนสูงถึง 6.27% ส่วนเห็ดหูหนูพบมีเพียง 0.77% เห็ดสดมีน้ำอยู่ประมาณ 80-90% ยกเว้นในเห็ดลมมีเพียง 62.9% ในเห็ดแห้งจะมีโปรตีนสูงประมาณ 20-40% เห็ดทุกชนิดมีไขมันน้อยมาก พบมากที่สุดเพียง 0.3%ในเห็ดตะไคล มีกากอาหารประมาณ 0.5-1% มีเถ้าประมาณ 0.5-1% มีคาร์โบฮัยเดรทประมาณ 4-5% ในเห็ดเกือบทุกชนิด พลังงานมีค่าประมาณ 25-35 แคลอรี วิตามินต่าง ๆ พบมีอยู่บ้างในเห็ดที่นำมาวิเคราะห์ ทัยอมีนพบมีในเห็ดบางชนิดเพียงเล็กน้อย มีไรโบฟลาวินประมาณ 0.2-1มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณของไนอาซินพบพอสมควรส่วนใหญ่มีประมาณ 2-3มิลลิกรัม/100 กรัม ยกเว้นเห็ดนางรม เห็ดนางนวล เห็ดตะไคล และเห็ดโคนพบมี 8-10มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินซีพบมีในเห็ดบางชนิดในปริมาณ 1-4มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนประกอบของแร่ธาตุพวกเหล็กพบประมาณ 1-5มิลลิกรัม/100 กรัมในเห็ดเกือบทุกชนิด ยกเว้นในเห็ดตับเต่ามีเหล็ก 19.89มิลลิกรัม/100 กรัม เห็ดส่วนใหญ่มีฟอสฟอรัสปริมาณในช่วงกว้างตั้งแต่ 40-300มิลลิกรัม/100 กรัม มีแคลเซียมอยู่เพียงเล็กน้อย แร่ธาตุที่สำคัญพวกอีเลคโตรลัยท์ของร่างกายคือโซเดียมและโปตัสเซียมพบมีอยู่ปริมาณที่แตกต่างกันในช่วงที่กว้างมากตั้งแต่ 2-40 มิลลิกรัม/100กรัมและ 60-500มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ แร่ธาตุส่วนน้อยพวก แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และซิลิกอนพบมีเพียงเล็กน้อย และไม่พบมีซิลิกอนในเห็ดบางชนิด เห็ดทุกชนิดมีนำมาวิจัยประกอบด้วยกรดอมิโนทุกชนิด ทั้งพวกกรดอมิโนจำเป็นและไม่จำเป็นในปริมาณแตกต่างกันมาก ค่าคะแนนกรดอมิโน (Amino Acid Score) ของพวกกรดอมิโนจำเป็นแสดงให้เห็นว่าเห็ดเกือบทุกชนิดเป็นแหล่งอาหารที่ดีของกรดอมิโนพวก ฟีนิลอลานีน + ทัยโรซีน ทริพโตแฟน และทรีโอนีน แต่มีกรดอมิโนพวกที่มีซัลเฟอร์ประกอบค่อนข้างจำกัด ส่วนกรดอมิโนอื่น ๆ ในเห็ดส่วนใหญ่พบมีอยู่ในอัตราส่วนค่อนข้างสูง การตรวจสอบความสามารถการย่อยโปรตีนของเห็ดพบว่าเห็ดทุกชนิดเมื่อต้มสุกโปรตีนของเห็ดจะมีเปอร์เซ็นต์การย่อย 80-85% ในขณะที่เห็ดสดให้ค่าการย่อยของโปรตีนเพียง 70-75% จากการวิเคราะห์โดยใช้เอ็นซัยม์ย่อยโปรตีนร่วมหลายชนิดโดยทำการทดลองภายนอกร่างกาย

The Determination of Nutritive Values in Mushrooms

Sunanta Pongsamart, Surang Assawamunkong, Piyawan Surinrut, Lumduan Savetamal, Tetirat Panmaung, Chongdee Wongpinairat, Naranin Markman, Pantavee Pakdeedindan and Prasert Vooticumpree

ABSTRACT

The nutritive values of 14 species of cultivated and wild edible mushrooms in Thailand were investigated. The results of chemical analysis revealed that most of fresh mushrooms contained about 2-4% protein, as determined by Kjeldahl Method, however, Termitomyces sp. contained higher protein to 6.27% and Auricularia polytricha (Mont.) Sacc. Mon-leh contained only 0.77% protein. Fresh mushrooms contained about 80-90% moisture, only one of Pleurotus sp. contained 62.9%. Dried mushrooms contained as high as 20-40% protein. Total fat content was low, the highest amount was found only 0.3% fat in Russula delica Fr. Mushrooms contained about 0.5-1% crude fiber, 0.5-1% ash and 4-5% carbohydrate. The Energy values in mushrooms were about 25-35 cal. units. All tested mushrooms contained some vitamins. Thiamin was found in a small amount in some mushrooms, and riboflavin was about 0.2-1 mg/100 g. Niacin was found about 2-3 mg/100 g in most mushrooms, however, Pleurotus ostreatus (Fr) Quel., Pleurotus sp., Russula delica Fr. and Termitomyces sp. contained 8-10 mg/100 g. Vitamin C was also found about 1-4 mg/100 g. in some mushrooms. Minerals such as iron was found about 1-5 mg/100 g in most mushrooms, only exception in Boletus sp. contained 19.89 mg/100 g. Phosphorus was contained in a wide range 40-300 mg/100 g in mushrooms. Calcium was found in some quantities. Minerals for body electrolytes such as sodium and potassium were found in various quantities ranges 2-40 mg/100 g and 60-500 mg/100 g, respectively. Other trace elements such as magnesium, copper, zine, manganese and silicon were also found in mushrooms, however, silicon was not observed in some species of mushrooms. All of tested mushrooms contained all essential and non-essential amino acids in various quantities. Amino

Acid Scores of essential amino acids indicated that most mushrooms were a good source of amino acids such as phenylalanine + tyrosine, tryptophan, and threonine. Sulfur containing amino acids were limiting in mushrooms. All other amino acids were partially high. Protein digestibility of mushrooms were determined by in vitro multienzyme methods. Cooked mushrooms exhibited 80-85% protein digestibility, however, fresh mushrooms gave only 70-75% digestibility of protein.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนเพื่อ เพิ่มพูนและพัฒนาประสิทธิภาพทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2526

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนและให้ความร่วมมืองานวิจัย ดังมีรายนามต่อไปนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประโชติ เปล่งวิทยา หัวหน้าภาควิชาชีวเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยนี้ด้วยดีมาตลอด

2. ศูนย์เครื่องมือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometer

3. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ Amino Acid Analyzer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
ชื่อเรื่องและชื่อผู้วิจัย	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iii
กิตติกรรมประกาศ	v
สารบัญเรื่อง	vi
สารบัญตาราง	vii
บทนำ	1
วัสดุและวิธีวิจัย	8
สารเคมี	8
ตัวอย่างเห็ด	8
วิธีวิจัย	8
การหาปริมาณความชื้น	8
การหาปริมาณโปรตีน	9
การวิเคราะห์กรดอมิโน	9
การหาปริมาณไขมัน	10
การหาปริมาณเส้นใยอาหาร	11
การหาปริมาณเถ้า	12
การวิเคราะห์แร่ธาตุ	12
การหาปริมาณ Total Phosphorus	13
การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรท	14
การวิเคราะห์วิตามิน	15
การวิเคราะห์ Protein Digestibility (in vitro)	15
ผลการทดลอง	17
วิจารณ์และสรุป	32
เอกสารอ้างอิง	40

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	รายชื่อของเห็ดที่เลือกมาเพื่อทำการวิจัย.....	18
ตารางที่ 2	คุณค่าทางอาหารของเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม.....	19-20
ตารางที่ 3	แสดงปริมาณน้ำและปริมาณโปรตีนในเห็ดสดและเห็ดแห้ง...	21
ตารางที่ 4	ปริมาณแร่ธาตุในเห็ดสด 100 กรัม.....	22-23
ตารางที่ 5	ปริมาณกรดอมิโนในเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม.....	24-25
ตารางที่ 6	ปริมาณกรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนจากเห็ดสดคิดเป็นมิลลิกรัม/กรัมโปรตีน.....	27-28
ตารางที่ 7	แสดง AMINO ACID SCORE ของกรดอมิโนจำเป็นในเห็ด.	29-30
ตารางที่ 8	Percent Digestibility (in vitro) ของโปรตีนในเห็ด.....	31

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

การวิจัยในเรื่องของอาหารเป็นงานที่ควรได้รับความสนใจในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งอาหารโปรตีน เนื่องจากในประเทศไทยพบว่าสภาวะการขาดอาหารของประชากรยังเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ (1,2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเด็กก่อนวัยเรียนเป็นโรคขาดอาหารกันเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่พบว่าเกิดจากการขาดโปรตีนเป็นหลัก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการได้แก่ สภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศ อุปนิสัยการบริโภคอาหาร และการขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องโภชนาการของประชาชน เป็นต้น ในงานด้านโภชนาการเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหารจะศึกษาสารอาหารที่สำคัญ ๆ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรท ไขมัน เกลือแร่ และ วิตามิน โปรตีนเป็นอาหารที่สำคัญที่สุดหมู่หนึ่ง จะเห็นได้ว่าเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ซึ่งพบเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และพบมีอยู่ภายในเซลล์ด้วย ในระยะที่ร่างกายกำลังมีการเจริญเติบโตจะพบการเพิ่มทั้งจำนวนและขนาดของเซลล์ ดังนั้นในวัยเด็กและวัยหนุ่มสาวร่างกายย่อมต้องการโปรตีนสูงกว่าช่วงอื่น ๆ นอกจากนี้มารดาในขณะให้นมบุตรและหญิงมีครรภ์ก็มีความต้องการอาหารโปรตีนสูงกว่าปกติด้วยและเนื่องจากโปรตีนในเนื้อเยื่อจะต้องมีการสลายลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นร่างกายจึงต้องการกรดอมิโนจากโปรตีนในอาหารเพื่อนำมาใช้ในการเสริมสร้างในการเจริญเติบโตและการซดเซยเนื้อเยื่อส่วนที่สลายไป ซึ่งพบว่าเกิดขึ้นอยู่ทุกระยะเวลาตลอดชีวิต ร่างกายจึงจำเป็นต้องได้รับโปรตีนสม่ำเสมอ โดยกรดอมิโนจากอาหารโปรตีนที่รับประทานจะถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีนของเซลล์ต่อไป มีโปรตีนของร่างที่ต้องการสร้างใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลาได้แก่ เอ็นซัยม์ โปรตีนของระบบภูมิคุ้มกัน ฮอร์โมนบางตัว เม็ดโลหิต และเซลล์บุผิว เป็นต้น โปรตีนที่รับประทานไปกับอาหารร่างกายสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและซ่อมแซมโปรตีนที่ถูกทำลายไป ส่วนที่เหลืออาจถูกนำไปใช้เป็นพลังงานและสะสมไว้หรือถูกขับถ่ายต่อไป

โดยทั่ว ๆ ไปพบมีกรดอมิโน 20 ชนิดในโปรตีน ในจำนวน 20 กรดอมิโนนี้มีอยู่ 8 ตัวที่เป็นกรดอมิโนจำเป็น (essential amino acid) ของคนได้แก่ Isoleucine (Ile) Leucine (Leu) Lysine (Lys) Methionine (Met) Phenylalanine (Phe)

Threonine (Thr) Tryptophan (Trp) และ Valine (Val) ส่วน Histidine (His) ถือว่าเป็นกรดอมิโนจำเป็นในเด็ก กรดอมิโนอื่น ๆ นอกจากนี้จัดเป็นกรดอมิโนไม่จำเป็น (non-essential amino acid) เพราะกรดอมิโนพวกนี้ร่างกายสามารถสร้างขึ้นเองหรือสามารถเปลี่ยนจากกรดอมิโนหนึ่งเป็นอีกกรดอมิโนหนึ่งได้ภายในเซลล์ของร่างกาย กรดอมิโนเหล่านี้ได้แก่ Alanine (Ala) Arginine (Arg) Asparagine (Asn) Aspartic acid (Asp) Cysteine (Cys) Glutamine (Gln) Glutamic acid (Glu) Glycine (Gly) Proline (Pro) Serine (Ser) และ Tyrosine (Tyr) เมื่อโปรตีนถูกรับประทานเข้าไปก็จะถูกย่อยโดยน้ำย่อยหรือเอ็นซัยม์ในทางเดินอาหารจนได้เป็นกรดอมิโนและจะถูกดูดซึมแล้วส่งไปยังเซลล์ซึ่งจะถูกนำมารวมกันและสร้างเป็นโปรตีนชนิดใหม่ที่จำเป็นของร่างกายต่อไป การมีอยู่ของกรดอมิโนจำเป็นต่าง ๆ ในโปรตีนของอาหารไม่จำเป็นต้องเหมือนกับโปรตีนที่ร่างกายต้องการสร้างขึ้น แต่การที่โปรตีนในอาหารมีกรดอมิโนจำเป็นกระจายอยู่ในอัตราส่วนที่คล้ายคลึงกับโปรตีนที่ร่างกายต้องการสร้างจะเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารดีกว่าโปรตีนที่ไม่ให้กรดอมิโนจำเป็นในปริมาณเหมาะสมที่ร่างกายต้องการ โดยทั่ว ๆ ไปโปรตีนที่เรารับประทานนั้นไม่ทั้งหมดที่สามารถถูกดูดซึมไปใช้ มีปัจจัยหลายอย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้องได้แก่ความสามารถการย่อยโปรตีน (protein digestibility) ด้วยเอ็นซัยม์ในทางเดินอาหารซึ่งขึ้นกับชนิดของอาหารและขึ้นกับบุคคลที่อาจมีปัญหาในการย่อยอาหารบางอย่าง ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย ได้แก่ กรรมวิธีการปรุงอาหารและการใช้ความร้อนในการประกอบอาหาร การใช้ความร้อนที่ไม่รุนแรงเกินไปนัก (mild heat) อาจช่วยให้การย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่การใช้ความร้อนมากเกินไปอาจทำให้การย่อยลดลงได้ (3) วิธีการใช้ความร้อนสูง ๆ เช่นการอบ การคั่วต่าง ๆ อาจทำลายกรดอมิโนจำเป็นบางตัวได้หรืออาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกรดอมิโนทำให้ไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอ็นซัยม์ (4) และร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ จึงทำให้ลดคุณค่าทางอาหารลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่กรดอมิโนจำเป็นที่มีอยู่เป็นจำนวนน้อย ๆ ในโปรตีนนั้นถูกทำลายไป ก็อาจทำให้เกิดผลเสียหายมากได้

โปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอมิโนจำเป็นในปริมาณที่เพียงพอและในอัตราส่วนที่ช่วยให้เกิดความสมดุลย์ของไนโตรเจนของร่างกายทำให้ร่างกายของเด็กเจริญเติบโตได้ตามปกติ โปรตีนพวกนี้เรียกว่าโปรตีนสมบูรณ์ (complete protein) ได้แก่โปรตีนของไข่ขาว และเคซีอิน (casein) ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญในนมเป็นต้น พวกโปรตีนสมบูรณ์อื่น ๆ นอกจากนี้ได้แก่ โปรตีน

ของ เนื้อสัตว์ต่าง ๆ ส่วนโปรตีนพวกที่ไม่ให้กรดอมิโนจำ เป็นในปริมาณที่พอ เพียงจะไม่ช่วยให้ ร่างกายมีความสมดุลย์ของไนโตร เจนและไม่ช่วยการ เจริญ เติบโตตามปกติ เรียกว่า เป็นโปรตีน ไม่สมบูรณ์ (incomplete protein) โปรตีนของพวกผักและธัญพืชจัดอยู่ในพวกโปรตีนไม่ สมบูรณ์ ปริมาณของกรดอมิโนจำ เป็นในหนึ่งกรัมโปรตีนของอาหารได้มีการกำหนดไว้ เป็นมาตร-ฐานซึ่งได้ เสนอแนะโดย Joint Committee of FAO/WHO (1973) (5) ดังนั้นคุณค่าทาง อาหารของโปรตีนจะสูงหรือต่ำจะขึ้นกับความสมบูรณ์ของโปรตีนนั้นที่สามารถให้กรดอมิโนจำ เป็น แก่ร่างกาย อาหารที่มีคุณค่าของโปรตีนสูงมักได้มาจากโปรตีนจากสัตว์ในขณะที่โปรตีนจากพืชซึ่ง ให้โปรตีนไม่สมบูรณ์จะมีคุณค่าของโปรตีนพอใช้หรือต่ำ มีโปรตีนพวกไม่สมบูรณ์บางส่วน (partially incomplete protein) จะสามารถช่วยให้ร่างกายดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่การมีกรดอมิโนจำ เป็น อย่างไม่เพียงพอของโปรตีน เหล่านี้จะไม่ช่วยให้ร่างกายของ เด็ก เจริญ เติบโตได้ตามปกติ โปรตีน พวกนี้พบในพืชจำพวกถั่วต่าง ๆ และธัญพืช โปรตีนที่ขาดกรดอมิโนจำ เป็นจะไม่สามารถช่วยให้ ร่างกายดำรงอยู่หรือ เจริญ เติบโตได้ โปรตีนของข้าวโพด (zein) และ เจลาติน (gelatin) จากสัตว์ซึ่งขาดกรดอมิโน Tryptophan ถือว่า เป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์โดยสิ้น เชิง (6) อาหาร โปรตีนจากพืชมักมีปริมาณกรดอมิโนจำ เป็นบางชนิดไม่ เพียงพอได้แก่ Lysine Methionine Threonine และ Tryptophan อย่างไรก็ดีโปรตีนจากพืชมีความสำคัญมากและสามารถใช้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพโดยการรับประทานร่วมกับอาหารโปรตีนพืชหลาย ๆ อย่าง ซึ่งเมื่อรวมกัน แล้วจะให้กรดอมิโนทุกชนิดในปริมาณที่ต้องการก็จะทำให้โปรตีนนั้นถูกใช้ได้อย่างมีคุณค่าดียิ่งขึ้น

เนื่องจากโปรตีนได้รับการพิจารณาว่า เป็นสารอาหารที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่งของร่างกาย จึงมีความจำ เป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีวิธีการประ เมินคุณค่าของอาหารโปรตีน มีวิธีการที่ใช้ทดลอง ซึ่ง เริ่มในปี พ.ศ. 2458 โดย Osborne, Mendel และ Ferry โดยการวัดน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้น ในสัตว์ทดลองต่อกรัมของโปรตีนที่กิน วิธีการวัดนี้ เรียกว่า Protein Efficiency Ratio (PER) วิธีนี้ต่อมาได้ เป็นที่ยอมรับให้ใช้ เป็นวิธีมาตรฐานของ The Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists ในการประ-เมินคุณภาพของโปรตีนในสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ยังมีตรรชนีแสดงคุณค่าอาหารโปรตีนอื่น ๆ ได้แก่การหาค่า Biological Value (BV) ซึ่ง เสนอโดยวิธีของ Thomas-Mitchellและ วิธีการที่ดัดแปลงวิธีการนี้ที่วัดสมดุลย์ของไนโตร เจนในร่างกายมา เป็นการวัดค่าไนโตร เจนจาก ซากสัตว์ทดลองควบคู่กับการวัดไนโตร เจนจากซากสัตว์ที่ เลี้ยงด้วยอาหารปราศจากโปรตีนต่อ

ไนโตรเจนในอาหารที่กิน ค่าการวัดนี้คือ Net Protein Utilization (NPU) (7) ซึ่งทั้งสองวิธีในปัจจุบันยังใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์คุณภาพของโปรตีน มีผู้พยายามคิดค้นวิธีการประเมินคุณค่าอาหารโปรตีนโดยวิธีการอื่น ๆ เพื่อจะหลีกเลี่ยงการใช้ animal bioassay ซึ่งเป็นวิธีที่สิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามวิธีวัดค่า PER ก็ยังเป็นวิธีที่ยอมรับเป็น AOAC Standard Method แม้ว่าวิธีนี้จะมีข้อผิดพลาดได้หลายประการก็ตาม ค่า PER มักจะเปลี่ยนแปลงขึ้นกับปริมาณอาหารที่สัตว์ทดลองกิน เมื่อสัตว์ทดลองพอใจในรสชาติของอาหารก็จะกินมากขึ้นจะทำให้ได้ค่า PER สูง นอกจากนี้สัตว์ทดลองแต่ละรุ่นที่ใช้ก็มีผลทำให้เปลี่ยนแปลงค่า PER ได้ด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการเลี้ยงสัตว์ทดลองด้วยอาหารโปรตีนมาตรฐานคือ เคซิอิน (casein) ควบคู่ไปด้วยในแต่ละการทดลอง อย่างไรก็ดีผู้ที่ทำงานในด้านนี้มักไม่ใช้เพียงค่า PER เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะมีวิธีการอื่น ๆ เปรียบเทียบกับค่า PER ไปด้วย จะเห็นได้ว่าวิธีการดังกล่าวข้างต้นเราจะไม่ทราบว่าการที่อาหารโปรตีนมีคุณค่าต่ำนั้นเกิดจากอะไรหรือมีการขาดของกรดอมิโนตัวใด จนกระทั่งในปลายปี พ.ศ. 2489 Blockและ Mitchell ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของกรดอมิโนและ Biological Value โดยอธิบายว่าคุณภาพของโปรตีนจะขึ้นกับกรดอมิโนที่ประกอบอยู่ในโปรตีนนั้น ๆ เป็นอันดับแรก ดังนั้นสิ่งที่เราจำเป็นจะต้องรู้เกี่ยวกับโปรตีนในอาหาร คือมันประกอบด้วยกรดอมิโนจำเป็นในปริมาณเท่าใดและมีอยู่เท่าไรที่สามารถถูกดูดซึมไปใช้ได้ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถนำโปรตีนนั้น ๆ ไปใช้อย่างได้ผลเต็มที่ ในแง่มุมนี้จำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอมิโนที่มีอยู่ในอาหารโปรตีน นำมาเปรียบเทียบกับ amino acid reference pattern ที่เสนอแนะโดย The Joint Committee of FAO/WHO 1973 ในการคำนวณค่า Amino Acid Score ของโปรตีน จะเห็นว่าข้อมูลของส่วนประกอบของกรดอมิโนจึงเป็นดรรชนีที่ช่วยบอกถึงคุณค่าของโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ดีมักจะพบว่าคุณค่าของโปรตีนที่คาดคะเนจาก animal bioassay จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่คาดคะเนจากข้อมูลของส่วนประกอบกรดอมิโน ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนไม่สามารถให้กรดอมิโนทั้งหมดถูกดูดซึมไปใช้ได้ถ้ามันไม่ถูกย่อยได้โดยสมบูรณ์ การใช้ค่า Amino Acid Score จึงยังไม่เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ใช้ประเมินคุณภาพของโปรตีน เพราะยังมีข้อผิดพลาดอย่างหนึ่งคือค่าที่ได้นี้ถือว่ากรดอมิโนทุกตัวถูกนำไปใช้ได้ทั้งหมด 100% ด้วยเหตุนี้เองจึงจำเป็นต้องมีวิธีการหาความสามารถการย่อยโปรตีน (protein digestibility)ด้วย เพื่อดูความสามารถของการย่อยโปรตีนต่าง ๆ เมื่อเข้าสู่ทางเดินอาหาร ร่วมไปกับการวัดค่า NPU ซึ่งเป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนที่สะสมไว้ในร่างกายต่อปริมาณไนโตรเจนที่กิน และค่า Biological Value

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของโปรตีนก็คืออัตราส่วนของ NPU ต่อ Digestibility (8)

Protein Digestibility จึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการใช้พิจารณาคุณค่าของโปรตีนด้วย เราสามารถหาได้โดยวิธี animal bioassay ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลามากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง นับว่าเป็นภาระหนักของอุตสาหกรรมด้านอาหารเป็นอย่างยิ่ง จึงมีบุคคลหลายคณะได้พยายามพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ ที่สามารถทำได้รวดเร็ว และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยลง เพื่อนำมาใช้เป็นวิธีประเมินคุณค่าของโปรตีนและการวัดค่า protein digestibility อาจใช้ข้อมูลการย่อยเพียงอย่างเดียว (9,10,11) ในการคาดคะเนคุณค่าของโปรตีนหรืออาจใช้ข้อมูลการย่อยร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่นข้อมูลของส่วนประกอบกรดอมิโนจำเป็น (12,13) หรือการเจริญของเชื้อในอาหารโปรตีนที่ย่อยแล้ว (12,14,15) เทคนิคใหม่ ๆ ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาการย่อยโปรตีนที่สามารถกระทำภายนอกร่างกาย (in vitro) ได้โดยการใช้เอ็นซัยม์ย่อยโปรตีนต่าง ๆ (13,16,17) รวมทั้งเอ็นซัยม์ของคน (18,19) ได้ผลดีเช่นเดียวกับการทำในสัตว์ทดลอง และในที่สุดวิธีการ In Vitro Protein Digestibility ก็ได้ยอมรับเป็นวิธีมาตรฐานวิธีหนึ่งที่ใช้ประเมินคุณค่าของโปรตีนใน The Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists(1984) (20)

ในการศึกษาแหล่งโปรตีนในอาหารพบว่าแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญจะได้มาจากสัตว์และพืช โดยทั่ว ๆ ไปอาหารจากสัตว์จะประกอบด้วยโปรตีนมากกว่าอาหารจากพืช แม้ว่าพืชบางชนิดเช่นพวกถั่วจะมีส่วนประกอบของโปรตีนสูงก็ตาม แต่โปรตีนจากพืชมักจะพบว่ามีคุณค่าต่ำกว่าโปรตีนจากสัตว์ อย่างไรก็ดีโปรตีนจากพืชจะมีราคาถูกกว่ามาก ได้มีการพยายามพัฒนาโปรตีนพืชเพื่อทำให้มีคุณค่าที่ดีขึ้น สำหรับในประเทศด้อยพัฒนานั้นอาหารโปรตีนส่วนใหญ่มักมาจากพืช ทำให้พบบ่อยว่ามีปัญหาเรื่องการขาดอาหารโปรตีนของประชากร การขาดโปรตีนอย่างรุนแรงจะเป็นสาเหตุของโรค kwashiorkor ซึ่งมักพบในเด็กหลังอดนม โรคนี้อาจช่วยบำบัดได้โดยการให้รับประทานอาหารที่มีคุณค่าครบถ้วนและมีโปรตีนที่ย่อยง่ายมีคุณค่าสูง เช่น dry skimmed milk ซึ่งเป็นอาหารที่มีประโยชน์ที่สุดในการใช้รักษาโรค kwashiorkor

ปัญหาการขาดอาหารจะต้องแก้ไขโดยการเพิ่มผลผลิตของอาหารทั้งจากสัตว์และการพัฒนาพืชที่จะให้โปรตีนที่ดี ดังได้มีการพัฒนาพืชจำพวกข้าวโดยการผสมพันธุ์ข้าวสาลี (wheat) กับ

ข้าวไร (rye) ได้เป็น tritical ซึ่งสามารถให้ผลผลิตสูงและมีโปรตีนสูงที่มีคุณค่าดีขึ้น (21) การเพิ่มผลผลิตของอาหารโปรตีนจากสัตว์ไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพที่จะได้โปรตีนเพียงพอ เนื่องจากสัตว์ไม่มีประสิทธิภาพมากในการที่จะเปลี่ยนอาหารโปรตีนที่มันกินไปเป็นโปรตีนของเนื้อสัตว์ มีเพียง 15% ของอาหารที่สัตว์กินที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นโปรตีนที่จะให้คนรับประทานคือ เนื้อ นม และไข่ ดังนั้นจะเป็นการประหยัดกว่าถ้าจะรับประทานโปรตีนจากพืชแทนที่จะเลี้ยงสัตว์ด้วยพืชหรือโปรตีนอื่น ๆ และรับประทานโปรตีนจากสัตว์ เราสามารถแสดงให้เห็นโดยการเปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานที่ได้ : พลังงานที่ให้ (energy output : energy input ratio) ในการเตรียมอาหารจากการปลูกพืชและจากการเลี้ยงสัตว์ (3) ดังตารางต่อไปนี้

อัตราส่วนของพลังงานที่ได้ : พลังงานที่ให้ ของอาหารต่าง ๆ

อาหาร	อัตราส่วนของพลังงานที่ได้ : พลังงานที่ให้
ข้าวสาลี	2.3
ขนมปัง	1.3
ไข่	0.16
ไก่	0.13

จากตารางข้างบนเป็นการวัดพลังงานคิดจากอาหารที่จะได้รับต่อพลังงานที่ต้องการใช้ไปในการเพาะปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์หรือการเตรียมอาหารดังกล่าว การปลูกพืชจำเป็นต้องใช้พลังงานในการไถ หว่าน และเก็บเกี่ยว ต้องใช้พลังงานในอุตสาหกรรมทำปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช ส่วนการเลี้ยงสัตว์ต้องการพลังงานในรูปของอาหารสัตว์ อาจต้องการพลังงานความร้อนและแสงในโรงเลี้ยงสัตว์ และยาฆ่าเชื้อป้องกันโรคสัตว์ เป็นต้น จากตารางที่แสดงไว้แล้ว ถ้าอัตราส่วนมีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่ามีการใช้พลังงานมากกว่าพลังงานที่จะได้จากผลผลิตของอาหารนั้น จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงสัตว์จะต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมากกว่าผลผลิตที่ได้รับในขณะที่การผลิตโปรตีนจากพืชจะใช้พลังงานน้อยกว่ามากแต่ให้ผลผลิตสูง ในราว

ทศวรรษ 2490 มีปัญหาการขาดแคลนอาหารของโลก เกิดขึ้น ทำให้เป็นการกระตุ้นให้มีการค้นคว้าวิจัยในการแสวงหาแหล่งอาหารโปรตีนใหม่ ๆ ทั้งจากอาหารจำพวกปลา โปรตีนสกัดจากพืชและ single cell protein (22)มีการค้นคว้าหาแหล่งโปรตีนจากพวกสาหร่าย และยีสต์ (23) แต่ก็พบว่ายังมีปัญหาเรื่องมีกรดนิวคลีอิคสูง จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารของคน

ในงานวิจัยนี้จะได้ศึกษาหาแหล่งอาหารจากพืชที่ให้โปรตีนสูงและเป็นพืชที่สามารถเพาะได้ง่ายและให้ผลผลิตได้รวดเร็ว เช่นเห็ดชนิดต่าง ๆ ถูกจัดเป็นพืชพวกรา (fungi) ซึ่งสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเร็ว (24) จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเห็ดแห้งจะมีโปรตีนในปริมาณสูง เช่นเดียวกับพืชพวกถั่วเมล็ดแห้งต่าง ๆ ซึ่งพบมีโปรตีนประมาณ 20-30% (25) เห็ดจึงน่าจะเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีอย่างหนึ่งได้ นอกจากนี้เห็ดยังเป็นอาหารที่คนนิยมรับประทานชนิดหนึ่งเนื่องจากความมีกลิ่นรสดีน่ารับประทานของเห็ดนั่นเอง จึงมีผู้พยายามเพาะเลี้ยงเห็ดเพื่อให้เพียงพอแก่ความต้องการ นอกจากที่เพาะเลี้ยงแล้วยังมีเห็ดธรรมชาติที่รับประทานได้อยู่หลายชนิดที่จะพบเห็นได้มากมายตามฤดูกาล และชาวบ้านได้ใช้เป็นอาหารมานานแล้ว อย่างไรก็ดีข้อมูลเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหารของเห็ดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก และยังขาดข้อมูลที่สมบูรณ์ในเรื่องคุณค่าของโปรตีนของเห็ด คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาข้อมูลเหล่านี้ วัตถุประสงค์เบื้องต้นเพื่อศึกษาส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ทางอาหารในเห็ด ได้แก่ น้ำ คาร์โบฮัยเดรท โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน เป็นต้น ส่วนประกอบของกรดอมิโนและความสามารถการย่อยโปรตีนของเห็ดต่าง ๆ ด้วยเอ็นซัยม์ภายนอกร่างกาย (in vitro) ส่วนการศึกษาคุณค่าของโปรตีนจากเห็ดโดยวิธีการ animal bioassay อย่างละเอียดจะได้ดำเนินการต่อไปในอีกขั้นตอนหนึ่งหลังจากนี้

วัสดุและวิธีวิจัย

วัสดุ

1. สารเคมี Ninhydrin, ethanol, trisodium citrate, 2-methoxy ethanol, sodium acetate, potassium sulfate, silinous acid ทั้งหมดเป็นชนิด analytical reagent purity จากบริษัท Mallinkrodt Chemical Works, Boric acid เป็นชนิด reagent grade จากบริษัท Biedel-DeHean, Hannover, NaOH, H_2SO_4, HNO_3, HCl, ammonium molybdate, potassium antimonyl tartrate, potassium dihydrogen phosphate, potassium ferricyanide, cyanogen bromide, 4-methoxy-2-nitroaniline, oxalic acid, ascorbic acid ทั้งหมดเป็นชนิด extra purity grade จากบริษัท E. Merck Darmstadt, Germany, petroleum ether, acetone เป็นชนิด analytical reagent grade จากบริษัท E. merck Darmstadt, Germany.

2. ตัวอย่างเห็ด เห็ดสดได้แก่ เห็ดหอม เห็ดกระดุม และเห็ดลม ได้จากตลาดวโรรส จังหวัดเชียงใหม่ เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดหูหนู เห็ดตับเต่า เห็ดตีนแรด เห็ดนางนวล เห็ดฟาง ซื้อจากตลาดเกษตร บางเขน เห็ดเผาะและเห็ดโคนจากจังหวัดกาญจนบุรี เห็ดตะไคลได้จากตลาดชุมแพ จังหวัดขอนแก่น เห็ดกระดุมกระป๋อง ตรา Addy ผลิตโดยบริษัท ตงก๊กเฮียตี๋ 85-87 ถนนทรัพย์ อ.บางรัก กทม.

วิธีวิจัย

1. การหาปริมาณความชื้น ชั่งตัวอย่างซึ่งตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ 5 กรัมใส่จานแก้วมีฝาปิดซึ่งได้อบแห้งใน hot air-oven (Mammert, Germany) ที่ 100 ± 2°ซ นาน 6 ช.ม. ปิดฝาจานแก้วนำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator บันทึกน้ำหนักแล้วนำไปอบต่ออีกนาน 1-2ช.ม. และชั่งน้ำหนักอีกทำเช่นนี้จนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ จึงนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำทั้งหมด (26) ที่มีอยู่ในตัวอย่างสดของเห็ด ทำการทดลองตัวอย่างเดียวกัน 2-3 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งมีความแตกต่างกันไม่เกิน ±3% มาหาค่าเฉลี่ยของ % ความชื้น

2. การหาปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนวิเคราะห์โดยวิธีของ Kjeldahl (27,28) ทำโดยใช้เครื่อง Kjeltec System I,Sweden ชั่งตัวอย่างเห็ดอบแห้ง 0.3-0.5 กรัม ย่อยใน digesting tube ซึ่งมี 7 มล. ของกรดกำมะถัน (H_2SO_4) เข้มข้นและ 2 เม็ดของคะตาลิสซึ่งประกอบด้วย K_2SO_4 และ Se เม็ดละ 1.5 กรัมและ 0.0075 กรัมตามลำดับ (Kjeltec, Sweden) ย่อยตัวอย่างโดยใช้ความร้อน 420°ซ นาน 40 นาที จนได้สารละลายใสแล้วนำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 20 มล. แล้วนำไปกลั่นใน distillation system หลังจากเติม 30 มล. ของ 50% NaOH กลั่นไล่ NH_3 ออกมาใส่ใน flash ที่รองรับซึ่งมี 15 มล. ของ 4% กรดบอริค และ 2 หยดของ indicator ซึ่งประกอบด้วย 0.2% methylred และ 0.1% methylene blue เมื่อแอมโมเนียถูกไล่ออกมาหมดแล้วจึงนำ flask กรดบอริคไป titrate หาปริมาณไนโตรเจนกับ standard 0.1 N HCl และคำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยใช้ factor 6.25 ดังนี้

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{\text{มล. HCl} \times N}{\text{น้ำหนัก (กรัม) ตัวอย่าง}} \times 1.4 \times 6.25$$

N = normality ของกรด HCl

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้งนำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน ± 5% มาหาค่าเฉลี่ยของ % โปรตีนในตัวอย่างเห็ดสด

3. การวิเคราะกรดอมิโน

3.1 ชั่งตัวอย่างแห้งที่บดละเอียดให้มีปริมาณโปรตีน 100 มก. ใส่ใน Bombelroll tube ขนาด 200 มล. เติม 6 N HCl จนครบ 50 มล. ปิดให้สนิทแล้วนำไปย่อยใน autoclave ที่ 121°ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 4 ช.ม. แล้วนำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น

3.2 นำ hydrolyzate จากข้อ 3.1มา 25 มล. ระเหยกรดเกลือออกโดยเครื่อง Rotary Evaporator จนแห้ง ละลายตะกอนที่เหลือด้วย sodium citrate buffer pH 2.2 จนครบปริมาตร 50 มล. กรอง hydrolyzate และนำสารละลายมาวิเคราะห์หาส่วนประกอบกรดอมิโนด้วยเครื่อง Hitachi Perkin Elmer Amino Acid Analyzer

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณ cystine ทำโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 0.01-0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 50 มล. เติม 2 มล. กรด performic ที่เย็นจัด (เตรียมโดยผสม 9 ส่วนของกรด formic และ 1 ส่วนของ H_2O_2 ที่อุณหภูมิห้องตั้งทิ้งไว้ 1 ช.ม. แล้วเก็บไว้ในที่เย็นจัด) ผสมตัวอย่างให้เข้ากับกรดปิด flask และตั้งทิ้งไว้ค้างคืนในที่เย็นจัด

ถ่ายตัวอย่างใส่ใน Bombelroll Tube ขนาด 25 มล. ล้าง flask ด้วย 10 มล. 6 N HCl ปิดจุกนำไปย่อยใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121°ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้วนาน 6 ช.ม. แล้วทิ้งให้เย็น

นำตัวอย่างที่ได้มาระเหยให้แห้งใน Rotary Evaporator แล้วละลายตะกอนด้วย sodium citrate buffer pH 2.2 จนครบปริมาตร 25 มล. กรองและนำสารละลายมาวิเคราะห์หาปริมาณของ cystine ด้วยเครื่อง Amino Acid Analyzer (29)

3.4 การวิเคราะห์ Tryptophan ทำโดยการวัดการดูดสีของสารละลายตัวอย่างหลังจาก hydrolyzed ด้วย barium hydroxide กับ dimethylaminobenzaldehyde ตามวิธีของ Metheson (30)

ค่า Amino Acid Score ของกรดอมิโนจำเป็นได้คำนวณจากส่วนประกอบของกรดอมิโน (5) โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$\text{Amino Acid Score} = \frac{\text{mg. of an amino acid in 1 gm. test protein}}{\text{mg. of the amino acid in 1 gm reference pattern}} \times 100$$

4. <u>การหาปริมาณไขมัน</u> (Crude fat)

ปริมาณไขมันในตัวอย่างวิเคราะห์ได้โดยการนำตัวอย่างมาสกัดไขมันออกด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) แล้วชั่งหาน้ำหนักของไขมันที่สกัดออกมาได้โดยวิธี Soxhlet Method (31) ซึ่งทำการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมใส่ลงใน thimble

4.2 นำมาสกัดด้วย petroleum ether ซึ่งมี boiling point 40-60°ซ ในเครื่อง goldfish fat extractor 4-6 ชั่วโมง

4.3 ระเหย petroleum ether ออกไป นำส่วนไขมันที่เหลือมาอบที่ 100-105°ซ 30นาที แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_1)

4.4 เติม petroleum ether ลงไปละลายส่วนที่เป็นไขมันแล้วรินทิ้งไป นำไปอบให้แห้งที่ 100-105°ซ 30 นาที แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_2)

4.5 น้ำหนักของ (M_1-M_2) คือน้ำหนักของไขมัน นำไปคำนวณเป็นร้อยละของไขมันใน เห็ดสด

$$\% \text{ ไขมันใน เห็ด} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{น้ำหนัก เห็ดสดที่นำมาสกัด}} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน ± 5% มาหาค่าเฉลี่ยไขมัน

5. <u>การหาปริมาณเส้นใยอาหาร</u> (Crude fiber)

ทำการวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรดและด่าง ส่วนที่เหลือจากการย่อยนี้เป็น เส้นใยอาหาร การวิเคราะห์ เส้นใยอาหารใช้วิธีของ Lees (32) ซึ่งการวิเคราะห์ดำ เนินการดังนี้

5.1 ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (หรือใช้ตัวอย่างที่เหลือจากการสกัดไขมันในข้อ 4. ใส่ใน beaker สำหรับหาเส้นใยอาหารขนาด 600 มล.

5.2 เติม 200 มล. 1.25% sulfuric acid แล้ว reflux 30 นาที

5.3 กรองและล้างด้วยน้ำ เดือดจนปราศจากกรด

5.4 นำกากที่กรองได้ใส่ลงใน beaker เติมแล้ว เติม 200 มล. 1.25% sodium hydroxide แล้ว reflux 30 นาที

5.5 นำมากรองแล้วล้างด้วยน้ำ เดือด และล้างด้วยแอลกอฮอล์

5.6 นำส่วนที่ได้ไปอบที่100-105°ซ 3 ชั่วโมง แล้วชั่ง อบอีก 15 นาที แล้วชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_1)

5.7 ล้าง เอา เส้นใยที่ภาชนะที่ใช้กรองออกให้หมดแล้วอบภาชนะที่ใช้กรองนี้ที่ 100-105°ซ ชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (M_2)

$$\% \text{ เส้นใยอาหารในเห็ด} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน ± 5% มาหาค่าเฉลี่ยของ crude fiber

6. การหาปริมาณเถ้า (Ash)

ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Dry Ashing (33,34) ซึ่งทำการวิเคราะห์ดังนี้คือ

6.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัมใส่ใน porcelain crucible ซึ่งแช่ใน 6N Hydrochloric acid ที่ต้มเดือด แล้วล้างสะอาดอบให้แห้งและเผาที่ 450°ซ 15 นาที และชั่งหาน้ำหนักไว้แล้ว (M_2)

6.2 เผาตัวอย่างด้วยเตาไฟฟ้า จนกระทั่งตัวอย่างเป็นสีดำและไม่มีควันออกมาอีก

6.3 นำตัวอย่างนี้ไปทำให้เป็นเถ้าโดยเผาในเตาเผา (furnace) 550°ซ จนกระทั่งเถ้าเป็นสีขาว

6.4 ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่ง (M_1) และคำนวณหาปริมาณเถ้าในอาหารได้จากสมการดังนี้

$$\% \text{ ของเถ้า} = \frac{(M_1 - M_2)}{\text{น.น.ตัวอย่าง}} \times 100$$

วิเคราะห์ตัวอย่าง 2-4 ครั้ง นำค่าที่ได้ซึ่งต่างกันไม่เกิน ± 5% มาหาค่าเฉลี่ยของ ash

7. การวิเคราะห์แร่ธาตุ

การวิเคราะห์ทำโดยวิธี Atomic Absorption Method ตรวจสอบ calcium iron sodium potassium manganese magnesium copper zine aluminium silicon และ cadmiun ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometor AA650

7.1 การทดลองทำโดยย่อยตัวอย่างแห้งประมาณ 1 กรัม ใน digestion tube โดยวิธี Wet Digestion (35) ในกรดเข้มข้นของ H_2SO_4 10 มล. และ HNO_3

5 มล. ต้มที่ 250°ซ จนหมดควัน nitrous ถ้าสารละลายเป็นสีน้ำตาลเข้มให้หยดกรด HNO_3 ครั้งละ 3-4 หยด ต้มต่อไปจนกระทั่งได้สารละลายใสสีเหลืองอ่อน ต้มสารละลายต่อไปจนหมดควันของกรด H_2SO_4 ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 1.5 ช.ม. เตรียม Blank โดยใช้ reagent ในปริมาณเท่า ๆ กันแต่ไม่มีตัวอย่าง

7.2 นำตัวอย่างที่ย่อยจนสมบูรณ์แล้วออกมาตั้งทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วใช้น้ำกลั่นชนิดปราศจากแร่ธาตุล้าง digestion tube เทรวมลงไปใน volumetric flask และปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์แร่ธาตุโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

8. การหาปริมาณ Total Phosphorus

การวิเคราะห์ทำโดยวิธี Colorimetric Method (36) วัดสีที่เกิดจากปฏิกิริยาของ orthophosphate กับ ammonium molybdate ในสารละลายกรดให้สีน้ำเงินของ phosphomolybdic acid ที่ถูก reduce ด้วย ascorbic acid การวิเคราะห์ทำโดย

8.1 นำตัวอย่างที่ได้จาก dry ashing มาละลายใน evaporating dish ด้วย 5-10 มล. 6 N HCl และทำให้แห้งบน water bath และเติม 15 มล. 3 N HCl ต้มพอเริ่มเดือดนำออกมาตั้งให้เย็นและกรองผ่านกระดาษกรองลงใน volumetric flask ขนาด 250 มล. โดยพยายามไม่เทตะกอนลงไป และเติม 10 มล. 3 N HCl ลงในตะกอนที่เหลือนำไปต้มจนเริ่มเดือดเมื่อตั้งทิ้งให้เย็นแล้วกรองผสมลงไปใน volumetric flask รวมกับสารละลายครั้งแรก ล้าง evaporating dish 3 ครั้ง ด้วยน้ำกลั่นและกรองผสมรวมลงใน volumetric flask ล้างกระดาษกรองและปรับปริมาตร 250 มล.

8.2 การวิเคราะห์ phosphorus ทำโดย pipette สารละลายจากข้อ 8.1 ในปริมาตรที่เหมาะสมคือให้มีปริมาณของ phosphorus ประมาณ 20-100 µg ใส่ลงใน 50 มล. volumetric flask เติม 0.3 N NaOH ปริมาตรเท่า ๆ กันไปทำให้สารละลายเป็นกลาง และเจือจางสารละลายจนครบปริมาตรประมาณ 30 มล. เติมสารละลาย 8 มล. working color solution ซึ่งประกอบด้วย 100 มล. ของ stock color reagent (ละลาย 6 กรัม

ammonium molybdate และ 0.137 กรัม potassium antimonyl tartrate ใน 400 มล. น้ำกลั่น เติม 500 มล. 5 N HCl ผสมให้เข้ากันเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1000 มล.) และ 0.53 กรัม ascorbic acidที่เตรียมใหม่ ๆ แล้วเจือจางสารละลายจนครบปริมาตร 50 มล. ตั้งทิ้งให้เกิดสี 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดแสงโดยเครื่อง Spectrophotometer (Spectronic 21 Bausch & Lomb) ที่คลื่นแสง 882nm.

8.3 การทำ standard โดย pipette 0,1,2,3,4 และ 5 มล. จาก working standard solutionซึ่งเตรียมโดยนำ 5 มล. ของ stock standard (ซึ่ง KH_2PO_4 ที่อบแห้งนาน 2 ช.ม. ที่ 105^{o}ซ จำนวน 0.286 กรัมละลายในน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 มล. ทำให้ได้ 2 มก. PO_4^{3-}/มล.) มาเจือจางในน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 500 มล. จะได้สารละลายเท่ากับ 20 µg PO_4^{3-}/มล. ใส่ลงใน 50 มล. volumetric flaks จะได้ความเข้มข้นของแต่ละ flask เป็น 0,20,40,60,80 และ 100 µg PO_4^{3-}/50 มล. จากนั้นเติมน้ำประมาณ 30 มล. และเติม 8 มล. ของ working color solutionแล้วเจือจางจนครบปริมาตร 50 มล. ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในเกิดสีนาน 10 นาที แล้วจึงวัดค่าการดูดแสงที่ 882 nm. นำค่าความเข้มข้นของ standard phosphate เป็น µg PO_4^{3-}/50 ml. และค่า absorbance มาเขียนกราฟของ calibration curveเพื่อนำมาใช้หาค่าความเข้มข้นของ phosphate จากตัวอย่างและ Blank นำมาคำนวณดังนี้

$$\text{phosphorus content(\% P)} = \frac{0.00815 \times (a-b)}{W \times v}$$

a = phosphate (µg PO_4^{3-}/50 ml.) ของตัวอย่าง

b = phosphate (µg PO_4^{3-}/50 ml.) ของ Blank

W = น้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างที่นำมาทำ ash

v = มล. ของตัวอย่างจากข้อ 8.1 ที่นำมาวิเคราะห์

9. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตในเห็ด 100 กรัมคิดจากการคำนวณค่าที่เหลือจากการหักลบค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และไฟเบอร์

10. การวิเคราะห์วิตามิน

10.1 วิตามิน B_1 (Thiamin) สะกัดตัวอย่างสดที่บดละเอียดประมาณ 5-10 กรัมด้วยการเติมในกรดเกลือเจือจาง (1:60) แล้วนำสารสะกัดมาวิเคราะห์หาปริมาณของ Thiamin (37)

10.2 วิตามิน B_2 (Riboflavin) ใช้ตัวอย่างสดประมาณ 5-10 กรัม ต้มในกรด 0.1 N HCl ใน water bath นาน 1 ช.ม. ตั้งทิ้งให้เย็นและปรับ pH 6.5 ด้วย 4% NaOH กรองสารละลายและปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. นำสารสะกัดมาวิเคราะห์ปริมาณของ Riboflavin (38)

10.3 ไนอะซิน (Niacin) สะกัดตัวอย่างสดที่บดละเอียดประมาณ 5-10กรัม ด้วย 1 N H_2SO_4 โดยอุ่นบน water bath นาน 1 ช.ม. นำออกมาตั้งทิ้งให้เย็น และปรับ pH 4.5 ด้วย 40% NaOH แล้วเจือจางสารละลายจนครบ 100 มล. กรองเอาสารละลายใสมาวิเคราะห์หาปริมาณ Niacin (39)

10.4 วิตามินซี (Ascorbic Acid) สะกัดตัวอย่างสดประมาณ 5-10 กรัม ด้วย 0.5% oxalic acid กรองและปรับปริมาตรจนครบ 100 มล. ด้วย 0.5% oxalic acid นำสารสะกัดที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณ ascorbic acid (40,41)

11. การวิเคราะห์ Protein Digestibility (in vitro)

การทดลองได้ใช้วิธีของ Satterlee et al (13) และ Bodwell et al (17) โดยใช้ multienzyme system ซึ่งมีเอ็นซัยม์ย่อยโปรตีน 4 ชนิด คือ trypsin chymotrypsin peptidase และ protease

11.1 การเตรียมตัวอย่าง ใช้ตัวอย่างเห็ดสดหรือต้มสุกมาบดให้ละเอียดในน้ำกลั่นด้วยเครื่อง homogenizer (Polytron) โดยให้มีความเข้มข้นของโปรตีนเท่ากับ 3.1 มก./มล. นำสารละลายแขวนตะกอนที่ได้มาปรับ pH ให้เท่ากับ 8 ด้วย 0.1-1 N HCl หรือ 0.1-1 N NaOH

11.2 การเตรียม เอ็นซัยม์ ละลาย เอ็นซัยม์แต่ละชนิดในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นดังต่อไปนี้ trypsin (Type IX, Sigma) 16 มก./มล., Chymotrypsin (Type II, Sigma) 31 มก./มล., Peptidase (Grade III, Sigma) 13 มก./มล. และ Protease (Sigma) 15.9 มก./มล. สารละลาย เอ็นซัยม์แต่ละตัวปรับ pH 8

11.3 วิธีวิเคราะห์ ใช้สารละลายตัวอย่างโปรตีนความเข้มข้น 3.1 มก./มล. จำนวน 10 มก. ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 20 มล. อุ่นที่ 37°ซ ปรับ pH 8 (ถ้าจำเป็น) เติม เอ็นซัยม์ 3 ชนิดพร้อม ๆ กันคือ trypsin chymotrypsin และ peptidase อย่างละ 0.5 มล. พร้อมทั้งคนเบา ๆ ด้วย magnetic stirrir ที่ 37°ซ นาน 10 นาที รีบเติม เอ็นซัยม์ protease จำนวน 0.5 มล. ทันที แล้วนำไปอุ่นที่ 55°ซ พร้อมทั้งคนเบา ๆ นาน 8.5 นาที นำกลับมาไว้ที่ 37°ซ และคนอีกนาน 2.5 นาที รีบอ่าน pH ทันที นับเป็นเวลาทั้งหมดตั้งแต่เติม เอ็นซัยม์ชุดแรกนาน 20 นาที นำค่า pH ที่เวลา 20 นาที มาคำนวณโดยใช้สมการดังนี้

$$\% \text{ digestibility} = 234.84 - 22.56 (X)$$

(X) = pH ที่เวลา 20 นาที

การทดลองทุกครั้งใช้ sodium caseinate (ANRC sodium caseinate, Sheffield Products, Memphis, TN.) เป็น control protein ซึ่ง pH ที่ 20 นาที ควรจะเท่ากับ 6.75 ± 0.05 ถ้า pH ของ control protein ที่ 20 นาทีไม่เท่าที่กำหนด แสดงว่าผลการทดลองนั้นใช้ไม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลอง

พันธุ์เห็ดที่เลือกมาวิจัย เป็นเห็ดชนิดที่เพาะเลี้ยงได้ในประเทศไทยและเห็ดที่ขึ้นเองตามธรรมชาติชนิดรับประทานได้ รายชื่อของเห็ดทั้งหมดในชื่อไทย ชื่อสามัญ และชื่อวิทยาศาสตร์ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (nutritive values) ของเห็ดชนิดต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical analysis) ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบฮัยเดรท โปรตีน ไขมัน น้ำ กากอาหาร เถ้า เกลือแร่ และวิตามิน ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2 และ 3 จากตารางนี้จะเห็นได้ว่าเห็ดสดส่วนใหญ่มีน้ำประกอบอยู่ถึง 80-90% ยกเว้นเห็ดลมซึ่งเป็นเห็ดแก่มีลักษณะค่อนข้างแห้งพบว่ามีน้ำอยู่เพียง 62.9% ปริมาณโปรตีนในเห็ดสดส่วนใหญ่พบประมาณ 2-4% และที่น่าสนใจคือในเห็ดโคนพบมีโปรตีนถึง 6.27% ส่วนในเห็ดหูหนูสดพบมีโปรตีนเพียง 0.77% และในเห็ดเผาะพบมีโปรตีนค่อนข้างน้อยคือพบเพียง 1.84% จากค่าที่ได้นี้เราพอจะประมาณได้ว่าเห็ดแห้งจะประกอบด้วยโปรตีนถึง 20-40% ปริมาณของไขมันในเห็ดพบมีน้อยมากพบมีไขมันสูงสุดในเห็ดโคนมีเพียงประมาณ 0.3% กากอาหารมีประมาณ 0.5-1% ปริมาณของเถ้าประมาณ 0.5-1% การคำนวณหน่วยพลังงานจากอาหารเห็ดพบมีค่าประมาณ 25-35 Cal. Units วิตามินในเห็ดพบมี niacin อยู่ในเห็ดเกือบทุกชนิดที่นำมาวิเคราะห์ และพบวิตามินซีในเห็ดบางชนิด ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุพวกแคลเซียม เหล็กและฟอสฟอรัสในเห็ด ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2 แร่ธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้ได้แก่ โซเดียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส ซิลิกอน แคดเมียมและอลูมิเนียม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 เห็ดส่วนใหญ่มีปริมาณของโปตัสเซียมสูง ในเห็ดลมพบมีแคลเซียมอยู่สูงกว่าเห็ดอื่นมาก ที่น่าสนใจคือในเห็ดตับเต่ามีเหล็กสูงกว่าเห็ดอื่น ๆ หลายเท่า ในเห็ดหลายชนิดพบมีฟอสฟอรัสสูง และมีแมกนีเซียมในปริมาณพอสมควร ส่วนแร่ธาตุอื่น ๆ พบมีอยู่ในปริมาณน้อยมาก ส่วนแคดเมียมตรวจไม่พบเลยในเห็ดทุกชนิด

การวิเคราะห์กรดอมิโนที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีนในเห็ดพบว่าเห็ดทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์มีกรดอมิโนทุกชนิดเป็นส่วนประกอบโปรตีนของมันในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 เนื่องจากในเห็ดแต่ละชนิดมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบจึงนำค่าปริมาณกรดอมิโนจำเป็นมาคำนวณเป็นมิลลิกรัมของกรดอมิโน

ตารางที่ 1 รายชื่อของเห็ดที่เลือกมาเพื่อทำการวิจัย

ชื่อไทย	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์
เห็ดกระดุมหรือเห็ดแชมปียอง	Button mushroom, Champignons	Agaricus bisporus (Lang.) Sing.
เห็ดหูหนูบางดอกน้ำตาล		Auricularia auricula-judae
เห็ดหูหนูหนาดอกขาว	White Jew's ear mushroom	Auricularia polytricha
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล	Jew's ear mushroom	Auricularia polytricha (Mont.)Sacc.Mon-leh.
เห็ดตับเต่า		Boletus sp.
เห็ดเผาะหรือเห็ดถอบ		Geaster sp.
เห็ดหอม	Shiitake	Lentinus edodes
เห็ดเป๋าฮื้อหรือเห็ดหอยโข่งทะเล	Abalone mushroom	Pleurotus cystidiosus
เห็ดนางรมหรือเห็ดหอยนางรม	Oyster mushroom	Pleurotus ostreatus (Fr.) Quel.
เห็ดนางฟ้า	Nangfa mushroom, Indian oyster mushroom	Pleurotus sajor-caju(Fr.) Sing.
เห็ดนางนวล		Pleurotus sp.
เห็ดลม		Pleurotus sp.
เห็ดตะไคลหรือเห็ดหล่มขาว		Russula delica Fr.
เห็ดโคนหรือเห็ดปลวก		Termitomyces sp.
เห็ดตีนแรด		Tricholoma crassum
เห็ดฟางหรือเห็ดบัว	Chinese mushroom, Straw mushroom	Volvariella volvacea

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม

Mushroom	Water Gm.	Cal. Unit	Fat Gm.	Carbo-hydrate Gm.	Protein Gm.	Crude Fiber Gm.	Ash Gm.	Mineral			Vitamin			
								Ca mg.	Fe mg.	P mg.	B_1 mg.	B_2 mg.	Niacin mg.	C mg.
เห็ดกระดุม	90.50	24.36	0.169	0.98	4.73	1.447	1.445	9.48	5.73	138.81	0.004	0.27	5.49	4.40
เห็ดกระดุม (กระป๋อง)	89.74	ND	0.004	ND	4.05	1.063	0.741	7.64	0.59	41.98	ND	ND	ND	ND
เห็ดหูหนูหนาดดอก-น้ำตาล (สด)	90.30	30.96	0.013	6.94	0.77	1.474	0.319	27.96	3.09	14.96	0.001	0.09	0.26	0
เห็ดหูหนูหนาดดอก-น้ำตาล (แห้ง)	10.60	237.63	0.088	51.24	7.97	24.789	5.019	60.80	2.16	273.39	0.003	1.02	12.17	0
เห็ดตับเต่า	90.44	28.70	0.038	3.85	3.24	0.845	1.069	3.07	19.89	15.22	<0.001	0.19	1.92	0
เห็ดเผาะ	78.30	ND	ND	ND	1.84	ND	0.006	10.48	0.85	0.24	ND	ND	ND	ND
เห็ดหอม	91.60	26.61	0.121	4.19	2.19	0.934	0.634	6.44	1.06	45.78	0.001	1.03	3.23	0

ND = NOT DETERMINED

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม (ต่อ)

Mushroom	Water Gm.	Cal. Unit	Fat Gm.	Carbo-hydrate Gm.	Protein Gm.	Crude Fiber Gm.	Ash Gm.	Mineral			Vitamin			
								Ca mg.	Fe mg.	P mg.	B_1 mg.	B_2 mg.	Niacin mg.	C mg.
เห็ดหอม(แห้ง)	11.87	ND	0.143	ND	17.47	ND	6.007	32.80	2.87	377.33	ND	ND	ND	ND
เห็ดเป๋าฮื้อ	90.00	28.95	0.088	4.82	2.22	0.994	1.381	3.17	0.48	129.76	0.006	0.25	1.24	0
เห็ดนางรม	90.70	32.39	0.043	5.87	2.13	0.396	0.543	1.32	1.08	55.76	0.004	0.06	8.04	0.82
เห็ดนางฟ้า	90.27	33.32	0.071	4.79	3.38	0.472	0.642	1.90	0.85	87.44	0.006	0.08	3.21	3.56
เห็ดนางนวล	89.10	34.52	0.049	5.62	2.90	1.158	0.783	2.09	1.45	85.24	0.010	0.67	8.92	1.23
เห็ดลม	62.90	114.15	0.017	26.23	2.27	6.775	1.396	141.43	4.09	94.24	0	0.02	0	0
เห็ดตะไคล	87.99	36.39	0.323	4.88	3.49	1.456	1.328	3.98	2.07	59.01	0	0.64	10.98	1.76
เห็ดโคน	84.90	48.72	0.280	5.28	6.27	1.963	1.293	8.64	3.04	135.11	0.095	0.50	9.24	0
เห็ดตีนแรด	84.34	54.30	0.287	10.02	2.91	0.486	1.293	2.71	3.36	115.75	ND	ND	ND	ND
เห็ดฟาง	89.90	32.28	0.071	4.75	3.16	0.595	0.986	5.56	1.27	105.81	0.011	0.14	2.87	0.67

ND = NOT DETERMINED

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณน้ำและปริมาณโปรตีนในเห็ดสดและเห็ดแห้ง

ชื่อเห็ด	% น้ำ	% โปรตีน (ตัวอย่างสด)	% โปรตีน (ตัวอย่างแห้ง)
เห็ดกกระดุม	90.50	4.73	49.79
เห็ดกระดุม (กระป๋อง)	89.74	4.05	39.47
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล	90.30	0.77	7.94
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (แห้ง)	10.60	7.97	8.91
เห็ดตับเต่า	90.44	3.24	33.89
เห็ดเผาะ	78.30	1.84	8.48
เห็ดหอม	91.60	2.19	26.07
เห็ดหอม (แห้ง)	11.87	17.47	19.82
เห็ดเป๋าฮื้อ	90.00	2.22	22.20
เห็ดนางรม	90.70	2.13	22.90
เห็ดนางฟ้า	90.27	3.38	34.74
เห็ดนางนวล	89.10	2.90	26.61
เห็ดลม	62.90	2.27	6.12
เห็ดตะไคล	87.99	3.49	29.06
เห็ดโคน	84.90	6.27	41.52
เห็ดตีนแรด	84.34	2.91	18.58
เห็ดฟาง	89.90	3.16	31.29

ตารางที่ 4 ปริมาณแร่ธาตุในเห็ดสด 100 กรัม

ชื่อเห็ด	Na (มก)	K (มก)	Ca (มก)	Fe (มก)	Mg (มก)	P (มก)	Cu (มก)	Zn (มก)	Mn (มก)	Cd (มก)	Si (มก)	Al (มก)
เห็ดกระดุม	8.06	528.02	9.48	5.73	18.00	138.81	0.38	0.19	0.42	0	8.69	10.09
เห็ดกระดุม (กระป๋อง)	517.80	26.76	7.64	0.59	3.76	41.98	0.33	3.41	0.06	0		
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (สด)	15.08	83.93	27.96	3.09	23.84	14.96	0.04	0.04	0.32	0	8.70	3.50
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล(แห้ง)	245.60	1192.00	60.80	2.16	79.80	273.39	0.30	5.72	0.69	0		
เห็ดตับเต่า	3.74	398.88	3.07	19.89	15.62	15.22	1.03	0.15	0.80	0	11.96	43.31
เห็ดเผาะ	14.33	254.85	10.48	0.85	12.51	0.24	0.07	0.08	0.27	0	0	0.54
เห็ดหอม	6.83	236.54	6.44	1.06	14.73	45.78	0.08	0.11	0.36	0	8.69	3.23
เห็ดหอม (แห้ง)	42.60	2598.00	32.80	2.87	62.3	377.33	0.76	6.71	0.69	0		
เห็ดเป๋าฮื้อ	17.42	328.11	3.17	0.48	8.97	129.76	0.04	0.07	0.16	0	0	0.04
เห็ดนางรม	20.03	213.65	1.32	1.08	12.74	55.76	0.06	0.16	0.09	0	0	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ปริมาณแร่ธาตุในเห็ดสด 100 กรัม (ต่อ)

ชื่อ เห็ด	Na (มก)	K (มก)	Ca (มก)	Fe (มก)	Mg (มก)	P (มก)	Cu (มก)	Zn (มก)	Mn (มก)	Cd (มก)	Si (มก)	Al (มก)
เห็ดนางฟ้า	14.70	244.17	1.90	0.85	16.30	87.44	0.04	0.13	0.16	0	0	0
เห็ดนางนวล	1.84	259.43	2.09	1.45	17.03	85.24	0.16	0.27	0.14	0	11.95	0.27
เห็ดลม	9.48	66.93	141.43	4.09	26.28	94.24	0.29	0.14	1.55	0	54.35	9.42
เห็ดตะไคล	2.16	401.56	3.98	2.07	12.07	59.01	0.57	0.25	0.27	0	26.09	4.30
เห็ดโคน	8.70	432.80	8.64	3.04	11.76	135.11	0.44	1.77	0.80	0		
เห็ดตีนแรด	17.98	473.84	2.71	3.36	19.69	115.75	0.51	0.17	0.18	0	19.56	5.92
เห็ดฟาง	41.10	360.15	5.56	1.27	16.30	105.81	0.43	0.15	0.26	0	0	0.54

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอมิโนในเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม

ชื่อเห็ด	TRYPTOPHAN mg.	THREONINE mg.	ISOLEUCINE mg.	LEUCINE mg.	LYSINE mg.	METHIONINE mg.	CYSTINE mg.	PHENYLALANINE mg.	TYROSINE mg.	VALINE mg.	ARGININE mg.	HISTIDINE mg.	ALANINE mg.	ASPARTIC ACID mg.	GLUTAMIC ACID mg.	GLYCINE mg.	PROLINE mg.	SERINE mg.
เห็ดกระดุม	62	161	131	223	120	61	27	611	90	167	158	147	190	260	612	125	221	113
เห็ดกระดุม (กระป๋อง)	67	217	197	288	304	44	28	539	95	212	235	124	183	319	502	140	174	167
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (สด)	12	32	18	37	20	5	7	65	4	27	24	10	33	44	55	25	21	23
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (แห้ง)	138	471	270	533	318	73	97	714	136	399	309	167	465	678	713	297	369	328
เห็ดตับเต่า	34	105	87	148	70	21	18	256	57	115	96	50	107	168	245	82	78	95
เห็ดเผาะ	16	52	42	56	34	18	26	262	22	47	38	31	49	77	162	42	40	39
เห็ดหอม	29	88	56	102	59	15	17	57	19	67	81	52	92	126	416	65	63	75

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอมิโนในเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัม (ต่อ)

ชื่อเห็ด	TRYPTOPHAN mg.	THREONINE mg.	ISOLEUCINE mg.	LEUCINE mg.	LYSINE mg.	METHIONINE mg.	CYSTINE mg.	PHENYLALANINE mg.	TYROSINE mg.	VALINE mg.	ARGININE mg.	HISTIDINE mg.	ALANINE mg.	ASPARTIC ACID mg.	GLUTAMIC ACID mg.	GLYCINE mg.	PROLINE mg.	SERINE mg.
เห็ดหอม (แห้ง)	197	816	574	962	938	188	190	1848	302	654	817	682	683	1179	2269	534	550	666
เห็ด เป๋าฮื้อ	23	99	89	129	138	30	16	235	36	114	100	45	106	155	283	83	86	84
เห็ดนางรม	22	80	63	94	108	32	18	273	37	77	78	59	80	122	235	64	53	62
เห็ดนางฟ้า	40	94	90	143	176	65	32	291	69	118	75	93	143	136	385	91	73	69
เห็ดนางนวล	48	103	70	135	79	24	23	81	30	92	93	50	127	159	360	85	109	99
เห็ดลม	34	100	67	118	89	19	23	412	20	96	56	61	83	147	192	67	69	83
เห็ดตะไคล	43	135	106	153	97	25	35	88	35	109	132	66	118	191	300	99	100	114
เห็ดโคน	59	255	149	248	193	46	41	1056	105	203	140	266	351	268	1152	178	148	172
เห็ดตีนแรด	17	59	51	69	34	18	21	414	24	74	66	39	69	96	209	45	44	50
เห็ดฟาง	47	137	109	171	101	17	20	93	40	132	107	47	135	209	429	89	107	116

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มีอยู่ใน 1 กรัมโปรตีนของเห็ด ค่าที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 เปรียบเทียบกับค่าที่แนะนำของ FAO/WHO Amino Acid Pattern (1973) ที่ระบุว่าโปรตีนที่เหมาะสมเป็นอาหารที่ดีควรจะประกอบด้วยกรดอมิโนจำเป็นในปริมาณเป็นมิลลิกรัม/กรัมโปรตีนตามที่กำหนดไว้ และเพื่อความสะดวกในการประเมินคุณค่าของโปรตีนในเห็ด จึงใช้ค่า AMINO ACID SCORE ในการพิจารณา ดังได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 7 ค่า AMINO ACID SCORE เท่ากับ 100 หมายความถึงโปรตีนนั้นมีกรดอมิโนในจำนวนที่พอเพียงแก่ความต้องการของร่างกายที่เสนอแนะโดย Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee (1973) พบว่าในเห็ดส่วนใหญ่มีค่า AMINO ACID SCORE ของ Phenylalanine + Tyrosine Tryptophan และ Threonine เกิน 100 ค่า AMINO ACID SCORE ของ Valine Isoleucine Lysine ของโปรตีนในเห็ดส่วนใหญ่มีค่าเกิน 50 ในขณะที่ค่า AMINO ACID SCORE ของ Methionine + Cystine ในเห็ดหลายชนิดมีค่าต่ำกว่า 50

การประเมินคุณค่าอาหารโปรตีนนอกจากจะวิเคราะห์โดยดูส่วนประกอบกรดอมิโนที่ใช้ในการพิจารณาเบื้องต้นแล้วยังจะต้องพิจารณาสิ่งอื่น ๆ ประกอบอีกด้วย เพื่อดูว่ากรดอมิโนของโปรตีนจากพืชหรือสัตว์เหล่านั้นสามารถจะถูกย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้คือจะต้องมี available amino acid ที่ร่างกายสามารถดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากโปรตีนบางชนิดมีโครงสร้างที่ซับซ้อนทำให้ไม่สามารถถูกย่อยได้โดยเอ็นซัยม์ของทางเดินอาหารและไม่สามารถนำกรดอมิโนไปใช้ได้ การทดสอบเบื้องต้นเพื่อดูความสามารถในการย่อยโปรตีนมีวิธีที่กระทำได้ง่าย ๆ และไม่ต้องเลี้ยงสัตว์ทดลอง ซึ่งต้องใช้เวลามาก วิธีที่ใช้ในปัจจุบันคือวิธี Multi-enzyme Assay (in vitro) โดยใช้เอ็นซัยม์ 4 ชนิดดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อวัสดุและวิธีวิจัย ค่าความสามารถของการย่อยโปรตีนในเห็ดจากตัวอย่างสดและตัวอย่างสดที่ต้มสุกแล้วแสดงเป็น % digestibility ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 8 จากตารางนี้จะเห็นได้ว่าเห็ดทุกชนิดเมื่อต้มสุกแล้วความสามารถการย่อยโปรตีนจะเพิ่มขึ้นจากการทดลองพบว่าเห็ดต้มสุกมี % digestibility ประมาณ 80-85% ในขณะที่เห็ดสดมีค่า % digestibility ของโปรตีนเพียงประมาณ 70-75% แสดงว่าโปรตีนที่ต้มสุกสามารถถูกย่อยได้ดีกว่า ค่าที่ได้เปรียบเทียบกับความสามารถการย่อยโปรตีนของ sodium caseinate ซึ่งมีค่า % digestibility เท่ากับ 83.64% ในขณะที่ ANRC casein มีค่า % digestibility เท่ากับ 90.00%

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนจากเห็ดสดคิดเป็น มิลลิกรัม/กรัมโปรตีน

ชื่อเห็ด	ILE	LEU	LYS	MET CYS+	PHE TYR+	THR	TRP	VAL
FAO/WHO Amino Acid Pattern (1973) mg/g protein	40	70	55	35	60	40	10	50
เห็ดกระดุม	27.7	47.1	25.4	18.6	148.2	34.0	13.1	35.3
เห็ดกระดุม (กระป๋อง)	48.6	71.1	75.1	17.8	156.5	53.6	16.5	52.3
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (สด)	23.4	48.1	26.0	15.6	89.6	41.6	15.6	35.1
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (แห้ง)	33.9	66.9	39.9	21.3	106.6	59.1	17.3	50.1
เห็ดตับเต่า	26.9	45.7	21.6	12.0	96.6	17.6	10.5	35.5
เห็ดเผาะ	22.8	30.4	18.5	23.9	154.3	28.3	8.7	25.5
เห็ดหอม	25.6	46.6	26.9	14.6	34.7	40.2	13.2	30.6
เห็ดหอม (แห้ง)	32.9	55.1	53.7	21.6	123.1	46.7	11.3	37.4
เห็ดเป๋าฮื้อหรือเห็ดหอยโข่งทะเล	40.1	58.1	62.2	20.7	122.1	44.6	10.4	51.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดอมิโนจำเป็นในโปรตีนจากเห็ดสดเป็น มิลลิกรัม/กรัมโปรตีน (ต่อ)

ชื่อ เห็ด	ILE	LEU	LYS	MET CYS+	PHE TYR+	THR	TRP	VAL
FAO/WHO Amino Acid Pattern (1973) mg/g protein	40	70	55	35	60	40	10	50
เห็ดนางรมหรือเห็ดหอยนางรม	29.6	44.1	50.7	23.5	145.5	37.6	10.3	36.2
เห็ดนางฟ้า	26.6	42.3	52.1	28.7	106.5	27.8	11.8	34.9
เห็ดนางนวล	24.1	46.6	27.2	16.2	38.3	35.5	16.6	31.7
เห็ดลม	29.5	52.0	39.2	18.5	190.3	44.1	15.0	42.3
เห็ดตะไคล	30.4	43.8	27.8	17.2	35.2	38.7	12.3	31.2
เห็ดโคน	23.8	39.6	30.8	13.9	185.2	40.7	9.4	32.4
เห็ดตีนแรด	17.5	23.7	11.7	13.4	150.5	20.3	5.8	25.4
เห็ดฟางหรือเห็ดบัว	34.5	54.1	32.0	11.7	42.1	43.4	14.9	41.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดง AMINO ACID SCORE ของกรดอมิโนจำเป็นในเห็ด

รายชื่อเห็ด	AMINO ACID SCORE							
	ILE	LEU	LYS	MET CYS+	PHE TYR+	THR	TRP	VAL
เห็ดกระดุม	69.3	67.3	46.2	53.1	247.0	85.0	131.1	70.6
เห็ดกระดุม (กระป๋อง)	121.5	101.6	136.5	50.9	260.8	134.0	165.0	104.6
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (สด)	59.3	68.7	47.3	44.6	149.3	104.0	156.0	70.2
เห็ดหูหนูหนาดอกน้ำตาล (แห้ง)	84.8	95.6	72.5	61.1	177.9	147.8	173.0	100.2
เห็ดตับเต่า	67.3	65.3	39.3	34.3	161.0	81.0	105.0	71.0
เห็ดเผาะ	57.0	43.4	33.6	68.3	257.2	70.8	87.0	51.0
เห็ดหอม	64.0	66.6	48.9	41.7	57.8	100.5	132.0	61.2
เห็ดหอม (แห้ง)	82.3	78.7	97.6	61.7	205.2	116.8	113.0	74.8
เห็ดเป๋าฮื้อหรือเห็ดหอยโข่งทะเล	100.3	83.0	113.1	59.1	203.5	111.5	104.0	102.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ . 7 แสดง AMINO ACID SCORE ของกรดอมิโนจำเป็นในเห็ด (ต่อ)

รายชื่อ เห็ด	AMINO ACID SCORE							
	ILE	LEU	LYS	MET CYS+	PHE TYR+	THR	TRP	VAL
เห็ดนางรมหรือ เห็ดหอยนางรม	74.0	63.0	92.2	67.1	242.7	94.0	103.0	72.4
เห็ดนางฟ้า	66.5	60.0	94.7	81.7	177.5	69.5	118.0	69.8
เห็ดนางนวล	60.3	66.6	49.5	46.3	63.8	88.8	166.0	63.4
เห็ดลม	73.8	74.3	71.3	52.9	317.2	110.3	150.0	84.6
เห็ดตะไคล	76.0	62.6	50.5	49.1	58.7	96.8	123.0	62.4
เห็ดโคน	59.5	56.6	56.0	39.7	308.7	101.8	94.0	64.8
เห็ดตีนแรด	43.8	33.9	21.3	38.3	250.8	50.8	58.0	50.8
เห็ดฟางหรือ เห็ดบัว	86.3	77.3	58.2	33.4	70.2	108.5	149.0	83.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 Percent digestibility (in vitro) ของโปรตีนในเห็ด

ชื่อเห็ด	% digestibility (in vitro)*	
	ตัวอย่างสด	ตัวอย่างสดต้ม
เห็ดกระดุม	74.21	82.79
เห็ดตับเต่า	69.02	78.30
เห็ดหอม	75.27	85.12
เห็ดหอม (ดอกบาง)	74.44	85.12
เห็ดเป๋าฮื้อหรือเห็ดหอยโข่งทะเล	72.86	85.27
เห็ดนางรมหรือเห็ดหอยนางรม	72.97	82.56
เห็ดนางฟ้า	71.05	87.52
เห็ดนางนวล	70.04	71.62
เห็ดลม	75.57	83.47
เห็ดโคน	74.60	84.25
เห็ดฟางหรือเห็ดบัว	71.51	84.59

* % digestibility (in vitro) ของ ANRC sodium caseinate = 83.64%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจารณ์และสรุป

เห็ดเป็นพืชชั้นต่ำจำพวกรา (fungi) สามารถเพาะเลี้ยงให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงได้อย่างรวดเร็ว ตามปกติเห็ดธรรมชาติพบว่า เมื่อถึงฤดูกาลโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนมักจะพบเห็นมีเห็ดขึ้นอย่างชุกชุมและเห็ดที่รับประทานได้ชาวบ้านนิยมนำมาประกอบอาหารรับประทาน เพราะเห็ดเมื่อใช้ประกอบอาหารจะมีกลิ่นและรสชาติดี จากการที่มีคนนิยมรับประทานเห็ดกันมากนี่เอง จึงมีผู้พยายามนำเห็ดพันธุ์ต่าง ๆ มาทำการเพาะเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมการเพาะเห็ดหอม (Lentinus edodes) ซึ่งทำกันมากในต่างประเทศ นับว่าเป็นเห็ดชนิดที่ได้รับความนิยมสูงสุด อย่างไรก็ดีการรับประทานเห็ดหอมนั้นคนมิได้คำนึงถึงในเรื่องของคุณค่าของโปรตีนในเห็ด แต่ส่วนใหญ่จะพอใจในกลิ่นและรสชาติของเห็ดหอมมากกว่า แต่ในปัจจุบันคนเริ่มให้ความสนใจและมีความเชื่อถืออีกอย่างหนึ่งเนื่องจากมีการโฆษณาถึงสรรพคุณต่าง ๆ ของเห็ดหอมอย่างมากมายว่าสามารถช่วยบำบัดพยาธิสภาพบางอย่างได้ เช่นรักษามะเร็ง (52) ต้านไวรัส (53) ช่วยลดความดันและลดโคเลสเตอรอล (54, 55) เป็นต้น อย่างไรก็ดี สิ่งเหล่านี้ควรจะต้องศึกษาเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมกว่านี้อีกมาก

มีเห็ดอื่น ๆหลายชนิดที่เพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารเป็นหลักที่เรานำมาศึกษาได้แก่ เห็ดกระดุม เห็ดหูหนู เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และเห็ดนางนวล เป็นต้น ส่วนเห็ดรับประทานได้ที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ (24) ที่เรานำมาศึกษาได้แก่ เห็ดตับเต่า เห็ดลม เห็ดตะไคล เห็ดโคน เห็ดเผาะ และเห็ดตีนแรด เป็นต้น เห็ดตับเต่า มักพบมากในช่วงฤดูฝนตามสวนผลไม้จะมีเห็ดขึ้นมากมาย ดอกเห็ดค่อนข้างโตมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ปนสีเหลือง เห็ดลมมีอยู่ทั่ว ๆ ไปทางภาคอิสานและภาคเหนือ เห็ดนี้พบขึ้นทั่ว ๆ ไปตามไม้ผุในช่วงฤดูฝนที่พบเห็นนำมาขายมักเป็น เห็ดแก่มีลักษณะแห้งและค่อนข้างเหนียวมีสีออกน้ำตาลอ่อน เห็ดตะไคลพบทางภาคเหนือและภาคอิสาน เห็ดชนิดนี้มีสีขาวลักษณะคล้าย เห็ดกระดุม เนื้อเห็ดมีรสหวานทำให้แมลงชอบกินน้ำจากดอกเห็ดและไข่ทิ้งไว้จึงมักพบว่าภายในของดอกเห็ดจะมีตัวหนอนอยู่เสมอ เห็ดโคน มักพบขึ้นตามจอมปลวก พบมากบริเวณภาคกลางและภาคเหนือของประเทศ เป็นเห็ดที่คนนิยมรับประทานมากที่สุดชนิดหนึ่งมีรสชาติดีและกลิ่นหอม พบขึ้นชุกในช่วงหลังฝนตกชุกราวเดือนเมษายน หรือเดือนกันยายน-ตุลาคม เห็ดเผาะ เป็นเห็ดที่มีลักษณะดอกกลมหรือ

แบน เล็กน้อย มักพบในฤดูร้อนที่มีฝน พบมากทางภาคกลางและภาคเหนือ คนนิยมนำมาแกงคั่ว รับประทานมีรสชาติอร่อยมาก เห็ดตีนแรดพบมากทางภาคอีสานและภาคเหนือ ดอกเห็ดโตมาก มีสีขาว เป็นเห็ดที่นิยมรับประทานกันทั่วไปทางภาคอิสาน ดอกเห็ดจะออกในฤดูฝน

รายงานการศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าอาหารของเห็ดยังมีไม่มากนัก ยังไม่มีข้อมูลที่สมบูรณ์ในเรื่องของคุณภาพของโปรตีนของเห็ดพันธุ์ต่าง ๆ แม้จะเป็นที่ทราบมานานแล้วว่าเห็ดมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ในเห็ดสดพบมีโปรตีนประมาณ 2-4% มีน้ำอยู่ถึง 80-90% ในเห็ดแห้งจะมีโปรตีนอยู่ถึงประมาณ 20-40% นับว่าเป็นปริมาณที่มากเช่น เดียวกับที่พบในพืชจำพวกถั่วเมล็ดแห้ง (25) จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษาถึงคุณภาพของโปรตีนของเห็ด เพิ่มเติมให้ละเอียดยิ่งขึ้น เห็ดชนิดต่าง ๆ ที่นำมาศึกษามีทั้งเห็ดที่เพาะเลี้ยงได้ภายในประเทศและเห็ดรับประทานได้ที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ รายชื่อของเห็ดพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งชื่อไทย ชื่อสามัญ และชื่อวิทยาศาสตร์ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางอาหารจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี (chemical analysis) ต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณของน้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรท โปรตีน กาก เถ้า เกลือแร่ และวิตามิน ได้รวบรวมสรุปไว้ในตารางที่ 2 พบว่าเห็ดสดมีน้ำมากถึง 80-90% ยกเว้นเห็ดลมที่นำมาศึกษาเป็นเห็ดแก่ ซึ่งมีลักษณะค่อนข้างแห้ง พบมีน้ำอยู่เพียง 62.9% เห็ดมีไขมันน้อยมากมีมากที่สุดในเห็ดตะไคลมีเพียง 0.3% ส่วนประกอบโปรตีนในเห็ดสดมีประมาณ 2-4% ที่น่าสนใจคือในเห็ดโคนมีโปรตีนถึง 6.27% ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าเห็ดมีน้ำอยู่มาก ดังนั้น เมื่อเห็ดถูกดึงน้ำออกแล้วจะพบมีปริมาณโปรตีนสูง ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 เมื่อเทียบกับพืชโปรตีนสูงอื่น ๆ เช่น พวกถั่วเมล็ดแห้งซึ่งมีโปรตีนประมาณ 20-30% (25) แล้วจะเห็นได้ว่าเห็ดอาจเป็นพืชที่ให้โปรตีนที่ดีอย่างหนึ่งได้ จึงเป็นเรื่องน่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมต่อไปอีกในเรื่องคุณภาพของโปรตีนของเห็ด

ปริมาณกากอาหาร (crude fiber) ของเห็ด พบมีประมาณ 1% แต่ในเห็ดลมพบมีมากถึง 6.78% ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมาเรื่องกากอาหาร หรือ dietary fiber ได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเชื่อว่ากากอาหารสามารถช่วยป้องกันและรักษาโรคบางอย่างของสภาวะไม่สมดุลย์ของร่างกายและโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารได้ (42,43) กากอาหารจากเห็ดหอมพวก neutral detergent fiber (NDF) ที่ไม่มีสาร eritadenine (ซึ่งเข้าใจว่าเป็นสารช่วยลด cholesterol (56,57)) พบว่ามีผลต่อการลดของระดับ

cholesterol ในพลาสมาได้ (43) เรื่องนี้จึงนับว่าน่าสนใจศึกษาเพิ่มเติมให้มากยิ่งขึ้น ปริมาณแร่ธาตุของสารอาหารในเห็ดได้แก่ แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัสในเห็ดต่าง ๆ ที่นำมาวิจัย ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2 รวมทั้งปริมาณแร่ธาตุอื่น ๆ ที่สำคัญในแง่ของอีเลคโทรลัยท์ (electrolytes) คือโซเดียมและโปตัสเซียม แร่ธาตุส่วนน้อย (trace elements) ได้แก่ แมกนีเซียม ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และซิลิกอน ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4 สรุปได้ว่าเห็ดทุกชนิดมีสารอาหารแร่ธาตุที่จำเป็นได้แก่ เหล็ก ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ในปริมาณต่าง ๆ กัน มีฟอสฟอรัสอยู่มากพอควร โดยส่วนใหญ่มีประมาณ 50-100 มิลลิกรัมในเห็ด 100 กรัม ตามปกติร่างกายต้องการสารฟอสฟอรัสวันละประมาณ 400 มิลลิกรัม (44) ดังนั้นการรับประทานเห็ดเพียงวันละประมาณ 3-4 ขีดก็จะได้ฟอสฟอรัสเพียงพอแก่ความต้องการ สารอาหารพวกเล็กในเห็ดส่วนใหญ่พบมี 2-5 มิลลิกรัม % พบมีมากในเห็ดตับเต่ามีถึง 20 มิลลิกรัม% ส่วนแคลเซียมพบมีอยู่น้อยคือมีประมาณ 1-10 มิลลิกรัม% นอกจากในเห็ดลมมีถึง 141 มิลลิกรัม% แร่ธาตุพวก electrolytes ที่สำคัญคือโซเดียมและโปแตสเซียม พบมีอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันมากในเห็ดแต่ละชนิด เห็ดส่วนใหญ่มีโปตัสเซียมประมาณ 200-400 มิลลิกรัม% ส่วนโซเดียมพบมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2-40 มิลลิกรัม% แร่ธาตุจำเป็นส่วนน้อย (trace elements) อื่น ๆ พบมีอยู่ในปริมาณเล็กน้อยในเห็ดที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด นอกจากในเห็ดเผาะ เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางรม และเห็ดฟาง ไม่พบมีซิลิกอน การทดลองพบว่ามีแร่ธาตุอลูมิเนียมในปริมาณเล็กน้อยต่าง ๆ กัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดจากการปะปนมาจากแผ่น aluminum foil ที่ใช้รองตัวอย่างในกระบวนการเตรียมเห็ดเพื่อมาวิเคราะห์ก็ได้ ในเห็ดทุกชนิดไม่พบมีสารแคดเมียมอยู่เลยจากการวิจัยนี้

สารอาหารพวกวิตามิน ได้แก่ thiamin (vitamin B_1), riboflavin (vitamin B_2), niacin และ ascorbic acid (vitamin C) พบได้ในเห็ดบางชนิด ส่วนใหญ่พบมีปริมาณเล็กน้อย เห็ดกระดุม เห็ดนางฟ้า เห็ดนางนวล และเห็ดตะไคล มีวิตามินซีอยู่พอสมควร พบประมาณ 1-4มิลลิกรัม/100 กรัมของเห็ด พบมีในอาซินปริมาณเล็กน้อยในเห็ดกระดุม เห็ดตับเต่า เห็ดหอม เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางฟ้าและเห็ดฟาง และพบมีมากพอควรในเห็ดนางรม เห็ดนางนวล เห็ดตะไคล และเห็ดโคน คือมีประมาณ 8-10 มิลลิกรัม/100 กรัมของเห็ด

การประเมินคุณภาพของโปรตีนต่าง ๆ ต้องการข้อมูลที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งคือการวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอมิโนในโปรตีนนั้น ๆ และการวิเคราะห์การย่อยของโปรตีน (protein digestibility) ก็มักใช้เป็นดรรชนีเบื้องต้นที่จะบอกถึงการมีอยู่และพร้อมที่จะถูกนำไปใช้ได้ในร่างกายของกรดอมิโน (availability of amino acid) (32) เหล่านั้นในโปรตีนต่าง ๆ การวิเคราะห์ส่วนประกอบของกรดอมิโนในเห็ดส่วนที่กินได้ 100 กรัมของเห็ดต่าง ๆ ที่นำมาวิจัยได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 จากตารางนี้จะพบว่าเห็ดทุกชนิดมีส่วนประกอบของกรดอมิโนทุกชนิดครบถ้วนทั้งพวกกรดอมิโนจำเป็นและกรดอมิโนไม่จำเป็นในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการง่ายแก่การดูผล เพราะเห็ดแต่ละชนิดมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันจึงใช้วิธีการคำนวณหาปริมาณกรดอมิโนจำเป็นต่อกรัมโปรตีนของเห็ด ดังได้สรุปไว้ในตารางที่ 6 พร้อมทั้งได้แสดงปริมาณของกรดอมิโนจำเป็นในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้เสนอแนะโดย FAO/WHO 1973 ให้ถือเป็น standard reference pattern ของส่วนประกอบกรดอมิโนในโปรตีนที่ควรจะมีอยู่ในอาหารโปรตีนซึ่งจะเพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย ดังนั้นถ้ากรดอมิโนตัวใดตัวหนึ่งในโปรตีนมีปริมาณน้อยกว่าที่กำหนดก็ถือได้ว่าโปรตีนนั้นยังไม่มีคุณค่าดีพอ ขณะเดียวกันถ้ามีกรดอมิโนใดมีปริมาณมากกว่าที่กำหนด แสดงว่าโปรตีนนั้นอาจเป็นแหล่งที่ดีของกรดอมิโนจำเป็นเหล่านั้นได้ ซึ่งอาจนำไปใช้รับประทานร่วมกับโปรตีนอื่น ๆ ที่ขาดกรดอมิโนนี้ก็จะช่วยทำให้เพิ่มคุณค่าของอาหารโปรตีนเหล่านั้นได้ การคำนวณค่าคะแนนกรดอมิโน (Amino Acid Score) ทำให้ช่วยการวิเคราะห์ผลสะดวกยิ่งขึ้น ค่าคะแนนกรดอมิโนของโปรตีนของเห็ดได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 7 กรดอมิโนใดที่มีค่า Amino Acid Score เท่ากับหรือเกิน 100 แสดงว่าโปรตีนมีกรดอมิโนนั้นในอัตราส่วนที่มากเพียงพอแก่ความต้องการนั่นคือโปรตีนใดมีค่า Amino Acid Score ของกรดอมิโนจำเป็นทุกตัวเป็น 100 ถือว่าโปรตีนนั้นมีคุณค่าของโปรตีนสูงเป็นพวกโปรตีนสมบูรณ์ (complete protein) (6) แต่ในกรณีที่โปรตีนใดขาดกรดอมิโนตัวใดตัวหนึ่งหรือมากกว่าคือมาค่าของ Amino Acid Score เป็น 0 แสดงว่าโปรตีนนั้นเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ (incomplete protein) จากการวิจัยนี้พบว่าเห็ดต่าง ๆ มีค่าของ Amino Acid Score ของกรดอมิโนจำเป็นต่างกันมาก อย่างไรก็ดีพอสรุปได้ว่าเห็ดเกือบทุกชนิดมี Amino Acid Score ของกรดอมิโนหลายชนิด เช่น ฟีนิลอลานีน + ทัยโรซีน ทริพโตแฟน และ ทัยโรซีน มีค่าเกิน 100 และกรดอมิโนอื่น ๆ มีค่า Amino Acid Score เกือบเท่ากับ 100 เป็นที่น่าเสียดายว่า ค่า

041172

Amino Acid Score ของกรดอมิโนพวกที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบคือ เมทัยโอนิน + ซิสตีน ในเห็ดหลายชนิดมีค่าต่ำกว่า 50 แสดงถึงการมีอยู่ในจำนวนจำกัดของกรดอมิโนเหล่านี้ในเห็ด อย่างไรก็ดี เห็ดส่วนใหญ่สามารถเป็นแหล่งที่ดีของกรดอมิโนพวก ฟีนิลอลานีน ทัยโรซีน และทริพโตแฟน ส่วนกรดอมิโนอื่น ๆ มีอยู่ในอัตราส่วนค่อนข้างสูง หรือปานกลาง ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนประกอบกรดอมิโนพอจะสรุปได้ว่า โปรตีนของเห็ดอาจจัดอยู่ในโปรตีนพวกไม่สมบูรณ์บางส่วน (partially incomplete protein) (6) กล่าวคือเห็ดบางชนิดเป็นแหล่งที่ดีของกรดอมิโนบางตัวและมีกรดอมิโนบางตัวน้อยไปต่าง ๆ กัน โดยที่เห็ดชนิดหนึ่งอาจมีกรดอมิโนตัวหนึ่งตัวใดน้อยไปในขณะที่กรดอมิโนนั้น ๆ อาจมีอยู่มากในเห็ดอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นถ้าเราเลือกรับประทานเห็ด 2-3 ชนิด ร่วมกันก็สามารถช่วยให้ได้รับปริมาณรวมของกรดอมิโนจำเป็นทุกชนิดมากเพียงพอ จนทำให้ได้รับคุณค่าของโปรตีนดีขึ้นมากกว่าการรับประทานเห็ดเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่นการรับประทานเห็ดเป๋าฮื้อ + เห็ดนางฟ้า หรือการรับประทานเห็ดนางฟ้า + เห็ดฟาง + เห็ดนางรม เป็นต้น

การทดสอบความสามารถการย่อยของโปรตีน (protein digestibility) เป็นวิธีการเบื้องต้นที่ใช้ตรวจสอบ availability ของกรดอมิโนในโปรตีนนั้น ในบางกรณีกรดอมิโนที่ประกอบอยู่ในโปรตีนอาจมีโครงสร้างที่ไม่พร้อมที่จะถูกย่อยได้ด้วยเอ็นซัยม์ ในทางเดินอาหารจึงทำให้ไม่ได้เป็นกรดอมิโนอิสระซึ่งพร้อมที่จะถูกดูดซึมและนำไปสู่เซลล์เพื่อสร้างเป็นโปรตีนของร่างกายได้ การวัดค่าของ protein digestibility สามารถทำได้โดยวิธีของ animal bioassay เป็นวิธีที่ใช้กันมานานแล้ว แต่วิธีนี้เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลานานและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้การทดลองนับว่าเป็นภาระหนักมากด้วย ทำให้มีบุคคลหลายกลุ่มได้พยายามคิดค้นวิธีการใหม่ ๆ มาใช้สำหรับการทดสอบนี้ มีการพยายามใช้เอ็นซัยม์ย่อยโปรตีนทำการทดลองภายนอกร่างกาย ซึ่งเริ่มเสนอขึ้นโดย Akeson และ Stahmann (9) และต่อมา Ford และ Stalter (45) Buchanan (10) และ Buchanan และ Byers (46) ได้เสนอวิธี in vitro system ในการวัดค่า protein digestibility ของโปรตีนสกัดจากข้าวสาลีด้วยเอ็นซัยม์ย่อยโปรตีน papain ซึ่งได้ผลดีเช่นเดียวกับการทดลองโดย rat bioassay จากนั้น Saunder et al (11) ได้พัฒนาการใช้เอ็นซัยม์ย่อยโปรตีนร่วมกันคือ papain-trypsin system และได้มีการพัฒนาวิธีการต่อมาอีกโดยใช้เอ็นซัยม์หลายตัวร่วมกัน มีวิธีการยุ่งยากน้อยกว่า (13,16,47) ซึ่งพบว่าได้ผลดี เช่นเดียวกับการ

ทำ rat bioassay และการทดลองในคน ทั้งการทดลอง in vitro และ in vivo (17-19) จนกระทั่งในปัจจุบันวิธีIn Vitro Multienzyme System สำหรับการทดลองหาค่า protein digestibility ก็ได้ยอมรับเข้าไว้เป็นวิธีการมาตรฐานวิธีหนึ่งใน AOAC : Official Methods of Analysis (20)

การทดสอบการย่อยโปรตีนของเห็ดโดยใช้วิธี multienzyme system ที่เสนอแนะขึ้นโดย Satterlee et al (13) Bodwell et al (17) และ Marshall et al (18) โดยทดสอบค่า protein digestibility จากตัวอย่างทั้งเห็ดสดและตัวอย่างเห็ดต้มสุกนาน 20 นาที ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยโปรตีนในเห็ดสดมีค่าน้อยกว่าการย่อยของโปรตีนในเห็ดที่ต้มสุก ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าค่าการย่อยจะอยู่ในช่วงประมาณ 70-75% และ 80-85% จากตัวอย่างสดและตัวอย่างต้มสุกตามลำดับ มีที่ต่างไปมากคือเห็ดนางนวลมีการย่อยค่อนข้างต่ำในเห็ดต้มสุก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทดลองตัวอย่างนี้ได้ใช้น้ำต้มเห็ดนั้นมาใช้ผสมเตรียมสารละลายโปรตีนที่ใช้ทดสอบการย่อยจึงเป็นไปได้ว่าน้ำจากการต้มอาจมีสารบางอย่างที่ทำให้ดึงค่า pH สุดท้ายให้สูงกว่าที่ควรจะเป็นจึงเป็นผลให้การคำนวณค่า % protein digestibility มีค่าต่ำไป จากผลการทดลองซึ่งพบว่าตัวอย่าง เห็ดต้มสุกมีค่าการย่อยสูงกว่าตัวอย่างเห็ดสดนั้นอาจเป็นผลเนื่องจากสาเหตุสองประการคือ

ประการที่ 1 ความร้อนที่ใช้ต้มนั้นทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพไปและช่วยให้มันถูกย่อยด้วยเอ็นซัยม์ดีขึ้น (3) หรือ

ประการที่ 2 ในเห็ดสดอาจมีสาร trypsin inhibitor อยู่ด้วย และความร้อนสามารถทำลายสาร trypsin inhibitor ได้เช่นเดียวกับที่พบเกิดขึ้นในพืชพวกถั่วและธัญพืช (48) สิ่งเหล่านี้ควรจะได้ทำการศึกษาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับ trypsin inhibitor ว่ามีอยู่จริงหรือไม่ในเห็ดสด

จากการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของโปรตีนของเห็ด นักวิจัยบางคนเสนอแนะว่ามีเพียง 60-80% ของโปรตีนในเห็ดที่ถูกย่อยได้โดยเขาอธิบายว่าเห็ดประกอบด้วยสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โปรตีนอยู่ในผนังเซลล์ของเห็ด (49,50) ดังนั้นการหาปริมาณโปรตีนโดยวิธีของ Kjeldahl ที่ใช้แฟคเตอร์ N x 6.25 ในการคำนวณจึงเป็นค่าที่สูงกว่าโปรตีนที่มี

อยู่จริง จึงได้เสนอแนะให้คำนวณค่าโปรตีนของเห็ดโดยใช้แฟคเตอร์ 70% N x 6.25 ซึ่งเท่ากับ N x 4.38 แทนแฟคเตอร์ N x 6.25 เพื่อจะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่ถือว่าโปรตีนนั้นถูกนำไปใช้ได้ทั้งหมด และค่าที่ได้จะเป็นตัวแทนของโปรตีนในเห็ดที่มีอยู่จริง อย่างไรก็ดีแฟคเตอร์ที่เสนอแนะนี้อาจไม่เป็นจริง เสมอไปที่จะใช้กับเห็ดทุกชนิด และมันไม่ได้เป็นแฟคเตอร์สำหรับหาปริมาณโปรตีนที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป

จากข้อมูลเบื้องต้นทั้งหมดที่ได้จากการทดลองนี้ เมื่อเรามาลองพิจารณาว่าถ้าจะรับประทานเห็ดเป็นอาหารหลักที่ให้โปรตีนเพียงอย่างเดียว เราควรจะรับประทานเห็ดอย่างไร และในปริมาณเท่าไรจึงจะได้คุณค่าโปรตีนสูงสุด และเพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย โดยกำหนดว่าผู้ใหญ่ปกติต้องการโปรตีน 0.6 กรัม/น้ำหนักตัว 1กิโลกรัม/วัน (22, 44) ดังนั้นผู้ใหญ่หนัก 60-70 กิโลกรัมต้องการโปรตีน 36-42 กรัม ซึ่งจะเท่ากับเห็ดสดประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม และเมื่อเทียบค่าการย่อยแล้ว อาจกล่าวได้ว่าการรับประทานเห็ดเพียงวันละ 1 กิโลกรัมหรือมากกว่า เล็กน้อยก็จะได้รับปริมาณโปรตีนเพียงพอ การรับประทานเห็ดร่วมกัน 2-3 ชนิดเช่น เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และเห็ดฟาง เป็นต้น อาจช่วยให้ร่างกายได้รับโปรตีนคุณภาพดีที่มีกรดอมิโนครบถ้วนเพียงพอแก่ความต้องการ ในคนพวกที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ อาจรับประทานพืชอื่น ๆ ที่มี เมทัยโอนีน และซีสตีนสูง ได้แก่ เมล็ดงา (51,58) ร่วมด้วย หรือพืชอื่น ๆ ร่วมไปด้วยก็จะช่วยให้ได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดีขึ้น ในคนทั่ว ๆ ไป ไปถ้ารับประทานโปรตีนของเนื้อสัตว์หรือไข่จำนวนเพียงเล็กน้อยร่วมไปด้วยก็จะได้รับคุณค่าอาหารที่ดีและเพียงพอแก่ความต้องการ จากข้อมูลทั้งหมดนี้อาจจะกล่าวได้ว่า เห็ดดูเหมือนจะเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่ดีอย่างหนึ่งได้ เพราะโปรตีนของเห็ดมีกรดอมิโนทุกชนิด แม้ว่าจะมีกรดอมิโนบางตัวอยู่ค่อนข้างจำกัดก็ตาม การรับกระทานเห็ดหลาย ๆ ชนิดร่วมกัน หรือรับประทานร่วมกับโปรตีนจากพืชอื่นๆ หรือโปรตีนจากสัตว์เพียงเล็กน้อยก็จะช่วยแก้ปัญหาได้

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ในการศึกษาคุณค่าทางอาหารโปรตีน โดยทั่ว ๆ ไปแล้วข้อมูลเรื่องส่วนประกอบกรดอมิโนและการย่อยโปรตีน เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ประเมินคุณค่าของโปรตีน การศึกษาในรายละเอียดอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมมากกว่านี้จะสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาคุณค่าของโปรตีนได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น ควรจะได้ทำการศึกษาโดย animal bioassay ซึ่งได้แก่

1. การศึกษา Protein Efficiency Ratio (PER)
2. การศึกษา Net Protein Ratio (NPR)
3. การศึกษา Relative Net Protein Ratio (RNPR)
4. การศึกษา Digestible Protein (DP)
5. การศึกษา Net Protein Utilization (NPU)
6. การศึกษา Biological Value (BV)

การศึกษา เหล่านี้ต้องการเวลานานและภาระหนักในการทดลอง ซึ่งการศึกษา เหล่านี้ใช้เป็นวิธีการมาตรฐานในการวิเคราะห์คุณภาพของโปรตีน เราจะได้เลือกเห็ดบางชนิดที่สามารถเพาะเลี้ยงได้ในประเทศไทยที่ดูเหมือนจะมีคุณค่าของโปรตีนที่ดี และเห็ดที่นิยมรับประทานอื่น ๆ มาศึกษาถึงคุณค่าของโปรตีนโดยวิธีทำ rat bioassay หาค่าของดรรชนีต่าง ๆ ดังกล่าว เพื่อนำมาพิจารณาคุณภาพของโปรตีนในเห็ดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. โรคขาดธาตุอาหารในประเทศไทย พ.ศ. 2500 แถลงการณ์สาธารณสุข 34, 12-30 (2507)

2. ปัญหาโภชนาการและการขาดสารอาหาร แถลงการณ์สาธารณสุข 38, 1-12 (2513)

3. Gaman, P.M. and Scherringtor, K.B. (1981) Proteins. In The Science of Food 2nd ed. Pergamon Press. N.Y. p. 71-85

4. Bender, A.E. (1978) Protein. In Food Processing and Nutrition, Academic Press, N.Y. p. 59-79

5. Energy and Protein Requirements (1973) Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Commitee, World Health Organization. Tech. Report No. 522, Geneva.

6. Krause, M.W. and Mahan, L.K. (1979), Food Nutrition and Diet Therapy, W.S. Sauders Co, Philadelphia, p. 828-889

7. Miller, D.S. and Bender, A.E. (1955) The Determination of the Net Utilization of Proteins by a Shortened Method. Br. J. Nutr. 9, 382-388

8. Bender, A.E. and Haizeldon, S. (1967) Biological Value of the Protein of a Variety of Fishmeals. Br. J. Nutr. 11, 42-43.

9. Akeson, W.R. and Stahman, M.A. (1964) A Pepsin-Pancreatin Digest Index of Protein Quality. J. Nutr. 83, 257

10. Buchanan, R.A. (1969) In Vivo and In Vitro Methods of Measuring Nutritive Value of Leaf Protein Concentrates. Brit. J. Nutr. 23, 533.

11. Saunder, R.M., Connor, M.A., Booth, A.N., Bickoff, E.M. and Koehler, G.O. (1973) Measurement of Digestibility of Alfalfa Concentrates by In Vivo and In Vitro Methods. J. Nutr. 103, 530.

12. Hsu, H.W., Sutton, N.E., Benjo, M.O., Saterlee, L.D. and Kendrick, J.G. (1978) The C-PER and T-PER Assays for Protein Quality. Food. Technol. 32, 69.

13. Satterlee, L.D., Marshall, H.F. and Tennyson, J.M. (1979) Measuring Protein Quality. J.A.O.C.S. 56, 103-109.

14. Dryden, M.J., Kendrick, J.G., Satterlee, L.D., Schroeder, L.J. and Block, R.G. (1977) Predicting Protein Digestibility and Quality Using an Enzyme-Tetrahymena pyriformus W Bioassay. J. Food. Biochem. 1, 35.

15. Evancho, G.M. Hurt, H.D., Devlin, P.A., Landers, R.E. and Ashton, D.H. (1977). Comparisons of Tetrahymena pyriformys W and Rat Bioassays for the Determination of Protein Quality. J. Food Sci. 42, 444.

16. Hsu, H.W., Vavak, D.L., Satterlee, L.D. and Miller, G.A. (1977) A Multienzyme Technique for Estimation Protein Digestibility. J. Food. Sci. 42, 1269-1273.

17. Bodwell, C.E. Satterlee, L.D. and Hakler, L.R. (1980) Protein Digestibility by Human and Rat Assays and by In Vitro Enzymic Digestion Methods. Am. J. Clin. Nutr. 33, 677-686.

18. Marshall, H.F., Jr., Wallace, G.W., and Satterlee, L.D. (1979) Prediction of Protein Digestibility by an In Vitro Procedure Using Human, Porcine and Rat Pancreatin Preparation. Nutr. Rep. Int. 19, 901-913.

19. Rich, N., Satterlee, L.D. and Smith, J.L. (1980) A Comparison of In Vivo Apparent Protein Digestibility in Man and Rat to In Vitro Protein Digestibility as Determined Using Human and Rat Pancreatins as Commercially Available Protease. Nutr. Rep. Int. 21, 285-300.

20. AOAC : Official Methods of Analysis (1984) 14th ed. Williams, S. ed. Association of Official Analytical Chemists Inc. Washington DC. p. 878-880.

21. Villegas, E. and Bauer, R. (1974) Protein and Lysine Content of Improved Tritical. In Triticale : First Man-Maid Cereal. Ed. C.C. Tsen. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN. p. 150.

22. Bender, A.E. (1983) Nutritional Value of Proteins and Its Assessment, in Food Proteins Fox, P.F. and Condon, J.J. eds. Applied Science Publisher, London, p. 121-131.

23. Kihlberg, R. (1972) The Microbe as a Source of Food. In Anaual Review of Microbiology (ed. by Clifton, C.E., Raffel, S. and Starr, M.P.) 26, 427-466 Palo Alto, Calif : Annual Reviews, Inc.

24. ดีพร้อม ไชยวงค์เกียรติ (2519) การเพาะเห็ดและเห็ดบางชนิดในประเทศไทย ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.

25. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม กองโภชนาการ กรมอนามัย กรกฎาคม 2521.

26. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrient in Food, Academic Press, N.Y. p. 107-108.

27. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrient in Food. Academic Press, N.Y. p. 113-116.

28. AOAC : Official Methods of Analysis (1980) 12thed. Assn. Offic. Anal. Chem. Washington D.C. p. 14-15.

29. Moore, S. and Stein, W.H. (1963) Chromatographic Determination of Amino Acids by Use of Automatic Recording Equipment, Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. eds, Methods in Enzymol. 6, 819.

30. Mathesen, N.A., (1974) The Determination of Tryptophan in Purified Proteins and in Feeding-Stuffs. Br. J. Nutr. 31, 393.

31. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Foods, Academic Press, London. p. 155-156.

32. Lee, R. (1975) Food Analysis, In Analytical and Quality Control Methods for the Food Manufacturer and Buyer. 3rd ed., Leonard Hill Books, London, p. 84.

33. Harold, E., Kirk, R.S. and Sawyer, R., (1981) Pearson's Chemical Analysis of Foods 8th ed., Churchill Livingstone, N.Y. p. 20-24.

34. Osborne, D.R. and Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrients in Foods, Academic Press, London, p. 166-167.

35. Osborne, D.R., Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrient in Food, Academic Press, London p. 167-169.

36. Osborne, D.R., Voogt, P. (1978) The Analysis of Nutrient in Food, Academic Press, London, p. 178-180.

37. Strohecker, R. and Henning, H.M. (1966) Vitamin Assay-Tested Methods : Translated by Libman, D.D., Verlag Chemic GMBH Weinheim/Bergstr. p. 65-72.

38. Strohecker, R., and Henning, H.M. (1966) Vitamin Assay-Tested Methods, Translated by Libman, D.D., Verlag Chemic GMBH Weinheim/Bergstr. p. 98-104.

39. AOAC : Official Methods of Analysis (1980) 13th ed (William Horwitz, ed) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. p. 743-744.

40. Manzur-Ul-Haque Hashimi (1973) Assay of Vitamins in Pharmaceutical Preparations, John Wiley and Sons Ltd. p. 304-306.

41. Strohecker, R. and Henning, H.M. (1966) Vitamin Assay-Tested Methods, Translated by Libman, D.D., Verlag Chemic GMBH Weinheim/Bergstr. p. 239-240.

42. Trowell, H.C. (1972) Crude Fiber, Dietary Fiber and Atherosclerosis. Atherosclerosis 16, 138.

43. Kurasawa, S-I.,Sugahara, T. and Hayashi, J. (1982) Studies on Dietary Fiber of Mushrooms and Edible Wild Plants. Nutr. Rep. Int. 26, 167-173.

44. Rudman, D. (1980) Nutritional Disorder., In Harrison's Principles of International Medicine. 9th ed. by Esselbacher, K.J., Adams, R.D., Braunwald, E., Petersdorf, R.G., and Wilson, J.D., eds. McGraw-Hill International Book Co., London p. 396-403.

45. Ford, J.E. and Salter, D.N. (1966) Analysis of Enzymatically Digested Food Proteins by Sephadex-gel Filtration. Brit. J. Nutr. 20, 843.

46. Buchanan, R.A. and Byers, M. (1969) Interference by Cyanide with the Measurement of Papain Hydrolysis. J. Sci. Food. Agri 20, 364.

47. Maga, J.A., Lorenz, K. and Onayemi, O. (1973) Digestive Acceptability of Proteins as Measured by the Initial Rate In Vitro Proteolysis. J. Food. Sci. 38, 173.

48. Hegarty, P.V., (1982) Influence of Food Processing on Nutritive Value of Protein. In Food Protein (Fox, P.F. and Condon, J.J., eds.) Applied Science Publisher, London. p. 145-154.

49. Fitzpatrick, W.H., Esselen, W.B., Jr. and Weir, E. (1946) Composition and Nutritive Value of Mushroom Protein. J. Am. Diet. Assoc. 22, 318-323.

50. Gilbert, F.A. and Robinson, R.E. (1957) Food From Fungi. Econ. Bot. 11, 126-145.

51. Food Composition Table for Use in East Asia (1972), A Research Project by U.S. Department of Health Education and Walfare, Public Health Service, National Institutes of Health; Food and Agriculture Organization of the United Nations.

52. Ikekawa, T., Uehara, N., Maeda, Y., Nakamishi, M., and Fukuoka, F. (1969) Antitumor Activity of Aqueous Extracts of Some Edible Mushrooms. Cancer Res. 29, 734-735.

53. Suzuki, F., Koide, T., Tsunoda, A., and Ishida, N., (1976) Mushroom Extract as an Interferon Inducer. I. Biological and Physiochemical Properties of Spore Extracts of Lentinus edodes. Mushroom Sci. 9,(Part 1), 509-520.

54. Suzuki, S., and Oshima, S. (1976) Influence of Shii-ta-ke (Lentinus edodes) on Human Serum Cholesterol. Mushroom Sci. 9, (Part 1) 463-467.

55. Tokuda, S. and Kaneda, T. (1976) Reducing Mechanism of Plasma Cholesterol by Shii-ta-ke. Mushroom Sci. 9, (Part 1), 445-462.

56. Takashima, K., Izami, K., Iwai, H., and Takeyama, S. (1973). The Hypocholesterolemic Action of Eritadenine in the Rat. Atherosclerosis 17, 491-502.

57. Takashima, K., Sato, C., Sasaki, Y., Morita, T., and Takeyama, S. (1974). Effect of Eritadenine on Cholesterol Metabolism in the Rat. Biochem. Pharmacol 23, 433-438.

58. สุภาพ สวนปาน (2518) ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอมิโนในอาหารไทย, โภชนาสาร 9(1), 41-48.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย