ผลของระยะเวลาการหมักด้วย *Aspergillus oryzae* ต่อไฟเตทในกากงาดำสกัดเย็น

Effects of fermenting periods with *Aspergillus oryzae* on phytate in cold-pressed sesame black seed meal

กาญจนา บันสิทธิ์[1*], อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์[1], ธีระพล บันสิทธิ์[1], นิภาพรรณ สิงห์ทองลา[1] และวิชาญ แก้วเลื่อน[1]

Kanjana Bansiddhi[1*], Ariyaporn Pongrat[1], Dherapol Bansiddhi[1], Nipaphan Singthongla[1] and Wichan Kaewluan[1]

บทคัดย่อ: กากเมล็ดงาดำสกัดเย็น (cold-pressed sesame black seed meal) จากการสกัดน้ำมัน ด้วยเครื่องบีบอัดขนาดเล็ก เป็นผลพลอยได้ที่มีโภชนะหลายชนิดคงเหลืออยู่มาก โดยเมล็ดมีสภาพการแตกปนน้อยและไม่มีกลิ่นไหม้ พบว่ามี โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และฟอสฟอรัสทั้งหมด จำนวน 34.96%, 22.58%, 8.26%, และ 0.92% ตามลำดับ และมีไฟเตท 20.22 มก./ก. การทดลองผลของระยะเวลาการหมักด้วย*Aspergillus oryzae* ต่อปริมาณไฟเตทในกากงาดำสกัดเย็น โดยใช้สารละลายสปอร์เพาะเลี้ยงบนกากงาดำสกัดเย็นนาน 6 วันแล้วเติมน้ำเกลือ20 %ปริมาณ 2 เท่าของกากงา หมักต่อเป็นเวลา 5 ช่วงอายุ คือ 0, 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ตามลำดับ พบว่าคุณค่าทางโภชนะหลังอบแห้งมีค่าเฉลี่ยของโปรตีน ไขมัน เยื่อใยและเถ้าทั้งหมดรวมเกลือ เท่ากับ 9.6±0.23, 16.02±0.6, 8.87±1.03 และ 59.37±1.16 % ตามลำดับ และพบว่า ปริมาณของไฟเตทที่อายุหมัก 16 สัปดาห์มีค่าลดลงมากที่สุด ($P<0.01$) ผลจากเกลือช่วยรักษาคุณภาพของกากงาหมัก และทำให้เอ็นไซม์ไฟเตสไม่เกิดการเน่าเสียจึงสามารถทำงานย่อยไฟเตทต่อได้และมีผลทำให้ไฟเตทลดลง แต่ต้องจำกัดปริมาณการนำไปใช้เพราะ กากงาหมักเมื่อแห้งมีเกลือสูงถึง 50%

คำสำคัญ: กากงาดำสกัดเย็น ไฟเตท การหมัก *Aspergillus oryzae*

ABSTRACT: Cold-pressed sesame black seed meal (CSBM) is the by-product of small-scale oil extraction. It contains many nutrients, with a little texture destruction and an absence of overcooking aromas. From proximate analyses, CSBM have crude protein, ether extract, crude fiber, and total phosphorus of 34.96%, 22.55%, 8.26% and 0.92 % on dry basis respectively. There is also 20.22 mg/g of phytate. An experiment on the effect of fermenting periods with *Aspergillus oryzae* on phytate of CSBM was performed by fermenting CSBM with a spore suspension of the mold for a period of 6 days, then twice adding 20% NaCl solution and allowing fermentation to proceed along 5 programs of time viz. 0, 4, 6, 8, 12 and 16 weeks, after which the products were dried and analyzed. The average content of crude protein, ether extract, crude fiber and ash including salt were 9.6±0.23, 16.02± 0.6, 8.87±1.03 and 59.37±1.16, respectively. The decrease in phytate was greatest at 16 weeks treatment ($P<0.01$). Salt, which is used to protect CSBM from spoilage still, allowed phytase to digest phytate in CSBM but it limits the proportion of fermented CSBM in feeds because the level of salt is around 50 %.

Keywords: cold- pressed sesame black seed meal, phytate, fermentation, *Aspergillus oryzae*

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34290
Faculty of Agriculture, Ubonratchathani University, Warinchamrap, Ubonratchathani, 34190

* Corresponding author: kanjana@agri.ubu.ac.th

บทนำ

งา (*Sesamum indicum* L.) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Pediliacae เกษตรกรในประเทศไทยนิยมปลูกงาก่อนและหลังการปลูกพืชหลัก เช่น ข้าว ข้าวโพด หรือถั่วเหลือง (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547) พื้นที่ในการปลูกงาพันธุ์ต่างๆ มีการกระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศ แต่งาดำมีการปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี2547/48 มีประมาณ 51,823ไร่ และได้ผลผลิตเมล็ดงาดำประมาณ 5,914 ตัน (อริยาภรณ์, 2551) การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารจากเมล็ดงาในคนซึ่ง Kamchan et al.(2004) พบว่าในเมล็ดงาขาวและเมล็ดงาดำ มีการแตกตัวของแคลเซียมต่ำ (dialysable calcium 2–7%) เนื่องจากมีออกซาเลทสูง (680–2620 mg/100 g) และยังมีเยื่อใย (dietary fiber)และไฟเตท (phytate)สูง เมื่อเทียบกับแหล่งที่ให้สารอาหารจากพืชอื่นๆ ซึ่งจะลดการย่อยและดูดซึมได้ของแร่ธาตุหลายชนิดในคนและสัตว์ชั้นสูง ยกเว้นในสัตว์กระเพาะรวมที่มีจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ทำหน้าที่ผลิตเอ็นไซม์ช่วยย่อยได้

ฟอสฟอรัสจากพืชพบอยู่ในรูปไฟเตทประมาณร้อยละ 50-80 (Harland and Morris, 1995) เมล็ดงาที่ผ่านการคั่วให้เกิดกลิ่นหอมก่อนนำไปสกัดน้ำมันเพื่อใช้ปรุงในอาหารมนุษย์นั้น เมื่อนำกากที่เหลือมาผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว จะมีปัญหาในเรื่อง การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัส รวมทั้งแร่ธาตุอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้เป็นข้อจำกัดในปริมาณการใช้ได้ของกากงา (สุชน และบุญล้อม,2537; เยาวมาลย์ และคณะ, 2531) เช่นในการใช้กากงาสกัดโดยวิธีกล (mechanical extract) ในท้องถิ่น ที่มีการให้ความร้อนและยังมีไขมันมาก (32.9%) ในอาหารไก่ไข่ไม่ควรใช้เกิน 8% และไม่ควรเกิน 12% ในไก่เนื้อ (สุชน และบุญล้อม, 2537) กากงาดำมีการย่อยได้ต่ำกว่ากางงาสีอื่นๆ (เยาวมาลย์ และคณะ, 2531)

เมล็ดงาดำที่ไม่ได้ขนาดเป็นเศษเหลือทิ้งจากเครื่องทำความสะอาด (กาญจนา และคณะ, 2550) หรือ กากเหลือจากการสกัดน้ำมันงาโดยวิธีอัดเย็น (cold-pressed processing) ที่เป็นกากงาสกัดเย็น หรือ“กากงาดิบ”(ชวลิต และคณะ, 2549) ถ้าใช้เวลารวบรวมนานเพื่อให้ได้ปริมาณมาก จะทำให้กากงามีคุณภาพไม่เหมาะสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ เพราะสารอาหาร เช่นวิตามินอี เสื่อมสภาพ และไขมันมีกลิ่นเหม็นหืนจากการออกซิเดชั่น (Gharbia et al., 2000)

การหมักอาหารด้วยเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆนอกจากช่วยถนอมอาหารแล้ว(นภา, 2535) ยังช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ของสารอาหารได้ เช่น ในการหมักถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *Rhizopus oligosporus* เพื่อทำผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าเทมเป้ ทำให้มีการใช้ประโยชน์ของโภชนะหลายชนิดได้เพิ่มขึ้น (วรวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) การหมักช่วยให้โปรตีนในกากงาย่อยได้มากขึ้น ซึ่ง Sandhya et al. (2005) พบว่า การหมักวัตถุดิบผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ รวมทั้งกากงาอัด (sesame oil cake) ด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* เพื่อผลิตเอ็นไซมส์ ด้วยระบบการหมักแบบแห้ง (solid-state fermentation) ทำให้ได้เอ็นไซมส์ มากกว่าการหมักแบบเปียก(submersed fermentation) ในขบวนการผลิตเต้าเจี้ยวและซีอิ้วจากถั่วเหลือง ถ้าไม่ต้องการใช้เชื้อที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพราะมีโอกาสปนเปื้อนจากเชื้ออื่นๆ ได้ง่ายโดยทั่วไปจะมีการใช้เชื้อรา A. *oryzae* ที่เพาะเลี้ยงจากแหล่งที่เชื่อถือได้ (พรวิภา, 2550; วันชัย, 2527) ดังนั้นเพื่อให้กากงาสกัดเย็นยังคงมีคุณค่าสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ จึงจำเป็นต้องใช้ วิธีการถนอมคุณภาพของอาหารร่วมด้วยเพื่อให้ได้กากงาที่คงคุณค่าหรือเก็บไว้ใช้ได้นานๆ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักกากงาดำสกัดเย็น ด้วยเชื้อรา A. *oryzae* ต่อสัดส่วนของไฟเตท ในกากงาดำก่อนและหลังผ่านการหมัก

วิธีการศึกษา

วางแผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 4 ซ้ำ 5 ทรีตเมนต์ คือ กากงาดำสกัดเย็นหมัก 0 สัปดาห์ (T1), 4 สัปดาห์

(T2) , 8 สัปดาห์ (T3), 12 สัปดาห์ (T4) และ 16 สัปดาห์ (T5) โดยทำการทดลองและประมวลผลข้อมูลในช่วงเดือน ตุลาคม พ.ศ.2551- ธันวาคม พ.ศ.2553

วิธีการทดลอง ใช้กากงาดำสกัดเย็น ที่ไม่ผ่านความร้อน และเมล็ดไม่ปนละเอียด ลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดมีการแตกปนน้อย จากศูนย์การเรียนรู้และพัฒนางาเชิงเกษตรอุตสาหกรรมชุมชน ทำการหมักด้วยวิธีดัดแปลงจากวิธีทำเต้าเจี้ยว(วันชัย, 2527; นภา, 2535; พรวิภา, 2550) ภายใต้สภาพห้องที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดย เลี้ยงเชื้อ *A. oryzae* ที่ได้จากห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์ ด้วย Potato Dextrose Agar (PDA) ในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 - 5 วัน จนได้สปอร์สีเขียว นำมาทำเป็นสารละลายสปอร์ (spore suspension)ในน้ำกลั่น โดยมีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 2.425 x10^4 เซล/มล. ต้มกากงาดำสกัดเย็นแบบแบบหุงข้าวไม่เช็ดน้ำ แล้วชั่งกากงาดำต้ม 100 กรัม ใส่ในขวดปิเปตสารละลายสปอร์จำนวน 2 มล. ใส่ทุกขวดด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ปิดปากขวดป้องกันการปนเปื้อน เก็บไว้ในห้องภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเชื้ออายุ 6 วัน มีการสร้างสปอร์จนได้สีเขียวอมเหลือง จึงเติมน้ำเกลือ20% ปริมาณขวดละ 200 มล.แล้วเขี่ยก้อนเชื้อภายในขวดโหลให้กระจาย โดยวิธีปลอดเชื้อ และเมื่อครบระยะเวลาการหมักที่ 0, 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างบรรจุในถุงพลาสติกและแช่แข็งเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

เมื่อได้กากงาดำหมักทุกอายุ นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 3 วัน จึงนำไปวิเคราะห์หา ปริมาณของไฟเตทที่มีด้วยวิธี Anion-exchange (A.O.A.C, 1990) และสุ่มรวมตัวอย่างแห้งทุกซ้ำ (pool sample) ของกากงาดำหมักแต่ละอายุ เพื่อวิเคราะห์หาโภชนะทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในกากงาดำก่อนและหลังการหมัก (A.O..A.C.,1998; เยาวมาลย์, 2522) ค่าการวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้ นำมาประมวลผลทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม MSTAT version 4.0

ผลการศึกษา

จากการเพาะเชื้อ *A. oryzae* ในกากงาดำสกัดเย็นภายใต้สภาพอุณหภูมิห้องปรกติ และหมักต่อด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 20% เป็นระยะเวลาต่างๆ กัน ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่ามีผลทำให้ค่าองค์ประกอบทางโภชนะ จากตัวอย่างสุ่ม (Pool samples) ดังปรากฏใน Table 1

กากงาดำหมักทุกอายุมีปริมาณโภชนะโดยประมาณ คือ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้าทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และ แคลเซียม โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันดังใน Table 1 โดยมีเถ้าทั้งหมดซึ่งเป็นค่าประมาณของแร่ธาตุในสัดส่วน 57-60 % ซึ่งเป็นผลจากปริมาณเกลือที่ใช้ในการหมักเพื่อถนอมอาหาร สัดส่วนของเกลือในกากงาหมักแห้งทำให้สัดส่วนของโภชนะอื่นลดลงกว่า 50% เมื่อเทียบกับกากงาสกัดที่ไม่ได้หมัก ยกเว้นเยื่อใยที่มีสัดส่วนไม่ต่างกันมาก แสดงให้เห็นว่า A. *oryzae* ไม่สามารถใช้เยื่อใยเป็นแหล่งพลังงานได้ ซึ่งในการหมักถั่วเหลืองด้วย A. *oryzae* จึงมีสูตรแนะนำให้เพิ่มแป้งเป็นวัตถุดิบร่วมกับถั่วเหลือง หรือใช้ข้าวในการขยายปริมาณเชื้อก่อนหมัก (พรวิภา, 2550; วันชัย, 2527)

ผลจากการวิเคราะห์หาปริมาณของไฟเตทที่มีด้วยวิธี Anion-exchange ในกากงาดำสกัดเย็นที่ผ่านกระบวนการหมักในน้ำเกลือ ปรากฏดังแสดงใน Table 2 พบว่ากากงาหมัก มีปริมาณไฟเตทลดลง ($P<0.01$) ประมาณ 35 % ที่อายุหมัก 16 สัปดาห์เมื่อเทียบกับที่อายุหมัก 0 สัปดาห์ (4.49 เทียบกับ 6.94 มก./ก.) และในทางกลับกัน เมื่อคำนวณปริมาณ ฟอสฟอรัสที่ไม่ใช่ไฟเตทพบว่ามีสูงขึ้นเมื่ออายุหมักมากขึ้น ($P<0.01$) ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการที่เอ็นไซม์ยังคงทำงานย่อยไฟเตทต่อได้ โดยไม่เสื่อมสภาพจากการเน่าเสีย เพราะมีเกลือช่วยถนอมคุณภาพของกากงาหมัก

Table 1 Chemical composition of Cold-pressed sesame black seed meal (CSBM) and fermented CSBM.

Chemical composition	CSBM [1/]	Fermentation periods [2/]					Average ±SD [2/]	
		0 wk	4 wks	8 wks	12 wks	16 wks		
Moister, %	8.25	1.83	1.83	1.55	1.99	1.32	1.7	+0.27
Crude protein, %	34.96	9.79	9.59	9.30	9.85	9.45	9.6	±0.23
Ether extract, %	22.58	15.82	16.27	16.68	15.08	16.24	16.02	±0.6
Crude fiber, %	8.26	9.16	7.51	10.20	9.22	8.26	8.87	±1.03
Total ash, %	8.25	60.48	60.20	57.75	59.86	58.58	59.37	±1.16
Nitrogen free extract, %	17.72	4.75	6.44	6.07	6.00	7.47	6.14	±0.98
Total phosphorus, %	0.92	0.48	0.47	0.48	0.48	0.46	0.47	±0.01
Phytate, mg/g	20.22	-	-	-	-	-		
Salt (NaCl), % [1/]	-	50.39	51.16	49.64	49.51	52.29	50.60	±1.15

[1/] Amount on fed basis, [2/] % on dry matter basis

Table 2 Phytate and phosphorus in fermented CSBM.

Composition	Average	Fermentation periods ±SD [1/]					CV,
	±SD	0 wk	4 wks	8 wks	12 wks	16 wks	%
Moister, % [2/ ns]	70.41	72.30	66.16	72.37	71.36	70.06	4.38
	±3.6	±0.70	±5.50	±2.58	±0.52	±3.09	
Phytate, mg/g [1/ **]	6.18	6.94 [a]	6.96 [a]	6.84 [a]	5.70 [ab]	4.49 [b]	13.2
	±1.23	±0.54	±0.53	±1.44	±0.67	±0.52	
Non phytate phosphorus, %	60.44	54.78[b]	62.27[ab]	55.62[b]	60.06[ab]	69.77[a]	8.82
of Total Phosphorus [3/**]	±7.28	±3.22	±5.63	±7.93	±5.10	±3.44	

[1/] base on Dry Matter basis., [2/] base on fresh (wet) basis., [3/] Calculated with out (w/o) salt (16.71±2.1%).

[ns] = non significant difference, [**] = Significant difference at P<0.01.

วิจารณ์

การลดไฟเตท เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสในกากงาดำสกัดเย็น ด้วยการนำไปเพาะเลี้ยงด้วยเชื้อราที่มีประโยชน์ได้หลายชนิด ไม่เฉพาะแต่ A. *oryzae* เช่น เชื้อรา *Mucor racemosus, Sporotricum thermophile* เมื่อเพาะเลี้ยงในสภาพอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม เพื่อให้สร้างเอ็นไซม์ไฟเตสออกมา จะใช้เวลาไม่นาน (Roopesh et al, 2005; Sing and Satyanrayana, 2006) เพราะเมื่อเชื้อสร้างเอ็นไซม์ได้มากแล้ว จะมีการนำไปสกัดแยกเอ็นไซม์ หรือทำแห้งในสภาวะที่เอ็นไซม์ไม่ถูกทำลาย เพื่อนำไปใช้เป็นสารเสริมประเภทเอ็นไซม์ผสมในอาหารสัตว์

กระบวนการหมักในน้ำเกลือ มุ่งไปที่การประยุกต์ใช้ประโยชน์ในระดับเกษตรกรรายย่อย โดยหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ จึงจำเป็นต้องใช้

เกลือแกงเข้ามาช่วยป้องกันการเน่าเสียในระหว่างการทำงานของเอ็นไซม์ ปริมาณของเกลือที่มีอยู่ในกากงาหมักที่ได้ จำเป็นต้องระวังในขั้นตอนการนำไปผสมอาหารเพื่อเลี้ยงสัตว์ ดังนั้น เกษตรกรจะต้องคำนึงถึงปริมาณเกลือที่มีอยู่ และปรับสูตรอาหารให้มีปริมาณเกลือเหมาะสม กับความต้องการของสัตว์ในแต่ละช่วงของการให้ผลผลิต หรือใช้ กากงาหมักแห้งเป็นวัตถุดิบแทนเกลือ เพราะเป็น เกลือเสริมโภชนะ ที่ให้สารอาหารจำเป็นอื่นๆ จากกากงาที่ผ่านการหมักด้วย ซึ่งต่างจากเกลือทั่วไป หรือถ้าใช้ในสภาพ กากงาหมักสด อาจจะได้ใช้ประโยชน์จากเอ็นไซม์ที่เชื้อผลิตขึ้นด้วย

สรุป

ไฟเตทเป็นฟอสฟอรัสในรูปที่สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อยได้ และมีผลเสียต่อการใช้ได้ของแร่ธาตุอื่นๆ กรรมวิธีการหมักกากงาดำสกัดเย็นด้วยเชื้อ A. *oryzae* ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้องและเก็บรักษาโดยการหมักในน้ำเกลือ 20% สามารถยืดอายุการเก็บรักษา พร้อมทั้งช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของกากงาดำสกัดเย็นให้ดีขึ้นได้ เพราะมีการลดลงของไฟเตท ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยวในการนำฟอสฟอรัสไปใช้ได้มากขึ้น รวมทั้งลดการขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุอื่นๆ

คำขอบคุณ

การวิจัยในครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนด้านสถานที่ อุปกรณ์และงบประมาณจำนวน 20,000 บาท จากรายได้ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้รับการอนุเคราะห์เชื้อรา *A. oryzae* จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และได้รับการอนุเคราะห์กากงาดำสกัดเย็นจากศูนย์การเรียนรู้และพัฒนางาเชิงเกษตรอุตสาหกรรมชุมชน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา บันสิทธิ์ เอกชัย บุปผเวส อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์ และพิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล. 2550. รายงานโครงการสิ่งประดิษฐ์ เรื่อง เครื่องทำความสะอาดและอบเมล็ดงา. โดย ทุนสนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและชุมชน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2547. พืชเศรษฐกิจ. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, กองบรรณาธิการ นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์ และคนอื่นๆ .สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชวลิต ถินวงศ์พิทักษ์ เอกไชย บุปผเวส อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์ และ พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล. 2549. รายงานฉบับสมบูรณ์ เครื่องสกัดน้ำมันเอนกประสงค์. โดย ทุนสนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและชุมชน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติและมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2537. การใช้กากงาทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก Sesame meal as soybean substitute in poultry diets. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นภา โล่ห์ทอง. 2535. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

พรวิภา ฟองจันทร์. 2550. ชุดวิชา การทำเต้าเจี้ยว หมวดวิชาคหกรรม รหัส HE 3112 .กรมการศึกษานอกโรงเรียน กระทรวงศึกษาธิการ. แหล่งข้อมูล: http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/alpha.htm. ค้นเมื่อ 16 กันยายน 2550.

วันชัย สมชิต. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย (Soybean and its utilization in Thailand). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บริษัทสยามออฟเซ็ทจำกัด, กรุงเทพ.

วรวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2522. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ สาโรจน์ ค้าเจริญ เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล บัญญัติ เหล่าไพบูลย์ สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ อภิชัย ศิวประภากร พิทักษ์ ศรีประย่า สมพงษ์ ฉายพุทธ พรรณศรี สากิยะ และ บุญตา ธรรมบุตร. 2531. การศึกษาการย่อยได้ของกากงาในอาหารสัตว์เล็ก.*ใน* การใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์ รายงานการประชุมสัมนาทางวิชาการ จ.เชียงราย 25-27 พค. 2531. 55-79.

อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. 2551. พื้นที่ปลูกและผลผลิตของงาดำ งาแดง และงาขาว ปี2545-2548. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Vol.1, 15 th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Washington, D.C.

Harland, B. F. and E.R., Morris.1995. Phytate: A good or a bad food component?. Review Article, Nutrition Research, 15: 733-754. http://www.sciencedirect.com/science. Accessed March 27, 2009.

Gharbia, H. A. A., A. A. Y. Shehata and F. Shahidi. 2000. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. Food Research International. 33: 331-340. http://www.sciencedirect.com. Accessed: Mar. 27, 2009.

Kamchan, A., P. Puwastien, P. Prapaisri, P. Sirichakwal and R. Kongkachuichai. 2004. *In vitro* calcium bioavailability of vegetables, legumes and seeds. J. Food Compos. and Anal. 17: 311-320. http://www.sciencedirect.com/science. Accessed: Sept. 1, 2008.

Roopesh, K., S. Ramachandran, M. Nampoothiri, G. Szakacs and A. Pandey. 2006. Comparison of phytase production on wheat bran and oilcakes in solid-state fermentation by *Mucor racemosus* Original Research Article Bioresource Technology, 97: 506-511. http://www.sciencedirect.com/science. Accessed: Dec. 17, 2010.

Sandhya, C., A. Sumantha, G. Szakacs and A. Pandey. 2005. Comparative evaluation of neutral protease production by *Aspergillus oryzae* in submerged and solid-state fermentation. Original Research Article Process Biochemistry, 40: 2689-2694. http://www.sciencedirect.com/science. Accessed: Jun. 13, 2007.

Singh, B. and T. Satyanrayana, 2008. Phytase production by a thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* in solid state fermentation and its potential applications. Original Research Article Bioresource Technology, 99: 2824-2830. http://www.sciencedirect.com/science. Accessed: Mar. 27, 2009.