Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 484-487 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 484-487 (2553)

ผลของการแช่ต่อปริมาณกรดไฟติก กิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตส และแร่ธาตุ ในข้าวกล้อง 3 พันธุ์

Effect of soaking on phytic acid, phytase activity and mineral contents in three brown rice cultivars (*Oryza sativa* L.)

ทัศนีย์ ปลั่งกลาง[1] และ รัชฎา ตั้งวงค์ไชย[1]

Thussanee Plangklang[1] and Ratchada Tangwongchai[1]

Abstract

Brown Rice (KDML 105, CNT 1 and Munpu cultivars) was soaked in deionised water at ambient temperature (~35±2°C) and 50°C for 24 hr, then investigated the phytic acid, phytase activity, ash, Ca, Fe and Zn contents. The result showed that the phytate, phytase activity, ash, Ca and Fe contents of all cultivars decreased after soaking, but not Zn content. The statistical analysis indicated a cultivar-soaking interaction affecting the change of phytic acid and ash content ($p \leq 0.05$). The Munpu soaked, both at ambience and 50°C, had the lowest phytic acid while KDML 105 soaked at ambience had the highest phytic acid content. Soaking caused leaching of phytase, resulting in the activity reduction. The higher temperature, the less in activity. It was found that MunPu and CNT 1 soaked at 50°C had the lowest ash content while KDML 105 had the highest amount ($p \leq 0.05$). Soaking also influenced on the decrease in Ca and Fe contents ($p \leq 0.05$), but not on Zn. Cultivar affected on the change in Fe and Zn contents ($p \leq 0.05$) but not on phytase activity and Ca contents. The soaked KDML 105 had a higher content in Fe than the others. In addition KDML 105 had a higher Zn content than CNT 1 but not significantly different from MunPu. The storage condition at 6±1°C and ambience was also investigated. It was found that storage temperature did not affect phytic acid, ash and mineral contents in all cultivars, during 4 month storage ($p > 0.05$).

Key word: Phytic acid, Mineral, Brown rice

บทคัดย่อ

เมื่อนำข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และมันปู มาแช่น้ำขจัดอิออนที่อุณหภูมิห้อง (35±2°ซ) และ 50°ซ นาน 24 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์ปริมาณกรดไฟติก กิจกรรมเอ็นไซม์ไฟเตส เถ้า แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี พบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณกรดไฟติก กิจกรรมเอ็นไซม์ไฟเตส เถ้า แคลเซียม และเหล็กลดลง ($p \leq 0.05$) แต่มีปริมาณสังกะสีไม่ต่างจากข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่ ($p > 0.05$) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิในการแช่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไฟติกและเถ้า ($p \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องมันปูที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องและ 50°ซ มีปริมาณกรดไฟติกเหลือน้อยที่สุด ส่วนข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกรดไฟติกเหลือมากที่สุด กิจกรรมเอ็นไซม์ไฟเตสที่ลดลงอาจเนื่องจากการแช่มีผลในการชะเอ็นไซม์ออกจากข้าว โดยการแช่ที่อุณหภูมิ 50°ซ มีผลให้กิจกรรมเอ็นไซม์ไฟเตสลดลงมากกว่าการแช่ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาปริมาณเถ้า พบว่าข้าวกล้องมันปูและชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 50°ซ มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด ในขณะที่ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณเถ้าสูงสุด ($p \leq 0.05$) การแช่ยังมีผลให้ปริมาณแคลเซียมและเหล็กลดลง ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสังกะสี ($p > 0.05$) พันธุ์ข้าวมีอิทธิพลต่อปริมาณเหล็กและสังกะสีในข้าวกล้องหลังผ่านการแช่ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียมและกิจกรรมเอ็นไซม์ไฟเตส ($p > 0.05$) โดยข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่มีปริมาณเหล็กสูงกว่าข้าวกล้องชัยนาท 1 และมันปู ขณะเดียวกันข้าวกล้องขาวดอกมะลิมีปริมาณสังกะสีมากกว่าข้าวกล้องชัยนาท 1 แต่ไม่ต่างจากข้าวกล้องมันปู นอกจากนี้ยังพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±7°ซ) และอุณหภูมิ 6±1 °ซ นาน 4 เดือน ไม่มีผลต่อปริมาณกรดไฟติก เถ้า แคลเซียม เหล็ก และสังกะสีในข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์

คำสำคัญ กรดไฟติก, แร่ธาตุ, ข้าวกล้อง

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[1] Department of Food Technology, Faculty of Technology, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นอาหารหลักของคนไทย นอกจากมีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรตแล้ว ข้าวยังมีโปรตีน ไขมัน วิตามินบี และแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งจะมีมากในชั้นเยื่อหุ้มแป้ง (aleurone layer) หรือชั้นของรำ ข้าวกล้องมีปริมาณสารอาหาร เช่น โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาวซึ่งมีการขัดสีชั้นเยื่อหุ้มแป้งออก ข้าวกล้องจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้ที่รักสุขภาพ แต่ข้าวกล้องก็มีสารต้านโภชนาการต่างๆ เช่น กรดไฟติก (phytic acid) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการดูดซึมแร่ธาตุและเป็นสารต้านออกซิเดชัน ส่งผลให้สารอาหารที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้มีปริมาณลดลง Masud et al. (2007) รายงานว่า กระบวนการแช่เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณกรดไฟติกในข้าวสาลี และ Lestiene et al. (2005) ยังรายงานว่า ปริมาณไฟเตทในข้าว ข้าวโพด ลูกเดือย ถั่วเหลือง และถั่วเขียวลดลงเมื่อผ่านกระบวนการแช่ ($p<0.05$) งานวิทยานิพนธ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่ต่อกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตส ปริมาณกรดไฟติกและแร่ธาตุ ได้แก่ สังกะสี ธาตุเหล็ก และแคลเซียม ในข้าวกล้องพันธุ์ต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณกรดไฟติกและคงปริมาณแร่ธาตุในข้าวกล้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการวิจัยนี้มีปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ พันธุ์ข้าว (ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และมันปู) และการแช่ข้าว (ไม่ผ่านการแช่ แช่ที่อุณหภูมิห้อง (~30±2 ^{o}ซ) และอุณหภูมิ 50^{o}ซ) โดยนำข้าวเปลือกไปวิเคราะห์ความชื้นก่อนนำไปกะเทาะเปลือกให้เป็นข้าวกล้องด้วยเครื่องสีข้าวบริษัทนาทองทวี รุ่น NW1200 (ประเทศไทย) จากนั้นนำข้าวกล้อง 200 กรัม มาแช่ในน้ำขจัดอิออนปริมาตร 300 มล. ที่อุณหภูมิห้องและ 50^{o}ซ เป็นเวลา 24 ชม. แล้ววิเคราะห์กิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตส (Viveros et al., 2000) นำตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการแช่แล้วมาอบแห้งที่ 60^{o}ซ นาน 8 ชม. แล้วนำไปบดด้วยเครื่อง Cemotec 1090 (Cemotec, Netherlands) วิเคราะห์ปริมาณกรดไฟติก (ดัดแปลงจากวิธีของ Ma et al., 2005 โดยใช้ AG1 X-8 anion exchange resin ในการขจัดหมู่ฟอสเฟตอิสระ) ปริมาณเถ้า สังกะสี เหล็ก และแคลเซียม (Abebe et. al., 2007) วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมดและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for window (SPSS, USA)

ผล

ข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณกรดไฟติกแตกต่างกัน ขณะที่มีกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาแช่น้ำ พบว่า การแช่มีผลต่อการลดลงของปริมาณกรดไฟติกขึ้นกับพันธุ์ข้าว ($p\leq0.05$) โดยการแช่ที่อุณหภูมิ 50^{o}ซ มีผลให้กรดไฟติกลดลงได้มากกว่าการแช่ที่อุณหภูมิห้อง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณกรดไฟติกเหลือมากที่สุด ขณะที่ข้าวมันปูที่ผ่านการแช่ทั้งสองอุณหภูมิมีปริมาณกรดไฟติกเหลือน้อยที่สุด ($p\leq0.05$) การแช่มีผลให้กิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสลดลง โดยข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องมีกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสลดลงร้อยละ 45-47 และข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 50^{o}ซ มีกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสลดลงมากกว่าการแช่ที่อุณหภูมิห้อง โดยมีกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสลดลงลดลงร้อยละ 51-55 ปริมาณเหล็กในข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีสูงกว่าข้าวอีก 2 พันธุ์ ($p\leq0.05$) และมีปริมาณสังกะสีใกล้เคียงกับข้าวมันปู แต่มากกว่าข้าวชัยนาท 1 ($p\leq0.05$) โดยข้าวที่ผ่านการแช่ทั้งอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 50^{o}ซ มีปริมาณแคลเซียมและเหล็กน้อยกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการแช่ ($p\leq0.05$) ระดับอุณหภูมิที่ใช้แช่ไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณแคลเซียม เหล็ก และสังกะสี ($p>0.05$) ข้าวขาวดอกมะลิที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณเถ้าคงเหลือมากที่สุด ส่วนข้าวมันปูและข้าวชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 50^{o}ซ มีปริมาณเถ้าเหลือน้อยที่สุด ($p\leq0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า การเก็บรักษาข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ที่อุณหภูมิ 6±1 ^{o}ซ และอุณหภูมิห้อง 30±7 ^{o}ซ ไม่มีผลต่อปริมาณกรดไฟติก เถ้า แคลเซียม เหล็ก และสังกะสีตลอดระยะเวลาการเก็บ 4 เดือน ($p>0.05$)

Table 1 Effect of soaking on phytic acid, ash, Ca, Fe and Zn contents and Phytase Activity of three brown rice cultivars

Cultivars	Treatment	Phytic Acid (mg./100g. DM)	Phytase Activity^{ns} (PU/g. DM)	Ash (%)	Mineral (mg./100g. DM)		
					Ca^{ns}	Fe^{ns}	Zn^{ns}
KDML 105	unsoaked	821.77±47.96^{dC}	0.36±0.01^{C}	1.43±0.03^{fC}	2.21±0.06	0.87±0.05^{B}	2.09±0.16
	at ambient	741.38±4.55^{cB}	0.21±0.02^{B}	1.34±0.04^{eB}	2.09±0.05	0.71±0.01^{A}	1.99±0.07
		(9.70)	(47)	(6.25)	(5.46)	(18.59)	(4.59)
	at 50°C	603.03±28.77^{bA}	0.16±0.02^{A}	1.10±0.04^{cA}	2.05±0.05	0.70±0.03^{A}	2.06±0.11
		(26.55)	(55)	(22.81)	(7.53)	(20.02)	(1.22)
CNT 1	unsoaked	739.40±30.50^{cB}	0.37±0.01^{C}	1.17±0.03^{dB}	2.12±0.13	0.79±0.1	1.94±0.1
	at ambient	585.01±32.35^{bA}	0.19±0.03^{B}	1.12±0.01^{cdB}	2.04±0.06	0.67±0.02	1.87±0.08
		(20.88)	(47)	(4.03)	(3.77)	(15.13)	(3.67)
	at 50°C	555.56±22.01^{bA}	0.17±0.01^{A}	0.94±0.03^{aA}	2.00±0.04	0.65±0.02	1.85±0.13
		(24.86)	(55)	(19.53)	(5.55)	(17.44)	(4.78)
MunPu	unsoaked	581.46±17.11^{bB}	0.36±0.02^{C}	1.16±0.03^{cdC}	2.20±0.13^{B}	0.74±0.05^{B}	2.19±0.08
	at ambient	462.61±52.58^{aA}	0.19±0.01^{B}	1.04±0.02^{bB}	2.03±0.02^{A}	0.65±0.00^{A}	2.07±0.10
		(20.44)	(45)	(10.31)	(7.71)	(11.75)	(5.50)
	at 50°C	434.60±55.31^{aA}	0.17±0.00^{A}	0.94±0.03^{aA}	2.01±0.04^{A}	0.63±0.03^{A}	2.01±0.09
		(25.26)	(51)	18.34)	(8.76)	(14.67)	(8.06)

$^{\#}$ ผลการวิเคราะห์คิดเทียบจากน้ำหนักแห้ง

PU คือ ไมโครโมลของฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อย/นาที

ns หมายถึง ผลร่วมของปัจจัยที่ศึกษาไม่มีอิทธิพลต่อค่าสังเกต

ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ร้อยละของปริมาณค่าสังเกตที่ลดลง

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และวิเคราะห์ความแตกต่างของการทดลอง ด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในพันธุ์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และวิเคราะห์ความแตกต่างของการทดลอง ด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test

วิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวกับการแช่มีอิทธิพลต่อปริมาณกรดไฟติก ($p \leq 0.05$) โดยการแช่ข้าวมีผลให้ปริมาณกรดไฟติกลดลง สอดคล้องกับ Lestienne et al. (2005) รายงานว่า การแช่มีผลให้ปริมาณกรดไฟติกลดลง ด้วยกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสที่อยู่ภายในเมล็ดพืชและการละลายกรดไฟติกไปกับน้ำหรือสารละลายที่ใช้ในการแช่ ที่การแช่สภาวะเดียวกันปริมาณกรดไฟติกลดลงแตกต่างกันไป โดย Masud et al. (2007) อธิบายว่า ความสามารถในการแทรกซึมของน้ำเข้าไปยังเมล็ดแตกต่างกัน โดยข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดหนาขัดขวางการซึมผ่านของน้ำ กรดไฟติกจึงถูกไฮโดรไลซ์ได้น้อยกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดบางที่น้ำซึมผ่านเข้าไปได้ง่ายกว่า นอกจากความแตกต่างทางพันธุกรรมแล้ว Reddy (2002) รายงานว่า ปริมาณกรดไฟติก ขึ้นอยู่กับ ความแก่อ่อนของวัตถุดิบ พื้นที่เพาะปลูก สภาพแวดล้อม ความอุดมสมบูรณ์ ชนิดของดิน การให้ปุ๋ย และปีที่ทำการเพาะปลูก นอกจากนี้ยังพบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวกับการแช่และปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวไม่มีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตส ($p > 0.05$) ขณะที่การแช่มีผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ไฟเตสลดลง Egli et al. (2002) ให้เหตุผลว่าการที่กิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสลดลงภายหลังการแช่ อาจเนื่องมาจากเอ็นไซม์ถูกชะไปกับน้ำที่ใช้ในการแช่ อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับ Sathe and Venkatachalam (2002) ที่รายงานว่า การแช่สามารถกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ไฟเตส ทั้งนี้ Egli et al. (2002) ให้ความเห็นว่า ผลการทดลองในเชิงขัดแย้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้วิธีการวิเคราะห์กิจกรรมของเอ็นไซม์ที่แตกต่างกัน อิทธิพลด้านพันธุ์ข้าวมีอิทธิพลต่อปริมาณเถ้า เหล็กและสังกะสี ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียม ($p > 0.05$) โดยอิทธิพลของการแช่มีผลต่อปริมาณเถ้า แคลเซียมและเหล็ก ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสังกะสี ($p > 0.05$) ขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวกับการแช่มีอิทธิพลต่อ

ปริมาณเถ้า ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียม เหล็กและสังกะสี ($p > 0.05$) โดยข้าวกล้องทุกพันธุ์มีปริมาณเถ้าลดลงเมื่อผ่านการแช่แล้ว Liang et al. (2009) รายงานว่า การลดลงของปริมาณแร่ธาตุเนื่องมาจากแร่ธาตุในเมล็ดข้าวละลายไปกับน้ำที่ใช้แช่ ซึ่งปริมาณแร่ธาตุที่ละลายออกไปขึ้นอยู่กับสภาวะในการแช่ ทั้งนี้เนื่องจากการกิจกรรมของเอ็นไซม์ไฟเตสจะไฮโดรไลซ์กรดไฟติกได้เป็นฟอสเฟตอนินทรีย์และไมโออินโนซิทอลที่มีหมู่ฟอสเฟตลดลงซึ่งมีความสามารถในการจับกับแร่ธาตุลดลงด้วย แร่ธาตุจึงละลายออกไปกับน้ำที่ใช้แช่ได้ดียิ่งขึ้น สำหรับการลดลงของปริมาณสังกะสีหลังการแช่อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) Lestienne et al. (2005) ได้อธิบายว่า สังกะสีอาจพบที่บริเวณต่างกันในเมล็ดธัญพืชกับเหล็กและแคลเซียม หรือสังกะสีอาจจับกับโมเลกุลสารอื่น เช่น อยู่ในโครงสร้างของเอ็นไซม์ ทำให้สังกะสีมีการละลายที่น้อยกว่าเหล็กและแคลเซียม

Sathe and Venkatachalam (2002) รายงานว่า ในระหว่างการเก็บรักษา อุณหภูมิและกิจกรรมของน้ำที่สูงพอจะกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ไฟเตสในเมล็ด แต่เนื่องจากการเก็บข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ อยู่ในสภาพแห้งและมีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก จึงไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ไฟเตส มีผลให้ปริมาณกรดไฟติกในข้าวกล้องมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ 4 เดือน

สรุป

กรดไฟติกเป็นสารต้านการดูดซึมแร่ธาตุที่พบได้ในข้าวกล้อง ส่งผลให้ร่างกายไม่สามารถนำแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะแร่ธาตุที่มีประจุบวกสองไปใช้ได้ จากผลการศึกษาพบว่า พันธุ์ข้าวมีอิทธิพลต่อปริมาณกรดไฟติก และปริมาณเถ้า ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคลเซียม เหล็ก และสังกะสีในข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ($p > 0.05$) การแช่มีผลให้กรดไฟติกมีปริมาณลดลง แต่แร่ธาตุสามารถละลายไปกับน้ำที่ใช้ในการแช่ได้ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้แร่ธาตุมีปริมาณลดลง นอกจากนี้การแช่ยังมีผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ไฟเตสลดลง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 30±7 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณกรดไฟติก เถ้า แคลเซียม เหล็กและสังกะสีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น หมวดเงินอุดหนุนทั่วไป ปี 2550 และศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

เอกสารอ้างอิง

Abebe, Y., A. Bogale, K.M. Hambidge, B.J. Stoecker, K. Bailey and R.S. Gibson. 2007. Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared food consumed in rural Sidama, Shorten Ethiopia, and implication for bioavailability. J Food Comp Anal 20:161-168.

Egli, I., L. Davisson, M.A. Juillerat, D. Barclay and R.F. HURRELL. 2002. The influence of soaking and germination on the phytase activity and phytic acid content of grains and seeds potentially useful for complementary feeding. J Food Sci 67(9): 3484-3488.

Lestienne, I., C. Icard-Verniere, C. Mouquet, C. Picq and S. Treche. 2005. Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. Food Chem 89: 421–425.

Liang, J., B.Z. Han, M.J.R. Nout and R.J. Hamer. 2009. Effect of soaking and phytase treatment on phytic acid, calcium, iron and zinc in rice fractions. Food Chem: In press.

Ma, G., Y. Jin, J. Piao, F. Kok, B. Guusje and E. Jacobsen. 2005. Phytate, Calcium, Iron, and Zinc Contents and Their Molar Ratios in Foods Commonly Consumed in China. J Agric Food Chem 53: 10285-10290.

Masud, T., T. Mahmood, A. Latif, S. Samimi and T. Hameed. 2007. Influence of processing and cooking methodologies for reduction of phytic acid content in wheat (Triticum Aestivum) varieties. J Food Proc Pres 31: 583–594.

Reddy, N.R. and S.K. Sathe. 2002. Food phytates, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Sathe, S.K. and M. Venkatachalam. 2002. Influence of Processing Technologies on Phytate and Its Removal. In: Reddy NR, Sathe SK, eds. Food phytates. CRC Press, Boca Raton, p 211–224.

Viveros, A., C. Centeno, A. Brenes, R. Canales and A. Lozano. 2000. Phytase and Acid Phosphatase Activities in Plant Feedstuffs. J Agric Food Chem 48: 4009-4013.