

ผลของแกมมา-โอไรซานอล ต่อการตอบสนองของภูมิคุ้มกัน
ในหนูถีบจักรเพศผู้

Effect of Gamma Oryzanol on Immune Response
in Male Mice

ธวัชชัย แถวถาทำ^{1/} เพทาย พงษ์เพียรจันทร์^{1/} และ พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์^{1/}
Tawatchai Teltathum^{1/} Petai Pongpiachan^{1/} and Puntipa Pongpiachan^{1/}

Abstract : γ -oryzanol is antioxidant with immune system improvement efficiency. The study aimed to prove this hypothesis and finding the effective level by investigate the effect of four levels (0, 280, 800 and 1340 mg per kg) of pure γ -oryzanol supplementation to mice basal diet on Bovine Serum Albumin (BSA) antibody titer. A complete randomized design was applied to the experiment. 32 Institute of Cancer Research (IRC) male mice, approximately 6 weeks old, were randomly grouped into four mice per pen. There were 2 pens per treatment. Feed and water were given *ad libitum*. Antibody titer was evaluated first and followed by immunizing with BSA for 42 trial days during the experiment. On the first day of trial all mice were given BSA immunization and boosted two times at day 14, 28 respectively. Mice serum were collected before immunization on day 1, 10, 14, 21, 28, 42 and stored at -20°C . Evaluated IgG titer by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). The results showed that no significant differences among treatments on day 0 ($p>0.05$). The mean $\log_2$ IgG titer of mice on the γ -oryzanol supplemented groups developed significantly higher than control group ($p<0.05$). Dietary γ -oryzanol level ranging from 800-1340 mg per kg significantly increased antibody response to BSA ($p<0.05$).

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: คุณสมบัติที่เด่นของ แกมมา-โอไรซานอล คือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และโดยหลักเกณฑ์ของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงนำไปสู่การมีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงต้องการพิสูจน์คุณสมบัติในข้อนี้ และหาระดับที่ส่งผลในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยทำการทดลองในหนูถีบจักร Institute of Cancer Research (IRC) เพศผู้ อายุ 6 สัปดาห์ 32 ตัว เป็นตัวทดสอบ นำหนูมาสุ่มขังกรงละ 4 ตัว โดยแต่ละกลุ่ม (Treatment) ใช้หนู 2 กรง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) ทำการเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ 4 ระดับคือ 0, 280, 800 และ 1340 มก/กก ในอาหารฐานที่ไม่มีรำละเอียดเป็นส่วนผสม ให้อาหาร และน้ำแบบเต็ม ที่เมื่อหนูอายุได้ 7 สัปดาห์ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากส่วนหาง และฉีดกระตุ้นด้วย Bovine Serum Albumin (BSA) เข้าใต้ผิวหนัง 3 ครั้ง ในวันที่ 1, 14 และ 28 เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (immunization) เก็บเลือดก่อนการกระตุ้นในวันที่ 1, 10, 14, 21, 28 และ 42 นำตัวอย่างเลือดไปปั่นแยกซีรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อรอการวัดระดับแอนติบอดีไคเตอร์ของ ไอจีจี โดยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) พบว่าการเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ ในอาหารฐานมีผลทำให้หนูถีบจักรเพศผู้มีการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วย BSA ดีขึ้นโดยประเมินจาก ค่าเฉลี่ยลอการิทึมสองของ ไอจีจีไคเตอร์ พบว่าหนูในกลุ่มที่ได้รับ การเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ จะมีค่าเฉลี่ยลอการิทึมสองของ ไอจีจีไคเตอร์สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับหนูในกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ย ลอการิทึมสองของ ไอจีจีไคเตอร์ เพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 21-42 พบว่าหนู ในกลุ่มที่ได้รับ การเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ มีแนวโน้มของค่าโดยรวมของเฉลี่ยลอการิทึมสองของ ไอจีจีไคเตอร์ สูงกว่าหนูในกลุ่มควบคุม

Index words : แกมมา-โอไรซานอล การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน รำข้าว

γ -oryzanol, immune response, rice bran

คำนำ

มักเป็นที่กล่าวขานกันเสมอว่า อาหารที่ดีมีคุณภาพจะทำให้ร่างกายแข็งแรง คำว่า แข็งแรง หมายถึงไม่เป็นโรคได้ง่าย หรือติดเชื้อได้ง่าย นั้นหมายถึงร่างกายสามารถต้านทานโรคได้ เหตุที่ต้านทานโรคได้เนื่องจากร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรคนั่นเอง สรุปก็คือ อาหารช่วยทำให้เกิดภูมิคุ้มกันโรค หรือช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์ทำงานได้ดีขึ้น หากสัตว์มีสุขภาพแข็งแรงดี ไม่ติดเชื้อได้ง่าย ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายค่ายาควบคุมและยารักษาโรค และที่สำคัญจะเป็นการลดขาดตกค้างในซากซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคเนื้อสัตว์ด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ซึ่งกรณีขาดตกค้างในซากนั้น เป็นเหตุให้ประเทศไทยสูญเสียตลาดไก่ชำแหละไปแล้วไม่น้อย ประกอบกับระบบการค้าด้านสินค้าบริโภค

ระหว่างประเทศ หลายประเทศได้นำเอาระบบ HACCP มาใช้และอีกไม่นานประเทศไทยจะต้องถูกบังคับให้ใช้เพื่อการส่งออก นั้นหมายถึงการเลี้ยงสัตว์ให้ปลอดจากโรคทุกขั้นตอน ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ต้องปลอดจากสารตกค้าง ดังนั้น เรื่องของภูมิคุ้มกันจึงเป็นเรื่องจำเป็น และน่าศึกษาเพื่อเตรียมการให้พร้อมไว้จะดียิ่ง เพราะสามารถลดอัตราการใช้จ่ายลงได้ อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียตัวสัตว์เนื่องจากโรคระบาดอีกด้วย (พันทิพา, 2541)

เซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน มีความไวต่อความเครียดที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation stress) เพราะเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน มีการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ และรับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) เป็นส่วนประกอบจำนวนมาก ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้มี

ความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลเสียจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์ จะทำให้คุณสมบัติในการคงรูป และการรับส่งสัญญาณของเซลล์เสียไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน นำไปสู่ความล้มเหลวของระบบป้องกันตัวเองของร่างกาย (The body's defense mechanisms) ความเครียดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระ (Free radicals) โดยมี Reactive Oxygen Species (ROS) เป็นตัวการหลักที่ชักนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่ง ROS สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด สร้าง hydrogen peroxide ออกมาทำลายเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย หรือร่างกายอาจได้รับ ROS โดยตรงจากการบริโภคเข้าไป อนุมูลอิสระที่มีอยู่ในร่างกายส่วนหนึ่งถูกกำจัดโดยเอนไซม์ Catalase และ Peroxidase นอกจาก Antioxidant enzymes แล้ว ยังมีสารบางชนิดที่มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ คือ สารต้านอนุมูลอิสระ (Hughes, 2001)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่นวิตามิน เอ, อี และ ซี รวมไปถึงสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ได้อยู่ในรูปของวิตามิน เช่น แคโรทีนอยด์, ฟลาโวนอยด์ และแกมมา-โอไรซานอล ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้ง และกำจัดอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างขึ้นเองจากระบวนการเมแทบอลิซึม ของเซลล์ในร่างกาย และจากมลพิษที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม จึงนำไปสู่ สมมติฐานที่ว่าแกมมา-โอไรซานอล มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและปรับปรุงสุขภาพของสัตว์โดยเพิ่มการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันต่อสิ่งแปลกปลอมได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติในการเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันของ แกมมา-โอไรซานอล บริสุทธิ์ ในหนูถีบจักรเพศผู้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แกมมา-โอไรซานอล (Gamma Oryzanol) เป็นสารประกอบที่พบมากในรำข้าว แสดงดังตารางที่ 1 ประมาณ 1.56 % (Deckere and Korver, 1996) Gamma Oryzanol มีสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ 10 ชนิด แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย Δ -7-stigmastenyl ferulate, stigmasteryl ferulate, cycloartenyl ferulate, 24-methylene cycloartenyl ferulate, Δ -7-campestenyl ferulate, campesteryl ferulate, Δ -7-sitostenyl ferulate, sitosteryl ferulate, compestenyl ferulate, และ sitostenyl ferulate โดยมี Cycloartenyl ferulate, 24-Methylenecycloartenyl ferulate และ Campesteryl ferulate เป็นองค์ประกอบหลัก (Xu and Godber, 1999) มีรายงานว่าแกมมา-โอไรซานอล พบมากในรำข้าวเหนียวดำ (Karladee *et al.*, 2003) โดยแกมมา-โอไรซานอล มีความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าวิตามิน อี 10 เท่า (Xu *et al.*, 2001) โดยเฉพาะ 24-methylenecycloartenyl ซึ่งเป็นหนึ่งในสามขององค์ประกอบหลักใน แกมมา-โอไรซานอล และมีคุณสมบัติ ในการต้านการหืนของนมผงได้ (Nanua *et al.*, 2000) จากคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ แกมมา-โอไรซานอล ซึ่งเหมือนกับ

วิตามิน เอ, อี และ ซี รวมไปถึงสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ได้อยู่ในรูปของ วิตามิน เช่น แคโรทีนอยด์ และแกมมา-โอไรซานอล จากคุณสมบัติที่กล่าวมา

ทำให้สารเหล่านี้มีความสามารถในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และสุขภาพของสัตว์โดยเพิ่มการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันต่อสิ่งแปลกปลอม (Chew, 1996; Nockels, 1996)

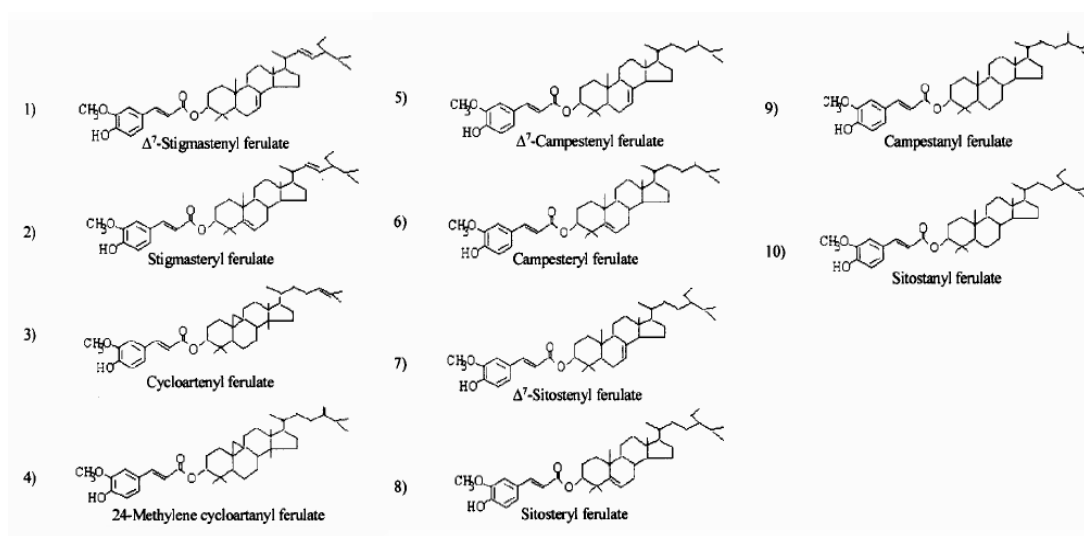


Figure 1 Molecular structure of identified components of γ -oryzanol. (Xu and Godber, 1999)

Table 1 Sterol and triterpene contents in different edible oils.

Oil	mg/100 gm oil				
	Campesterol	stigmasterol	Cycloartanol	Cycloartenol	24-Methylene cycloartanol
Rice bran	560	271	106	428	494
Safflower	45	31	1	34	7
Corn	410	110	4	8	11
Sunflower	31	31	-	29	16
Cottonseed	17	4	-	10	17
Sesame	117	62	4	62	107
Soybean	72	72	-	156	8
Peanut	36	21	1	11	16

(Sugano and Tsuji, 1997)

วิธีการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

ใช้หนูถีบจักรจาก Institute of Cancer Research (IRC) เพศผู้อายุ 6 สัปดาห์ 32 ตัว แยกกรง โดยการสุ่มขังกรงละ 4 ตัว โดยแต่ละกลุ่ม (Treatment) ใช้หนู 2 กรง วางแผนการทดลองแบบ สุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ 4 ระดับคือ 0, 280, 800 และ 1340 มก./กก. ในอาหารฐานที่ไม่มีรำละเอียดเป็นส่วนผสม โดยดัดแปลงความต้องการโภชนาของหนูจาก NRC (1978) ให้ อาหารและน้ำแบบเต็มที เมื่อหนูอายุได้ 7 สัปดาห์ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากหางหนู (วันที่ 1 ของการทดลอง) และกระตุ้นภูมิคุ้มกันครั้งที่ 1 โดยการฉีด

Bovine Serum Albumin (BSA) เข้าใต้ผิวหนัง และเก็บเลือดจากหางหนูในวันที่ 10 ของการทดลอง หลังกระตุ้นด้วย BSA เมื่อหนูมีอายุ 9 สัปดาห์ (วันที่ 14 ของการทดลอง) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากหางหนู และกระตุ้นภูมิคุ้มกันซ้ำครั้งที่ 2 แล้วเก็บเลือดหนูในวันที่ 21 ของการทดลอง และเมื่อหนูอายุ 11 สัปดาห์ (วันที่ 28 ของการทดลอง) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดจากหางหนู และกระตุ้นภูมิคุ้มกันซ้ำครั้งที่ 3 และเมื่อหนูมีอายุ 13 สัปดาห์ (วันที่ 42 ของการทดลอง) นำตัวอย่างเลือดไปปั่นแยกซีรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อรอการวัดระดับแอนติบอดีไคเตอร์ ของ IgG โดยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

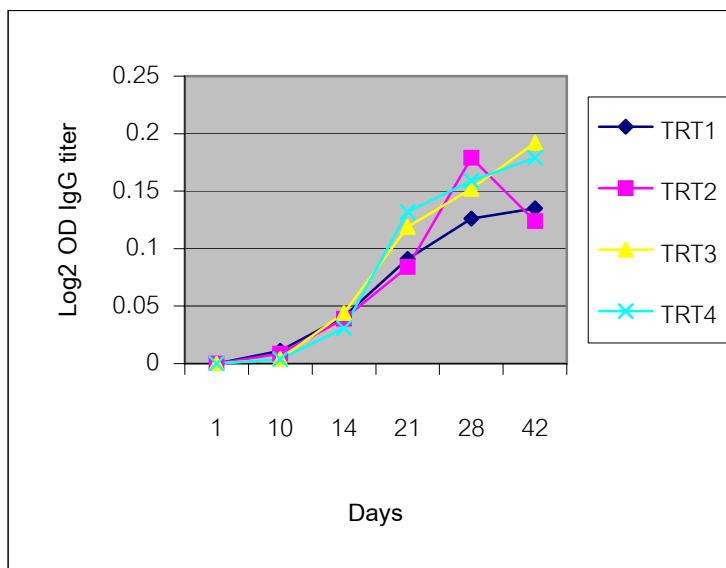


Figure 2 Effect of dietary γ -oryzanol treatments on Log₂ OD IgG titer in 32 mice following BSA immunization on day 0, 14 and 28.

ผลการทดลอง

การตรวจสอบผลของ γ -oryzanol ต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน ของหนูถีบจักรเพศผู้ โดยใช้ค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ (Log_2 IgG titer) ต่อ BSA เป็นดัชนี โดยหนูในกลุ่มควบคุม, กลุ่มที่2, กลุ่มที่3 และกลุ่มที่4 ได้รับการเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ 4 ระดับคือ 0, 280, 800 และ 1340 มก./กก. ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ ในวันที่ 1 ของการทดลอง (pre immunization) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในวันที่ 10 ของการทดลองหนูในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ สูงกว่า กลุ่มที่3 และกลุ่มที่4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่

14 ของการทดลอง ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ ระหว่างกลุ่มควบคุม กับกลุ่มที่ได้รับการเสริม แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์ ($p>0.05$) ในวันที่ 21, 28 และ 42 ของการทดลอง หนูในกลุ่มที่ 4, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ สูงกว่าหนูในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อมองภาพรวมของการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ พบว่าหนู ในกลุ่มที่ได้รับการเสริม แกมมา-โอไรซานอล บริสุทธิ์ มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยลอการิทึมของ ไอจีจี ไตเตอร์ สูงกว่าหนูในกลุ่มควบคุม แสดงดังรูปที่ 2 จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า แกมมา-โอไรซานอลบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการเป็นสารกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันต่อสิ่งแปลกปลอมได้

Table 2 Effect of dietary γ -oryzanol treatments on Log_2 OD IgG titer.

γ -oryzanol supplement (mg/kg)	n	Log_2 OD IgG titer (mean $\pm$ S.E)*					
		Day 0	Day 10	Day 14	Day 21	Day 28	Day 42
0	8	0.000000	0.0111	0.041	0.091	0.126	0.135
		± 0.000000	$\pm 0.0012^a$	$\pm 0.006^{ab}$	$\pm 0.004^b$	$\pm 0.014^b$	$\pm 0.011^{bc}$
280	8	0.000014	0.0085	0.039	0.084	0.179	0.124
		± 0.000014	$\pm 0.0008^a$	$\pm 0.003^{ab}$	$\pm 0.006^b$	$\pm 0.023^a$	$\pm 0.022^c$
800	8	0.000027	0.0042	0.044	0.119	0.152	0.192
		± 0.000019	$\pm 0.0007^b$	$\pm 0.003^a$	$\pm 0.017^{ab}$	$\pm 0.010^{ab}$	$\pm 0.025^a$
1340	8	0.000027	0.0039	0.031 ± 0	0.132	0.159	0.179
		± 0.000019	$\pm 0.0012^b$	04 ^b	$\pm 0.017^a$	$\pm 0.017^{ab}$	$\pm 0.011^{ab}$

* a, b, c indicates significant difference by Least Significant Difference at $p<0.05$

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวัดค่า OD (Optical density) พบว่า ค่าเฉลี่ยลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์ ในวันที่ 1 ของการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากหนูยังไม่ได้รับการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ในวันที่ 10 ของการทดลอง หนูในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์ สูงกว่า กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ความแตกต่างที่พบเกิดขึ้นในช่วงของการตอบสนองขั้นแรก (primary response) ซึ่งปริมาณของ ไอจีจี มีต่ำมากจึงมีประสิทธิภาพในการต่อต้านสิ่งแปลกปลอมต่ำ และปริมาณของ ไอจีจี ที่มีอยู่ในระดับที่ต่ำในซีรัม มักก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดผลโดยวิธี ELISA เมื่อเทียบกับการวัดผลในตัวอย่างซีรัมที่มี ปริมาณของ ไอจีจี สูง เนื่องจากการทดลองนี้วัดค่า OD เป็นการวัดโดยวิธี Indirect ELISA เมื่อหลุมไหนมีสีเข้มแสดงว่ามี ปริมาณของ ไอจีจี อยู่มาก ตรงกันข้ามถ้าหลุมไหนสีจางแสดงว่ามีปริมาณของ ไอจีจี อยู่่น้อย ดังนั้นถ้าวัดค่า OD จากตัวอย่างซีรัมที่มี ปริมาณของ ไอจีจี ต่ำจึงมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนได้มากเนื่องจากในทุกๆ หลุมมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาการจับกันแบบไม่จำเพาะของแอนติบอดีอยู่บ้าง ในวันที่ 14 ของการทดลอง ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ของค่าเฉลี่ย ลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์ ระหว่างกลุ่มควบคุม กับกลุ่มที่ได้รับการเสริม แกมมา-โอโรซานอลบริสุทธิ์ ($p>0.05$) ในวันที่ 21, 28 และ 42 ของการทดลอง หนูในกลุ่มที่ 4, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย ลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์ สูงกว่าหนูในกลุ่ม

ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ในวันที่ 42 หนูในกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ย ลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์ ลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากหนูในกลุ่มนี้กัดกันในกลุ่มทำให้มีสุขภาพไม่ดีการตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมจึงลดลง

จากผลการทดลองที่กล่าวมาทั้งหมด ทำให้เห็นภาพรวมของการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์พบว่าหนู ในกลุ่มที่ได้รับการเสริม แกมมา-โอโรซานอลบริสุทธิ์ มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยลือกฐานสองของ ไอจีจี ไตเตอร์ สูงกว่า หนูในกลุ่มควบคุม (รูปที่ 2) จากการทดลองนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า แกมมา-โอโรซานอลบริสุทธิ์ มีคุณสมบัติในการเป็นสารกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันต่อสิ่งแปลกปลอม โดยเพิ่มปริมาณ ไอจีจี ในซีรัมได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีด้วยความกรุณาจากรศ. พันทิพา พงษ์เพ็ชรจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและตรวจทานแก้ไขงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณ รศ. พันทิพา พงษ์เพ็ชรจันทร์ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณโครงการย่อบัณฑิตศึกษาและวิจัยสาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Ag-Biotech) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการทางรังสีและภูมิคุ้มกัน ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่ และอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2541. สารอาหารกับภูมิคุ้มกันในสัตว์, วารสารธุรกิจอาหารสัตว์, ปีที่ 15, เล่มที่ 63, ประจำเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม, หน้า 15-41.
- Chew, B. P. 1996. Importance of Antioxidant vitamins in immunity and health in animals. *Journal of Animal Feed Science Technology*. 59 : 103 - 114
- Deckere, E. A. M., and O. Korver. 1996. Minor constituents of rice bran oil as functional foods. Copyright International Life Sciences Institute and Nutrition Foundation. *Nutrition Reviews*. Volume: 54. Issue: 11. Part: 2.
- Hughes, D. A. 2001. Dietary carotenoids and human immune function. *Journal of Nutrition* 17: 823 – 827.
- Karladee D., P. Pongpiachan, T. Teltathum and A. Gavilo. 2003. Accumulation of gamma oryzanol in purple rice grain. 2nd National Technical Seminar on Postharvest/Post Production Technology. 21 – 22 August at Jalearn Princess Konkaen Hotel.
- Nanua, J. N., J. U. McGregor, and J. S. Godber. 2000. Influence of high oryzanol rice bran oil on the oxidative stability of whole milk powder. *Journal of Dairy Science*. 83 : 2426 - 2431.
- Nockels, C. F. 1996. Antioxidants improve cattle immunity following stress. *Journal of Animal Feed Science Technology*. 62 : 59 – 68.
- Sugano, M., and E. Tsuji. 1997. Rice bran oil and cholesterol metabolism. *Journal of Nutrition*. 127 : 521S - 524S.
- Xu, Z., and J. S. Godber. 1999. Purification and identification of components of gamma oryzanol in rice bran oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47 : 2724 -2728.
- Xu, Z., N. Hua, J. S. Godber. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49 : 2077 - 2081.