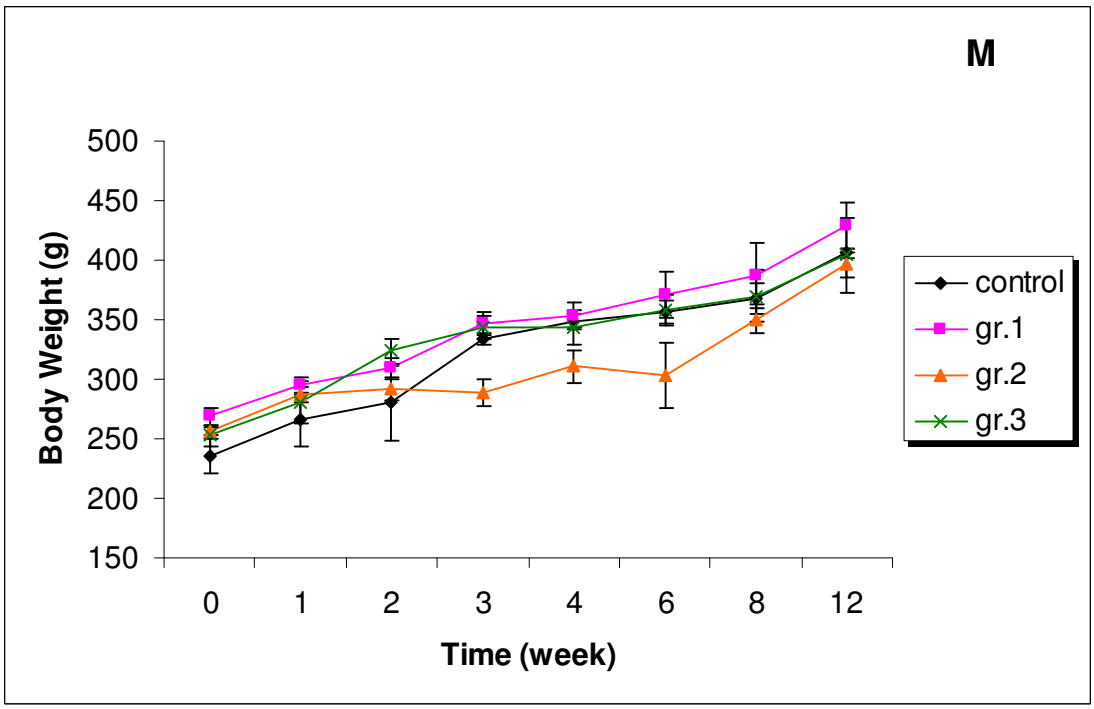
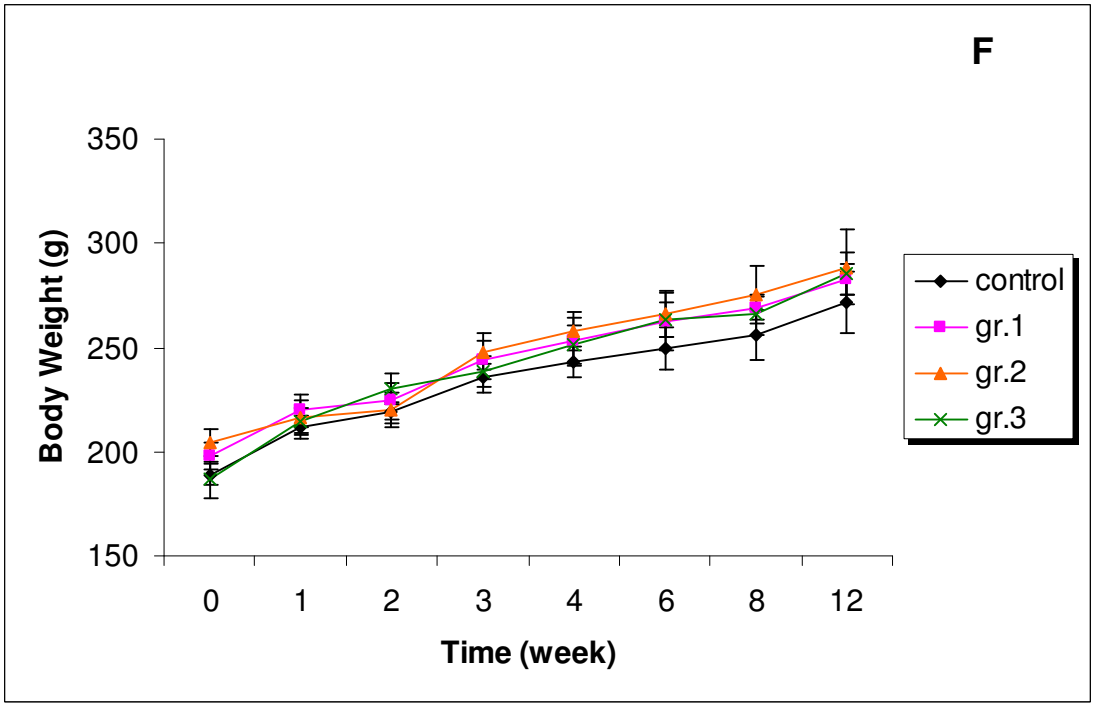
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลของสไปรูไลน่าต่อน้ำหนักตัวของหนูขาว

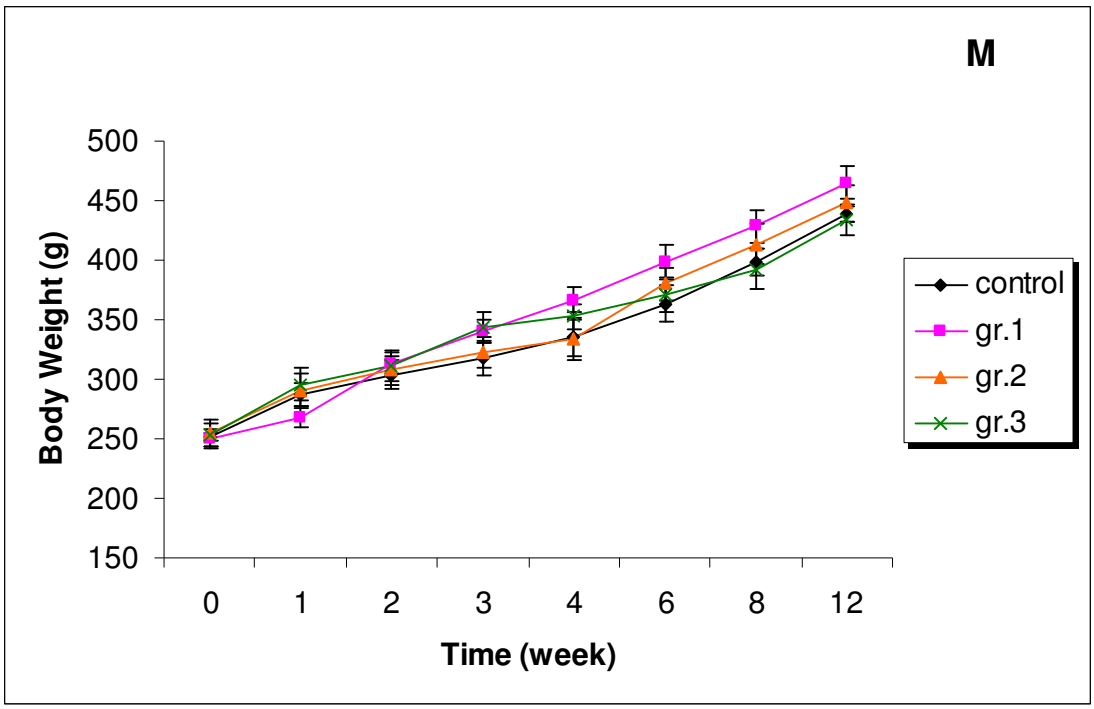
จากการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมและความผิดปกติของหนู ทุกๆ วันตลอดระยะเวลา 3 เดือน พบว่าหนูทุกตัวไม่ได้แสดงอาการผิดปกติแต่อย่างใด และอุจจาระของหนูในกลุ่มทดสอบทั้งหมดมีลักษณะเป็นก้อนสีคล้ำไม่ต่างจากของหนูปกติ บ่งชี้ว่า ไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหารของหนูเหล่านี้ ถึงแม้หนูบางตัวอาจกินอาหารหรือดื่มน้ำในปริมาณที่แตกต่างจากตัวอื่น ๆ บ้าง แต่โดยเฉลี่ยแล้ว หนูเพศผู้และเพศเมียกินอาหารและดื่มน้ำใกล้เคียงกันในแต่ละวัน นอกจากนี้ยังไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมอีกด้วย อย่างไรก็ตาม สไปรูไลน่าที่นำมาทดสอบอาจเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีน ไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรต ภายในร่างกาย ซึ่งสามารถส่งผลต่อการเติบโตหรือเพิ่มขนาดของหนูทดลองเหล่านี้ได้ แต่จากการติดตามวัดค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของหนูในแต่ละกลุ่มเป็นระยะ ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ถึงแม้หนูทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาอย่างต่อเนื่องโดยหนูเพศผู้มีอัตราการเติบโตสูงกว่าเพศเมียอย่างชัดเจน แต่การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวเฉลี่ยของหนูขาวกลุ่มที่ป้อนด้วยสไปรูไลน่าทั้งแบบแห้ง (รูปที่ 2) และแบบสด (รูปที่ 3) ไม่ได้แตกต่างจากหนูขาวในกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับผลการศึกษาในหนูถีบจักรที่ได้รับอาหารผสมสไปรูไลน่าชนิด *S. maxima* ติดต่อกัน เป็นระยะเวลา 13 สัปดาห์ (Salazar *et al*., 1998) ผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่า *S. platensis* ทั้งสองแบบที่ใช้ทดสอบไม่ได้รบกวนกระบวนการใช้สารอาหารต่าง ๆ ของร่างกาย จนทำให้การเติบโตตามวัยหรือการเพิ่มขนาดของหนูขาวเหล่านี้หยุดชะงักหรือชะลอตัวลงจากปกติ

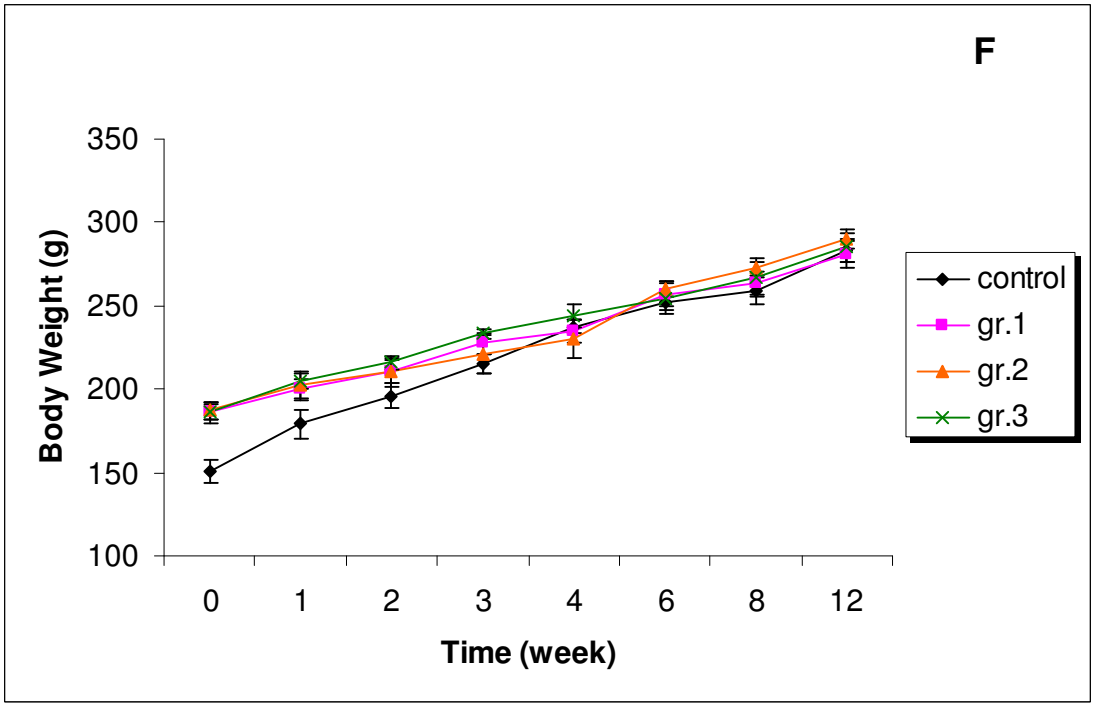




รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทดลองกับน้ำหนักตัวของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้งในขนาดต่าง ๆ กัน (control = น้ำกลั่น, gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X} \pm$ S.E.M.)]





รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาทดลองกับน้ำหนักตัวของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสดในขนาดต่าง ๆ กัน (control = น้ำกลั่น, gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X} \pm$ S.E.M.)]

3.2 ผลการวัดระดับสารชีวเคมีต่าง ๆ ในเลือด

3.2.1 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับเอนไซม์จากตับ

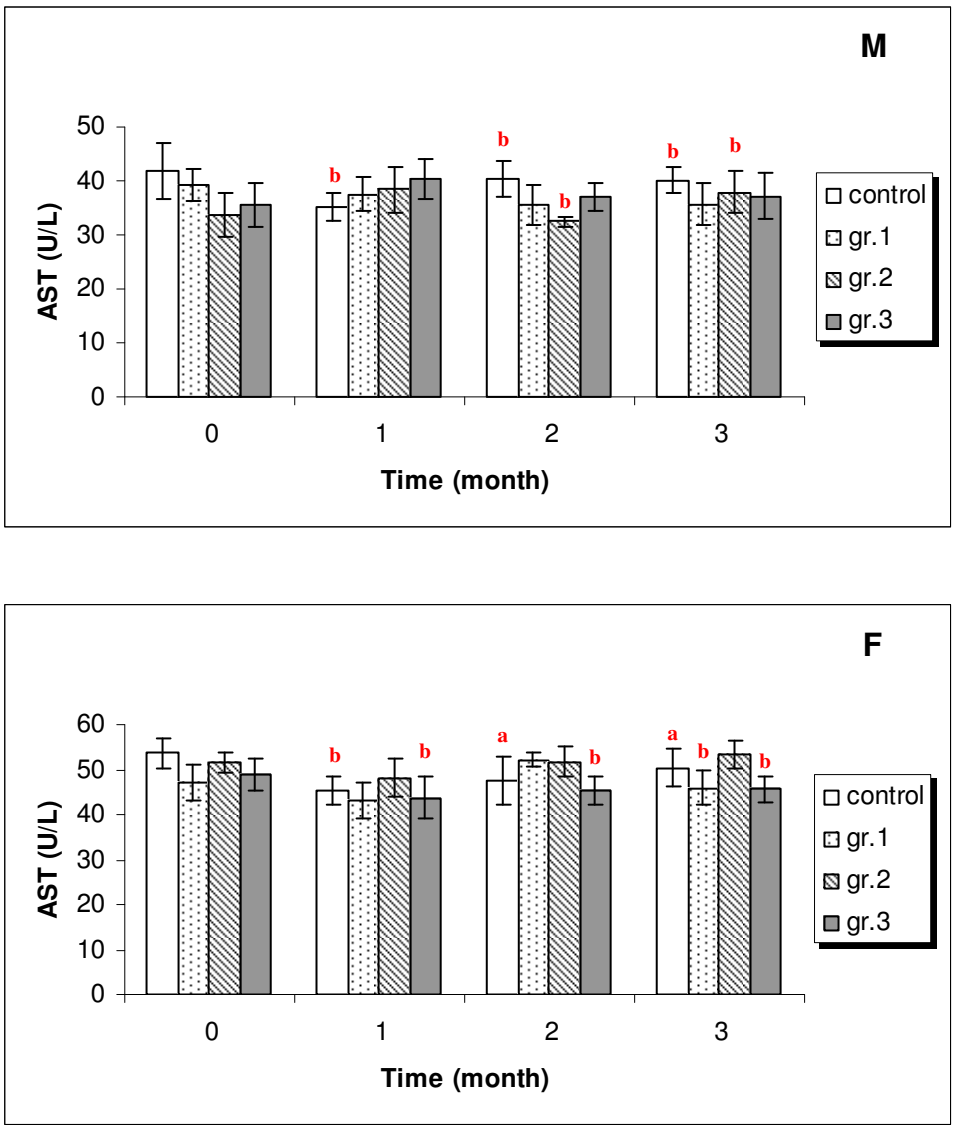
ตับมีหน้าที่กำจัดสารพิษ (detoxification) ดังนั้นตับจึงเป็นอวัยวะซึ่งได้รับผลกระทบโดยตรงเมื่อมีสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษเข้ามาในร่างกาย การวัดระดับของเอนไซม์สำคัญ 3 ชนิดในเลือด ได้แก่ aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) และ alkaline phosphatase (ALP) ซึ่งพบมากในตับ และจะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์ตับถูกทำลาย จึงใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะตับเป็นพิษ (hepatotoxicity) ได้เป็นอย่างดี (Zimmerman, 1978)

3.2.1.1 ผลต่อระดับเอนไซม์ AST

เอนไซม์ aspartate aminotransferase หรือ AST มีชื่อเดิมว่า serum glutamic oxaloacetic transferase หรือ SGOT เมื่อมีอันตรายเกิดขึ้นกับเซลล์ตับ เช่น ในภาวะตับอักเสบ จะมีการรั่วไหลของเอนไซม์ชนิดนี้ออกจากเซลล์ตับเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้สามารถตรวจพบมีแอคติวิตีในเลือดสูงขึ้นได้ นอกจากตับแล้ว AST ยังสร้างจากกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อลาย และไตอีกด้วย (King, 1965)

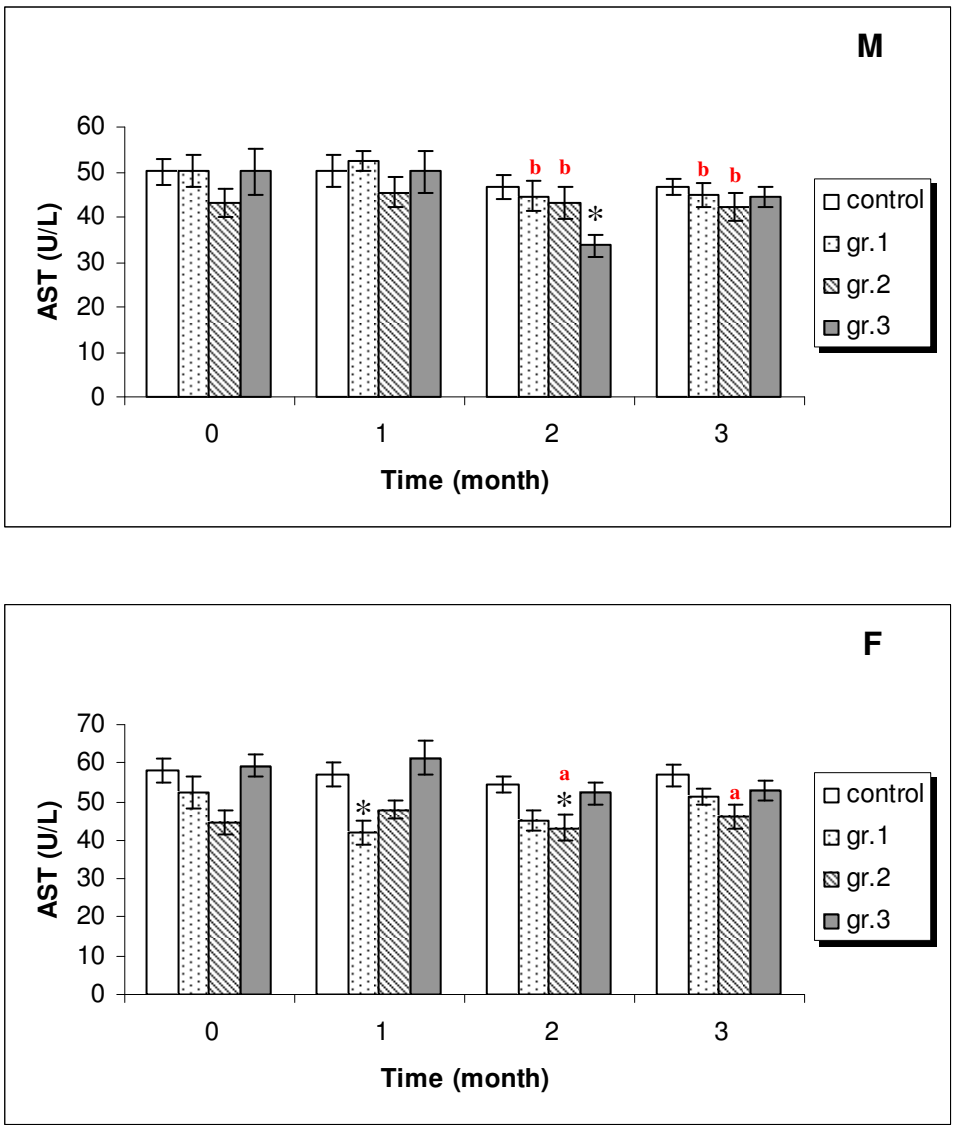
ผลการวัดระดับเอนไซม์ AST ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.1 พบว่า แอคติวิตีของเอนไซม์ AST ในพลาสมาของหนูทุกกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าแบบแห้ง มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยหนูเพศเมียมีระดับเอนไซม์ AST อยู่ระหว่าง 42.93 ± 3.97 ถึง 53.63 ± 3.36 U/L ซึ่งสูงกว่าของหนูตัวผู้ เล็กน้อย (32.45 ± 0.92 ถึง 41.76 ± 5.19 U/L) (ตารางที่ 8 ของภาคผนวก)

เช่นเดียวกับกรณีของสไปรูไลน่าแบบแห้ง ระดับเอนไซม์ AST ทั้งในหนูเพศผู้และหนูเพศเมียของทุกกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าสด ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมตลอดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 5 ยกเว้นในบางกลุ่มที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากมีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่า ซึ่งถือว่าไม่ได้บ่งชี้ถึงสภาวะที่เป็นอันตรายต่อตับแต่อย่างใด



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ aspartate aminotransferase (AST) (U/L) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 5 **กราฟแสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ aspartate aminotransferase (AST) (U/L) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)**

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

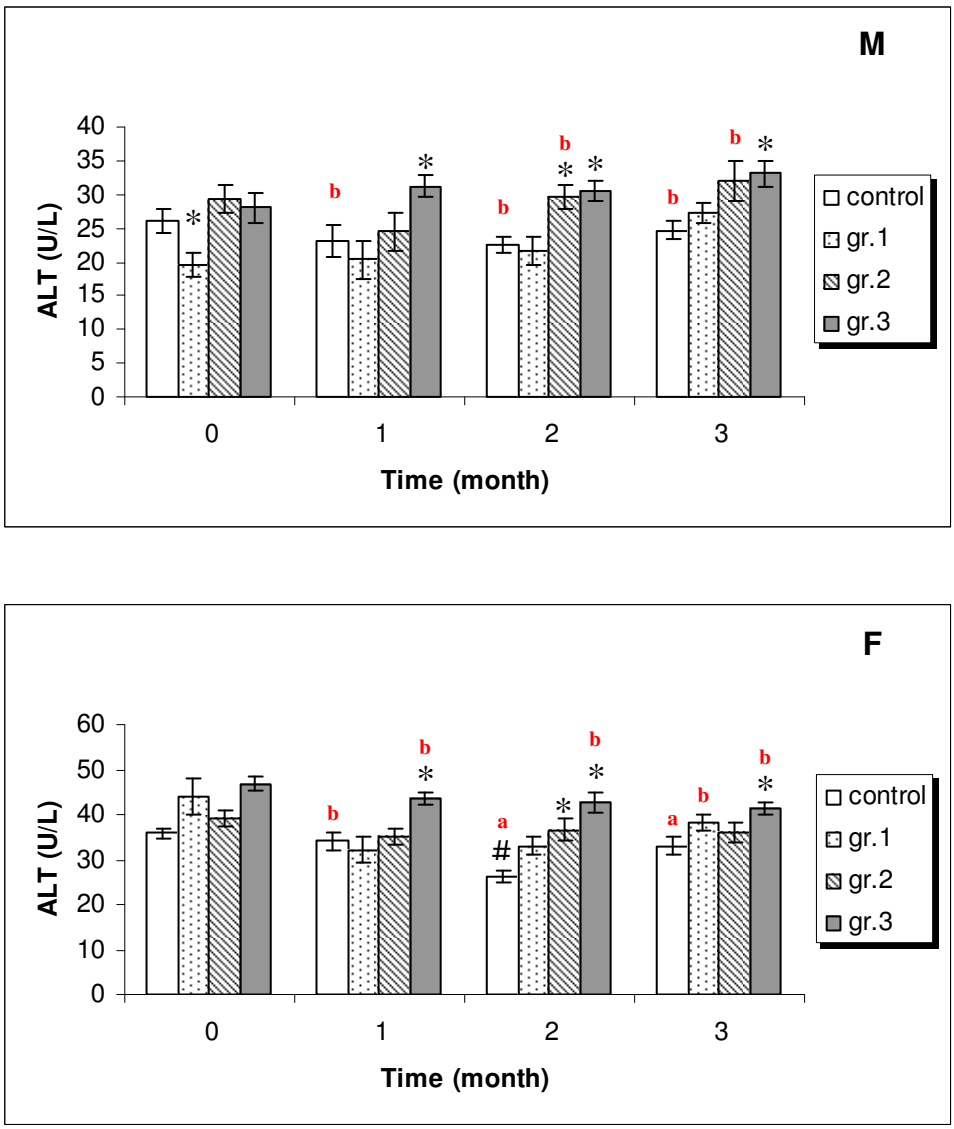
- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.1.2 ผลต่อระดับเอนไซม์ ALT

เอนไซม์ alanine aminotransferase หรือ ALT มีชื่อเดิมว่า serum glutamic pyruvate transferase หรือ SGPT เป็นเอนไซม์ที่ใช้ควบคู่กับเอนไซม์ AST ในการวัดสมรรถภาพการทำงานของตับ แต่เอนไซม์ ALT มีความจำเพาะในการบ่งบอกถึงภาวะอันตรายต่อตับมากกว่า AST เพราะ ALT มีตับเป็นแหล่งสร้างใหญ่ที่สุดในร่างกาย ในขณะที่ AST สร้างจากกล้ามเนื้อหัวใจมากที่สุด (King, 1965)

ผลการวัดเอนไซม์ ALT ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.1 พบว่า เอนไซม์ ALT ในพลาสมาของหนูเพศเมียทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าแบบแห้งมีระดับเฉลี่ยสูงกว่าของหนูเพศผู้ เล็กน้อย ตลอดระยะเวลาทดลอง (ตารางที่ 9 ของภาคผนวก) และหนูกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าส่วนใหญ่มีค่าแอคติวิตีของ ALT ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นกลุ่มทดสอบด้วยสไปรูไลน่าในปริมาณสูง (120 mg/kg/day) ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ซึ่งมีแอคติวิตีของ ALT ในพลาสมาค่อนข้างสูงกว่ากลุ่มควบคุม ตั้งแต่ยังไม่ได้เริ่มต้นป้อนสไปรูไลน่าไปจนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 6 นอกจากนี้ การที่แอคติวิตีของกลุ่มควบคุมในเดือนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าในช่วงเวลาอื่นโดยไม่ทราบสาเหตุ ยังส่งผลให้กลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าในขนาดปานกลาง (60 mg/kg/day) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย ถึงแม้ผลที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกันทั้งในหนูตัวผู้และหนูตัวเมีย คือ แอคติวิตีของ ALT ในหนูกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่า 120 mg/kg/day สูงกว่าปกติ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ระดับเอนไซม์ในหนูกลุ่มดังกล่าวค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ในขณะที่ กลุ่มควบคุมมีค่าแปรปรวนค่อนข้างมาก ดังนั้นผลที่แสดงดังกล่าวจึงไม่น่าจะเกิดจากการกระตุ้นของสไปรูไลน่าที่ใช้ทดสอบ

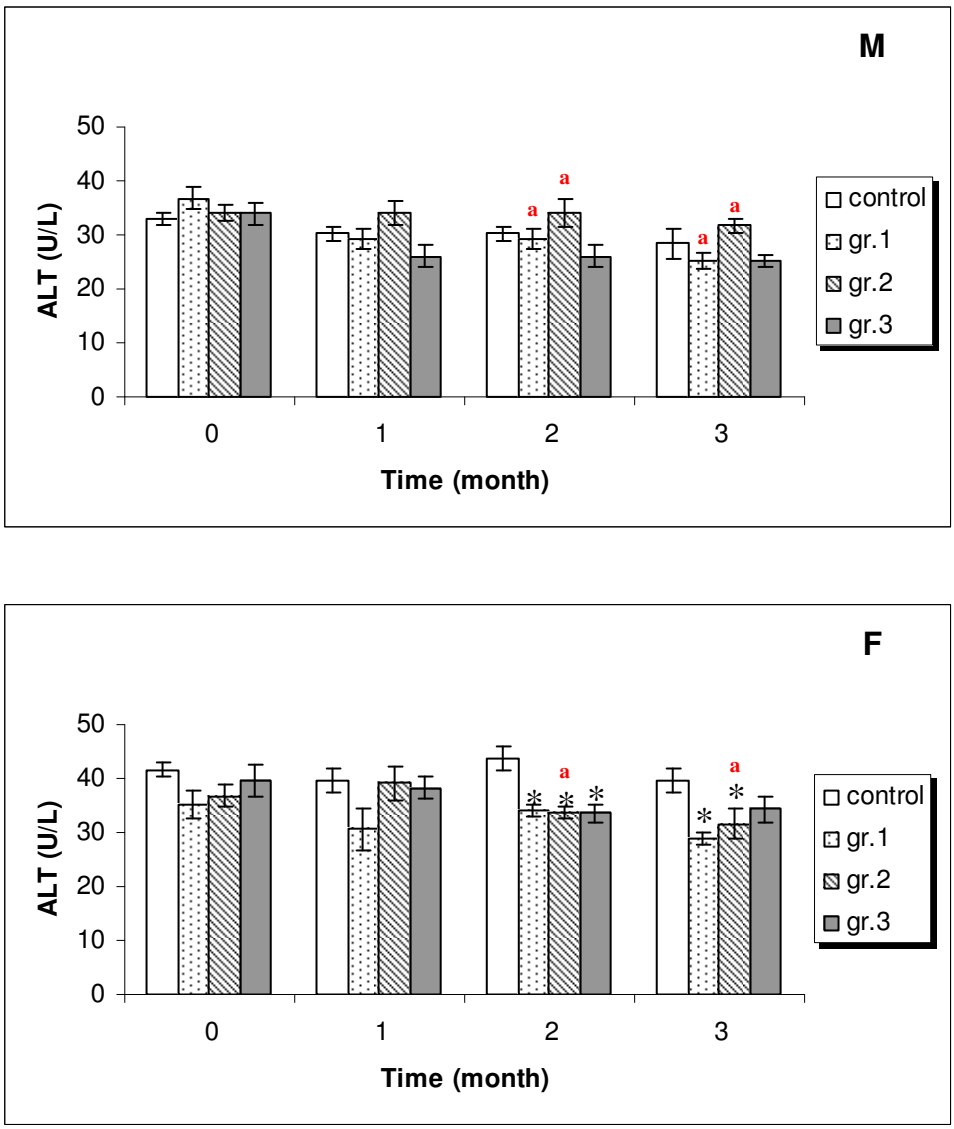
สำหรับการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด พบว่า แอคติวิตีของเอนไซม์ ALT ในหนูเพศผู้ทุกกลุ่ม มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง (ตารางที่ 9 ของภาคผนวก) แตกต่างจากผลการทดลองในหนูเพศเมีย ซึ่งพบว่า ก่อนการทดสอบ ทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากได้รับสไปรูไลน่าไปแล้ว 2 เดือน ถึงแม้แอคติวิตีของ ALT ในหนูที่ได้รับสไปรูไลน่าทั้ง 3 กลุ่ม ยังคงอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ช่วงเวลาเดียวกันซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเมื่อเริ่มต้น จึงทำให้ค่าเฉลี่ยที่วัดได้กลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นเช่นนี้ไปจนถึงช่วงสุดท้ายของการทดลอง (รูปที่ 7) ซึ่งน่าจะเป็นเพราะความแปรปรวนตามธรรมชาติในสัตว์ทดลองเหล่านี้มากกว่าเกิดจากฤทธิ์ของสไปรูไลน่า เนื่องจากในกลุ่มหนูตัวผู้ไม่ได้ผลลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ alanine aminotransferase (ALT) (U/L) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน
- # $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุมก่อนทำการทดสอบ]



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ alanine aminotransferase (ALT) (U/L) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

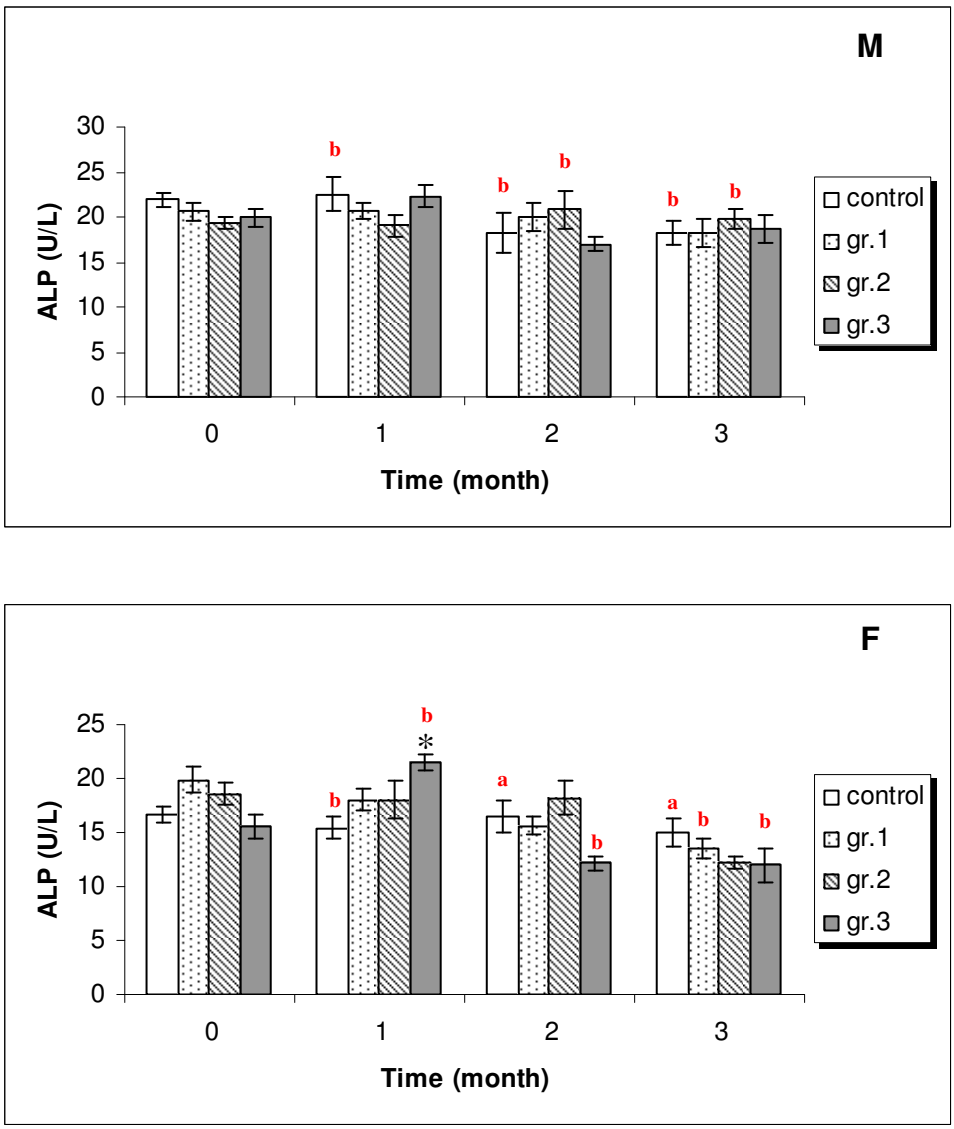
3.2.1.3 ผลต่อระดับเอนไซม์ ALP

เอนไซม์ alkaline phosphatase หรือ ALP เป็นเอนไซม์ที่สร้างจากเซลล์เยื่อบุทางเดินน้ำดี ใช้ตรวจสอบการอุดตันของระบบทางเดินน้ำดีในตับได้ เนื่องจากระดับเอนไซม์ชนิดนี้ในเลือดจะสูงขึ้นเมื่อเกิดการอุดตันของท่อน้ำดีใหญ่ด้วยก้อนนิ่วหรือเนื้องอก หรือเกิดการอุดตันของท่อน้ำดีเล็กในตับซึ่งเป็นผลจากยา สารเคมี หรือแอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงสามารถใช้การวัดระดับเอนไซม์ ALP ในเลือด ประกอบการวินิจฉัยความผิดปกติของตับในลักษณะดังกล่าวได้ นอกจากนี้เอนไซม์ ALP ยังถูกสร้างใน กระดูก รก และลำไส้ อีกด้วย (Nowrouzi and Yazdanparast, 2005)

การวัดระดับเอนไซม์ ALP ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.2 ได้ผลดังนี้ แอคติวิตีของเอนไซม์ ALP ในพลาสมาของหนูขาวที่ได้รับสไปรูไลน่าแบบแห้งทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยหนูเพศผู้มีค่าแอคติวิตีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.93 ± 0.75 ถึง 22.54 ± 1.96 U/L สูงกว่าในหนูเพศเมียเล็กน้อย (11.98 ± 1.56 ถึง 21.47 ± 0.66 U/L) (ตารางที่ 10 ของภาคผนวก) ยกเว้นกลุ่มที่ 3 ในหนูเพศเมีย ช่วงเดือน 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญโดยไม่ทราบสาเหตุ แต่ถึงอย่างไรค่าเฉลี่ยที่สูงขึ้นนั้นก็ไม่ได้บ่งชี้ถึงสภาวะที่เป็นอันตรายอันเนื่องมาจากการได้รับสไปรูไลน่าในปริมาณสูง เพราะค่าที่เพิ่มขึ้นนั้นยังถือว่าอยู่ในช่วงปกติ และอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มอื่น ๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน

ส่วนผลการทดลองของสไปรูไลน่าแบบสด พบว่า ก่อนเริ่มต้นการทดสอบ ทุกกลุ่มมีแอคติวิตีของเอนไซม์ ALP ใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยในหนูเพศผู้อยู่ระหว่าง 25.61 ± 1.44 ถึง 30.44 ± 1.38 U/L ส่วนหนูเพศเมียอยู่ระหว่าง 17.84 ± 1.47 ถึง 21.35 ± 0.57 U/L (ตารางที่ 10 ของภาคผนวก) ซึ่งหลังจากนั้น 1 เดือน ค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ทั้งในหนูเพศผู้และหนูเพศเมียทุกกลุ่มมีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงรักษาระดับใกล้เคียงกัน จนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9

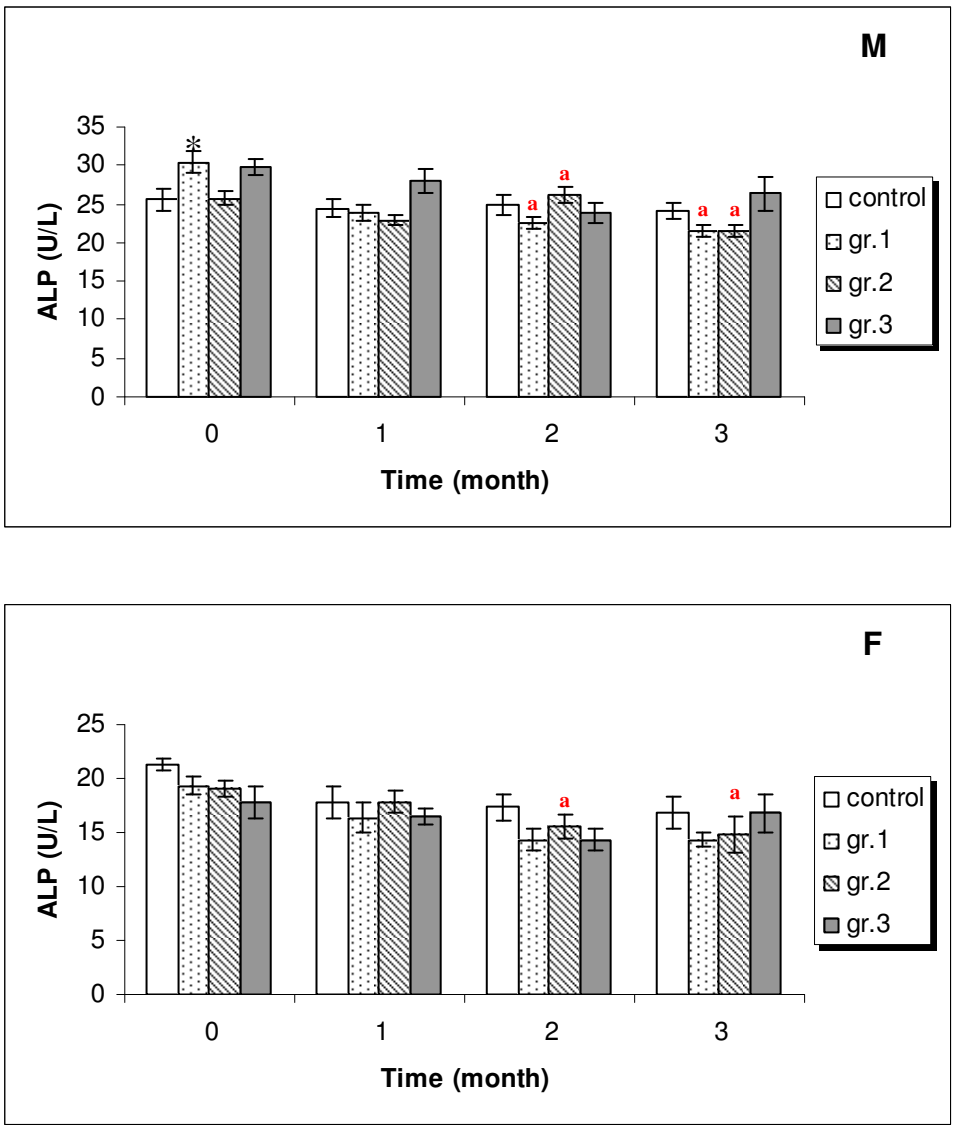
จากผลการติดตามระดับแอคติวิตีของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้นในกระแสเลือด เพื่อทดสอบสมรรถภาพการทำงานของตับในหนูทดลอง สามารถบ่งชี้ได้ว่า *S. platensis* ที่นำมาทดสอบทั้งแบบแห้งและแบบสด ไม่ได้ก่อให้เกิดการทำลายของเซลล์ตับรวมไปถึงการอุดตันของท่อน้ำดี ถึงแม้จะได้รับในขนาดหรือปริมาณสูงกว่าที่คาดว่าคนทั่วไปบริโภคในแต่ละวันคือ 300 mg (wet weight) /kg (Becker, 1980) เป็นระยะเวลาถึง 3 เดือน



รูปที่ 8 **กราฟแสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ alkaline phosphatase (ALP) (U/L) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)**

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ alkaline phosphatase (ALP) (U/L) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

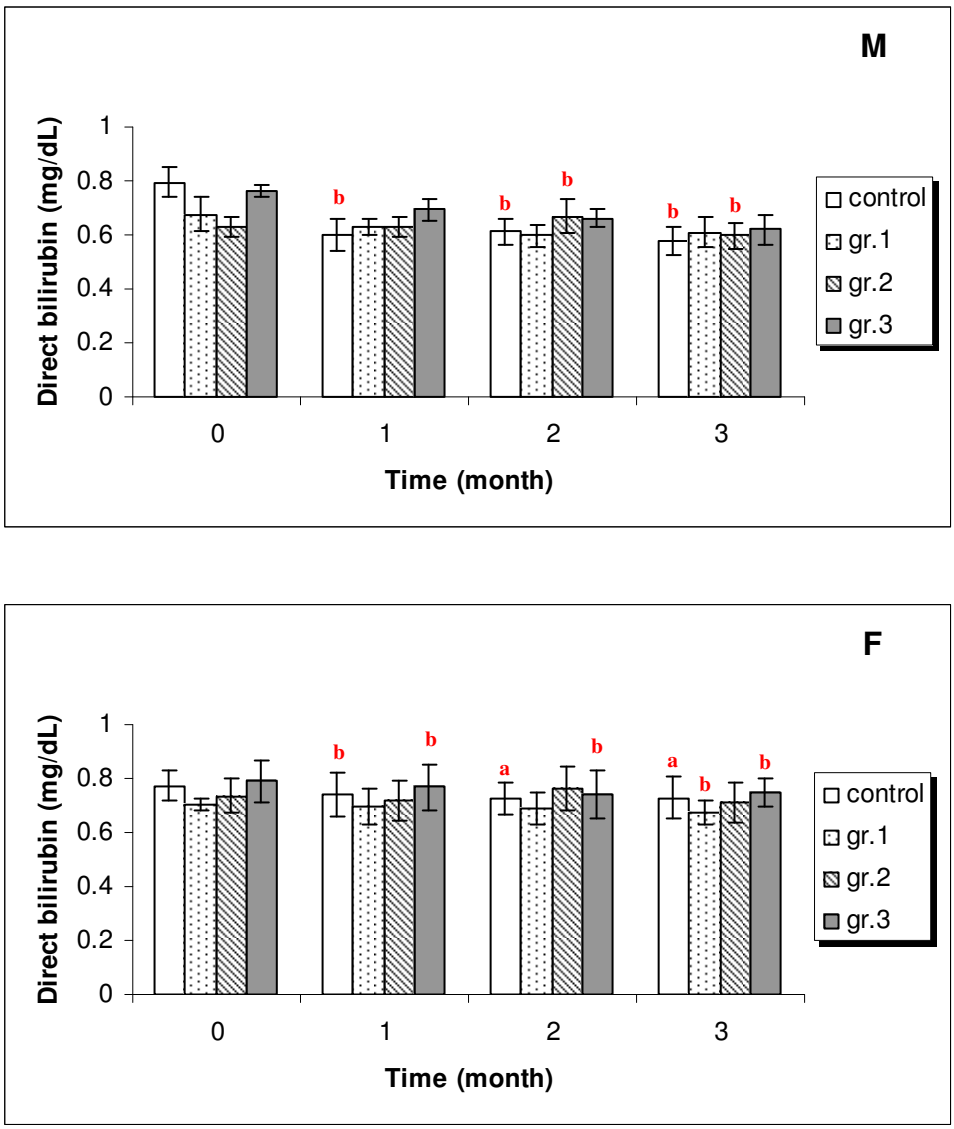
3.2.2 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับ Direct และ Total Bilirubin

Bilirubin เกิดจากการสลายของ heme ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของ hemoproteins ทั้งหลายในร่างกาย ที่สำคัญได้แก่ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดง และ ไมโอโกลบิน (myoglobin) ในกล้ามเนื้อ ตับจะทำหน้าที่เก็บ bilirubin ออกจากกระแสเลือดและขับออกทางน้ำดี ดังนั้นเมื่อมีความผิดปกติเกี่ยวกับตับ ทางเดินน้ำดี หรือมีเม็ดเลือดแดงแตกจำนวนมาก ก็จะเป็นผลให้มีปริมาณ bilirubin เพิ่มขึ้นในเลือด อันเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะดีซ่าน (jaundice) ดังนั้น ระดับ bilirubin ในกระแสเลือดจึงใช้แสดงถึงความสามารถของตับในการรับ bilirubin จากกระแสเลือด แล้วเปลี่ยนแปลงรูปโดยปฏิกิริยา conjugation เพื่อขับออกจากร่างกาย ได้เป็นอย่างดี (Burtis and Ashwood, 1999)

Bilirubin ทั้งหมดที่พบในกระแสเลือด (total bilirubin) แบ่งออกเป็น 2 แบบ แบบแรกเป็น bilirubin ซึ่งยังไม่ได้ถูกเก็บเข้าตับเรียกว่า unconjugated bilirubin หรือ indiect bilirubin ถ้าพบในปริมาณสูงอาจมีสาเหตุมาจากโรคตับ หรือการแตกของเม็ดเลือดแดง ส่วนแบบที่ 2 เรียกว่า direct bilirubin หรือ conjugated bilirubin เป็น bilirubin ที่ถูกเปลี่ยนแปลงภายในตับ และขับออกมาพร้อมกับน้ำดีเมื่อสร้างเสร็จ มักพบมีปริมาณสูง เมื่อเกิดก้อนนิ่วในถุงน้ำดี (Mayne, 1994)

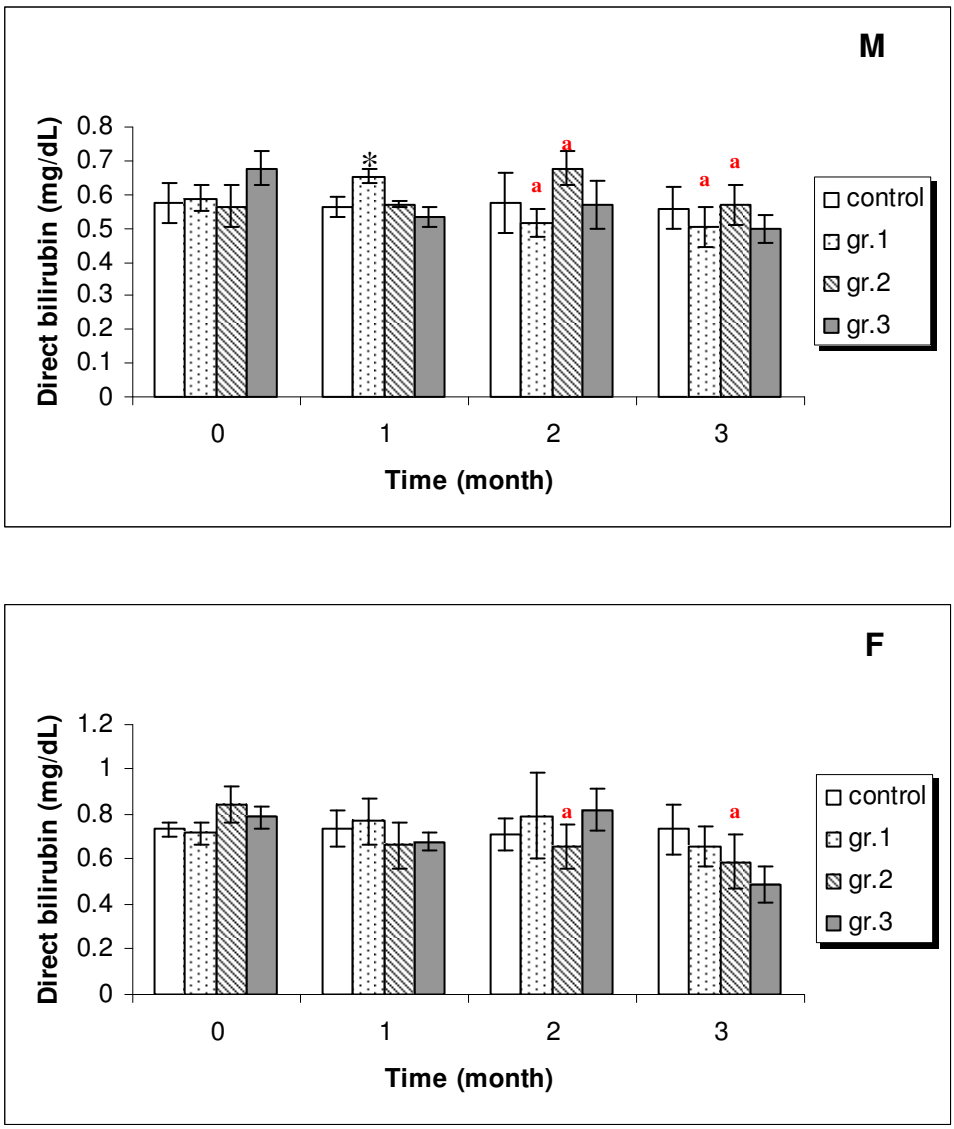
3.2.2.1 ผลต่อระดับ Direct Bilirubin

จากผลของการวัดปริมาณ direct bilirubin ในเลือด ด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.3 พบว่า ในภาพรวม ปริมาณเฉลี่ยของ direct bilirubin ที่วัดได้จากพลาสมาของหนูที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าทั้งแบบแห้งและแบบสด มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11 โดยในการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง หนูเพศผู้มีค่าเฉลี่ยของ direct bilirubin ในพลาสมา อยู่ระหว่าง 0.58 ± 0.05 ถึง 0.80 ± 0.06 mg/dL ส่วนในหนูเพศเมีย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.68 ± 0.04 ถึง 0.79 ± 0.08 mg/dL (ตารางที่ 11 ของภาคผนวก) เช่นเดียวกันกับผลการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด หนูเพศผู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.50 ± 0.04 ถึง 0.68 ± 0.05 mg/dL ซึ่งแม้ว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 หลังจากได้รับสไปรูไลน่ามาแล้ว 1 เดือน จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็สูงกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่ถือว่ามีความผิดปกติอันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของค่า direct bilirubin แต่อย่างใด และจะมีค่าลดลงจนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมในเดือนถัด ๆ ไป จึงไม่อาจสรุปได้ว่าเป็นผลของการได้รับสไปรูไลน่า ส่วนในเพศเมียค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.49 ± 0.08 ถึง 0.85 ± 0.08 mg/dL (ตารางที่ 11 ของภาคผนวก)



รูปที่ 10 กราฟแสดงปริมาณ direct bilirubin (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 11 กราฟแสดงปริมาณ direct bilirubin (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

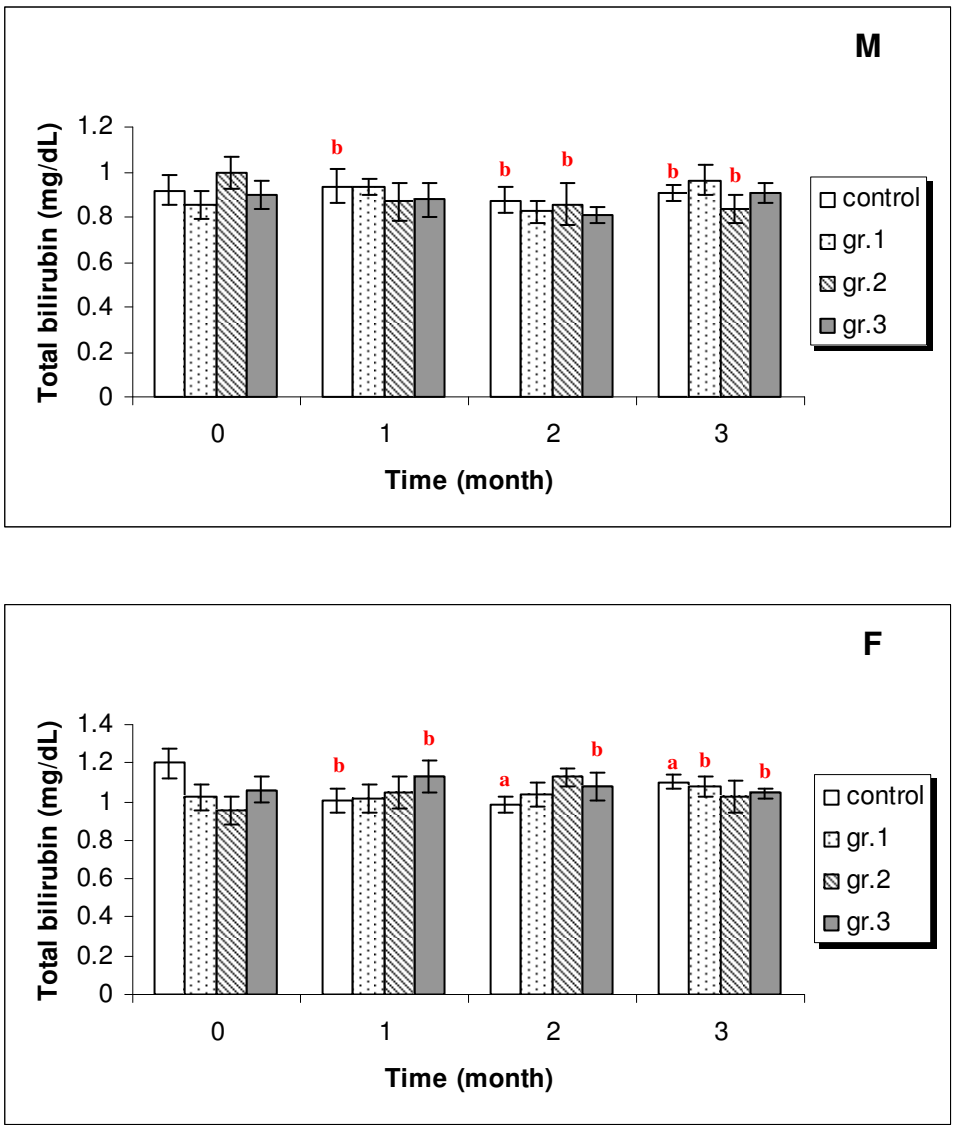
[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.2.2 ผลต่อระดับ Total Bilirubin

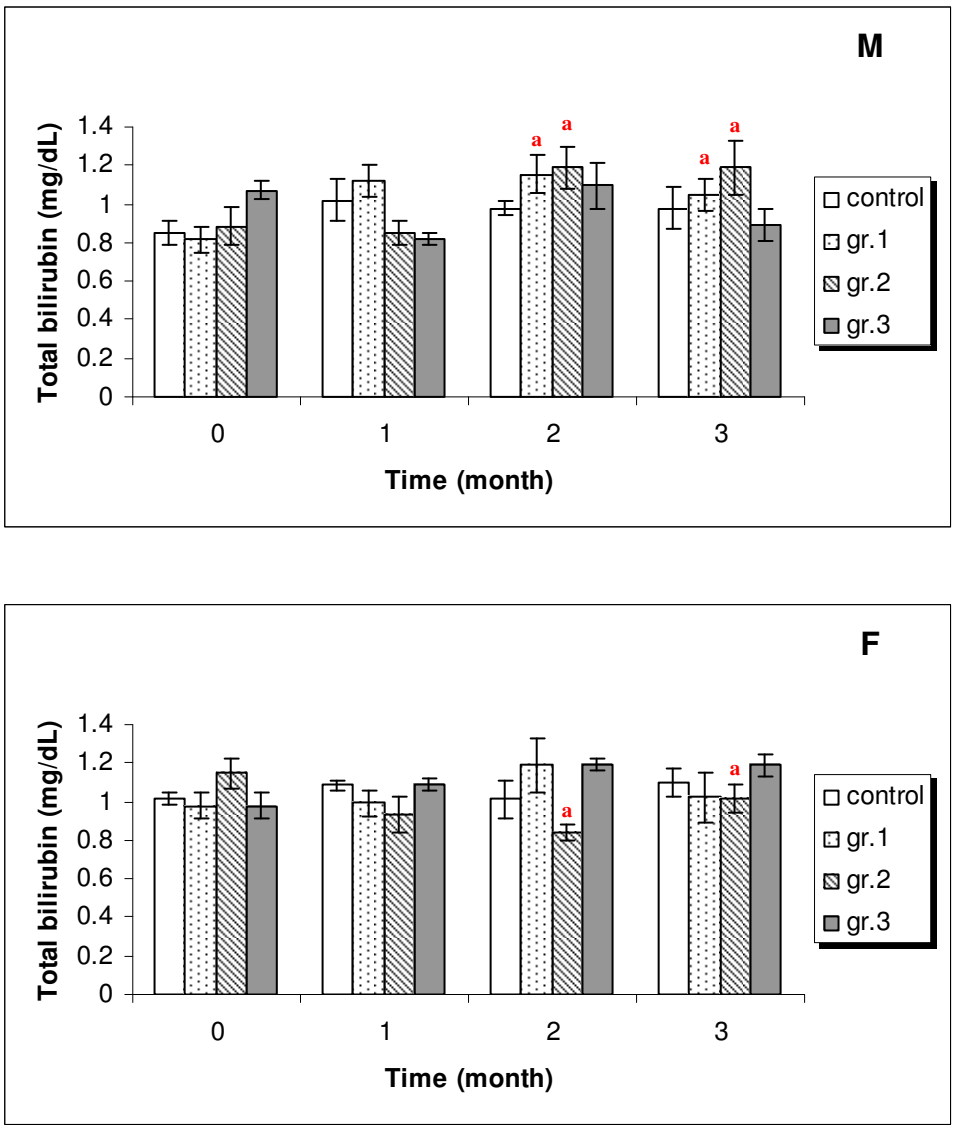
ผลของการวัดปริมาณ total bilirubin ด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.3 พบว่า ปริมาณ total bilirubin เฉลี่ยที่วัดได้จากพลาสมาของหนูที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าทั้งแบบแห้งและแบบสด มีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13 โดยในการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง หนูเพศผู้มีค่าเฉลี่ยของ total bilirubin ในพลาสมา อยู่ระหว่าง 0.81 ± 0.04 ถึง 1.00 ± 0.07 mg/dL ส่วนในหนูเพศเมีย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.95 ± 0.07 ถึง 1.20 ± 0.08 mg/dL (ตารางที่ 12 ของภาคผนวก) เช่นเดียวกันกับผลการทดสอบด้วยสไป-รูไลน่าแบบสด ซึ่งหนูเพศผู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.82 ± 0.07 ถึง 1.19 ± 0.14 mg/dL ส่วนในเพศเมียระหว่าง 0.84 ± 0.04 ถึง 1.19 ± 0.14 mg/dL (ตารางที่ 12 ของภาคผนวก)

ดังนั้น ผลจากการตรวจวัดระดับ bilirubin ข้างต้น ซึ่งไม่ปรากฏภาวะคั่งค้างของ bilirubin ในกระแสเลือด (hyperbilirubinemia) ของหนูขาวที่ได้รับสไปรูไลน่าทั้งสองแบบ ตลอด 3 เดือนของการทดลอง จึงสามารถยืนยันผลของการตรวจวัดระดับเอนไซม์ ALT, AST และ ALP ในหัวข้อ 3.2.1 ได้ว่า ไม่มีความผิดปกติใด ๆ เกิดขึ้นในตับของหนูเหล่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบอวัยวะดังกล่าวด้วยตาเปล่าที่ไม่พบลักษณะผิดปกติใด ๆ



รูปที่ 12 กราฟแสดงปริมาณ total bilirubin (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 13 กราฟแสดงปริมาณ total bilirubin (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)]

3.2.3 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับโปรตีน

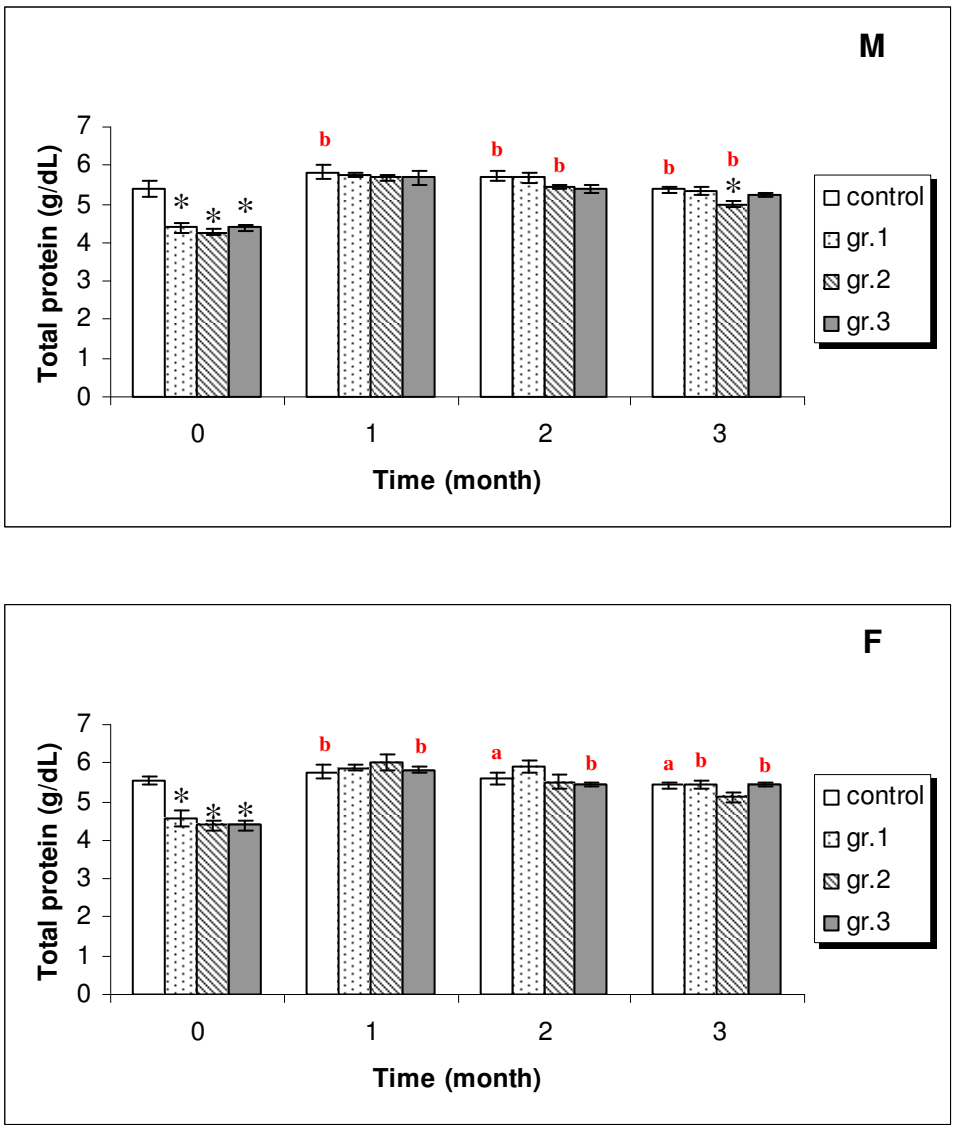
โปรตีนในกระแสเลือด (plasma proteins) มีอยู่ด้วยกัน 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ albumin, globulins และ fibrinogen โปรตีนเหล่านี้เกือบทั้งหมดถูกสร้างและหลั่งออกมาจากตับ ดังนั้นการวัดระดับโปรตีนในกระแสเลือดจึงนำมาใช้ประกอบการวินิจฉัยโรคหรือความผิดปกติของตับได้ (นีโลบล เนื่องตัน, 2539)

3.2.3.1 ผลต่อระดับโปรตีนรวม (Total Protein)

จากการวัดปริมาณโปรตีนดังวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.4 พบว่า ก่อนการทดสอบ ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในพลาสมาของหนูทั้ง 3 กลุ่มซึ่งถูกป้อนด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้งอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยที่วัดได้ในหนูเพศผู้และหนูเพศเมีย อยู่ระหว่าง 4.27 ± 0.07 ถึง 4.38 ± 0.09 g/dL และ 4.38 ± 0.12 ถึง 4.55 ± 0.21 g/dL ตามลำดับ (ตารางที่ 13 ของภาคผนวก) และมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งก็อาจมีสาเหตุจากความแปรปรวนในตัวหนูขาวเอง เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวยังไม่ได้มีการให้สไปรูไลน่า อย่างไรก็ตามหลังจากได้รับสไปรูไลน่าไปแล้ว 1 เดือน พบว่าโปรตีนในเลือดของหนูกลุ่มทดสอบทั้งหมดถูกกระตุ้นให้มีระดับเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับกลุ่มควบคุมจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 14 แม้จะมีบางกลุ่มที่ให้ค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่อาจสรุปว่าเป็นผลกระทบจากการได้รับสไปรูไลน่าได้

ส่วนการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด พบว่า ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยของหนูในกลุ่มทดสอบกับกลุ่มควบคุมทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน ตลอดระยะเวลาทดลอง (ตารางที่ 13 ของภาคผนวก) ดังแสดงในรูปที่ 15

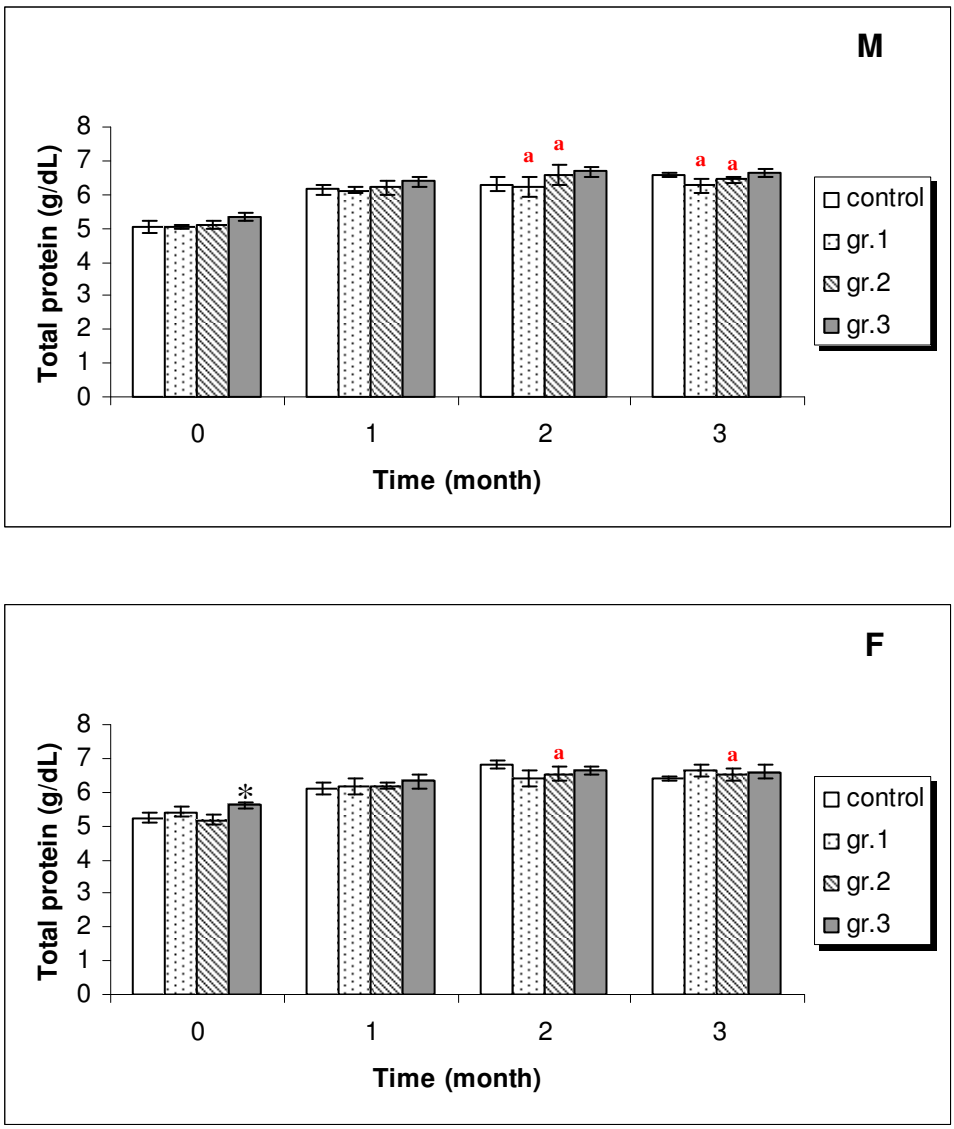
ดังนั้นถึงแม้สไปรูไลน่าจะเป็นแหล่งอุดมโปรตีนธรรมชาติที่สำคัญ แต่ความสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในกระแสเลือดของสาหร่ายชนิดนี้ ยังไม่เคยปรากฏแน่ชัดในสัตว์ทดลอง (Salazar *et al.,* 1998; Rogatto *et al.,* 2004) เช่นเดียวกับผลการศึกษาครั้งนี้



รูปที่ 14 กราฟแสดงปริมาณ total protein (g/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



รูปที่ 15 กราฟแสดงปริมาณ total protein (g/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

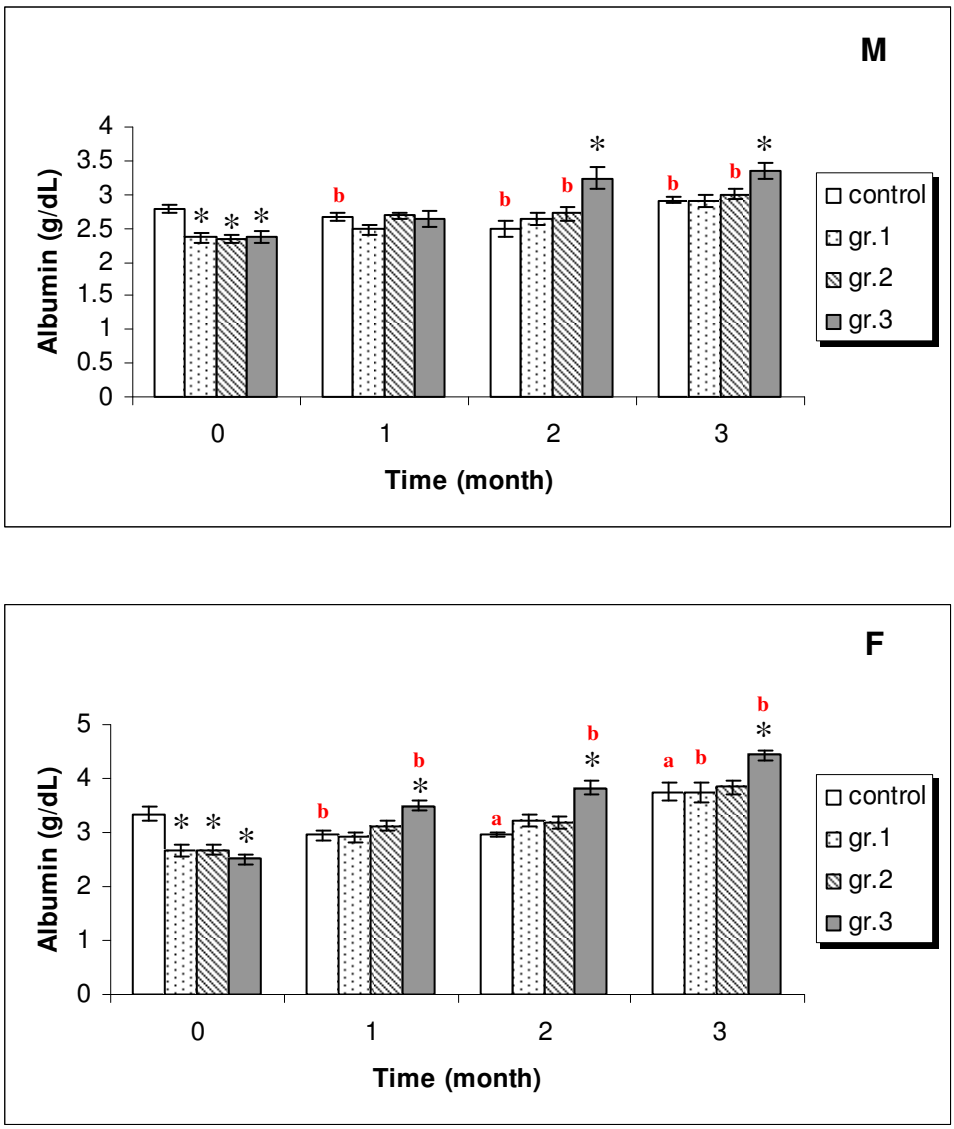
- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.3.2 ผลต่อระดับ Albumin

Albumin เป็นโปรตีนที่มีปริมาณมากที่สุดในกระแสเลือด คือ ประมาณ 60% ของโปรตีนทั้งหมดในพลาสมา เนื่องจาก เซลล์ตับ (hepatocyte) เป็นแหล่งเดียวที่สังเคราะห์โปรตีนชนิดนี้ ดังนั้น การมีปริมาณ albumin ต่ำอย่างผิดปกติในเลือด จึงบ่งบอกถึงความผิดปกติของตับได้ (นีโลบล เนื่องตัน, 2539)

ผลการวัดปริมาณ albumin ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.5 พบว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลอง สามารถวัดปริมาณโปรตีนชนิดนี้ในพลาสมาของหนูที่จะได้รับสไปรูไลน่าแบบแห้งทั้ง 3 กลุ่มได้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยในหนูเพศผู้และหนูเพศเมียมีค่าอยู่ระหว่าง 2.34 ± 0.05 ถึง 2.36 ± 0.09 g/dL และ 2.51 ± 0.10 ถึง 2.68 ± 0.09 g/dL ตามลำดับ (ตารางที่ 14 ของภาคผนวก) ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของหนูกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่กลับมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงหลังของการทดลอง ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับผลการหาปริมาณโปรตีนโดยรวมข้างต้น (หัวข้อ 3.2.3.1) แสดงว่า ระดับโปรตีนโดยรวมที่สูงขึ้นในทุกกลุ่มทดลองหลังจากเดือนแรกนั้น อาจจะมาจากการกระตุ้นการหลั่ง albumin จากตับนั่นเอง นอกจากนี้ ยังพบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าในขนาด 120 mg/kg/day ทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีระดับ albumin เพิ่มขึ้นกว่าหนูในกลุ่มอื่น ๆ ต่อเนื่องไปจนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 16

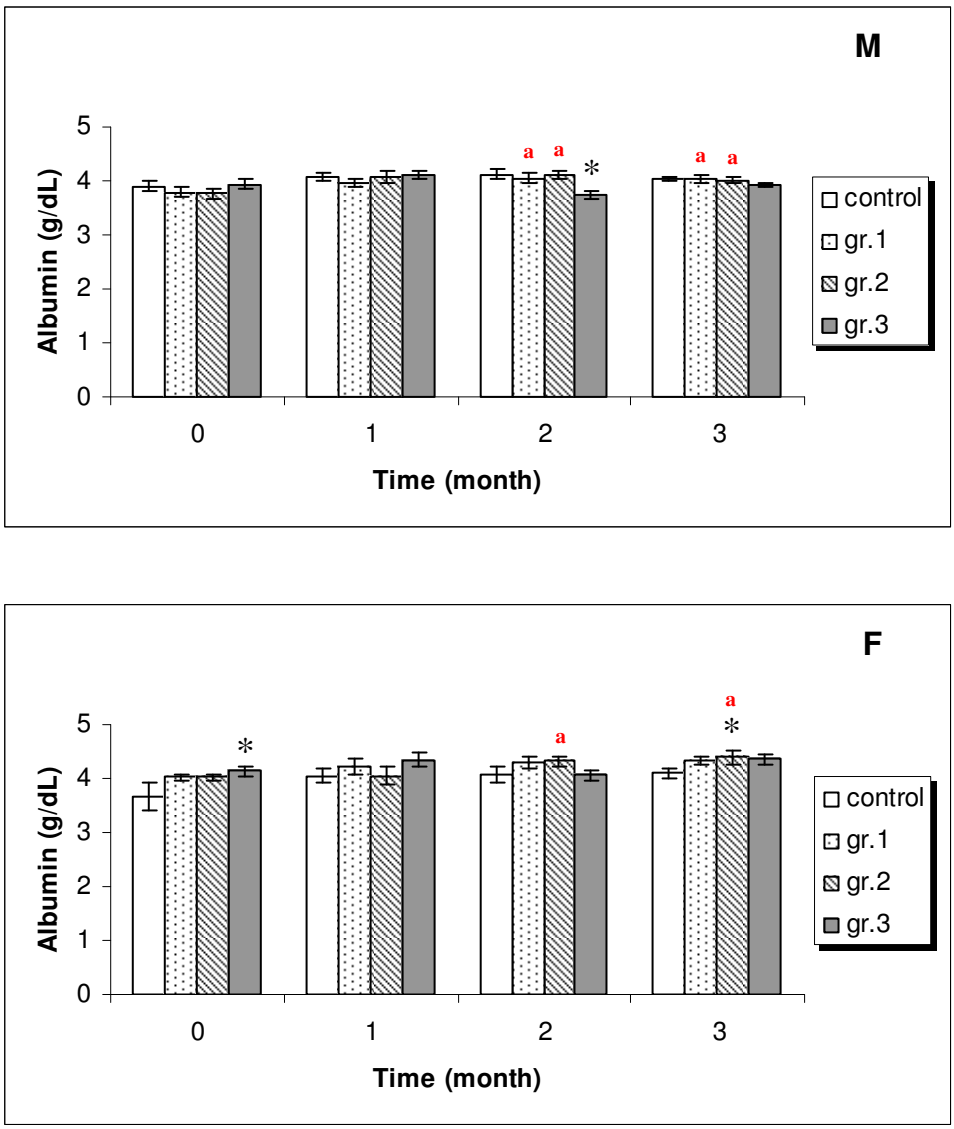
ในขณะที่การทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด พบว่า ปริมาณ albumin เฉลี่ยในพลาสมาของหนูกลุ่มทดลองทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดการทดสอบ เช่นเดียวกับผลของโปรตีนรวมข้างต้น (หัวข้อ 3.2.3.1) โดยระดับ albumin เฉลี่ยในเลือดของหนูเพศผู้อยู่ที่ 3.75 ± 0.08 ถึง 4.12 ± 0.09 g/dL โดยที่ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 3 ในเดือนที่ 2 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็ต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ไม่น่าเป็นผลที่เกิดจากการได้รับสไปรูไลน่า ส่วนหนูเพศเมียค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.67 ± 0.26 ถึง 4.39 ± 0.14 g/dL (ตารางที่ 14 ของภาคผนวก) ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 16 กราฟแสดงปริมาณ albumin (g/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



รูปที่ 17 กราฟแสดงปริมาณ albumin (g/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.4 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับ NPN

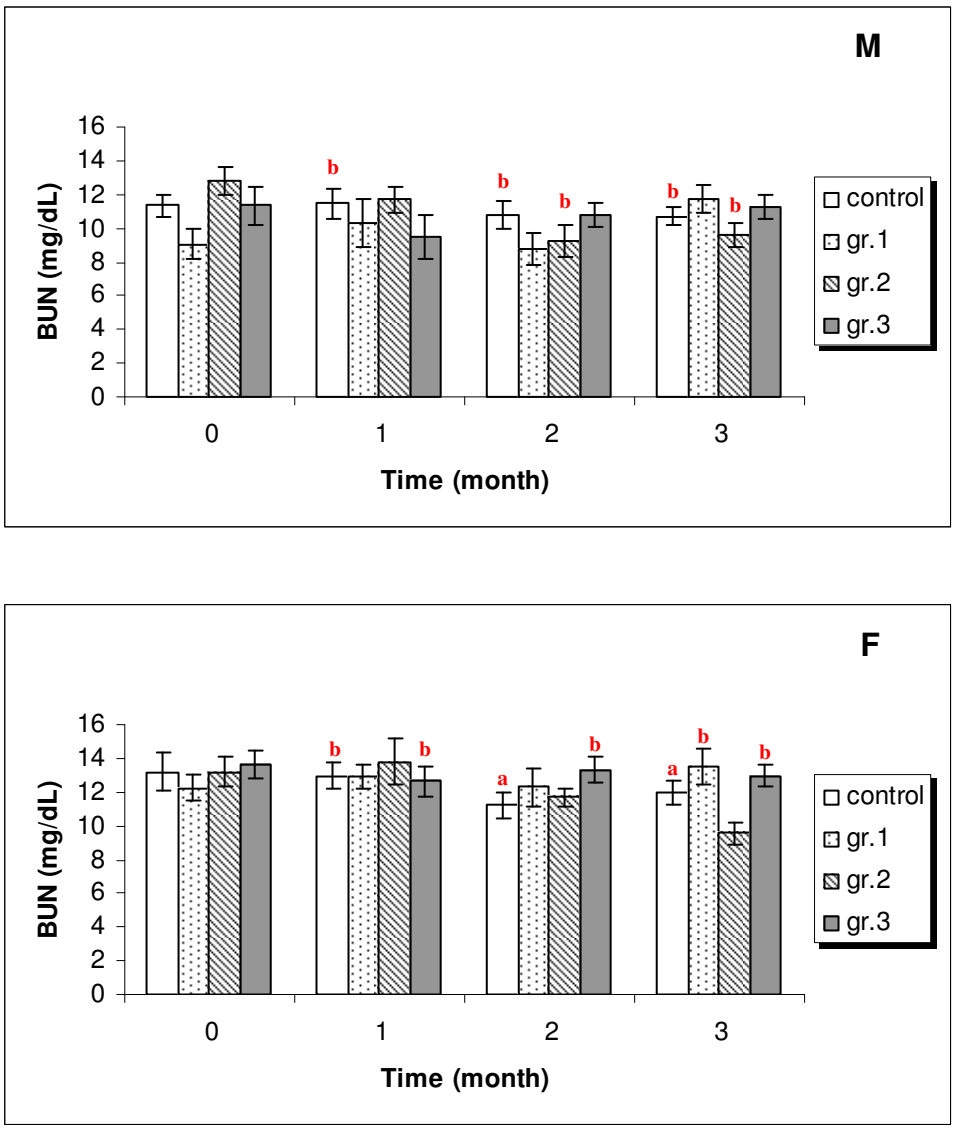
NPN หรือ non-protein nitrogenous compounds คือ กลุ่มสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนซึ่งพบอยู่ในเลือด ที่สำคัญได้แก่ urea, creatinine และ uric acid เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วเป็นผลิตผลจากกระบวนการสลายสารชีวโมเลกุลภายในร่างกาย และจัดเป็นของเสียซึ่งจะถูกขับถ่ายออกไปกับปัสสาวะ ดังนั้นปริมาณ NPN ในเลือด จึงมีความสัมพันธ์กับการทำงานของไตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Burtis and Ashwood, 1999)

3.2.4.1 ผลต่อระดับ Blood Urea Nitrogen

การหาปริมาณ blood urea nitrogen หรือมีชื่อย่อว่า BUN เป็นการวัดระดับไนโตรเจนที่มาจากยูเรีย (urea) ในกระแสเลือด ยูเรียเป็นของเสียที่ได้จากการสลายโปรตีนในร่างกาย แหล่งกำเนิดยูเรียที่สำคัญคือ วัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ภายในเซลล์ตับ ส่วนไตทำหน้าที่กำจัดออกจากกระแสเลือด ดังนั้นถ้าไตเกิดความผิดปกติทำให้สมรรถภาพการกรองของเสียจากเลือดลดลง ย่อมส่งผลให้มีการคั่งค้างของ BUN ในร่างกาย และสะท้อนได้จากปริมาณที่เพิ่มขึ้นของสารนี้ในกระแสเลือด (Burtis and Ashwood, 1999; Mayne, 1994)

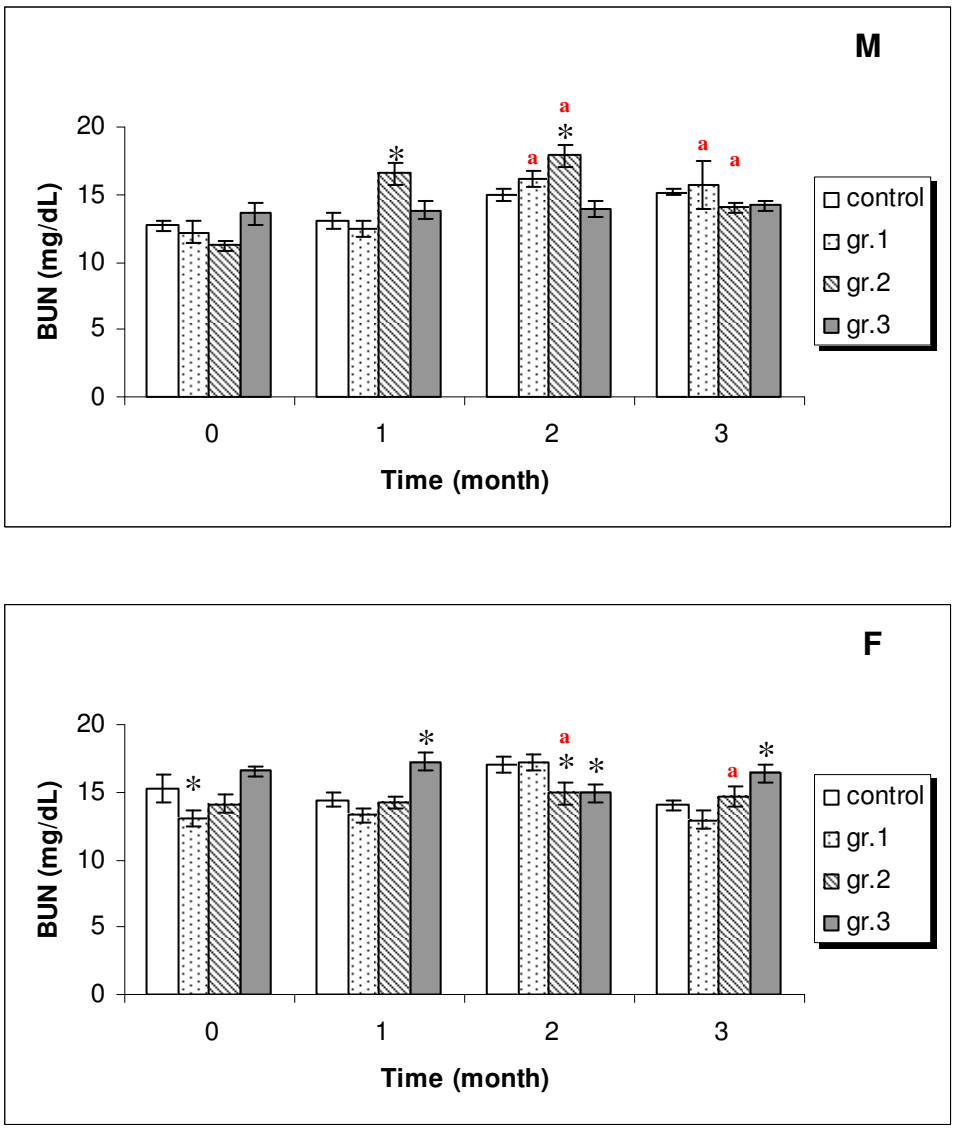
ผลจากการวัดระดับ BUN ด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.6 พบว่า ปริมาณ BUN ที่วัดได้จากพลาสมาของหนูที่ทำการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้งทั้ง 3 กลุ่ม และจากหนูในกลุ่มควบคุมโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 18 โดยหนูเพศผู้ มีค่าอยู่ระหว่าง 8.72 ± 0.95 ถึง 12.83 ± 0.84 mg/dL ส่วนหนูเพศเมีย มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยคือ ระหว่าง 9.58 ± 0.63 ถึง 13.79 ± 1.41 mg/dL (ตารางที่ 15 ของภาคผนวก)

สำหรับผลการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสดนั้น พบว่า คล้ายคลึงกับผลการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง โดยค่าเฉลี่ยของ BUN ในหนูเพศผู้และเพศเมียทั้ง 4 กลุ่ม ตลอดระยะเวลาทดลอง ใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ (ตารางที่ 15 ของภาคผนวก) ส่วนบางค่าเฉลี่ยที่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ดังเช่นค่าเฉลี่ยของหนูขาวเพศผู้กลุ่มที่ 2 ในเดือน 1 และ 2 ที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญโดยไม่ทราบสาเหตุนั้น ก็ถือว่าไม่ได้มีค่าที่ผิดปกติแต่อย่างใด เนื่องจากค่าเฉลี่ยดังกล่าวไม่ได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มอื่น ๆ มากนัก ดังในรูปที่ 19 ส่วนในหนูขาวเพศเมียกลุ่มที่ 3 ในเดือน 1 และ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังปรากฏในรูปที่ 19 นั้น ก็น่าจะเป็นผลมาจากการที่ค่าเฉลี่ย BUN ของหนูเพศเมียกลุ่มที่ 3 นี้มีค่าที่สูงมาตั้งแต่ในช่วงก่อนการทดลองแล้ว ซึ่งหลังจากที่ได้รับสไปรูไลน่า ค่าเฉลี่ยก็ยังถือว่ามีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับกลุ่มเดียวกันในแต่ละช่วงเวลา สไปรูไลน่าจึงไม่น่ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าเหล่านี้



รูปที่ 18 กราฟแสดงปริมาณ blood urea nitrogen (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 19 กราฟแสดงปริมาณ blood urea nitrogen (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

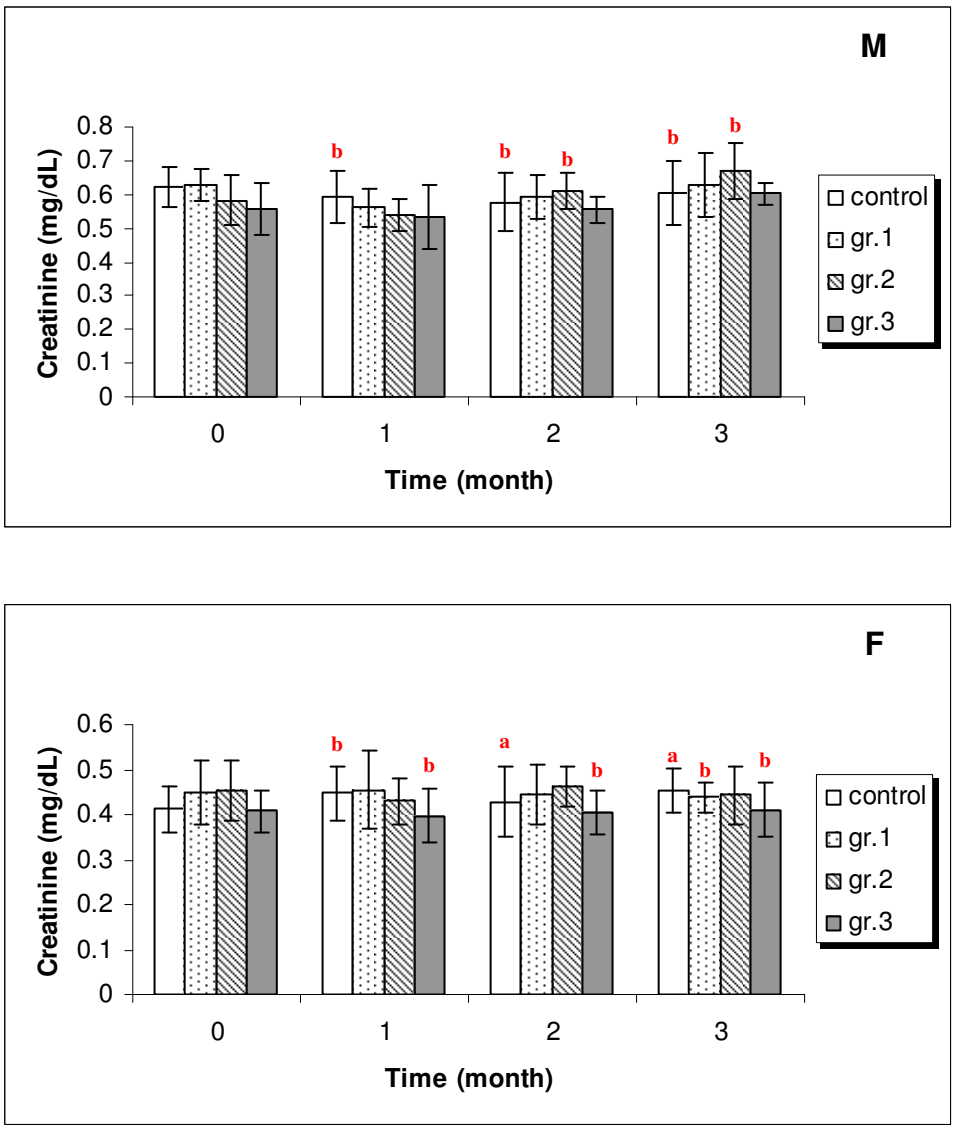
- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.4.2 ผลต่อระดับ Creatinine

Creatinine เป็นผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการสลาย creatine ในกล้ามเนื้อ สารประกอบ creatinine ที่เกิดขึ้นจากการใช้ phosphocreatine ซึ่งเป็นสารให้พลังงานสูงที่มีความสำคัญต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ จะถูกหลั่งออกมาตามกระแสเลือด และขับออกทางปัสสาวะในที่สุด ดังนั้น การตรวจวัดปริมาณของ creatinine ในเลือดซึ่งมักนิยมกระทำควบคู่กับการหาค่า BUN จึงใช้บ่งชี้สภาพการทำงานของไต หรือกล้ามเนื้อภายในร่างกายได้ (Grabowska *et al.,* 2005)

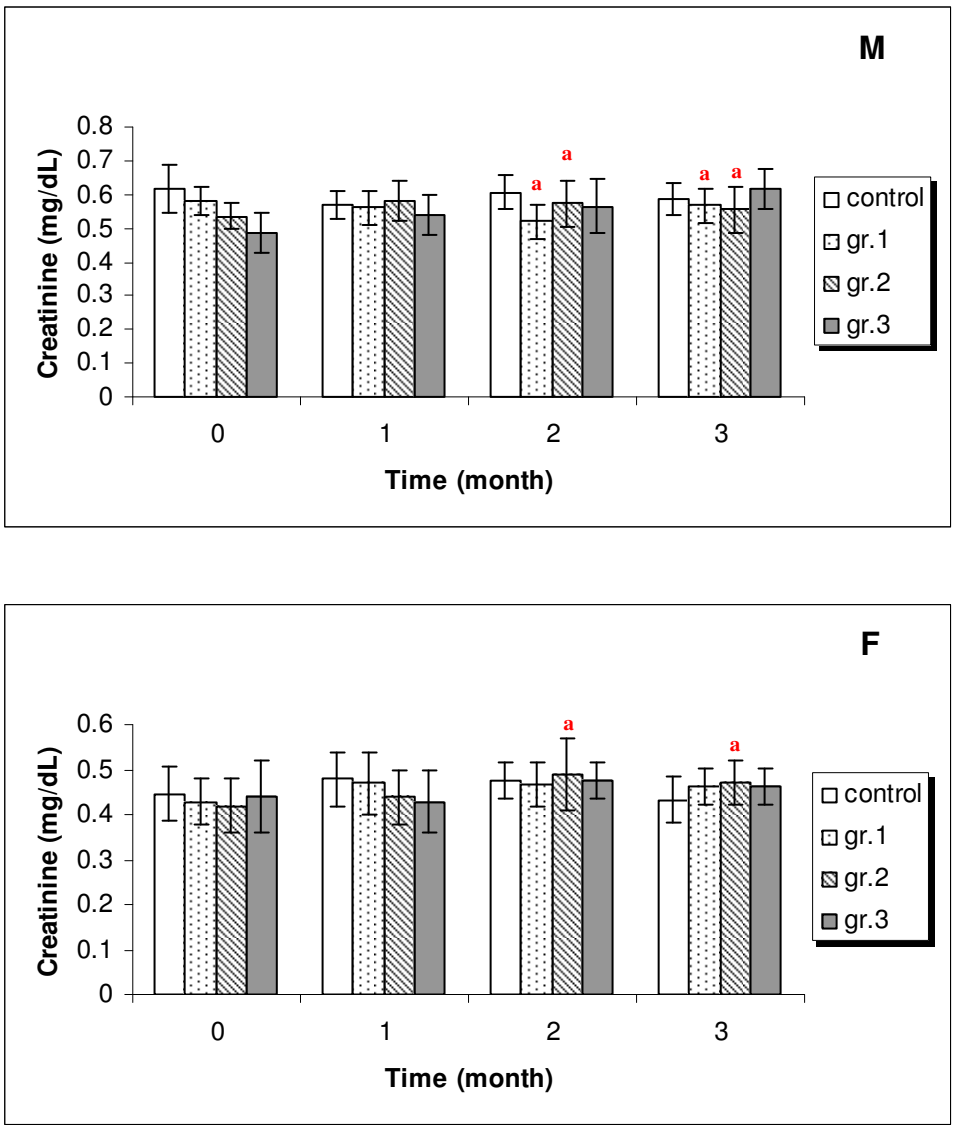
จากผลการวัดปริมาณ creatinine ด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.7 พบว่า ระดับ creatinine เฉลี่ยที่วัดได้จากพลาสมาของหนูขาวทั้งเพศผู้และเพศเมียทุกกลุ่มที่ทดสอบด้วยสไป-รูไลน่าแบบแห้ง มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 20 โดยค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากหนูเพศผู้อยู่ระหว่าง 0.53 ± 0.09 ถึง 0.67 ± 0.08 mg/dL และในหนูเพศเมียอยู่ระหว่าง 0.40 ± 0.06 ถึง 0.46 ± 0.04 mg/dL (ตารางที่ 16 ของภาคผนวก)

ส่วนการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสดนั้น (รูปที่ 21) ให้ผลเหมือนกับสไป-รูไลน่าแบบแห้ง คือ ระดับ creatinine เฉลี่ยในเลือดของหนูทั้งเพศผู้และเพศเมียทุก ๆ กลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม โดยในหนูเพศผู้ ค่าจะอยู่ระหว่าง 0.49 ± 0.06 ถึง 0.62 ± 0.07 mg/dL และเพศเมีย 0.42 ± 0.06 ถึง 0.49 ± 0.08 mg/dL (ตารางที่ 16 ของภาคผนวก)



รูปที่ 20 กราฟแสดงปริมาณ creatinine (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 21 กราฟแสดงปริมาณ creatinine (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

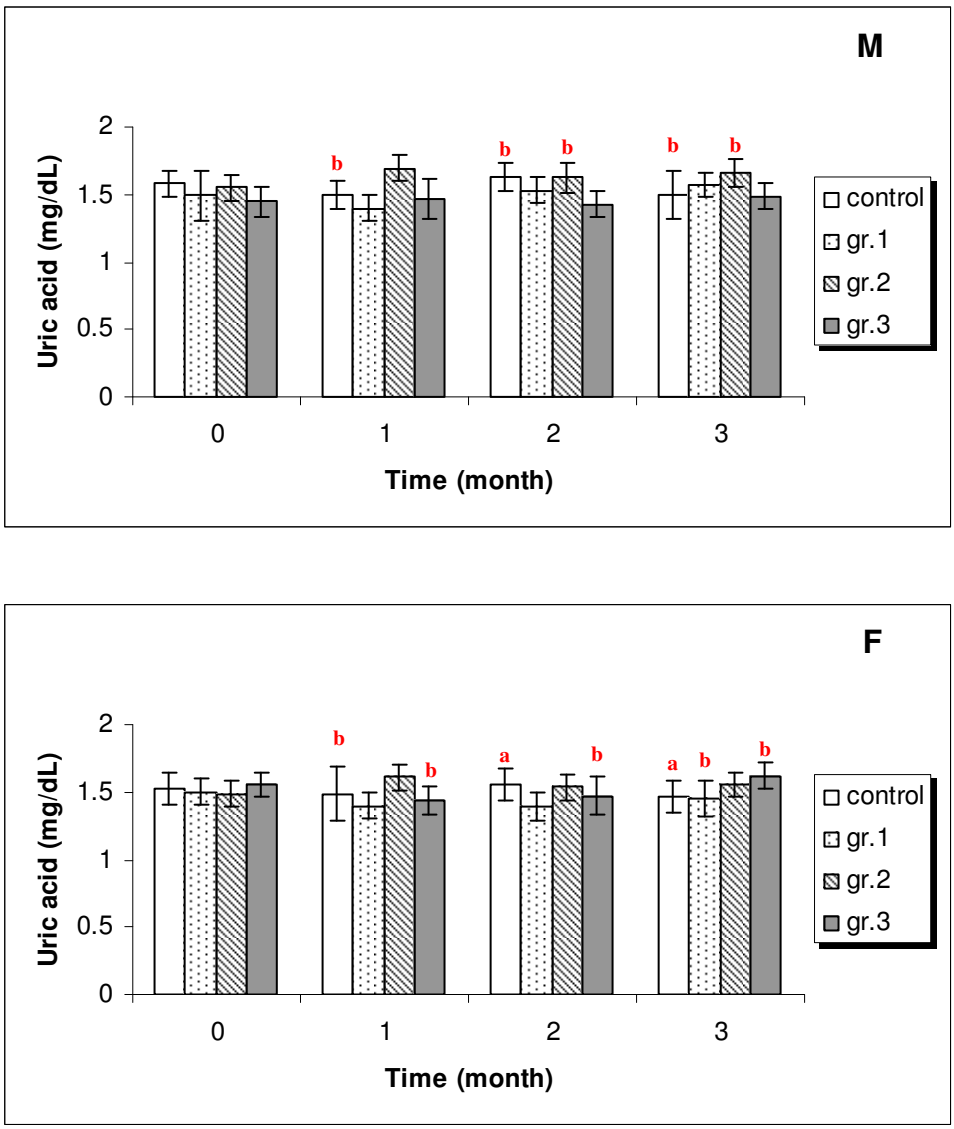
[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)]

3.2.4.3 ผลต่อระดับ Uric Acid

กรดยูริค (uric acid) เป็นผลิตผลสุดท้ายจากการสลายเพียวรีน (purine) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยทั่วไปคนเราจะมีกรดยูริคอยู่ปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับสัตว์อื่น ๆ เนื่องจากไม่มีเอนไซม์ urate oxidase ในตับ เพื่อสลาย อีกทั้งกรดยูริคถูกขับออกทางไตน้อยมาก ดังนั้นระดับของกรดยูริคในกระแสเลือดจึงเป็นสิ่งที่สะท้อนสมดุลระหว่างการสร้างและการขจัดกรดชนิดนี้ของร่างกาย นอกจากนี้ยังเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า การมีปริมาณกรดยูริคในเลือดสูงนั้นสัมพันธ์กับภาวะความผิดปกติที่สำคัญ 2 ชนิด คือ ความดันโลหิตสูง (hypertension) และโรคเก๊าท์ (gout) (Shima *et al*., 2006; Dai *et al*., 2005)

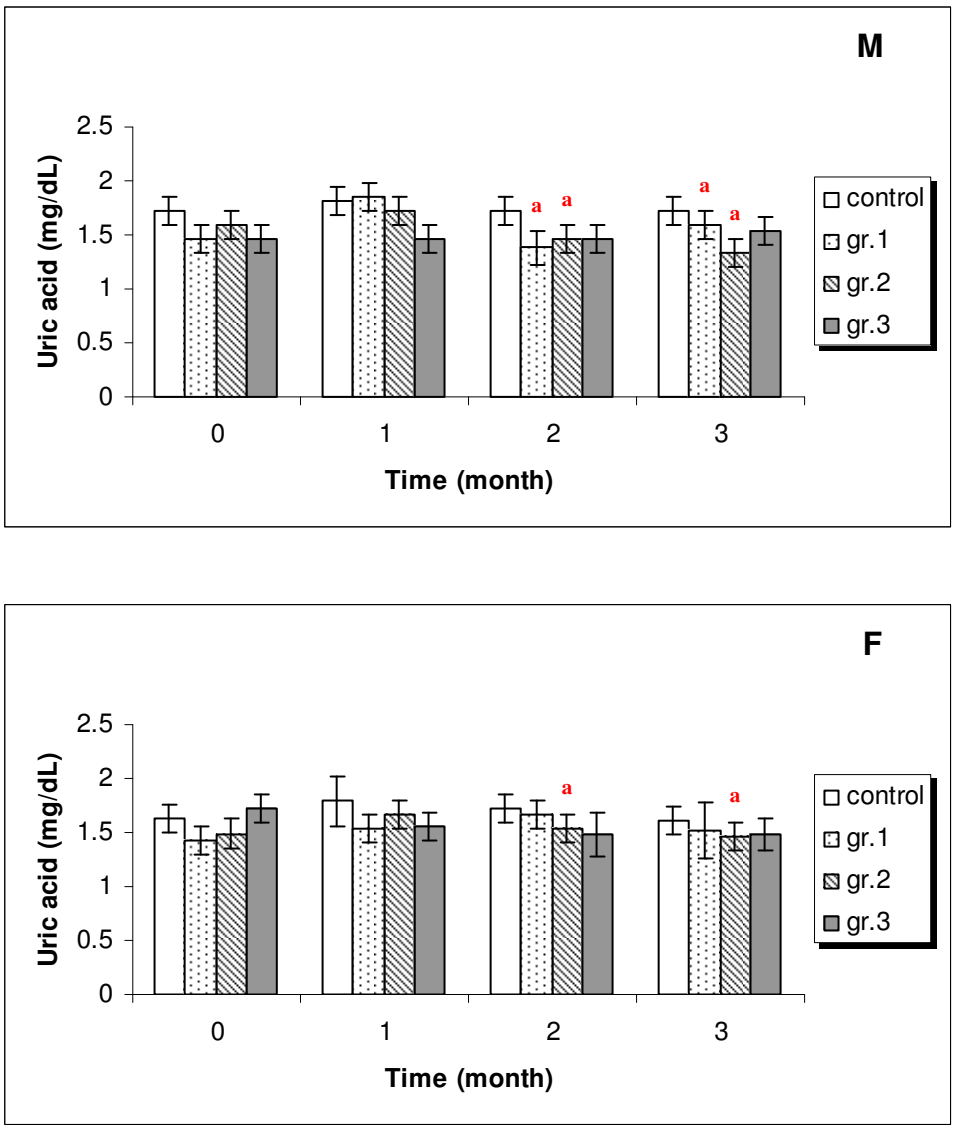
จากผลการวัดปริมาณกรดยูริคในเลือดตามวิธีการที่ระบุในหัวข้อที่ 2.5.8 พบว่าปริมาณกรดยูริคที่วัดได้จากพลาสมาของหนูในกลุ่มที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้งทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 22 โดยค่าเฉลี่ยกรดยูริคในหนูเพศผู้ อยู่ระหว่าง 1.40 ± 0.09 ถึง 1.70 ± 0.09 mg/dL และเพศเมีย 1.39 ± 0.10 ถึง 1.62 ± 0.10 mg/dL (ตารางที่ 17 ของภาคผนวก)

ส่วนการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด พบว่า ระดับกรดยูริคในหนูทุกกลุ่มค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง (รูปที่ 23) โดยหนูเพศผู้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.33 ± 0.13 ถึง 1.86 ± 0.13 mg/dL และเพศเมีย 1.42 ± 0.13 ถึง 1.79 ± 0.23 mg/dL (ตารางที่ 17 ของภาคผนวก)



รูปที่ 22 กราฟแสดงปริมาณ uric acid (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 23 กราฟแสดงปริมาณ uric acid (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)]

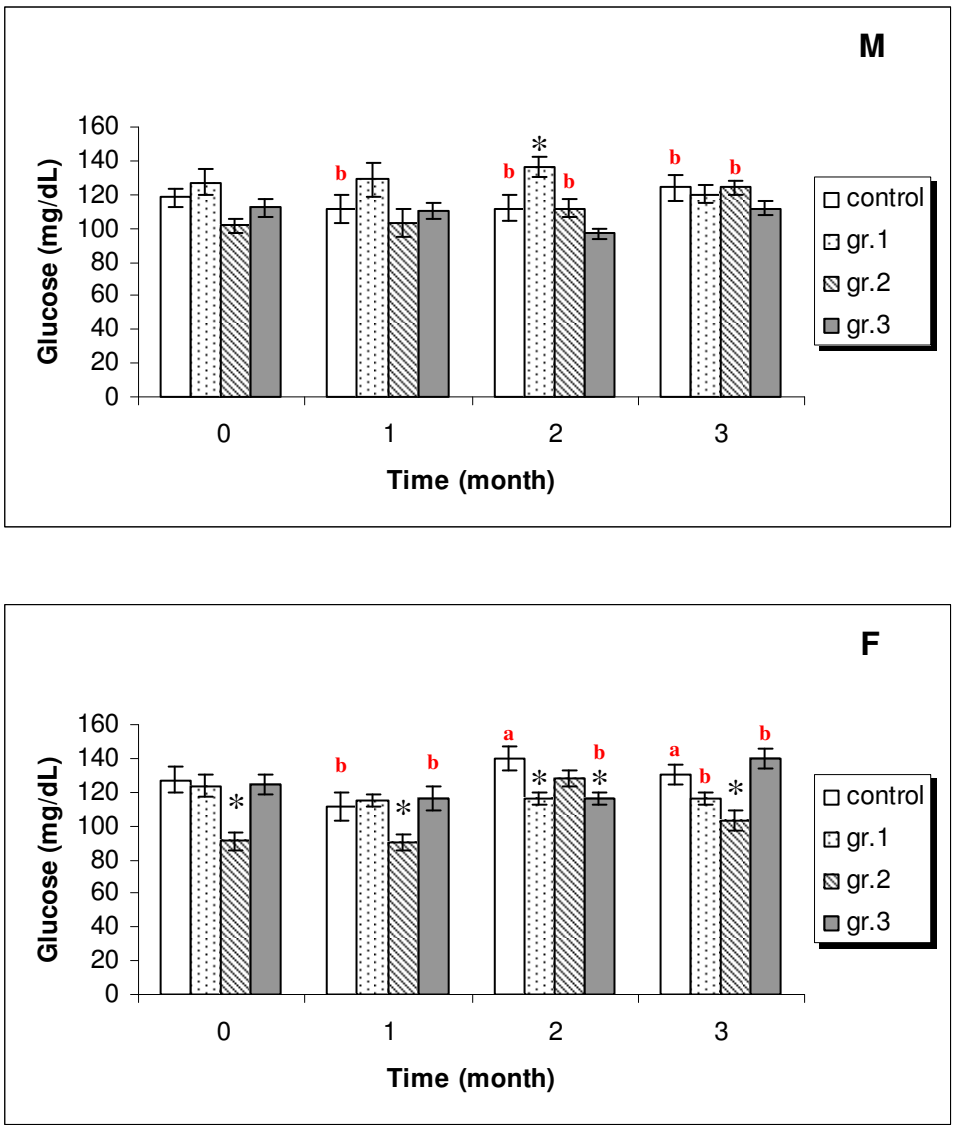
3.2.5 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับน้ำตาล

ในทางการแพทย์ การหาค่าน้ำตาลในเลือด (blood sugar) ก็คือ การวัดระดับกลูโคสในกระแสเลือดนั่นเอง เนื่องจากน้ำตาลชนิดนี้ถูกขนส่งผ่านทางกระแสเลือดเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักของเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ระดับกลูโคสในกระแสเลือดถูกควบคุมให้อยู่ในสภาวะค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งวันภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) ซึ่งทำหน้าที่นำกลูโคสจากกระแสเลือดไปเข้าเซลล์ต่าง ๆ กับ กลูคากอน (glucagon) ซึ่งทำหน้าที่สลายไกลโคเจนจากตับเป็นกลูโคสแล้วเข้าสู่กระแสเลือด (Pontiroli *et al*., 1983) หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นจนทำให้ระดับกลูโคสในเลือดสูงหรือต่ำเกินไป อาจนำพาให้เกิดโรคหรือความบกพร่องของอวัยวะต่าง ๆ อาทิ ตา ไต และระบบประสาท ได้ (Burtis and Ashwood, 1999; Cryer *et al.,* 1994; Gerich, 1988) ดังนั้นการรักษาระดับกลูโคสในกระแสเลือดให้เป็นปกติจึงเป็นหนทางป้องกันไม่ให้เกิดความผิดปกติของร่างกายดังที่กล่าวมาแล้ว ถึงแม้เคยมีรายงานว่า สารสกัดสไปรูไลน่าสามารถลดระดับกลูโคสในเลือดของหนูขาวที่ได้รับน้ำตาลในปริมาณสูง (Takai *et al*, 1991) แต่ในหนูถีบจักรปกติที่ได้รับ *S. maxima* ต่อเนื่องเป็นเวลานานไม่พบลักษณะดังกล่าว (Salazar *et al.,* 1998)

จากผลการหาค่าน้ำตาลในเลือดด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.9 พบว่า ปริมาณกลูโคสเฉลี่ยในพลาสมาของหนูเพศผู้ที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้งทั้ง 3 กลุ่ม รวมทั้งของหนูกลุ่มควบคุมมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาทดลอง โดยหนูเพศผู้มีค่าอยู่ระหว่าง 96.67 ± 3.33 ถึง 136.67 ± 6.15 mg/dL แม้พบว่าค่าเฉลี่ยของหนูเพศผู้กลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่า 30 mg/kg ในเดือนที่ 2 จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็เพียงเล็กน้อย และยังมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มเดียวกันในช่วงเวลาต่าง ๆ ด้วย ดังรูปที่ 24 ส่วนหนูเพศเมียมีค่าระหว่าง 90.00 ± 4.47 ถึง 140.00 ± 6.82 mg/dL (ตารางที่ 18 ของภาคผนวก) ซึ่งก็พบว่ามีหลายกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยกลูโคสต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 24) ดังเช่นค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2 (60 mg/kg/day) ในเดือนที่ 1 และ 3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่าเฉลี่ยในกลุ่มนี้มีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นตั้งแต่ช่วงก่อนการทดลองแล้ว แม้ว่าในเดือนที่ 2 จะมีค่าสูงขึ้นจนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมก็ตาม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 และ 3 ในเดือนที่ 2 พบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน เนื่องจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมในเดือนนี้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมในช่วงเวลาอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 24

ในกรณีของการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด พบว่า ให้ผลคล้ายคลึงกับแบบแห้งในกรณีหนูขาวเพศผู้ คือไม่พบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญของระดับกลูโคสในเลือดของหนูเมื่อเทียบกับหนูกลุ่มควบคุม ตลอดการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 25 โดยค่าเฉลี่ยที่วัดในเพศผู้อยู่ระหว่าง 116.67 ± 5.56 ถึง 138.89 ± 4.76 mg/dL ส่วนเพศเมียมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 95.56 ± 7.54 ถึง

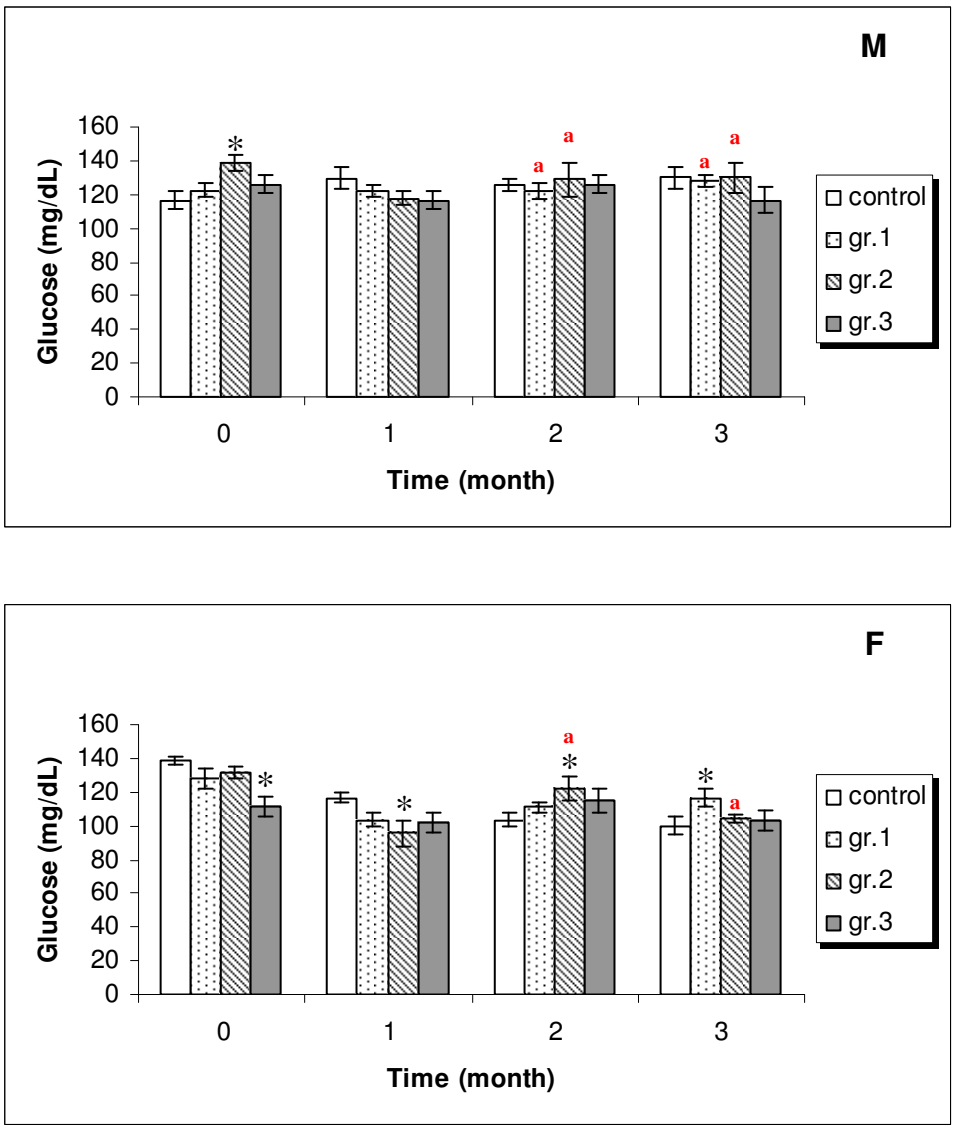
138.89 ± 2.48 mg/dL (ตารางที่ 18 ของภาคผนวก) โดยที่ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2 ในเดือน 1 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญโดยไม่ทราบสาเหตุ แม้ค่าที่ต่ำกว่าจะไม่แตกต่างจนสามารถบ่งชี้ถึงความผิดปกติอันเกิดจากการได้รับสไปรูไลน่าก็ตาม ส่วนกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่กลุ่มที่ 2 เดือน 2 และกลุ่มที่ 1 เดือน 3 ดังแสดงในรูปที่ 25 นั้น อาจเป็นเพราะค่าเฉลี่ยกลูโคสในกลุ่มควบคุมของหนูขาวเพศเมียมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ได้ทำการทดลอง ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนภายในหนูขาวเอง จนทำให้ค่าเฉลี่ยในกลุ่มดังกล่าวมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมในแต่ละช่วงเวลานั้น ๆ



รูปที่ 24 กราฟแสดงปริมาณ glucose (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



รูปที่ 25 กราฟแสดงปริมาณ glucose (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

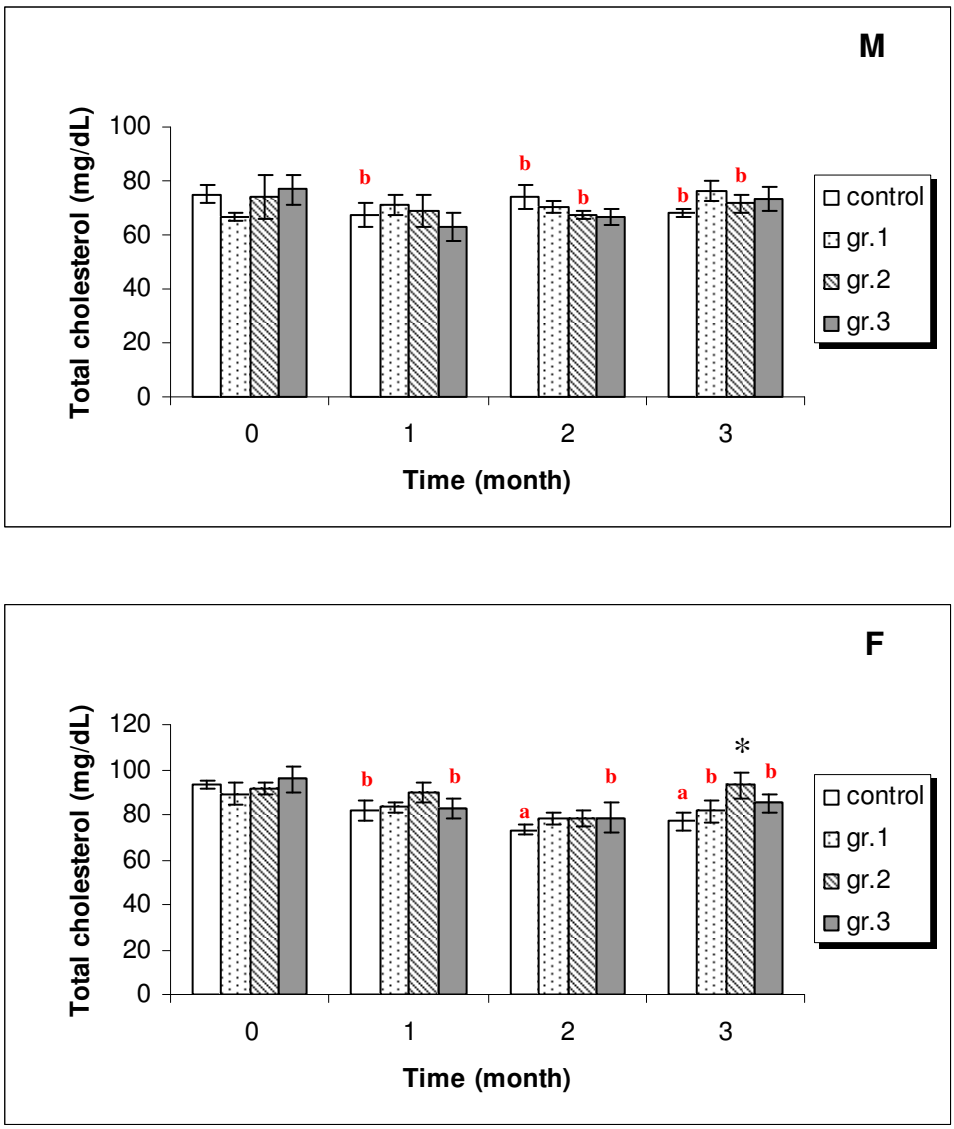
3.2.6 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับไขมัน (Total Cholesterol, Triglycerides, HDL-Cholesterol และ LDL-Cholesterol)

3.2.6.1 ผลต่อระดับคอเลสเทอรอล (Total Cholesterol)

คอเลสเทอรอลเป็นไขมันที่พบในเยื่อหุ้มเซลล์ทั่วร่างกาย พบมากในตับ ไขสันหลัง และสมอง โดยขนส่งผ่านทางกระแสเลือดในรูปของไลโปโปรตีนสำคัญ 2 ชนิด คือ HDL (high density lipoprotein) กับ LDL (low density lipoprotein) คอเลสเทอรอลส่วนใหญ่ในร่างกายไม่ได้มาจากอาหารโดยตรง แต่มาจากการสร้างขึ้นที่ตับ ถึงแม้คอเลสเทอรอลจะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการชีวเคมีมากมาย แต่เป็นที่ทราบกันดีว่า การมีระดับไขมันชนิดนี้ในเลือดสูงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) (Yuan *et al.,* 2006) ดังนั้นการรักษาระดับคอเลสเทอรอลในเลือดให้เป็นปกติจึงอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะผิดปกติดังกล่าว

ถึงแม้ มีรายงานว่า *S. platensis* สามารถลดระดับคอเลสเทอรอลในเลือดของหนูขาวซึ่งถูกเหนี่ยวนำให้มีภาวะคอเลสเทอรอลในเลือดสูง (induced hypercholesterolemia) ได้ดี (Devi and Venkataraman, 1983; Kato *et al*., 1984; Iwata *et al.,* 1987) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อนำหนูขาวปกติมาทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง ระดับคอเลสเทอรอลในพลาสมาโดยเฉลี่ยไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 26 โดยในหนูเพศผู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 63.18 ± 5.14 ถึง 76.81 ± 5.69 mg/dL และเพศเมีย 73.08 ± 2.22 ถึง 95.65 ± 5.80 mg/dL (ตารางที่ 19 ของภาคผนวก) แม้ว่าค่าเฉลี่ยของบางกลุ่มจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่ถือว่าผิดปกติแต่อย่างใด ทั้งนี้ ย่อมแสดงว่าการออกฤทธิ์ดังกล่าวของ สไปรูไลน่าจะไม่เห็นผลตอบสนองชัดเจนในกรณีที่มีระดับคอเลสเทอรอลในเลือดเป็นปกติอยู่แล้ว

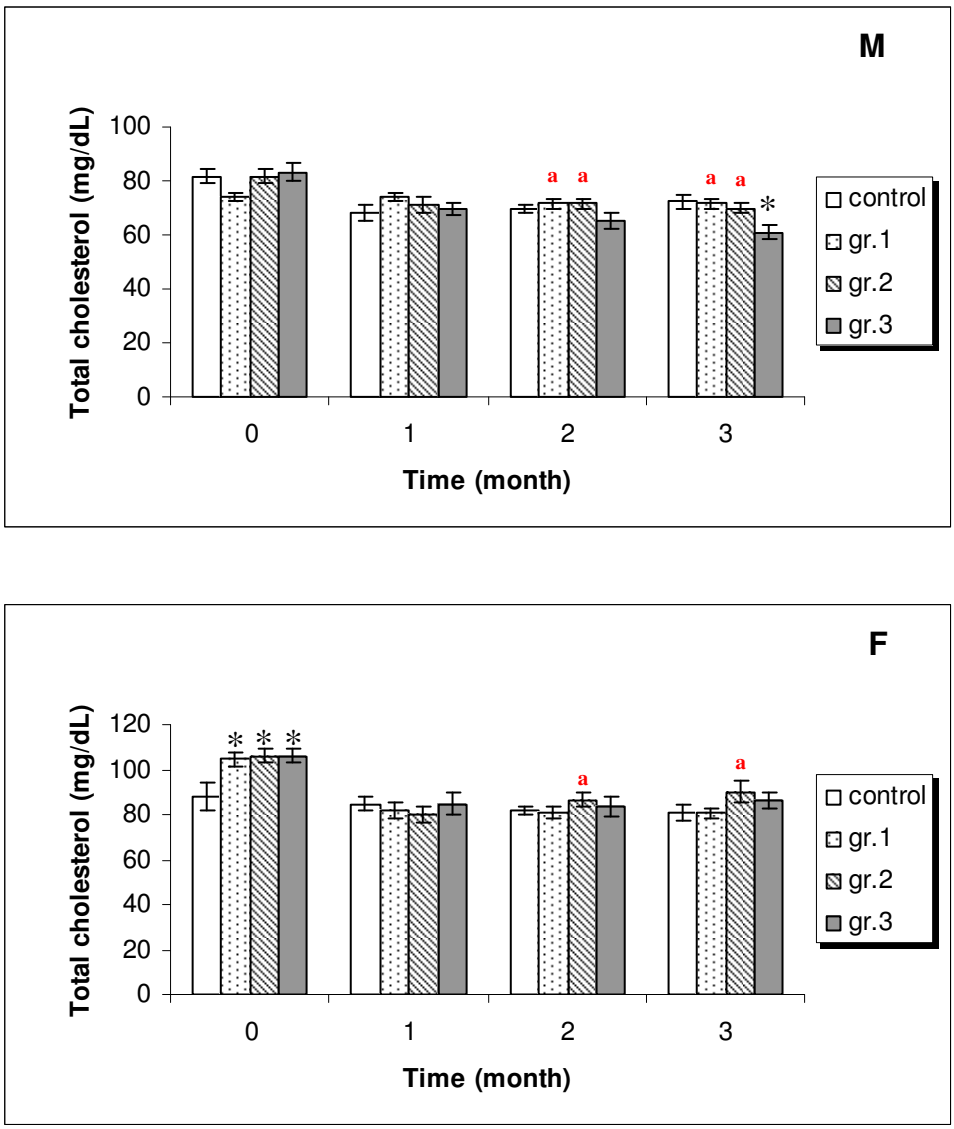
สำหรับการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด ก็ให้ผลในทำนองเดียวกันกับแบบแห้ง แต่จะสังเกตได้ว่าค่าเฉลี่ยคอเลสเตอรอลในหนูขาวเพศเมียที่ได้รับสไปรูไลน่าทั้ง 3 กลุ่ม จะมีค่าลดลงอย่างชัดเจน หลังจากได้รับสไปรูไลน่าไปแล้ว 1 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 27 ซึ่งอาจเป็นเพราะความแปรปรวนในหนูขาวเพศเมียกลุ่มนั้น ๆ เอง เนื่องจากไม่พบผลการทดลองดังกล่าวในหนูขาวเพศผู้ โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดปรากฏอยู่ในตารางที่ 19 ของภาคผนวก



รูปที่ 26 กราฟแสดงปริมาณ total cholesterol (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



รูปที่ 27 กราฟแสดงปริมาณ total cholesterol (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

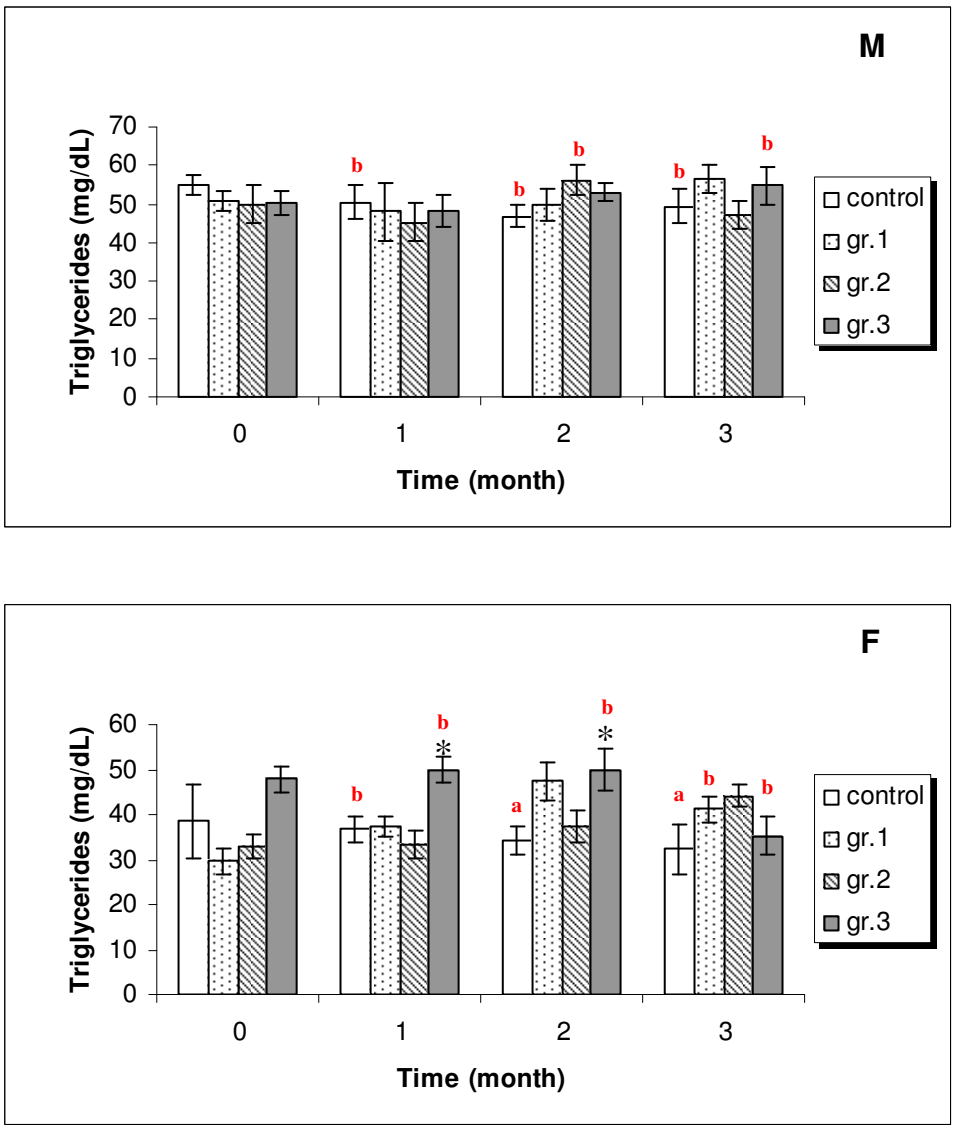
3.2.6.2 ผลต่อระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides)

ไตรกลีเซอไรด์เป็นไขมันที่พบเป็นส่วนประกอบทั่วไปในน้ำมันพืช รวมทั้งไขมันซึ่งถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อไขมันของคนและสัตว์ ไตรกลีเซอไรด์จัดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย ไขมันชนิดนี้ถูกขนส่งผ่านทางกระแสเลือดในรูป VLDL เป็นส่วนใหญ่ มีหลักฐานที่แสดงว่า ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดที่สูงขึ้นในคนเราอาจนำไปสู่ภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) ซึ่งสามารถขยายต่อไปเป็นโรคหัวใจ (heart disease) หรือเกิดการอุดตันของเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง (stroke) ได้ในที่สุด (Jones and Chambliss, 2000)

ผลการวัดระดับไตรกลีเซอไรด์ ดังวิธีการทดลองในหัวข้อที่ 2.5.11 พบว่า ในการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง ปริมาณไตรกลีเซอไรด์โดยเฉลี่ยในพลาสมาของหนูเพศผู้ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 28 คือ อยู่ระหว่าง 45.33 ± 4.92 ถึง 56.47 ± 3.53 mg/dL (ตารางที่ 20 ภาคผนวก) ส่วนในหนูเพศเมีย พบว่า ระดับไตรกลีเซอไรด์ในหนูกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าขนาด 120 mg/kg/day ค่อนข้างแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงตั้งแต่ก่อนการทดลองจนเข้าสู่เดือนที่ 1 และ 2 ซึ่งเข้าใจว่า เป็นผลของความแปรปรวนตามธรรมชาติของหนูกลุ่มนี้ อีกทั้งยังมีค่าเฉลี่ยที่สูงตั้งแต่ก่อนการทดสอบอีกด้วย จึงไม่น่าเป็นผลจากสไปรูไลน่าที่ใช้ทดสอบ เพราะเมื่อเข้าสู่เดือนที่ 3 ค่ากลับลดลงสู่ระดับที่ไม่แตกต่างจากอีก 3 กลุ่ม (รูปที่ 28)

ส่วนผลของการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสดนั้น พบว่า ปริมาณไตรกลีเซอ-ไรด์เฉลี่ยทั้งในหนูเพศผู้และเพศเมีย โดยภาพรวมไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 29

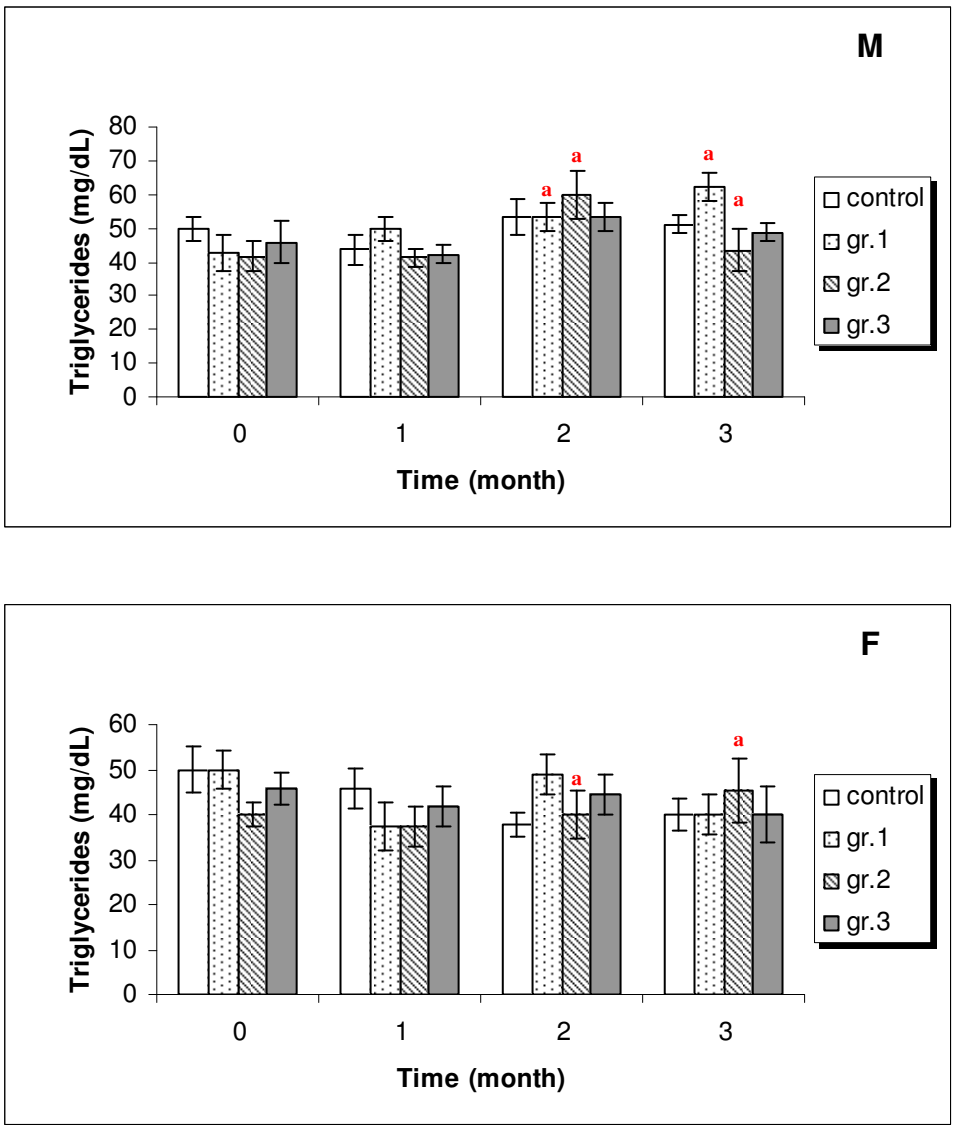
อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองข้างต้นเป็นการศึกษาในหนูปกติ ซึ่งต่างจากที่เคยมีผู้รายงานถึงความสามารถยับยั้งการเพิ่มระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของหนูขาวที่ถูกเหนี่ยวนำให้มีภาวะไขมันในเลือดสูงด้วยฟรุกโทส (fructose-induced hyperlipidemia) ของ *S. platensis* ซึ่งพบว่า เกิดจากการยับยั้งเอนไซม์ lipoprotein lipase นั่นเอง (Iwata *et al.,* 1987; Iwata *et al.,* 1990; Gonzalez *et al*., 1993) รวมทั้งการลดลงของระดับไตรกลีเซอไรด์ในพลาสมาของหนูถีบจักร เมื่อได้รับสไปรูไลน่าติดต่อกันเป็นเวลา 35 วัน (Fong *et al*., 2000) อีกด้วย



รูปที่ 28 กราฟแสดงปริมาณ triglycerides (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



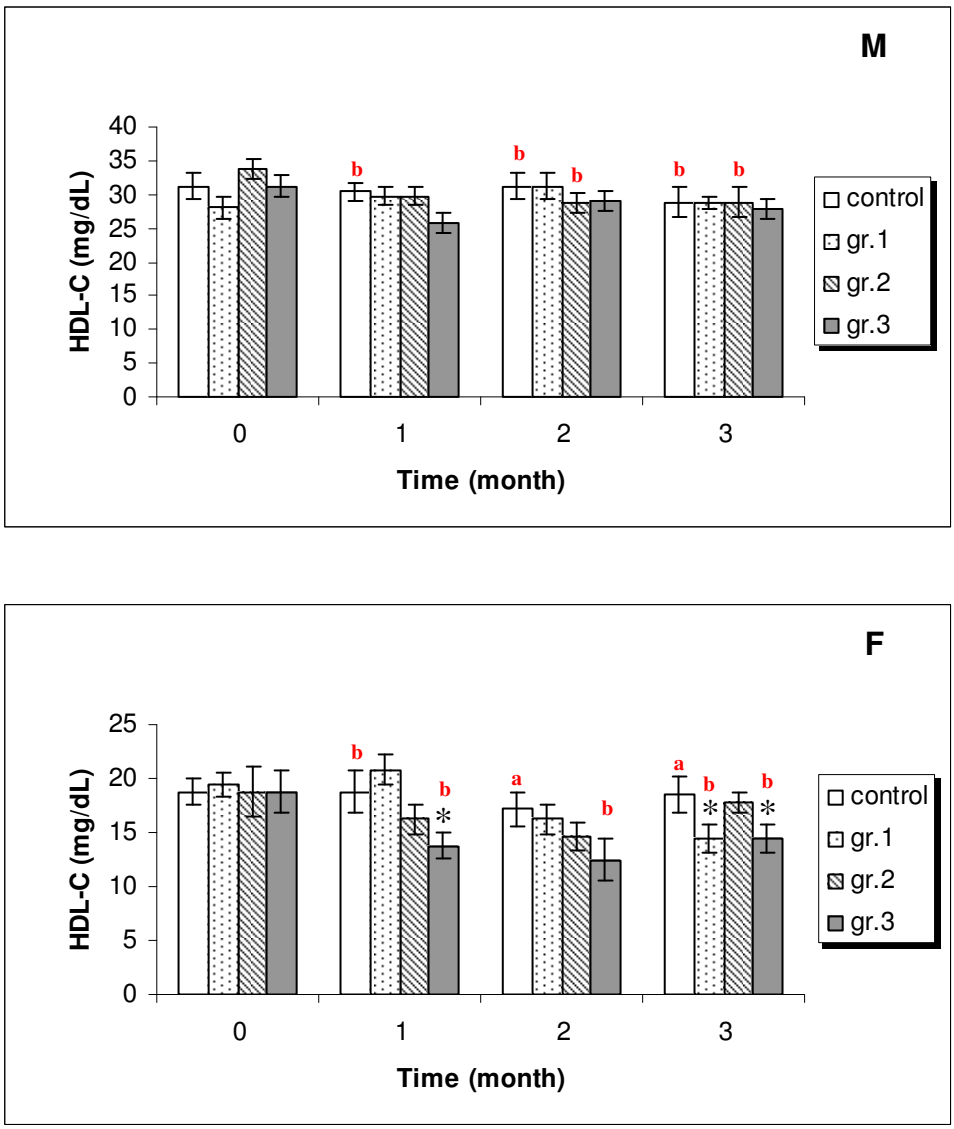
รูปที่ 29 กราฟแสดงปริมาณ triglycerides (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)]

3.2.6.3 ผลต่อระดับ HDL-Cholesterol (HDL-C)

High density lipoprotein (HDL) เป็นไลโปโปรตีนที่ถูกสร้างขึ้นจากตับและลำไส้เล็ก มีขนาดเล็กและหนาแน่นมากที่สุดในบรรดาไลโปโปรตีนทั้งหมดเนื่องจากมีสัดส่วนของโปรตีนอยู่มาก HDL มีบทบาทสำคัญในการนำคอเลสเทอรอลจากเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกายรวมทั้งที่เกาะอยู่ในผนังหลอดเลือด กลับไปยังตับเพื่อขับออกหรือนำกลับไปใช้ใหม่ ดังนั้นการมีระดับ HDL ในเลือดสูง ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้จากปริมาณ high density lipoprotein–cholesterol (HDL-C) หรือคอเลสเทอรอลเฉพาะที่บรรจุอยู่ใน HDL ย่อมทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงหัวใจตีบ (coronary heart disease) ลดลง (Brinton *et al*., 1990)

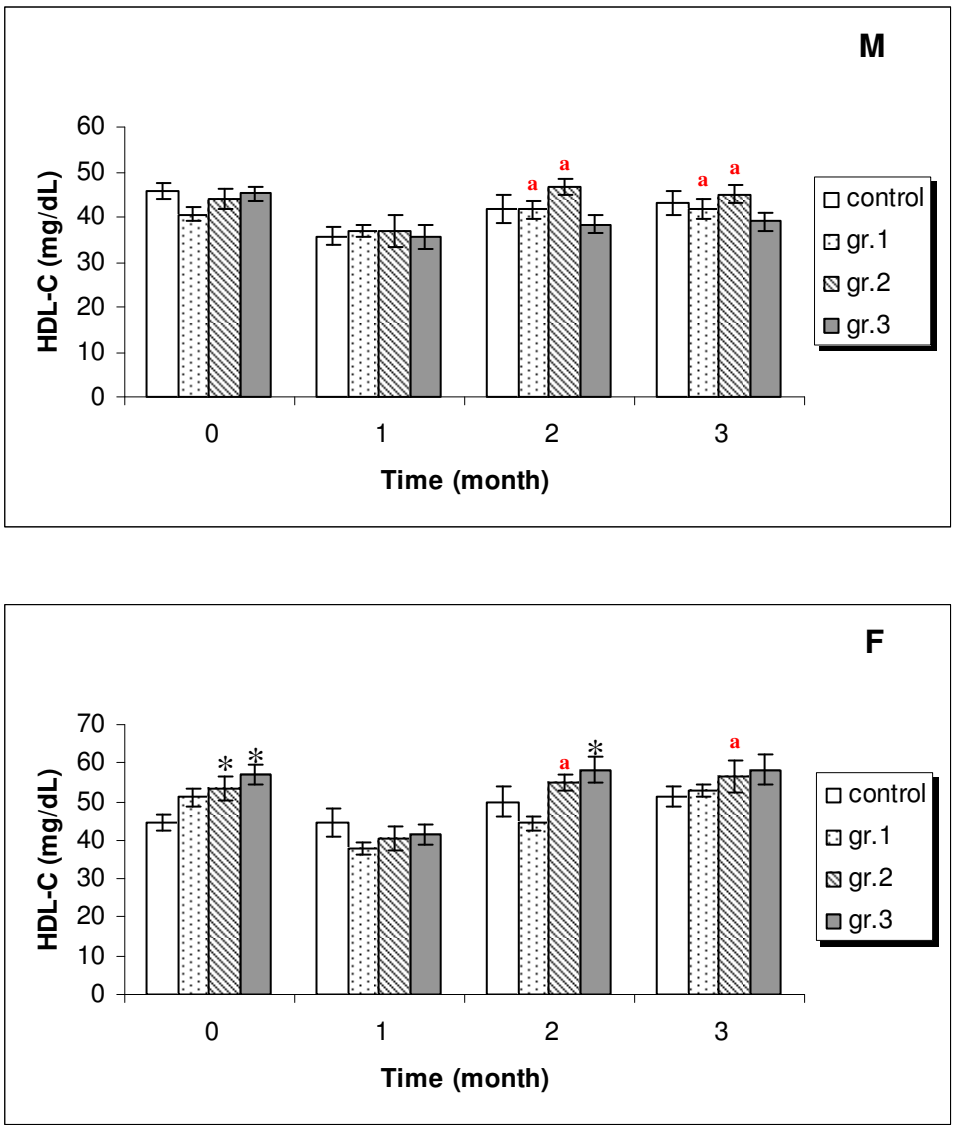
ผลการวัดระดับ HDL-C ด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 2.5.12 พบว่า ปริมาณ HDL-C เฉลี่ยในพลาสมาของหนูเพศผู้ทุกกลุ่มที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง ไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุม และมีค่าใกล้เคียงกันคือ อยู่ระหว่าง 25.78 ± 1.40 ถึง 33.75 ± 1.40 mg/dL (ตารางที่ 21 ของภาคผนวก) ตลอดระยะเวลาทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 30 ซึ่งต่างจากผลการศึกษาในหนูขาวซึ่งถูกเหนี่ยวนำให้มีภาวะคอเลสเทอรอลในเลือดสูง ของ Kato และคณะ (1984) ซึ่งพบว่า *S. platensis* นอกจากสามารถลดระดับคอเลสเทอรอลในเลือดได้ดีแล้ว ยังเพิ่มระดับ HDL-C ในหนูเหล่านี้ด้วย ส่วนในเพศเมียบางกลุ่มซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าปกตินั้น น่าจะเป็นความแปรปรวนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของหนูเหล่านี้มากกว่าผลของสไปรูไลน่า เช่นเดียวกับผลการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด ที่ถึงแม้จะมีบางกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็เป็นเพราะค่าเฉลี่ยในกลุ่มนั้น ๆ มีค่าสูงอยู่แล้วตั้งแต่ก่อนการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 31



รูปที่ 30 กราฟแสดงปริมาณ high density lipoprotein-cholesterol (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]



รูปที่ 31 **กราฟแสดงปริมาณ high density lipoprotein–cholesterol (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1,200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)**

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.6.4 ผลต่อระดับ LDL-Cholesterol (LDL-C)

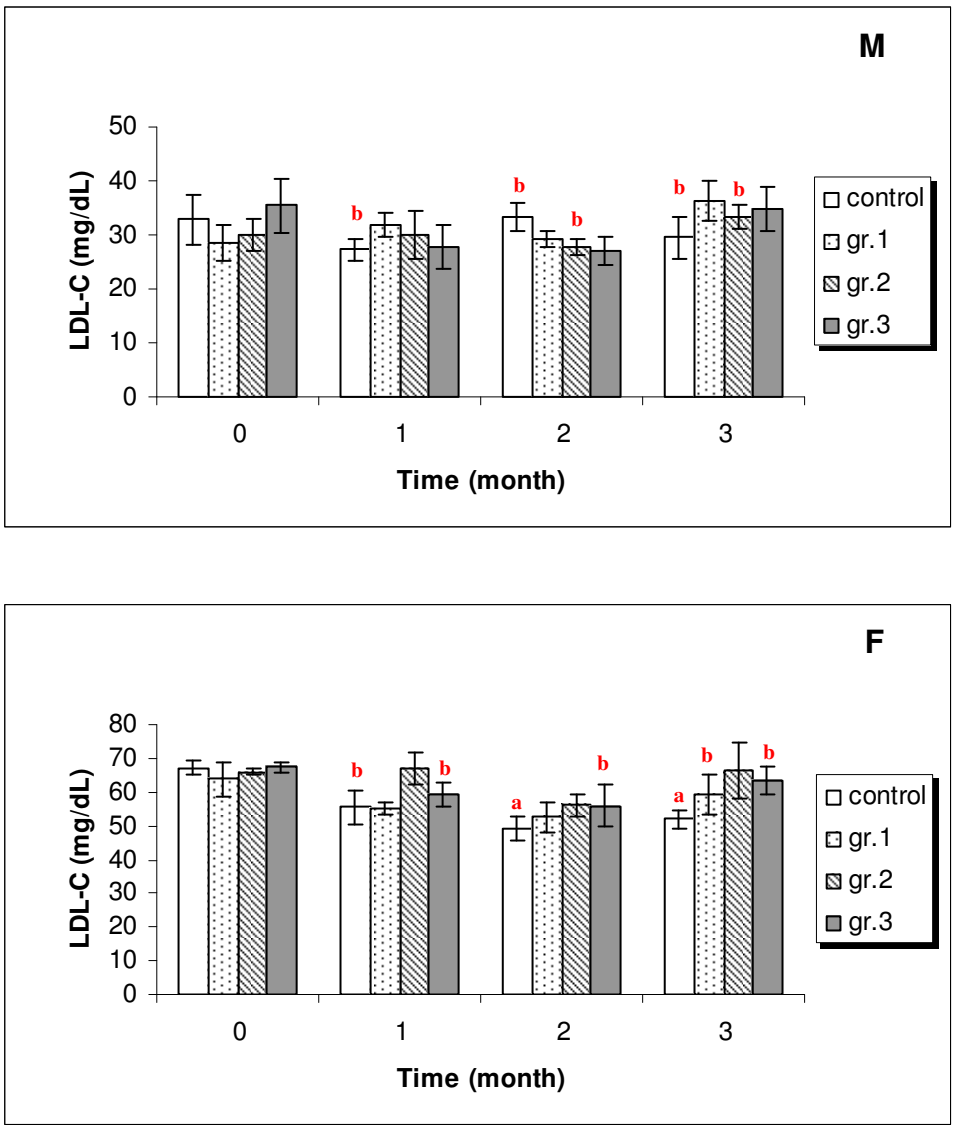
Low density lipoprotein (LDL) เป็นไลโปโปรตีนที่มีขนาดใหญ่กว่า HDL ซึ่งเกิดขึ้นในตับจากการเปลี่ยนแปลงของ VLDL (very low density lipoprotein) LDL ทำหน้าที่นำพาคอเลสเทอรอลส่วนใหญ่และไตรกลีเซอไรด์จากตับและลำไส้เล็ก ไปยังเซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ดังนั้นการมีปริมาณไลโปโปรตีนชนิดนี้เพิ่มขึ้น ย่อมทำให้ระดับคอเลสเทอรอลตลอดจนไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงขึ้นด้วย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) และโรคหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงหัวใจตีบ (coronary heart disease) ที่สำคัญอีกด้วย (Balbisi, 2006)

สำหรับสไปรูไลน่านั้น ที่ผ่านมาปรากฏหลักฐานต่าง ๆ ซึ่งแสดงว่า สาหร่ายชนิดนี้สามารถลดระดับ low density lipoprotein-cholesterol (LDL-C) ได้ ทั้งในผู้ป่วย (Nakaya *et al*., 1988; Ramamoorthy and Premakumari, 1996) และในสัตว์ทดลองที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง (Kato *et al.,*.1984)

ผลการตรวจวัดระดับ low density lipoprotein-cholesterol (LDL-C) หรือ คอเลสเทอรอลเฉพาะที่อยู่ใน LDL เท่านั้น โดยวิธีการทดลองในหัวข้อที่ 2.5.12 พบว่า ปริมาณ LDL-C ที่วัดได้จากพลาสมาของหนูเพศผู้ที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันทุกกลุ่มและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ตลอดการทดลอง เช่นเดียวกับในหนูเพศเมีย ดังแสดงในรูปที่ 32

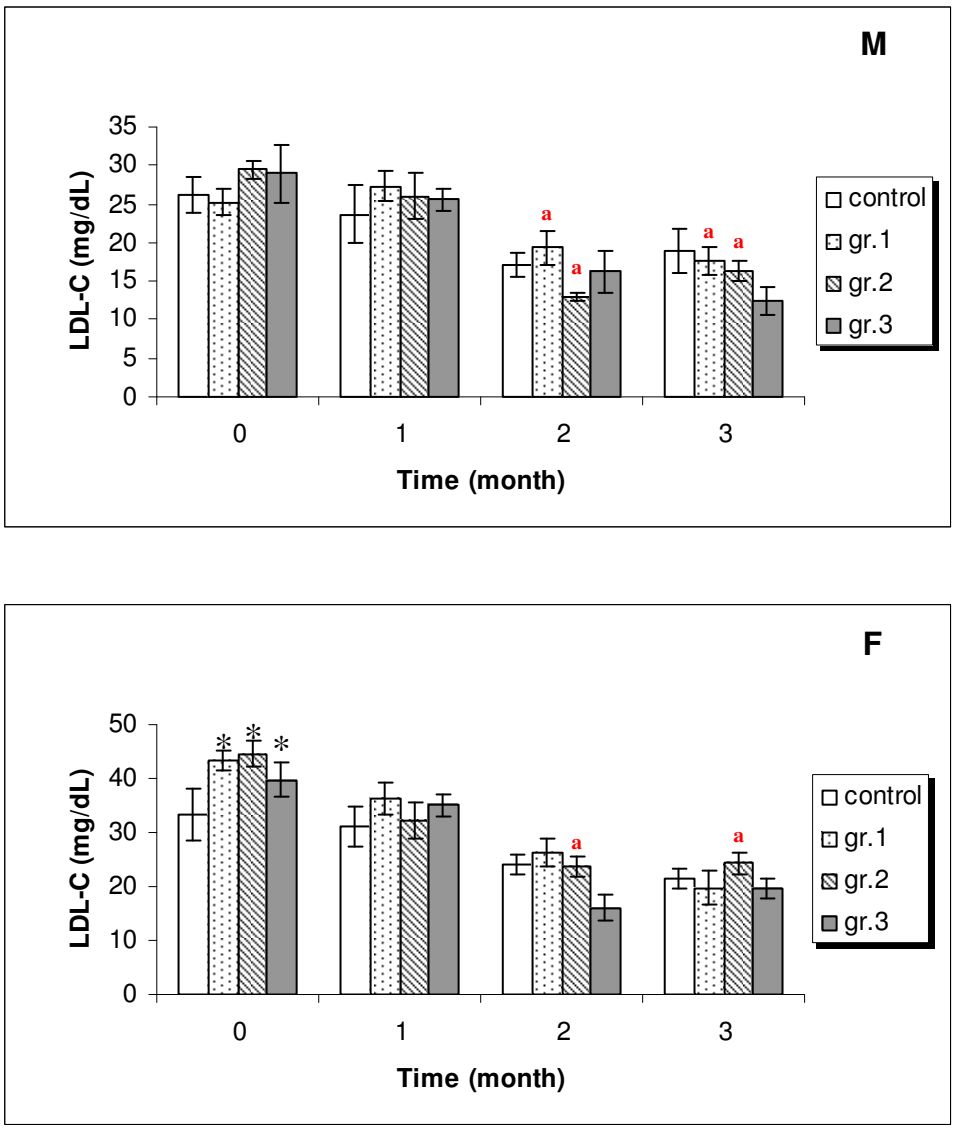
ส่วนการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสดนั้น ปริมาณ LDL-C โดยเฉลี่ยของหนูกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ทั้งเพศผู้และเพศเมีย ถึงแม้มีระดับใกล้เคียงกันในทุกช่วงการทดลอง แต่ก็ค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ทราบสาเหตุ ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 33 โดยค่าเฉลี่ยของ LDL-C ในหนูเพศผู้และเพศเมียก่อนการทดสอบ อยู่ระหว่าง 25.27 ± 1.67 ถึง 29.44 ± 1.22 mg/dL และ 33.24 ± 4.80 ถึง 44.49 ± 2.37 mg/dL ตามลำดับ ในขณะที่ เดือนสุดท้ายมีค่าอยู่ระหว่าง 12.44 ± 1.89 ถึง 18.94 ± 2.80 mg/dL และ 19.78 ± 3.03 ถึง 24.27 ± 2.09 mg/dL ตามลำดับ (ตารางที่ 22 ของภาคผนวก)

จากการตรวจวัดระดับไขมันทั้ง 4 ชนิดในเลือดของหนูปกติที่ได้รับ *S. platensis* อย่างต่อเนื่อง ให้ผลสอดคล้องกัน นอกจากนี้พบว่าสไปรูไลน่ายังไม่สามารถลดระดับไขมันในเลือด ต่างจากการศึกษาในหนูที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงที่ผ่านมา ซึ่งเห็นผลได้ชัดเจน (Kato *et al.,* 1984)



รูปที่ 32 กราฟแสดงปริมาณ low density lipoprotein-cholesterol (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 4 และ b = 5)]



รูปที่ 33 กราฟแสดงปริมาณ low density lipoprotein-cholesterol (mg/dL) ในเลือดของหนูขาวเพศผู้ (M) และเพศเมีย (F) ซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในกราฟเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n = 6, ยกเว้น a = 5)

- * $P < 0.05$ เทียบกับกลุ่มควบคุม ณ ช่วงเวลาเดียวกัน]

3.2.7 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับ Sodium (Na^+) และ Potassium (K^+)

Na^+ และ K^+ เป็นอิอออนที่มีประจุบวกซึ่งพบได้ทั่วไปในของเหลวภายนอกเซลล์ โดยมีการรักษาสมดุลความเข้มข้นจากอัตราส่วนของการเข้าและออกระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ด้วยแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของร่างกาย อัตราส่วนของ Na^+ ต่อ K^+ ถูกนำมาใช้ประกอบการวินิจฉัยความผิดปกติของไตอยู่เสมอ แม้ว่าหลักฐานที่เชื่อมโยงระหว่างค่าความเข้มข้นของ Na^+ และ K^+ ในเลือดต่อการเกิดโรคโดยตรงนั้นจะมีจำกัดมากก็ตาม (Pak, 2000)

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการได้รับสไปรูไลน่าไม่ว่า แบบแห้ง หรือแบบสด อย่างต่อเนื่อง ไม่ส่งผลต่อระดับ Na^+ และ K^+ ในพลาสมาของหนูทดลอง เนื่องจากค่าที่วัดได้จากตัวอย่างสุ่มตรวจ ตลอดการทดลองใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม โดยในการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง หนูทั้งหมดมีปริมาณเฉลี่ยของ Na^+ และ K^+ ในเลือด อยู่ระหว่าง 135 ถึง 141 mmol/L และ 5.50 ถึง 7.86 mmol/L ตามลำดับ ส่วนในการทดสอบด้วยสไปรูไลน่าสด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 146 ถึง 149 mmol/L และ 7.88 ถึง 9.73 mmol/L ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 2) ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่า Na^+ และ K^+ ในหนูที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบสดนั้น ค่อนข้างมีค่ามากกว่าหนูที่ทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง อาจเพราะเนื่องจากขนาดของสไปรูไลน่าแบบสดที่ใช้ป้อนให้แก่หนูขาวนั้น มีค่ามากกว่าขนาดของสไปรูไลน่าแห้งถึง 10 เท่า แต่อย่างไรก็ยังเคยมีการศึกษาถึงปริมาณ Na^+ และ K^+ ที่พบในสไปรูไลน่าแบบสด และแห้ง ซึ่งในแบบสดจะมีปริมาณน้อยกว่าแบบแห้งอยู่ประมาณ 10 เท่า (Tokusoglu and Unal, 2003)

ตารางที่ 2 ผลของสไปรูไลน่าต่อระดับ sodium และ potassium ในเลือดของหนูขาวซึ่งทดสอบด้วยสไปรูไลน่าแบบแห้ง และแบบสด

รูปแบบของ spirulina	กลุ่ม	Na^+ (mmol/L)				K^+ (mmol/L)			
		เดือน							
		0	1	2	3	0	1	2	3
แห้ง	control	135	139	139	139	6.66	6.66	6.66	6.64
	gr.1	141	141	139	137	6.60	6.46	6.74	6.30
	gr.2	139	139	137	141	6.40	5.50	5.72	6.66
	gr.3	141	139	139	139	7.86	5.94	5.64	6.12
สด	control	148	148	148	149	9.73	8.64	8.74	8.74
	gr.1	148	149	148	149	8.74	8.43	8.54	9.04
	gr.2	148	146	149	148	9.26	8.06	9.20	9.16
	gr.3	147	147	149	146	8.59	8.60	8.55	7.88

[หมายเหตุ - แบบแห้ง gr. 1 = 30 mg/kg/day, gr. 2 = 60 mg/kg/day, gr. 3 = 120 mg/kg/day เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

- แบบสด gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1200 mg/kg/day เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)]

3.3 การทดสอบทางโลหิตวิทยา

ผลการตรวจวัดค่าเปอร์เซนต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (% hematocrit) ดังแสดงในตารางที่ 3 และสัดส่วนเม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด (% differential WBC) ในตัวอย่างเลือดที่เก็บจากหนูทดลองแต่ละกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าแบบสด (ตารางที่ 4) พบว่า ในช่วงก่อนการทดสอบ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่นของหนูขาวเพศผู้และเพศเมียทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่หลังจากได้รับสไปรูไล-น่าผ่านไป 1 เดือน ค่าที่วัดได้ในทุกกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และคงที่ต่อไปตลอดการทดลอง

สำหรับเม็ดเลือดขาวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ lymphocyte, neutrophil และ monocyte พบว่า สัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte ในเลือดหนูขาวทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะการทดลอง ส่วนเม็ดเลือดขาวชนิด neutrophil เฉพาะของกลุ่มที่ได้รับสไป-รูไลน่าขนาด 60 mg/kg/day ในเดือนที่ 3 และ 120 mg/kg/day ในช่วงเดือนที่ 1 และ 3 ดังแสดงในตารางที่ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยไม่ทราบสาเหตุ ทั้งในหนูเพศผู้และเพศเมีย ซึ่งอาจเกิดจากการอักเสบอันเนื่องมาจากบาดแผลของหนูขาวที่เกิดขึ้น หรือความแปรปรวนภายในหนูขาวกลุ่มนั้น ๆ และสุดท้าย เม็ดเลือดขาวชนิด monocyte ของหนูขาวทุกกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านไป 1 เดือน และให้ค่าใกล้เคียงกันลักษณะนี้ไปตลอดการทดลอง ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าขนาด 30 mg/kg/day ที่ให้ค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างชัดเจน โดยอาจมีสาเหตุคล้าย ๆ กับกรณีของการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดขาวชนิด neutrophil ดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวทั้งหมดสอดคล้องกับผลการศึกษาของ *S. maxima* โดยการป้อนในหนูถีบจักรปกติ ซึ่งไม่พบทั้งการเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาวทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด (Salazar *et al.,* 1998) อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาถึงความสามารถเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคของสไปรูไลน่า ซึ่งล้วนเป็นผลที่เกิดจากการกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวไม่ใช่การเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hayashi *et al.*, 1994; Qureshi and Ali, 1996; Pugh *et al.,* 2001; Al-Batsham *et al.,* 2001; Hirahashi *et al*., 2002)

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (% hematocrit) ของเลือดหนูกลุ่มที่ได้รับสไป-รูไลน่าแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

sex	group	% hematocrit			
		month of treatment			
		0	1	2	3
male	control	32.50±0.72	42.33±1.14	41.00±1.10	40.83±0.83
	gr. 1	30.50±0.85	38.67±0.56	40.20±0.34	39.20±0.45
	gr. 2	32.83±0.79	41.83±0.83	41.00±0.41	39.60±0.68
	gr. 3	34.67±0.67	37.50±2.92	38.33±1.56	37.67±0.95
female	control	29.33±0.85	34.17±1.35	37.33±2.09	34.60±1.18
	gr. 1	31.17±0.75	35.17±1.14	37.17±0.87	35.17±1.35
	gr. 2	30.33±0.92	39.17±1.54	39.60±0.62	37.40±1.10
	gr. 3	30.83±0.75	37.50±1.34	39.50±1.02	37.00±0.58

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n=6)]

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาว (% differential WBC) ที่พบในเลือดหนูที่ได้รับสไปรูไลน่ารูปแบบสด (gr. 1 = 300 mg/kg/day, gr. 2 = 600 mg/kg/day, gr. 3 = 1200 mg/kg/day) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (control)

sex	group	lymphocyte (%)				Neutrophil (%)				Monocyte (%)			
month		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
male	control	97.50±0.62	96.33±0.62	96.67±1.28	95.17±1.30	2.50±0.62	1.67±0.21	1.67±0.49	1.33±0.42	0	1.67±0.56	1.67±0.80	3.50±0.96
	gr.1	98.33±1.11	93.75±0.51	97.80±0.45	85.20±1.67	1.67±1.11	1.25±0.39	0.80±0.45	2.20±0.89	0	4.75±0.61	1.40±0.36	12.60±1.24
	gr.2	98.33±0.62	95.40±0.47	97.60±0.84	90.20±1.02	1.67±0.62	3.00±0.58	1.20±0.53	6.60±1.36	0	1.60±0.22	1.20±0.34	3.20±0.53
	gr.3	96.33±1.52	90.83±1.30	96.17±1.49	79.50±3.29	3.50±1.43	6.67±1.18	1.67±0.67	15.33±2.67	0.17±0.17	2.33±0.42	2.17±0.95	5.17±0.95
female	control	98.33±0.47	96.67±0.24	98.00±0.82	95.67±0.99	1.67±0.47	1.00±0.00	0.83±0.31	0.33±0.21	0	2.33±0.24	1.17±0.65	4.00±1.09
	gr.1	97.33±0.56	96.17±0.79	97.33±0.71	93.67±3.15	2.67±0.56	1.83±0.17	1.17±0.40	2.00±0.86	0	2.00±0.73	1.50±0.43	4.33±2.33
	gr.2	96.00±1.03	93.00±1.68	97.80±0.53	85.20±5.65	4.00±1.03	5.20±1.86	1.20±0.34	10.80±6.04	0	1.60±0.36	1.00±0.50	4.00±0.82
	gr.3	95.33±0.96	93.00±1.13	97.17±0.70	87.00±2.18	4.33±1.05	5.50±0.99	1.33±0.49	11.50±1.84	0.33±0.33	1.00±0.26	1.50±0.43	1.50±0.43

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n=6)]

3.4 ผลของสไปรูไลน่าต่อน้ำหนักอวัยวะภายในต่าง ๆ ของหนูขาว

จากการชั่งน้ำหนักอวัยวะภายใน (vital organs) ต่าง ๆ ได้แก่ ตับ ไต ม้าม และหัวใจ ของหนูขาวทุกตัว หลังจากที่ได้ป้อนสไปรูไลน่าทั้งแบบแห้ง และแบบสด เป็นระยะเวลา 3 เดือน แล้วชำแหละศพเพื่อนำอวัยวะภายในมาชั่งน้ำหนัก พบว่าน้ำหนักอวัยวะภายในเฉลี่ยของหนูขาวทุกกลุ่มที่ได้รับสไปรูไลน่าทั้งแบบแห้ง และแบบสด มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 5

โดยสรุปในการศึกษาครั้งนี้ ถึงแม้ *S. platensis* จะไม่มีผลลดระดับไขมันในเลือดดังเช่นที่มีรายงานในการป้อน *S. maxima* ในหนูถีบจักร (Salazar *et al.,* 1998) แต่ข้อมูลที่ได้สามารถบ่งชี้ว่าสไปรูไลน่าชนิดนี้ ไม่ว่าอยู่ในรูปสด หรือรูปที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนจนแห้งซึ่งอาจทำให้เกิดการสลายของคลอโรฟิลล์ได้สารอนุพันธ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะ phosphorbides ซึ่งจัดเป็นกลุ่มสารพิษนั้น (Abrams, 1996) ไม่ก่อให้เกิดพิษแบบกึ่งเรื้อรังในหนูขาว

ตารางที่ 5 ผลของสไปรูไลน่าต่อน้ำหนักอวัยวะภายในของหนูขาว

รูปแบบของ spirulina	กลุ่ม	น้ำหนักอวัยวะภายในหนูขาว (กรัม)							
		เพศผู้				เพศเมีย			
อวัยวะภายใน		ตับ	ไต	ม้าม	หัวใจ	ตับ	ไต	ม้าม	หัวใจ
แห้ง	control (น้ำกลั่น)	10.07 ± 0.37	2.53 ± 0.07	0.77 ± 0.03	1.37 ± 0.05	6.34 ± 0.73	1.62 ± 0.17	0.56 ± 0.10	0.94 ± 0.08
	gr.1 (30 mg/kg)	10.35 ± 0.46	2.47 ± 0.10	0.76 ± 0.05	1.68 ± 0.13	6.27 ± 0.45	1.64 ± 0.10	0.67 ± 0.08	0.99 ± 0.08
	gr.2 (60 mg/kg)	9.03 ± 0.37	2.34 ± 0.04	0.80 ± 0.04	1.28 ± 0.03	7.56 ± 1.47	1.79 ± 0.21	0.69 ± 0.12	1.06 ± 0.15
	gr.3 (120 mg/kg)	10.12 ± 0.55	2.77 ± 0.18	0.86 ± 0.07	1.37 ± 0.09	6.91 ± 0.65	1.67 ± 0.20	0.60 ± 0.02	1.00 ± 0.12
สด	control (น้ำกลั่น)	10.23 ± 0.33	2.37 ± 0.09	0.79 ± 0.04	1.42 ± 0.03	6.50 ± 0.09	1.67 ± 0.04	0.66 ± 0.01	0.94 ± 0.04
	gr.1 (300 mg/kg)	10.77 ± 0.56	2.68 ± 0.13	0.87 ± 0.03	1.67 ± 0.10	6.13 ± 0.15	1.52 ± 0.06	0.66 ± 0.04	0.99 ± 0.03
	gr.2 (600 mg/kg)	10.74 ± 0.49	2.61 ± 0.12	0.82 ± 0.04	1.49 ± 0.07	6.52 ± 0.28	1.57 ± 0.03	0.71 ± 0.01	0.93 ± 0.01
	gr.3 (1200 mg/kg)	10.11 ± 0.79	2.47 ± 0.08	0.81 ± 0.02	1.48 ± 0.08	6.53 ± 0.26	1.58 ± 0.04	0.70 ± 0.04	0.99 ± 0.03

[หมายเหตุ - ผลที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$ ± S.E.M.); (n=6)]