รายงานการวิจัย

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงทางจลศาสตร์ของคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ที่มีต่อระยะเวลาในการเพาะถั่วลิสงงอก (*Arachis hypogaea* L.)

The kinetic changes of nutrient, bioactive compound contents and antioxidant capacities of germinated groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with germination time

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขวัญยืน เลี่ยมสำโรง
บุษยมาส รัตนดอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2561)

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงทางจลศาสตร์ของคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ที่มีต่อระยะเวลาในการเพาะถั่วลิสงงอก (*Arachis hypogaea* L.)

The kinetic changes of nutrient, bioactive compound contents and antioxidant capacities of germinated groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with germination time

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขวัญยืน เลี่ยมสำโรง
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
บุษยมาส รัตนดอน
(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2561

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย การเปลี่ยนแปลงทางจลศาสตร์ของคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ที่มีต่อระยะเวลาในการเพาะถั่วลิสงงอก (*Arachis hypogaea* L.)

ผู้ดำเนินการวิจัย ขวัญยืน เลี่ยมสำโรง และบุษยมาส รัตนดอน

ที่ปรึกษา -

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ปี พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ได้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคุณค่าเชิงหน้าที่อย่างเป็นระบบของระยะเวลาในการเพาะถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 และศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเพาะ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการ แร่ธาตุ ปริมาณโพลิฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 ที่ผ่านการเพาะแล้ว จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาของการเพาะได้ส่งผลเชิงบวกกับ ปริมาณเถ้า เส้นใย แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก สังกะสี ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะได้แก่ วันที่ 15 ซึ่งจะให้ปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด (669.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณแมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก สังกะสี ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากเมล็ดถั่วลิสงที่ยังไม่ผ่านการเพาะเท่ากับ 1.9, 4.3, 10.2, 2.5, 4.8 และ 118.7 เท่า ตามลำดับ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าต้นถั่วลิสงที่ผ่านการเพาะมีคุณค่ามากกว่าเมล็ดที่ยังไม่ผ่านการเพาะ ทั้งนี้เพื่อนำต้นถั่วลิสงงอกใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารเสริมสุขภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title The kinetic changes of nutrient, bioactive compound contents and antioxidant capacities of germinated groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with germination time
Researcher Kwanyuen Leamsamrong and Butsayamat Rattanadon
Research Consultants -
Organization Department of Chemistry Faculty of Science and Technology Rajabhat Maha Sarakham University
Year 2019

ABSTRACT

The objectives of this study were to systematically assess the functional values of germinated groundnut Khon kaen 6 and to determine the optimal germination time for yielding functional substances. Changes in proximate composition, mineral, total polyphenol contents, as well as antioxidant capacities of groundnut Khon kaen 6 during germination were investigated. Results revealed that germination had positive enhancement effects on ash fibre, calcium, magnesium, manganese, iron, zinc, total polyphenol contents and antioxidant activities in groundnut. Fifteen-day germination was optimal time for production of germinated groundnut with the highest calcium content (669.32 mg/Kg dry weight), the contents of magnesium, manganese, iron, zinc, total polyphenol contents and total flavonoid in germinated groundnut were increased 1.9, 4.3, 10.17, 2.5, 4.8 and 118.7 folds, respectively, as compared to non-germinated groundnut. This results show that germinated groundnut are better raw materials than non-germinated groundnut for supplement food product.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือจากกลุ่มวิจัยประกอบด้วย นางสาวจิราภรณ์ สร้อยทอง นางสาวพัชรา สิมหาบุตร นางสาววิภาลักษณ์ ฝ้ายป่าน นางสาวรัศมี สุวรรณวงศ์ นายนิกรรัตน์ นวลภูมีวัน นางสาวสุดาวรรณ รัตนาแพง นางสาวสุภาพร คำยา นางสาวอาภัสรา ดาจักรและนางสาวมนิสรา สอรักษา โดยคณะผู้วิจัยได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ จันทร์ถิระติกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมตตา เก่งชูวงศ์ และดร.อำภา คนซื่อ สำหรับคำแนะนำในการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม คณะแพทยศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องสารเคมีตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	4
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย/(นิยามศัพท์เฉพาะ)	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ถั่วลิสง	6
2.2 ต้นงอก	10
2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย	14
3.2 สารเคมี	14
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	22

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 23

4.1 เพาะตัวอย่างถั่วลิสงงอก 23

4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของต้นงอกถั่วลิสง สายพันธุ์ขอนแก่น 6 25

4.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรอง 30

4.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโพลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 ด้วยเอทานอล 35

4.5 ผลการแยกบริสุทธิ์สารสกัดของต้นงอกถั่วลิสง และการวิเคราะห์ปริมาณโพลิฟีนอล และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชั้นเฮกเซน และชั้นเอทานอล 40

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 54

5.1 สรุปผลการวิจัย 54

5.2 อภิปรายผล 56

5.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 57

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 57

บรรณานุกรม 58

บรรณานุกรมภาษาไทย 58

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ 58

ประวัติผู้วิจัย 62

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	14
3.2	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	14
3.3	การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	19
4.1	น้ำหนักของตัวอย่างต้นงอกถั่วลิสง ก่อนเพาะ หลังเพาะ น้ำหนักแห้ง และ% ความชื้น ในช่วงระยะเวลาของต้นงอก 0-20 วัน ของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	24
4.2	องค์ประกอบโดยประมาณของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6	28
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการงอกกับองค์ประกอบโดยประมาณของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	29
4.4	ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6	33
4.5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	34
4.6	ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6	39
4.7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	39
4.8	ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6	44
4.9	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	44
4.10	ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6	48
4.11	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	49

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นถั่วลิสง	6
2.2	แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นถั่วลิสง	7
4.1	ลักษณะของต้นถั่วลิสงงอกช่วงระยะเวลา เมล็ด แช่ บ่ม และเพาะ 2-20 วัน	23
4.2	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณความชื้นในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	25
4.3	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณเถ้าในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	26
4.4	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณไขมันในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	26
4.5	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณเส้นใยในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	27
4.6	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโปรตีนในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	27
4.7	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	28
4.8	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณแคลเซียมในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	30
4.9	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณแมกนีเซียมในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	31
4.10	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณแมงกานีสในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	31
4.11	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณเหล็กในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	32
4.12	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณทองแดงในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	32
4.13	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณสังกะสีในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	33

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.14	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	35
4.15	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	36
4.16	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	37
4.17	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	37
4.18	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	38
4.19	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)	41
4.20	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)	41
4.21	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)	42
4.22	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)	42
4.23	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)	43
4.24	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	45
4.25	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	46
4.26	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)	46

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.27	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)	47
4.28	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)	47
4.29	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	49
4.30	ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	50
4.31	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	51
4.32	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	52
4.33	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	52
4.34	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	53
4.35	ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6	53

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ต้นงอก หมายถึง การนำเมล็ดของพืชมาเพาะในช่วงเวลาประมาณ 7 วัน ต้นงอกเป็นวัตถุดิบที่สำคัญทั้งนี้เพราะในต้นงอกนั้นอุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน รวมถึงแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ในปริมาณที่มากกว่าเมล็ดที่ยังไม่ผ่านการงอก (Huang et. al, 2014) ต้นงอกเป็นอาหารที่ย่อยง่ายและให้พลังงานสูง ภายในต้นงอกจะผลิตเอ็นไซม์หลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น เอ็นไซม์อะไมเลส ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยคาร์โบไฮเดรต เอ็นไซม์โปรติเอสในการย่อยสารกลุ่มโปรตีนต่างๆ ให้กลายเป็นกรดอะมิโน ซึ่งร่างกายสามารถนำไปในกิจกรรมได้ และเอ็นไซม์ไลเปสเพื่อช่วยย่อยไขมัน เอ็นไซม์ต่างๆ ที่กล่าวมาเราจะพบได้ในร่างกาย โดยตับอ่อนจะทำหน้าที่ผลิตเอ็นไซม์ต่างๆ อวัยวะร่างกายของเราหลีกเลี่ยงไม่ได้ว่าจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปหรือมีการเสื่อม ถ้าตับอ่อนทำงานได้ช้าลงหรือลดลงไป ผลกระทบโดยตรงคือกระบวนการย่อยอาหารจะเกิดปัญหา ปัญหาดังกล่าวนำมาซึ่งภาวะของโรคต่างๆ ตามมา เช่น ร่างกายอ่อนเพลีย การขับถ่ายที่ผิดปกติ หากสะสมอาจทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ตามมา เช่น โรคมะเร็งหรือลำไส้ใหญ่อุดตัน เป็นต้น

ในต้นงอกเราพบว่าต้นงอกของพืชบางชนิดสามารถจะผลิตเอ็นไซม์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นร้อยเท่า ปัจจุบันต้นงอกที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากคือ ต้นงอกจากเมล็ดทานตะวัน ซึ่งจะพบได้ง่ายตามซุปเปอร์มาเก็ต และตลาดสดทั่วไป นอกจากนี้ยังมีต้นงอกของพืชตระกูลถั่วอีกหลายชนิด ซึ่งได้มีรายงานวิจัยยืนยันถึงประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ต้นงอกของเมล็ดถั่วแดง (Mbithi-Mwikya et. al, 2000) โดยทำการเพาะต้นงอกของถั่วแดงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อบในที่มืดเป็นเวลา 48 h พบว่ามีปริมาณกรดอะมิโน 44.2-45.1 % ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น เช่น threonine, valine, cysteine, methionine ฯลฯ และกรดอะมิโนไม่จำเป็น เช่น aspartic acid, serine, glutamic acid, alanine ฯลฯ สำหรับในต้นงอกของถั่วเขียว (Mung bean) ต้นถั่วจากประเทศสเปน (Guo et. al, 2012) ทำการเพาะต้นงอกเป็นเวลา 9 วันพบว่าปริมาณวิตามินซีเมื่อเวลาผ่านไปจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น และสูงที่สุดในวันที่ 8 ของการงอก ปริมาณวิตามินซีได้เพิ่มสูงขึ้นจากเมล็ดประมาณ 24 เท่า หลังจากนั้นเริ่มลดลงเล็กน้อย ด้วยเพราะการเปลี่ยนรูปแบบการสะสมเป็นสารประกอบอื่น อีกทั้งยังได้ศึกษาผลของต้นงอกต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิก และฟลาโวนอยด์ พบว่าเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 4.5 และ 6.8 เท่าตามลำดับ พร้อมกับทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน พบว่าในต้นงอกของถั่วเขียวมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเทียบกับเมล็ดมากขึ้นจากเดิม 6 เท่า นอกจากนี้ยังมีการศึกษาต้นงอกถั่วลิสง (Peanut Kernels) จากประเทศจีน สายพันธุ์ Tainan9, Tainan 11 และ

Tainan 12 (Chiou et. al, 1997) ทำการเพาะต้นงอกเป็นเวลา 0, 8, 24, 48, 72 และ 96 h พบว่าปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นและไม่จำเป็นต่างเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 72 h กรดอะมิโนที่พบได้แก่ aspartic acid, serine, cysteine methionine ฯลฯ หลังจากนั้น Lopes และคณะ (2011) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วลิสงสายพันธุ์พื้นเมืองของประเทศบราซิล พบว่าประกอบไปด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก phytosterols และ stilvenes เป็นต้น Kang และคณะ (2014) ได้พบว่าต้นงอกจากถั่วลิสง มีคุณสมบัติในการยับยั้งโรคอ้วนในหนูทดลอง โดยเป็นตัวแปรในการควบคุมโปรตีน PPARY และโปรตีน adiponectin ปี 2016 Khang และคณะ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับต้นงอกของถั่วชนิดต่างๆ ได้แก่ ถั่วดำ ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่ว Azuki และถั่วขาว นำไปเพาะเป็นเวลา 5 วัน พบว่า ถั่วลิสงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเท่ากับ 32.51 ±0.54 และ 84.48±1.24 ตามลำดับ สูงกว่าถั่วชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าในถั่วลิสงงอกมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดที่สูงเท่ากับ 62.9± 35.6 mgGAE/gDW โดยฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของถั่วลิสงงอกมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอล

Leamsamrong et al. (2018) ได้รายงานระยะเวลาในการเพาะต้นถั่วลิสงงอก ระยะเวลาในการเพาะ 0-168 ชั่วโมงพบว่าระยะเวลาเพาะ 168 ชั่วโมงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงที่สุดเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซีและโทรล็อก 106.018±0.38 mgAEAC/100 gDW และ 155.07±0.55 mgTEAC/100 gDW ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่าระยะเพาะ 72 ชั่วโมงมีฤทธิ์เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซีและโทรล็อกเท่ากับ 234.73±0.47 mgAEAC/100 gDW และ 134.85±0.27 mgTEAC/100 gDW ระยะเวลาในการะเพาะมีผลต่อปริมาณโพลิฟีนอ่ลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเมล็ดที่ยังไม่ผ่านการเพาะ ($p<0.05$)

ในถั่วลิสงสายพันธุ์กาฬสินธุ์ 1, กาฬสินธุ์ 2, ขอนแก่น, ขอนแก่น 4 และไทนาน 9 เมื่อนำไปเพาะให้เป็นต้นงอกช่วงระยะเวลา 1-4 วัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 5 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์กาฬสินธุ์ 1 ซึ่งผ่านการเพาะ 3 วันมีปริมาณโพลิฟีนอลสูงที่สุดเท่ากับ 40.67 mgGAE/kg DW มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบสารมาตรฐานโทรล็อกเท่ากับ 80.51 mM trolox/gDW และมีประสิทธิภาพในการรีดิวซ์เหล็กเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซีเท่ากับ 171.33 mM/g DW เพิ่มเติมจากนี้คือได้มีการวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวอราทอลในต้นงอกถั่วลิสง พบว่าในต้นงอกของถั่วลิสงสายพันธุ์กาฬสินธุ์ 2 ได้มีปริมาณเรสเวอราทอลเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อมีการเพาะต้นงอกช่วงเวลา 2 วัน (Limmongkon et al., 2017) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์กาฬสินธุ์ 2 โดยใช้ช่วงเวลาเพิ่มขึ้นคือตั้งแต่ 0-9 วัน และแบ่งต้นงอกออกเป็นแต่ละส่วน ได้แก่ เนื้อใน ราก เปลือกเมล็ดถั่วลิสงงอก พบว่าในเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการเพาะมีปริมาณโฟลิฟีนอล ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งการอักเสอบสูงที่สุด สำหรับกระบวนการเพาะต้นงอกถั่วลิสง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พบว่าในวันแรกของการเพาะในสารสกัดจากรากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณโพลิฟีนอล และฤทธิ์ยับยั้งการอักเสบสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบช่วงระยะเวลาการเพาะทั้ง 9 วัน (Limmongkon et al., 2018)

ในประเทศไทยมีถั่วลิสงสายพันธุ์ต่างๆ มากมายแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ได้แก่ Viginia type ประกอบด้วย สายพันธุ์ ไทนาน 9, ขอนแก่น 60-3, เกษตร 50 และ เกษตร 1 กลุ่มที่ 2 ได้แก่ Valencia type ประกอบด้วย สุโขทัย 38, ขอนแก่น 60-1, ขอนแก่น 60-2, ลำปาง กลุ่มที่ 3 ได้แก่ Spanish type ประกอบด้วย สายพันธุ์ ระยอง เชียงราย และท่าพระ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะการเพาะปลูก ระยะเวลา และปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน มีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการ สิ่งที่น่าสนใจคือ ถั่วลิสงสายพันธุ์ไทยยังมีการศึกษาในด้านคุณสมบัติทางชีวภาพค่อนข้างน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจตัวอื่น ในทางตรงกันข้ามตลาดและความต้องการของโปรตีนทางเลือกจะนำทดแทนโปรตีนจากสัตว์กลับมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามกลไกของกระแสนิยมและรักสุขภาพ การเพาะถั่วลิสงงอกรวมถึงการศึกษาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและชีวภาพ น่าจะตอบโจทย์สำหรับการเพิ่มมูลค่าและการสร้างคุณค่าของถั่วลิสงสายพันธุ์ไทยได้

ถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 เป็นเป็นพันธุ์ได้จากการคัดเลือกลูกชั่วที่ 3 ของประชากร (ICGX-930132-F3) เกิดจากคู่ผสม [(ICGV88361 x ICGV88390)] x MACAN ที่สร้างขึ้นโดยสถาบันวิจัยพืชนานาชาติเขตร้อนกึ่งแห้งแล้ง (ICRISAT) ซึ่งศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น เพื่อคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงให้มีเมล็ดโต ทำการคัดเลือกและประเมินพันธุ์ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตั้งแต่ปีพ.ศ.2538-2546 คัดเลือกได้สายพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดโต อายุเก็บเกี่ยวสั้น และต้านทานโรคยอดไหม้ (ระบบฐานข้อมูลพันธุ์พืช) ถั่วลิสงสายพันธุ์ดังกล่าวยังไม่พบรายงานที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของระยะเวลาในการเพาะต้นงอกต่อองค์ประกอบต่างๆ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาก่อน ดังนั้นในการการศึกษาครั้งนี้ คณะวิจัยจึงได้มีความสนใจในการศึกษากระบวนการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางจลศาสตร์ การสะสมสารอาหารที่สำคัญของต้นงอก เช่น คุณทางโภชนาการ ปริมาณแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรอง ตลอดจนปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาผลของของระยะเวลาต่อคุณค่าทางโภชนาการของต้นถั่วลิสงงอก สายพันธุ์ขอนแก่น 6

2) เพื่อศึกษาผลของของระยะเวลาต่อแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรองของต้นถั่วลิสงงอก สายพันธุ์ขอนแก่น 6

3) เพื่อศึกษาผลของของระยะเวลาต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของต้นถั่วลิสงงอกสายพันธุ์ขอนแก่น 6

4) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาต่อคุณค่าทางโภชนาการ แร่ธาตุ และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของต้นถั่วลิสงงอกสายพันธุ์ขอนแก่น 6

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1) เตรียมตัวอย่างเมล็ดถั่วลิสง สายพันธุ์ขอนแก่น 6

2) วางแผนการเพาะต้นงอกของถั่ว ช่วงเวลาในการเพาะประมาณ 25 วัน

3) เก็บเกี่ยวผลผลิต ทำให้แห้งและเก็บรักษาวัตถุดิบก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์

4) ทดสอบคุณสมบัติทางโภชนาการของต้นถั่วลิสงงอก

5) วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรองของต้นถั่วลิสงงอก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี

6) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดต้นถั่วลิสงงอก

7) แยกบริสุทธิ์สารสกัดจากถั่วลิสง และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดต้นถั่วลิสงงอก

8) เปรียบเทียบและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณของสารกลุ่มต่างๆ กับกระบวนการในการเพาะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย/(นิยามศัพท์เฉพาะ)

GT หมายถึง ระยะเวลาที่เพาะถั่วลิสง

g/100 g D.W. หมายถึง กรัมต่อหนึ่งร้อยกรัมน้ำหนักแห้ง

mg TE/100 g D.W. หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของสารมาตรฐานโทรล็อกต่อหนึ่งร้อยกรัมน้ำหนักแห้ง

mg TEAC/g D.W. หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

mg AEAC/g D.W. หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของสารมาตรฐานวิตามินซี (ascorbic acid) ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

mg GAE/100 g D.W. หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อหนึ่งร้อยกรัมน้ำหนักแห้ง

mg/mL หมายถึง มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

IC_{50} (50% Inhibitory concentration) หมายถึง ความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50

h หมายถึง ชั่วโมง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ข้อมูลทางโภชนาการ และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ
2) ได้กระบวนและวิธีการเพาะต้นงอกของถั่วลิสง
3) ได้เพิ่มมูลค่าของถั่วลิสงให้กับชุมชน และเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร
4) นำไปต่อยอดเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารทดแทนโปรตีนที่มาจากสัตว์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วลิสง

ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่ว (legume crops) อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย สามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารของมนุษย์ และใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีเมล็ดค่อนข้างใหญ่ (course grain crops) กว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น เช่น ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ถั่วลิสงสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และเป็นพืชตระกูลถั่วที่ตลาดต้องการทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ (ศานิต, 2558)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพ 2.1 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นถั่วลิสง
ที่มา : http://www.samunpri.com/.html

ชื่อสามัญ Peanut, Groundnut, Earthnut, Goober, Pindar, Monkeynut
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Arachis hypogaea* L.วงศ์ FABACEAE หรือ LEGUMINOSAE วงศ์ย่อย Faboideae (Papilionoideae หรือ Papilionaceae) ชื่อท้องถิ่นอื่นๆ ถั่วคุด (ประจวบคีรีขันธ์) ถั่วดิน (ภาคเหนือ, ภาคอีสาน) ถั่วลิสง ถั่วยี่สง ถั่วลิง (ภาคกลาง) ถั่วใต้ดิน (ภาคใต้) เหลาะฮวยแซ (จีน-แต้จิ๋ว) ถั่วยาสง (หนังสืออักขราภิธานศัพท์ของหมอปรัดเลย์)

ภาพ 2.2 แสดงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นถั่วลิสง
ที่มา : http://www.samunpri.com/.html

ผลของถั่วลิสงเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ เกิดเดี่ยวๆ และเกิดเป็นกลุ่ม แต่โดยทั่วไปมักเรียกผลของถั่วลิสงว่า ฝัก (pod) ฝักของถั่วลิสงจัดเป็นฝักที่มีการแตกออกจากกันได้เมื่อฝักแก่เปลือกฝักมีลักษณะแข็ง เปราะฝักมีสีหนึ่งสีใด เช่น สีขาวหรือสีน้ำตาล ใน 1 ฝัก ประกอบด้วยเมล็ดมีจำนวนอยู่ระหว่าง 1-4 เมล็ด เมล็ดถั่วลิสงมีเยื้อหุ้มเมล็ดบาง ซึ่งมีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์ เช่น สีชมพู ม่วง และแดงเข้ม สำหรับสีชมพูพบในถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และขอนแก่น 60-2 สีม่วงพบในถั่วลิสงพันธุ์ MJU 2 และสีแดงเข้มพบในถั่วลิสงพันธุ์ MJU 80 และสุโขทัย 38 นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าถั่วลิสงอีก 2 พันธุ์ คือ มข. 60 และขอนแก่น 60-3 มีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดที่ต่างกัน โดยพันธุ์ มข. 60 มีสีเยื้อหุ้มเมล็ดเป็นสีชมพูเข้ม ในขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 60-3 มีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีน้ำตาลอ่อน (สนั่น และอารันต์, 2549)

คุณค่าทางอาหาร เมล็ดถั่วลิสงหรือกากถั่วหลังสกัดน้ำมัน มีโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินสูงมาก น้ำมันถั่วลิสงมีคุณภาพในการปรุงอาหารสูง ใช้จุดให้แสงสว่างสำหรับครัวเรือน ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเนยเทียมหรือใช้เป็นอาหารโดยตรง เมล็ดหลังเทาะเปลือกแล้วมีโปรตีน น้ำมัน คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 26, 43, 24 ตามลำดับ และแร่ธาตุร้อยละ 2.7 มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็กในปริมาณมาก เป็นอาหารที่ให้วิตามินพวกไธอะมิน ไรโบฟลาวิน และไนอะซินสูง แต่ขาดวิตามินเอ และวิตามินซี แต่กากถั่วหลังสกัดน้ำมันจะยิ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นกว่าถั่วทั้งเมล็ดมาก ในแง่ของโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ โปรตีนจากถั่วลิสงก็เหมือนๆ กับโปรตีนจากพืชนิดอื่นๆ ซึ่งขาดแคลนอะมิโนแอสิด ตัวที่สำคัญ คือ เมไธอนีน และซีสตีน เมื่อเปรียบกับโปรตีนจากสัตว์ อย่างไรก็ตามโปรตีนจากถั่วลิสงก็ใช้เป็นอาหารเสริมพวกธัญพืชและอาหารแป้งอื่นๆ ซึ่งขาดไลซีนและทริพโตเฟนได้อย่างดี ทั้งนี้เพราะพวกธัญพืชมีเมไธโอนีนและซีสตีนสูง ถ้าใช้โปรตีนจากสัตว์เป็นมาตรฐานสำหรับอาหารมนุษย์ ถั่วลิสงจะใช้เป็นอาหารทดแทนเนื้อสัตว์ซึ่งมีราคาแพงได้เป็นอย่างดี (กฤษฎา, 2521) นอกจากนี้ถั่วลิสงอุดมแมกนีเซียม ซึ่งจะช่วยในการรักษาสมดุลภายในร่างกาย ช่วยในการทำงานของเอ็นไซม์ต่างๆ ใน

ร่างกายและช่วยให้กล้ามเนื้อคลายตัว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงาน มีโซเดียมต่ำและปราศจากคอเลสตอรอล มีสารต้านเอ็นไซม์โปรติเอส ต้านมะเร็ง และมีจีเนสเตอิน ซึ่งทำให้เส้นเลือดไปเลี้ยงเซลล์มะเร็งตีบลง ช่วยลดปริมาณไขมันร้าย (LDL) โดยในถั่วลิสงมีไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA, mono unsaturated fatty acid) ประมาณร้อยละ 35 และไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUMA, poly unsaturated fatty acid) ประมาณร้อยละ 35 สำนักกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ) นอกจากนี้ ถ้ามีการบริโภคอย่างเป็นประจำและสม่ำเสมอจะทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ เช่น โรคเส้นเลือดในสมอง (Kushi et. al, 1999) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Afshin et. al, 2014) โรคหัวใจและหลอดเลือด (Erkkila et. al, 2005) โรคมะเร็งในกระเพาะอาหาร (Pudenz et. al, 2014) ทั้งนี้องค์ประกอบหนึ่งในถั่วลิสงอันได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ที่สามารถชะลอและลดอาการของโรคเรื้อรังตามที่กล่าวข้างต้นได้

โทษของสารในถั่วลิสง ถั่วลิสงเป็นอาหารกลุ่มเสี่ยงที่มักตรวจพบสารพิษซึ่งเกิดจากเชื้อราชนิดหนึ่งที่เรียกว่า สารอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ซึ่งเป็นสารพิษร้ายแรงต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยตรงอย่างเฉียบพลัน (รวมไปถึงสัตว์เลี้ยงด้วย) หากได้รับในปริมาณมากอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็งที่ตับ หัวใจ และสมองบวม อาจทำให้เกิดอาการชัก หายใจลำบาก และตับถูกทำลาย (ในประเทศไทยกำหนดให้สารชนิดนี้ไม่เกิน 20 ppb) โดยสารพิษชนิดนี้สามารถปนเปื้อนมาตั้งแต่ในช่วงการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง รวมไปถึงการเก็บรักษาก่อนถึงมือผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน เชื้อราชนิดนี้จะเจริญเติบโตได้ดีมากและการปนเปื้อนของสารก็จะเริ่มตั้งแต่ในช่วงการสร้างฝัก

อะฟลาทอกซิน คือสารพิษที่สร้างขึ้นโดยเชื้อราที่อาศัยอยู่ในดิน 2 ชนิด คือ แอสเปอร์จิลลัสฟลาวัส แอสเปอร์จิลลัส พาราซิติกัส แบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ อะฟลาทอกซิน B1 B2 G1 G2 ซึ่งพบมากในเมล็ดถั่วลิสง ข้าวโพด ฝ้าย ส่วนชนิด M1 พบในน้ำนม ของสัตว์ที่กินอาหารปนเปื้อนอะฟลาทอกซิน อะฟลาทอกซิน B1 มีอันตราย ร้ายแรงที่สุด และมักพบในปริมาณที่สูงกว่าชนิดอื่น คำแนะนำการปฏิบัติ เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งเกิดจากเชื้อราในเมล็ดถั่วลิสง มีแนวทางในการปฏิบัติ ดังนี้ ไม่ปลูกถั่วลิสงต่อเนื่องในพื้นที่เดียวกันทุกปี ควรปลูกสลับด้วย ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง หรือถั่วเขียว เนื่องจากถั่วลิสงเป็นพืชที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว เพื่อลดโอกาสเข้าทำลายของเชื้อราที่เหลือในแปลง ไม่ควรปลูกถั่วลิสงตามด้วยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ควรกำจัดแหล่งสะสมเชื้อรา เช่น ซากต้นถั่วลิสง ซากต้นและฝักข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ อย่าให้ถั่วลิสงขาดน้ำช่วงออกดอก แทงเข็มและพัฒนาการเป็นฝัก ต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ หากต้นถั่วลิสงขาดน้ำ จะทำให้ถั่วลิสงอ่อนแอต่อการ เข้าทำลายของเชื้อรา และหลังจากกะเทาะเปลือก ต้องรีบคัดแยกเมล็ดที่ถูกศัตรูเข้าทำลาย มีเชื้อรา เมล็ดเสีย เมล็ดเน่า ออกทิ้งทันที ห้ามนำเมล็ดที่คัดทิ้งไปบริโภคหรือ ใช้เลี้ยงสัตว์อย่างเด็ดขาด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ถั่วลิสงจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) Virginia type ลักษณะที่สำคัญคือ ลำต้นมีทั้งแบบเลื้อย แบบพุ่มตั้ง และพุ่มแผ่ (prostate type) กิ่งแขนงมีความยาวมากกว่าลำต้นหลัก ลำต้นหลักไม่มีการออกดอก ใบมีขนาดเล็ก สีเขียวเข้ม เมล็ดและฝักมีขนาดใหญ่ เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีน้ำตาลแดงอายุเก็บเกี่ยว 120-150 วัน ได้แก่พันธุ์

1.1) ไทนาน 9 อายุเก็บเกี่ยว 95–110 วัน เส้นลายบนฝักไม่ชัด (ฝักเรียบ) จะงอยฝักเห็นได้ชัดเจนมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพู ผลผลิต (ฝักแห้ง) ในฤดูฝน 236 กิโลกรัม/ไร่ และฤดูแล้ง 293 กิโลกรัม/ไร่ ใช้ประโยชน์จากเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือกและฝักต้มอบ

1.2) ขอนแก่น 60-3 เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 110–120 วัน เมล็ดมีการพักตัวประมาณ 60 วันหลังเก็บเกี่ยว เยื่อหุ้มเก็บเกี่ยว เยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูและส้มอ่อนผลผลิตฝักแห้ง 378 กิโลกรัม/ไร่ ใช้ประโยชน์จากเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก

1.3) เกษตรศาสตร์ 50

1.4) เกษตร 1

2) Valencia type ลักษณะสำคัญคือ ลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านน้อยกว่าพวก Spanish กิ่งแขนงยาวกว่าลำต้นหลัก ดอกเกิดทั้งบนลำต้นหลักและกิ่งแขนง ฝักมีขนาดใหญ่ ลายบนฝักเห็นชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีม่วงหรือน้ำตาลแดง ฝักมี 3-4 เมล็ด เมล็ดไม่มีการพักตัว อายุเก็บเกี่ยว 100-110 วัน ได้แก่พันธุ์

2.1) สุโขทัย 38 เก็บเกี่ยวฝักสดเมื่ออายุ 85–90 วัน อายุถึงวันเก็บเกี่ยวฝักแก่เต็มที่ 95 - 105 วัน เส้นลายบนฝักและจะงอยฝักเห็นได้ชัดเจนเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ใช้ประโยชน์ในรูปฝักสด

2.2) ขอนแก่น 60 - 1 อายุเก็บเกี่ยว 95 - 105 วัน เส้นลายบนฝักเห็นได้ชัดเจน แต่จะงอยฝักไม่เด่นชัด ผลผลิต 250 กิโลกรัม/ไร่ ในฤดูฝนและ 303 กิโลกรัม/ไร่ ในฤดูแล้ง ใช้ประโยชน์จากเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก

2.3) ขอนแก่น 60 - 2 อายุเก็บเกี่ยวฝักสด 85 - 90 วัน อายุถึงวันเก็บเกี่ยวฝักแก่เต็มที่ 95 – 105 เส้นลายบนฝักและจะงอยฝักเห็นได้ชัดเจน สำหรับต้มสด ผลผลิตฝักสด 572 กิโลกรัม/ไร่ ฝักแห้ง 266 กิโลกรัม/ไร่

2.4) ลำปาง ลักษณะทั่วไปเหมือน ส.ข.38 แต่เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีชมพูเป็นพวกวาเลนเซีย

3) Spanish type มีลักษณะคล้ายกับพวก Valencia แต่แตกกิ่งแขนงมากกว่า ใบมีสีเขียวจาง ฝักและเมล็ดมีขนาดเล็ก ฝักมีจงอยและรอยคอดชัดเจน ส่วนใหญ่มีประมาณ 2 เมล็ด เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีจาง และเมล็ดไม่มีการพักตัว อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90-100 วัน ได้แก่พันธุ์ ระยอง เชียงราย ท่าพระ

นอกจากนี้ยังมีถั่วลิสงพันธุ์ใหม่ ๆ ที่พัฒนา และแนะนำเกษตรกรปลูก คือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พันธุ์ขอนแก่น 6 ลักษณะทั่วไป :ลำต้นสีเขียว ลักษณะทรงพุ่มตั้ง ดอกสีเหลือง ใบรีขอบขนาน ติดฝักเป็นกระจุกที่โคนต้น เส้นลายฝักเป็นลายทาง ความลึกบนเปลือกฝักปานกลาง เยื่อหุ้มเมล็ดสดสีชมพู อายุดอก 21-25 วัน อายุเก็บเกี่ยว 119 วัน ลักษณะเด่น :ผลผลิตฝักแห้ง 411 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาดเมล็ดโตใกล้เคียงกับพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ให้ผลผลิตสูงกว่าและมีการปรับตัวในสภาพแวดล้อมดีกว่าพันธุ์ขอนแก่น 60-3 อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ประมาณ 6 วัน ต้านทานโรคยอดไหม้ และทนทานต่อโรคราสนิม โรคใบจุดสีดำพื้นที่แนะนำ :สามารถปลูกได้ในสภาพทั่ว ๆไปในฤดูฝน และในแหล่งชลประทานในฤดูแล้ง

พันธุ์ขอนแก่น 5 ลักษณะเด่น มีขนาดเมล็ดโตกว่า หรือมีน้ำหนัก 100 เมล็ด สูงกว่าพันธุ์ไทนาน 9 และขอนแก่น 60-1 ร้อยละ 17 และ 7 ตามลำดับ สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตได้ดีกว่าพันธุ์ไทนาน 9 และขอนแก่น 60-1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการปลูกในฤดูแล้งที่ใช้น้ำชลประทาน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ไทนาน 9 และขอนแก่น 60-1 ร้อยละ 12 และ 7 ตามลำดับ มีระดับการเป็นโรคยอดไหม้ร้อยละ12.8 ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์ไทนาน 9 และขอนแก่น 60-1 ซึ่งเป็นโรค ร้อยละ 20.6 และ 16.3 ตามลำดับ มีเส้นลายบนฝักเห็นได้ชัด เยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีชมพูเข้ม ลำต้นสีเขียวอ่อน ใบสีเขียว ดอกสีเหลือง ทรงพุ่มกว้าง ติดฝักเป็นกระจุกที่โคนต้น อายุถึงออกดอก 20-28 วัน อายุถึงเก็บเกี่ยว 85-115 วัน จำนวนฝัก/หลุม 24 ฝัก จำนวนเมล็ด/ฝัก 2 เมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด 51.1 กรัม ผลผลิตฝักแห้ง 304 กิโลกรัม/ไร่

ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 ให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 586 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ย 270 กิโลกรัม/ไร่ และผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 171 กิโลกรัม/ไร่ มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 47 กรัม ทนทานต่อโรคโคนเน่าปานกลางลักษณะประจำพันธุ์ ฝักยาว 3.9 ซม. กว้าง 1.5 ซม. มีเส้นลายฝักเห็นได้ชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูเข้ม ลำต้นสีเขียวอมม่วง ใบสีเขียว ดอกสีเหลือง ลักษณะทรงพุ่มตั้งตรง ลักษณะการติดฝักเป็นกระจุกบริเวณโคนต้น อายุถึงออกดอก 21-25 วัน อายุเก็บเกี่ยว 95-100 วัน จำนวนเมล็ด/ฝัก 3 เมล็ด 100 เมล็ด หนัก 47 กรัม ร้อยละของการเพาะเท่ากับ 63.4 ในเมล็ดแห้งมีปริมาณโปรตีนและน้ำมันเท่ากับร้อยละ 28.7 และ 46.4

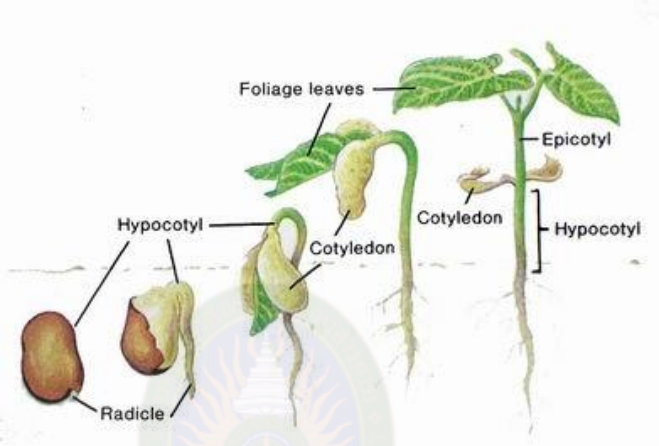
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2 ต้นงอก (sprouts)

ต้นงอก คือ ต้นอ่อนที่แตกออกจากเมล็ดหลังจากที่เมล็ดถูกแยกออกจากต้นแม่แล้วเมล็ดจะอยู่ในสภาพหยุดการเจริญเติบโตช่วงระยะเวลาหนึ่ง เมื่อเอาเมล็ดมาไว้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คัพภะที่อยู่ภายใน จะเจริญเป็นต้นพืชใหม่ กระบวนการที่คัพภะภายในเมล็ดเจริญเป็นต้นใหม่นี้เรียกว่า “การงอก”

ต้นงอก จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นเพราะความสามารถในการสะสมอาหาร และสังเคราะห์แสงได้จึงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ เช่น เอนไซม์ก็จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะขณะ

กำลังจะงอกเมล็ดพืชที่ประกอบไปด้วยแป้งจะถูกเอนไซม์ภายในตัวของมันเองสลายแป้งออกมาเป็นพลังงานให้ต้นอ่อนงอกออกมา สามารถนำมารับประทานในรูปของผักสดได้และอุดมไปด้วยสารอาหารจำพวกโปรตีน เส้นใยต่างๆที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ นอกจากนั้นยังมีวิตามินเอ บี ซี อี เกลือแร่ รวมถึงแร่ธาตุต่างๆสำคัญ ซึ่งจะมีมากกว่าเมล็ดเป็นหลายเท่า และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงช่วยชะลอความชรา ป้องกันร่างกายของเราจากโรคเสื่อม เช่น โรคหัวใจ อัมพาต โรคข้อ ผิวหนังเหี่ยวย่น ต้อกระจก ป้องกันโรคมะเร็ง และโรคร้าย เป็นต้น



ภาพ 2.3 การงอกของเมล็ด

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Chiou et al. (1997) ได้เพาะถั่วลิสง (kernels) สายพันธุ์ ไทนาน 9, ไทนาน 11 และ ไทนาน 12 ที่ระยะเวลาต่างกัน 0-96 h โดยให้แสงสว่าง 12 hต่อวัน และรดน้ำทุกวัน จากการทดลองพบว่าถั่วลิสงงอกสายพันธุ์ไทนาน 12 มีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าอีกสองสายพันธุ์ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเวลาของการบ่มผ่านไป 8 hปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และปริมาณกรดไขมันและกรดอะมิโนจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม ปริมาณ theronin, serine, proline, glycin, tyrosin, histidine และ arginine ณ เวลาการบ่มเท่ากับ 72 hมีปริมาณสารดังกล่าวเพิ่มขึ้นจากเดิมถึงห้าเท่า

Mbithi-Mwikya et al. (2000) ได้ศึกษาระเวลาในการงอกของถั่วแดงที่มีผลต่อปริมาณกรดอะมิโน โดยนำถั่วแดงไปแช่น้ำ เป็นเวลา 8 hก่อนนำเพาะ จากนั้นนำไปเพาะต่อในถาด และเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 48 hจึงจะได้ต้นงอกของถั่วแดงออกมา จากผลการทดลองพบกว่ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆ รวมทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากเดิมถึง ร้อยละ 44.2-45.1 กรดอะมิโนจำเป็นที่พบได้แก่ threonine, valine, cysteine, methionine, leucine, tyrosine,

phenylalanine, histidine, tryptophan และกรดอะมิโนไม่จำเป็นที่พบได้แก่ aspartic acid, serine, glutamic acid, alanine, arginine เป็นต้น

Lopes et al. (2011) ได้มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วลิสงสายพันธุ์พื้นเมืองประเทศบลาซิล ซึ่งมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ Piceid, isopentadienylresveratrol (IPD), (trans-30-isopentadienyl-3,5,40-trihydroxystilbene), piceatannol (3,4,30,50-tetrahydroxy-trans-stilbene), arachidin-1[trans-4-(3-methyl-1-butenyl)-3,5,30,40-tetrahydroxystilbene], arachidin-2, arachidin-3 [trans-4-(3-methyl-1-butenyl)-3,5,40-trihydroxystilbene, trans-SB-1, chiricanine A (trans-40-deoxyarachidin-2, 9), arahypin-1 (trans-40-deoxyarachidin-3), arahypin-2 [trans-30-(200,300-dihydroxy-300-methylbutyl) , resveratrol, arahypin-4 [trans-4-(200,300-dihydroxy-300-methylbutyl)-40-deoxyresveratrol, arahypin-3 [trans-4-(200,300-dihydroxy-300-methylbutyl) resveratrol, 13], and arahypin-5 (14).8Ingham characterized the cis-3,5,40-trihydroxy-4-isopentenylstilbene, cis-resveratrol, 5,7-dihydroxychromone, eriodictyol, luteolin (30,40,50,7-tetrahydroxyflavone) 3,16 dihydroquercetin, chrysoeriol, daidzein genistein, formonetin, glucoside, medicapin, demethylmedicarpin, demethylmedicarpin, medicarpin, Isomedicarpin, catechin, epicatechin, proanthocyanidins, proanthocyanidin, proanthocyanidins, vanillic (4-hydroxy-3-methoxybenzoic acid), protocatechuic (3,4-dihydroxybenzoic acid), ferulic (4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid, 34a), caffeic (4-hydroxycinnamic acid), protocatechuic, ferulic, p-coumaric acids, 4-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, ferulic, p-coumaric, Chlorogenic acid, paraguariensis, besides neochlorogenic และ 1-caffeoyl-4-deoxyquinnic acid เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าในต้นงอกของถั่ว พันธุ์ kernels มีองค์ประกอบเป็น Arachidin-1 , arachidin-3, isopentadienylresveratrol และ resveratrol จัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชัน ต้านการอักเสบ และทำลายเซลล์มะเร็ง

Kang et al. (2014) ได้ทำการวิจัยในสัตว์ทดลองโดยนำหนูขาวพันธุ์ Sparque-Dawley แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง เพื่อทดสอบประสิทธิ์ภาพในการยับยั้งภาวะอ้วนในสัตว์ทดลอง หนูขาวแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 ให้ทานอาหารปกติซึ่งมีไขมันอยู่ร้อยละ 7 กลุ่มที่ 2 ให้ทานอาหารที่มีไขมันร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 ให้รับประทานอาหารที่มีไขมันร้อยละ20 ผสมกับสารสกัดจากถั่วลิสงงอกเข้มข้นต่ำร้อยละ 0.025 และกลุ่มสุดท้าย ให้รับประทานอาหารที่มีไขมันร้อยละ 20 ผสมกับสารสกัดจากถั่วลิสงงอกเข้มข้นสูงร้อยละ 0.05 จากการศึกษาพบว่า หนูขาวกลุ่มที่ให้รับประทานไขมันร้อยละ 20 ผสมสารสกัดจากถั่วลิสงงอกเข้มข้นต่ำและเข้มข้นสูง มีน้ำหนักไม่ต่างจากหนูกลุ่มควบอย่างมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

นัยสำคัญ แต่แตกต่างจากหนูที่รับประทานไขมันร้อยละ 20 โดยที่ไม่ผสมสารสกัด สรุปได้ว่าสารสกัดจากถั่วลิสงงอก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งภาวะอ้วนได้อย่างดี

Fidrianny et al. (2015) ได้ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น DPPH และ FRAP และหาปริมาณสารสำคัญโดยอาศัยพื้นฐานการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร เช่นการหาปริมาณแคโรทีนอย ฟีนอลิก และปริมาณฟลาโวนอยด์ ในเปลือกของถั่วลิสง ถั่วเหลือง และถั่วแดง จากการทดลองพบว่าสารสกัดจากเปลือกถั่วแดงที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตตมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงที่สุด (IC_{50}, 0.595 mg/mL) สารสกัดจากเปลือกถั่วแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP สูงที่สุด (EC50, 294.781 mg/mL) นอกจากนี้พบว่าในสารสกัดจากเปลือกถั่วลิสงมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงที่สุดเท่ากับ 6.91 gGEA/100g และ 13.37 gQE/100 g ตามลำดับ

Quinhone และ Ida (2015) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาในการงอกกับปริมาณไอโซฟลาโวลของต้นถั่วเหลืองงอก โดยทำการเพาะถั่วเหลืองที่ระยะเวลาต่างกันดังนี้ 0, 24, 48, 72, 96, 144 และ 168 h พบว่าถั่วเหลืองงอกให้ร้อยละของการผลิตเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 632.4 และสารกลุ่มฟลาโวลที่พบได้แก่ เบต้ากลูโคไซด์ , Daidzin, genistin,glytin, malonyldaidzin, malonylgenistin, malonylglytin, genistein และ glycitein เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย

ตาราง 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ	รุ่น	บริษัท
เครื่อง UV-Vis spectrophotometer	Lampda 12	perkin Elmer
เครื่องเขย่า (shaker)	UM-57070	Umac scientific
เครื่องระเหยลดความดัน (rotary vacuum evaporator)	rotavapor R-124	sibata scientific technology
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	OHAUS MODELPA214	PRECISA Co.,Ltd
ตู้อบความร้อน (hot air ovenmemmert)	model UNE 500	ScilutionCo.,Ltd
Atomic Absorption spectroscopy		Agilent Technologies

3.2 สารเคมี

ตาราง 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	มวลโมเลกุล	บริษัท
ethanol	46.07	Carlo erba
2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	394.99	Fluka
gallic acid หรือ 3,4,5-hydroxy benzoic acid	-	J.T.Baker
folin-Ciocalteu	270.30	Fluka
sodium Carbonate (Na_2CO_3)	106.0	Carlo erba
quercetin	302	Carlo erba
sodium Nitrite ($NaNO_2$)	84.99	Carlo erba
aluminium Chloride ($AlCl_3.6H_2O$)	240	Carlo erba
trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)	250	Carlo erba
2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS)	514.62	Sigma

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเพาะและการเตรียมตัวอย่างถั่วลิสงงอก นำตัวอย่างถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 ที่ได้มาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000 เตรียมภาชนะและฝาปิดทำความสะอาด เพื่อเตรียมใช้เพาะ เตรียมขุยมะพร้าวโดยนำมาพึ่งแดดเป็นเวลา 2 วัน ผ้าขาวบางสำหรับบ่มตัวอย่าง ทำความสะอาดพื้นที่ที่จะทำการเพาะ นำตัวอย่างถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 มากะเทาะเปลือกแล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้งเป็นเวลา 2 วัน เตรียมภาชนะสำหรับเพาะโดยนำขุยมะพร้าวมาใส่ในกะละมังเพาะรดน้ำให้ชุ่ม ด้วยอัตราส่วนขุยมะพร้ามแห้ง 3 g/L นำเมล็ดถั่วลิสงมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วนำมาแช่น้ำอุ่นเป็นเวลา 12 h เม็ดถั่วลิสงที่ผ่านการแช่มาบ่มห่อด้วยผ้าขาวบางเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 48 h เลือกเอาเมล็ดที่งอก มาเพาะในภาชนะสำหรับเพาะแล้วใช้ขุยมะพร้าวโดยทันอีกรอบประมาณ 3-4 เซนติเมตร ฉีดน้ำให้ชุ่มอีกครั้ง ปิดฝาให้มิดชิดเพื่อไม่ให้โดนแสงเป็นเวลา 5 วัน เมื่อเพาะครบ 5 วัน ให้เปิดภาชนะที่ใช้ปิดออก เพื่อให้ต้นงอกถั่วลิสงได้รับแสง ทำการรดน้ำถั่วลิสงทุก 8 h โดยใช้กระบอกฉีดน้ำ ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างถั่วลิสงจะแบ่งออก 11 ตัวอย่างได้แก่ เมล็ดของถั่วที่ไม่ผ่านการเพาะ เมล็ดแช่ 12 h เมล็ดบ่ม 48 h เมล็ดถั่วลิสงที่ผ่านการเพาะเป็นเวลา 2, 4, 7, 10, 12, 15, 17 และ 20 วัน หลังจากเก็บตัวอย่างเสร็จจากนั้น นำตัวอย่างที่เก็บได้มาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนอีก 2 น้ำ นำไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 °C ให้ตัวอย่างแห้ง แล้วตัวอย่างต้นงอกของถั่วแต่ละตัวอย่างมาบด ให้ละเอียด เก็บตัวอย่างต้นงอกถั่วแต่ละตัวอย่างใส่ในถุงซิบ นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3.2 วิธีวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ

3.3.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น อ้างอิงตามวิธี AOAC (1999) โดยบดตัวอย่างให้ละเอียด เตรียมจานอลูมิเนียมหรือครูซิเบิลที่ล้างสะอาดแล้ว มาอบที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 2 h นำออกจากตู้อบเข้าใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ จดบันทึกน้ำหนักไว้ ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-5 กรัม ใส่ในจานอลูมิเนียมหรือครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำจานอลูมิเนียมหรือครูซิเบิลเข้าไปอบในตู้อบแห้งที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 100-102 °C เป็นเวลานาน 4-6 h ถ้าหากตัวอย่างนั้นมีความชื้นมาก หรือตัวอย่างนั้นไม่มีสารที่สลายตัวระหว่างการอบ นำจานอลูมิเนียมหรือครูซิเบิลพร้อมตัวอย่างออกจากตู้อบนำไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น เมื่อเย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนทำการทดลอง 3 ครั้ง แต่ใช้เวลาในการอบเพียง 1 h คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังสมการ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

3.3.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total ash determination) เถ้าทั้งหมด อ้างอิงตามวิธี AOAC (1999) โดยนำเบ้ากระเบื้องที่ล้างสะอาดและแห้งเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 ˚C ประมาณ 1-2 h. แล้วนำมาทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง หรืออาจอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 ˚C จนไม่มีความชื้นและน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักเบ้ากระเบื้องให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วทำการชั่งอาหารที่เผาเถ้าประมาณ 2-3 กรัม ลงในเบ้ากระเบื้อง (อาจให้อาหารที่วิเคราะห์หาความชื้นเสร็จแล้วทำการเผาในเตาเผาเพื่อหาเถ้าต่อก็ได้) เปิดพัดลมในตู้ดูดควัน อาหารที่อยู่ในเบ้ากระเบื้องไปเผาในตู้ดูดควันด้วยตะเกียงบุนเซน หรือ Hot Plate เพื่อไล่ควันออกให้หมดก่อน นำเบ้ากระเบื้องที่ทำการเผาไล่ควันเสร็จแล้วเข้าเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 550-600 ˚C เผาจนเถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน ปกติใช้เวลา 2 h หรืออาจทิ้งไว้ทั้งคืนก็ได้ ในกรณีที่เถ้าไม่เป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน แสดงว่ายังมีคาร์บอนอยู่บ้างซึ่งต้องหยดน้ำแอมโมเนียมคาร์บอเนต 2-3 หยด ลงบนเถ้านี้ ระเหยให้แห้งแล้วนำเข้าเผาต่อจนได้สีขาวหรือสีเทาอ่อน นำเบ้ากระเบื้องที่มีเถ้าออกจากเตาเผาแล้วนำไปทิ้งให้เย็นในโถอบแห้งแล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด จากนั้นนำเบ้ากระเบื้องพร้อมด้วยเถ้าไปเผาต่อ 30 นาที แล้วนำออกมา เพื่อให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนทำการทดลอง 3 ครั้ง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมดดังสมการ

$$\% \text{ เถ้าทั้งหมด} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

เมื่อ A = น้ำหนักเบ้ากระเบื้อง + น้ำหนักตัวอย่างหลังจากการเผาในเตาเผา
B = น้ำหนักเบ้ากระเบื้อง W = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3.2.3 การวิเคราะห์หาเยื่อใยทั้งหมดในอาหารหลักการในการวิเคราะห์หาเยื่อใยทั้งหมดในอาหารนั้น คือการย่อยอาหารด้วยกรด และด่างเจือจาง เพื่อย่อยเอาสารอินทรีย์ต่างๆ ที่ถูกย่อยได้ออกไป ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ไม่ถูกย่อย คือ เยื่อใยทั้งหมด (Total Crude Fiber) โดยนำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการสกัดไขมันและอบเอาความชื้นออกแล้ว ใส่ลงในบีกเกอร์ 600 mL ถ้าอาหารมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงให้ใส่ Asbestone 1 กรัม เติมกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 mL ที่ต้มจนเดือด นำไปต้ม (Reflux) 30 นาที นำออกมากรองด้วย Buchner Funnel ที่มีผ้าลินินขึงอยู่ และต่อกับ Filter Flask โดยอาศัย Suction Pump ช่วยล้างตะกอนจนหมดกรดด้วยน้ำร้อน ถ่ายตะกอนลงในบีกเกอร์ใบเดิม เติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 mL ที่ต้มจนเดือด ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที นำสารที่ได้ออกจากเครื่องย่อย แล้วกรองด้วย Buchner Funnel ที่มีผ้าลินินขึงอยู่ และต่อกับ Filter Flask โดยอาศัย Suction Pump ช่วยล้างตะกอนจนหมดด่างเสร็จแล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ประมาณ 15-25 mL ถ้าใช้ผ้าลินินกรองต้องถ่าย

ตะกอนออกจากผ้าใส่ลงใน Crucible พยายามขูดตะกอนด้วยช้อน จากผ้าให้หมดเท่าที่จะทำได้ ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้ตะกอนตกหรือหกหล่นได้ นำออกมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำ Crucible ที่มีตะกอนอยู่ไปเผาที่ 600°C นาน 30 นาที หรือนานกว่านี้ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นซึ่งน้ำหนักที่หายไป ซึ่งก็คือ น้ำหนักของเยื่อใย คำนวณได้ดังสมการ

$$\% \text{ CF} = \frac{(A-B)}{W} \times 100$$

เมื่อ CF = เยื่อใยทั้งหมด

A = น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักที่ย่อยหลังจากอบแห้งแล้ว

B = น้ำหนัก Crucible + น้ำหนักเถ้าหลังจากเผาแล้ว

W = น้ำหนักของอาหารที่ใช้หาเยื่อใย

3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน อ้างอิงตามวิธีการ AOAC (1999)

ขั้นแรกเปิดสวิตช์เครื่องวิเคราะห์ไขมัน นำ glass cup ไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถอบ แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (w_2) เป็น กรัม บดตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ให้ละเอียด นำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 h เพื่อไล่ความชื้น (ให้ใช้ตัวอย่างที่ได้จากการหาความชื้นแล้ว) ชั่งน้ำหนักอาหารตัวอย่างแห้งประมาณ 3 กรัม (w_1) บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด ใส่ลงไปในทิมเบิลกระดาษ สวม adapter เข้ากับทิมเบิลกระดาษ และนำเข้าระบบเครื่องวิเคราะห์ไขมัน เติมตัวทำละลายใน glass cup ประมาณ 50-75 mL จากนั้นนำไปวางบนแท่นความร้อน (heater) ของระบบ กดปุ่ม Set ค้างไว้ และกดปุ่มลูกศรเลื่อนขึ้นลง เพื่อตั้งอุณหภูมิของตัวทำละลาย อุณหภูมิสำหรับการทดลองขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายที่เลือกใช้ จากนั้นเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง immersion และตั้งเวลาการสกัดเป็นเวลาประมาณ 15-30 นาที เปิด condensers value และกดปุ่ม Start ให้เครื่องเริ่มทำงาน หลังจากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง washing จับเวลาเป็น 30-45 นาที เพื่อระเหยตัวทำละลายพร้อมกับปิด condensers value และเปิดสวิตช์ของอากาศ กดปุ่ม AIR บนเครื่องเพื่อให้เริ่มการทำงาน (ระยะเวลาการ immersion และ washing ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างอาหารด้วย ถ้าตัวอย่างเป็นอาหารที่มีไขมันมากจะใช้เวลานานยิ่งขึ้น) จากนั้นนำ glass cup และไขมันที่สกัดได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 30 นาที และทิ้งให้เย็นในโถอบ เมื่อเย็นแล้วชั่งน้ำหนัก (w_3) อบต่ออีกครั้งละ 30 นาทีจนน้ำหนักคงที่ (น้ำหนักคงที่หมายถึงผลต่างของการชั่งสองครั้งติดต่อกันมีค่าไม่เกิน 2 mg) ตัวอย่างที่สกัดไขมันและอบแล้ว ให้เก็บไว้วิเคราะห์ปริมาณกากหรือเยื่อใยต่อไป ปริมาณไขมันคำนวณได้ดังสมการ

$$\%\text{fat or oil} = \frac{(W_3\text{-}W_2)}{W_1} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างปราศจากความชื้น (กรัม)
W_2 = น้ำหนัก glass cup (กรัม)
W_3 = น้ำหนัก glass cup กับไขมันที่สกัดได้ (กรัม)

3.3.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน/ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจล์ดาห์ล ชั่งตัวอย่างแห้งด้วยน้ำหนักที่แน่นอน (ตัวอย่างที่ได้จากการหาความชื้น) ประมาณ 0.2-2 กรัม ลงในหลอดใส่สารตัวอย่าง ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้จะขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง เติม Catalyst (K_2SO_4 15 กรัม และ $CuSO_4{\cdot}5H_2O$ 0.5 กรัม) และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 mL ลงไปในหลอดตามลำดับ สำหรับการเติมกรดให้เอียงหลอดและค่อยๆรินกรดลงด้านข้างโดยรอบเพื่อให้กรดชะล้างตัวอย่างที่อาจจะติดอยู่ด้านข้างออกให้หมด เขย่าหลอดเบาๆ นำหลอดที่บรรจุตัวอย่างใส่ลงในภาชนะบรรจุหลอด (rack) และปิดปากหลอดด้วยฝาครอบหลอด เปิดสวิทซ์เครื่องย่อย (digestion unit) และเครื่องดักจับไอกรด (scrubber unit) นำภาชนะบรรจุหลอดใส่ลงในแท่นความร้อนของเครื่องย่อย และเปิดระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อให้ทำงาน (เปิดก๊อกน้ำ) ให้ทำการย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำก่อน (pre heating) ทำการย่อยตัวอย่างด้วยเครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 350-400°C (ปรับตัวเลขของเครื่องไปที่เลข 70) และตั้งเวลาในการย่อย 150 นาที หรือจนกระทั่งการย่อยเสร็จสมบูรณ์ สังเกตได้จากสารละลายที่ได้มีสีเขียวอมฟ้าใส หลังจากนั้นปิดไฟเครื่องย่อยและทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องบนชุดพักตัวอย่างแล้วจึงนำไปกลั่นต่อไป (ให้ทำตัวเปรียบเทียบหรือแบลงค์ด้วยพร้อมกัน) ทำการกลั่นด้วยกรดบอริก ในระบบอัตโนมัติ นำสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N ใส่ในบิวเรต นำตัวอย่างและแบลงค์ (ตัวเปรียบเทียบ) ที่กลั่นได้มาไทเทรตกับสารละลายกรด จนได้จุดยุติ คือสังเกตเห็นสีชมพูปรากฏขึ้นและสารละลายมีสีเทาอมม่วง บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ สามารถคำนวณหาร้อยละของไนโตรเจนและโปรตีนได้ดังนี้

ร้อยละของไนโตรเจนคำนวณได้ดังสมการ

$$\%\text{ Nitrigen} = \frac{1.401 \times (\text{ml.HCl-ml.Blank}) \times \text{Normality of acid}}{\text{Weight of Sample}}$$

ร้อยละของโปรตีนคำนวณได้จากสมการ

$$\%\text{ Protein} = \%\text{ Nitrogen} \times \text{factor}$$

เมื่อค่าคงที่ (factor) สำหรับเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนเป็นโปรตีนโดยทั่วไปมีค่า 5.30

$$\%\text{ Carbohydrate} = 100 - (\%\text{moisture} + \%\text{ash} + \%\text{fat} + \%\text{fibre} + \%\text{protein})$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณ แคลเซียม สังกะสี และแมกนีเซียม นำตัวอย่างถั่วลิสงมาอบที่อุณหภูมิ 105 ºC ชั่งตัวอย่างถั่วลิสงที่บดละเอียดมา 0.10xx กรัม ลงในหลอดย่อย จากนั้นปิเปตกรดไนตริกร้อยละ 65 มา 2 mL และน้ำปราศจากไอออน 2 mL นำไปย่อยบนเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 C จนสารละลายเหลือเล็กน้อย แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ผ่านการย่อยแล้วไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงใน ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ความยาวคลื่นของแคลเซียม สังกะสี และแมกนีเซียม ตามลำดับ

ตาราง 3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

Mineral	λ [nm]	Note
microelemets		
Cu	324.7	
Fe	248.3	addition of potassium nitrate [2 mg/mL]
Mn	279.5	
Zn	213.6	
macroelements		
Ca	422.7	addition of lanthanum [1 mg/mL]
Mg	202.6	

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นตอนการสกัด ในการสกัดผงตัวอย่างที่สกัดด้วยเอทานอล ชั่งผงตัวอย่างถั่วลิสงแต่ละตัวอย่างมา 50 กรัม ใส่ลงในขวดโหลแก้ว เติมเอทานอลปริมาตร 200 mL คนให้เข้ากันนำไป sonicate เป็นเวลา 6 hแล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 93 นำสารสกัดที่เหลือสกัดซ้ำอีก 3 ครั้ง จากนั้นนำสารที่ได้จากการสกัดไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จะได้สารสกัดหยาบ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50-60 C เป็นเวลา 72 h เก็บไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -20 C เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

สำหรับขั้นตอนแยกบริสุทธิ์ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (sub fraction hexane) นำสกัด สารสกัดหยาบของถั่วลิสงในแต่ละตัวอย่างมา 1 กรัม เติมเฮกเซนปริมาตร 10 mL นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2500 rpm เป็นเวลา 90 นาที นำสารละลายส่วนที่ใสมาทำการระเหยตัวทำละลาย จะได้สารสกัดหยาบในชั้นเฮกเซน นำไปอบที่อุณหภูมิ 50-60 C เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้ทั้งหมดในแต่ละตัวอย่างมาปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ครบ 5 mL จะได้สารสกัดในชั้น sub fraction hexane ส่วนขั้นตอนการสกัดตัวอย่างถั่วลิสงในตัวทำละลายเอทานอล (sub fraction

ethanol) โดยนำสารสกัดหยาบ 1 กรัม ที่เหลือจากการสกัดในชั้นเฮกเซนทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง นำมาปรับปริมาตรด้วยเอทานอลให้ครบ 5 mL จะได้สารสกัดในชั้น sub fraction ethanol จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP, DPPH และ ABTS

3.3.4 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3.3.4.1 วิธีการทดสอบหาปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu อ้างอิงตามวิธีของ Singleton et al**.** (1999) มีขั้นตอนดังนี้ ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก สารสกัดจากตัวอย่างถั่วลิสงใส่ลงในหลอดทดลอง 100 μL จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล ปริมาตร 500 μL เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 7.5% w/v ปริมาตร 400 μLเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ทำการทดลอง 4 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายกรดแกลลิก

3.3.4.2 วิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยวิธี Aluminium chloride อ้างอิงตามวิธีของ Chang et al. (2002) มีขั้นตอนดังนี้ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานเควอซิทิน สารสกัดตัวอย่างถั่วลิสงมา 100 μL ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายโซเดียมไนไตร ความเข้มข้น 5% w/v ปริมาตร 500 μL เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 5% w/v ปริมาตร 400 μL เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm ทำการทดลอง 4 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายเควอซิติน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3.4.3 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP **(**ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay) อ้างอิงตามวิธีของ Benzie and Strain (1996) วิธีการนี้อาศัยหลักการของสารต้านอนุมูลอิสระสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)\ (TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)\ (TPTZ)_2]^{2+}$ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ ปิเปตสารละลายมาตรฐาน โทล็อกซ์ สารสกัดจากตัวอย่างถั่วลิสงใส่ในหลอดทดลอง 100 μL เติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 900 μL เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ทำการทดลอง 4 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความสามารถในการรีดิวส์โดยเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานโทล็อกซ์

3.3.4.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Diphenylpicryhydrazyl radical scavenging assay; DPPH) รายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไปครึ่งหนึ่ง (half maximal inhibitory concentration : IC_{50}) เมื่อเทียบกับปริมาณสมมูลของ

สารละลายกรดแอสคอร์บิกและสารละลายมาตรฐานโทลอกซ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโทล็อกซ์หรือสารละลายกรดแอสคอร์บิกหรือสารสกัดตัวอย่างถั่วลิสงมา 100 μL ใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย DPPH$^{\bullet}$ ความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 900 μL ใส่ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ และนำค่าที่ได้ไปหา %inhibition โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกและสารละลายมาตรฐานโทล็อกซ์ คำนวณดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (\% inhibition)} = \frac{A_0 - A_S}{A_0} \times 100$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ (เอทานอล + อนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$)

A_S = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง (สารตัวอย่าง + อนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$)

3.3.4.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical cation decolorization assay) อ้างอิงตามวิธี Long and Halliwell (2001) เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS$^{\bullet+}$,2,2′-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonic acid) radical) เปนสารสังเคราะหที่มีสีเขียว ปนน้ำเงิน ซึ่งจะรายงานผลเป็นค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาไปครึ่งหนึ่ง (half maximal inhibitory concentration: IC_{50}) เมื่อเทียบกับปริมาณสมมูลของสารละลายกรดแอสคอร์บิกและสารละลายมาตรฐานโทล็อกซ์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโทล็อกซ์ สารละลายกรดแอสคอร์บิก และสารสกัดตัวอย่างถั่วลิสงมา 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลองเติมสารละลาย ABTS$^{\bullet+}$ ปริมาตร 900 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 6 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ และนำค่าที่ได้ไปหา %inhibition โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกและสารละลายมาตรฐานโทล็อกซ์ คำนวณดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (\% inhibition)} = \frac{A_0 - A_S}{A_0} \times 100$$

เมื่อ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์ (เอทานอล + อนุมูลอิสระ ABTS$^{\bullet+}$)

A_S = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง (สารตัวอย่าง + อนุมูลอิสระ ABTS$^{\bullet+}$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT PHRANAKHON SI AYUTTHAYA UNIVERSITY

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

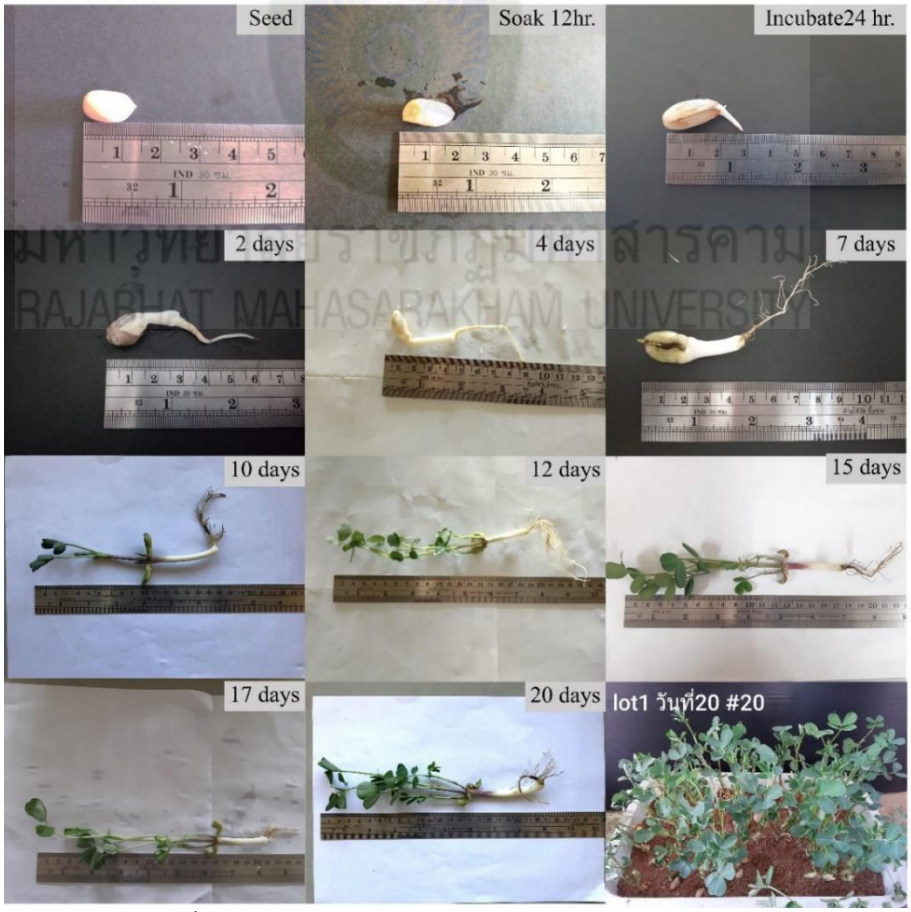
ในการทดลองได้มีการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และได้ทดสอบค่าความแตกต่างของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากต้นงอกถั่วชนิดต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างวัน 0-168 h โดยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนโดยวิธี ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95รวมถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดย Duncan multiple rang test (DMRT) โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 เพาะตัวอย่างถั่วลิสงงอก

ได้ทำการเพาะต้นถั่วลิสงงอกสายพันธุ์ขอนแก่น 6 ช่วงระยะเวลาเพาะโดยเริ่มต้นจากนำเมล็ด (seed) มาล้างให้สะอาด แช่ทิ้งไว้ในน้ำสะอาด 12 ชั่วโมง (soak 12 hr.) ใช้เวลาในการบ่มโดยมีผ้าขาวบางเปียกคลุมไว้ในที่มืดใช้เวลา 24 ชั่วโมง (incubate 24 hr.) และนำมาเพาะในถาดพลาสติกบรรจุด้วยกากมะพร้าวพรมน้ำพอชุ่ม ไม่เปียกหรือแห้งจนเกินไปเพราะอาจจะเกิดเชื้อราขึ้นได้ ทำการเพาะเป็นเวลา 2 วัน (2 days) 4 วัน (4 days) 7 วัน (7 days) 10 วัน (10 days) 15 วัน (15 days) 17 วัน (17 days) และ 20 วัน (20 days) ตามลำดับ ลักษณะต้นงอกของถั่วลิสงงอกสายพันธุ์ขอนแก่น 6 ดังแสดงในภาพ 4.1



ภาพ 4.1 ลักษณะของต้นถั่วลิสงงอกช่วงระยะเวลา เมล็ด (seed) แช่ (soak) บ่ม (incubate) และเพาะ 2-20 วัน

จากรูปจะเห็นได้ว่าต้นถั่วลิสงงอกที่ระยะเวลาการเพาะต่างกัน ได้มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพชัดเจน สำหรับการงอกของต้นถั่วลิสงนั้นจะมีการงอกที่ซูใบเลี้ยงขึ้นมาเหนือกากมะพร้าว หรือเรียกว่า Epigeal germination รากอ่อนจะงอกโผล่พ้นเมล็ดออกทางรูไมโครไพล เจริญสู่พื้นดิน จากนั้น ไฮโปคอติล จะงอกและเจริญยืดยาวตามอย่างรวดเร็ว และดึงส่วนของใบเลี้ยงกับเอพิคอทิลขึ้นมาเหนือกากมะพร้าว เช่นการงอกของพืชใบเลี้ยงคู่ (https://ngthai.com/science-/15713/plantgermination/) จากนั้นนำต้นงอกของถั่วลิสงมาล้างทำความสะอาด สำหรับระยะเวลาการเพาะเริ่มมีราก จะตัดส่วนของรากทิ้ง และนำเฉพาะส่วนเหนือรากมาอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก โดยน้ำหนักตัวอย่างก่อนและหลังเพาะดังแสดงใน ตาราง 4.1 เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ต้นงอกถั่วลิสงได้มีความเจริญเติบโต เจริญในรูปของรากใบ ปริมาณความชื้นได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและเริ่มคงที่เมื่อระยะการเพาะมากกว่า 12 วัน ตรงกันข้ามกับน้ำหนักแห้งเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นน้ำหนักได้ลดทั้งนี้เป็นผลของการเปลี่ยนแปลงทางลักษณะทางกายภาพของต้นงอก โดยองค์ประกอบที่เพิ่มขึ้นมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก โดยสังเกตจากร้อยละของความชื้นในตัวอย่างถั่วลิสงงอก

ตาราง 4.1 น้ำหนักของตัวอย่างต้นงอกถั่วลิสง ก่อนเพาะ หลังเพาะ น้ำหนักแห้ง และร้อยละของความชื้น (%) ในช่วงระยะเวลาของต้นงอก 0-20 วัน ของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

	น้ำหนัก (กรัม)				
GT	ก่อนเพาะ	หลังเพาะ (ก่อนตัดราก)	หลังเพาะ (หลังตัดราก)	น้ำหนักแห้ง	ความชื้น (%)
Seed	200±1	201±1	201±1	187±1	7±1
Soak 12 hr.	200±1	313±11	313±11	182±4	40±3
Incubate 48 hr.	200±1	232±36	232±36	129±15	44±2
2 day	200±1	299±58	299±58	128±18	59±3
4 day	200±1	229±35	229±35	108±16	78±4
7 day	200±1	654±9	587±5	106±2	81±1
10 day	200±1	651±107	582±112	117±10	81±2
12 day	200±1	661±242	616±235	97±4	84±5
15 day	200±1	739±46	692±11	94±2.4	84±5
17 day	200±1	746±201	707±190	83±12	87±2
20 day	200±1	974±243	901±211	101±17	87±2

GT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสง

น้ำหนักหลังผ่านการเพาะที่ 20 วันสูงสุด และลดลงตามระยะเวลาของการเพาะ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นเมล็ด แช่ 12 ชั่วโมง บ่ม 48 ชั่วโมง และเพาะเป็นเวลา 2 วัน ณ ช่วงเวลาดังกล่าวเมล็ดถั่วลิสงมี

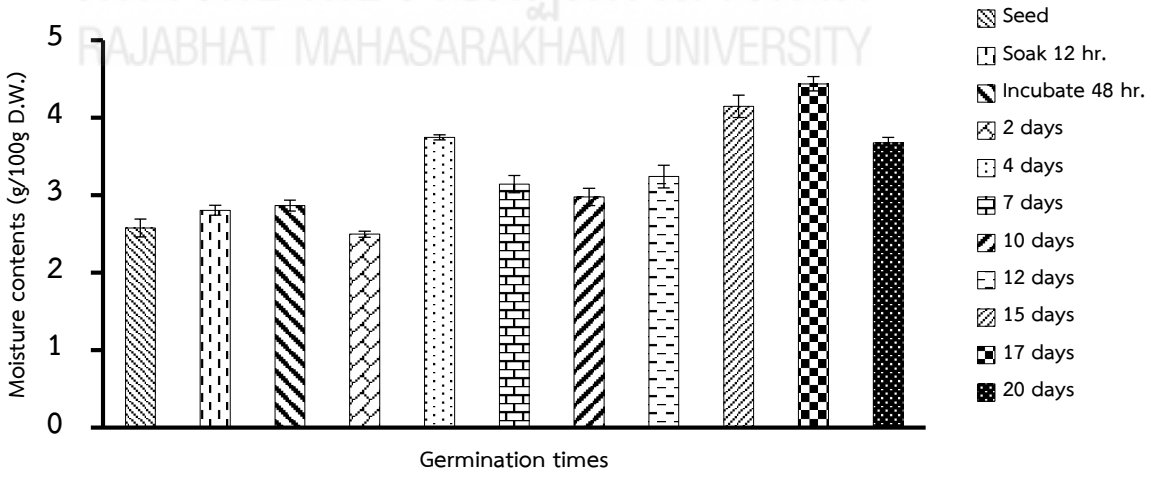
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลักษณะเป็นเหมือนต้นงอกขนาดเล็กมีรากอ่อนแทงออกมาเป็นขาวเหลืองอ่อนๆ จึงไม่มีการตัดรากทิ้ง จนกระทั่งวันที่ 4 หลังการเพาะสังเกตเห็นรากเพิ่มมากขึ้นและเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกเฉพาะส่วนที่จะใช้ในการบริโภคคือส่วนใบและลำต้นอ่อน นำตัวอย่างไปอบให้แห้ง บดให้ละเอียด เตรียมตัวอย่างให้พร้อมสำหรับการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ (proximate analysis) ปริมาณแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรอง ตลอดจนวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบกลุ่มโพลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

หลังจากได้ตัวอย่างถั่วลิสงงอกแห้งนำมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ อ้างอิงตามวิธีการของ AOAC (1999) ประกอบไปด้วย ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้น และคาร์โบไฮเดรต ผลของระยะเวลาในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงเริ่มต้นตั้งแต่ เมล็ด แช่ 12 ชั่วโมง บ่ม 48 ชั่วโมง เพาะ 2 วัน, 4 วัน, 7 วัน, 10 วัน, 12 วัน, 15 วัน, 17 วัน และ 20 วัน พบว่าปริมาณความชื้นของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.2 และตาราง 4.2 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 17 วัน มีปริมาณความชื้นสูงสุดเท่ากับ 4.43% รองลงมาเป็นวันที่ 15, 4, 20, 12, 7, 10, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง เมล็ด และปริมาณความชื้นในเมล็ดต่ำสุดพบในการเพาะ 2 วัน เท่ากับ 2.49%

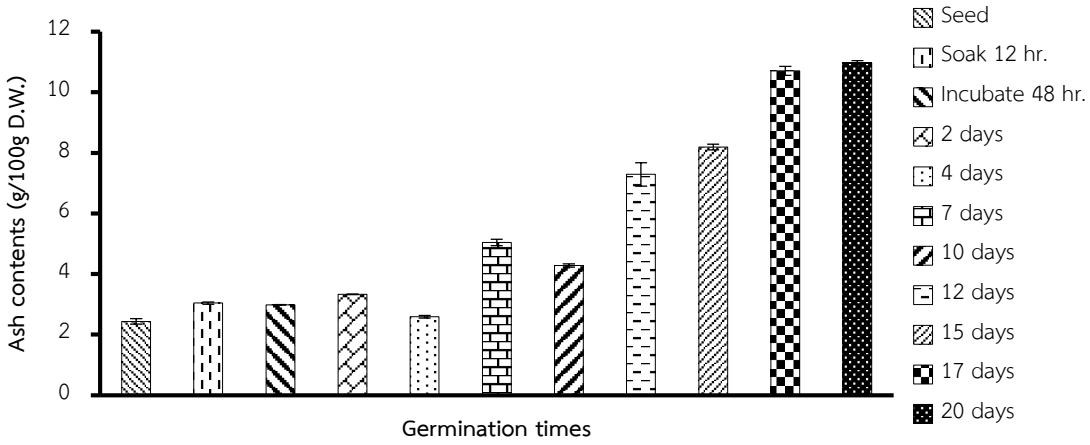
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.2 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณความชื้นในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณเถ้าของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.3 และตาราง 4.2 ในเมล็ดมีปริมาณเถ้าต่ำสุดเท่ากับ 2.43% สูงขึ้นมาเป็นวันที่ 4, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่

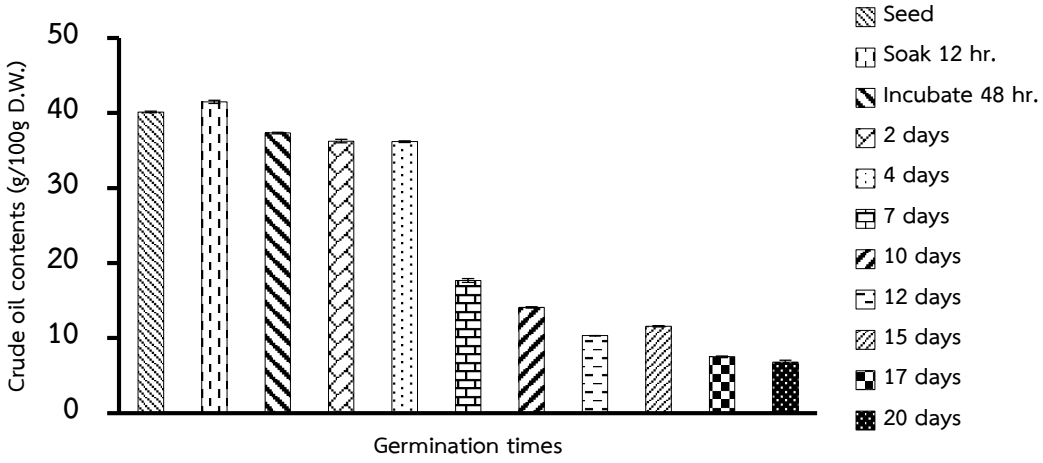
12 ชั่วโมง, เพาะ 2 วัน, 10 วัน, 7 วัน, 12 วัน, 15 วัน, 17 และปริมาณเถ้าในเมล็ดสูงสุดพบในการเพาะ 20 วัน เท่ากับ 10.97%



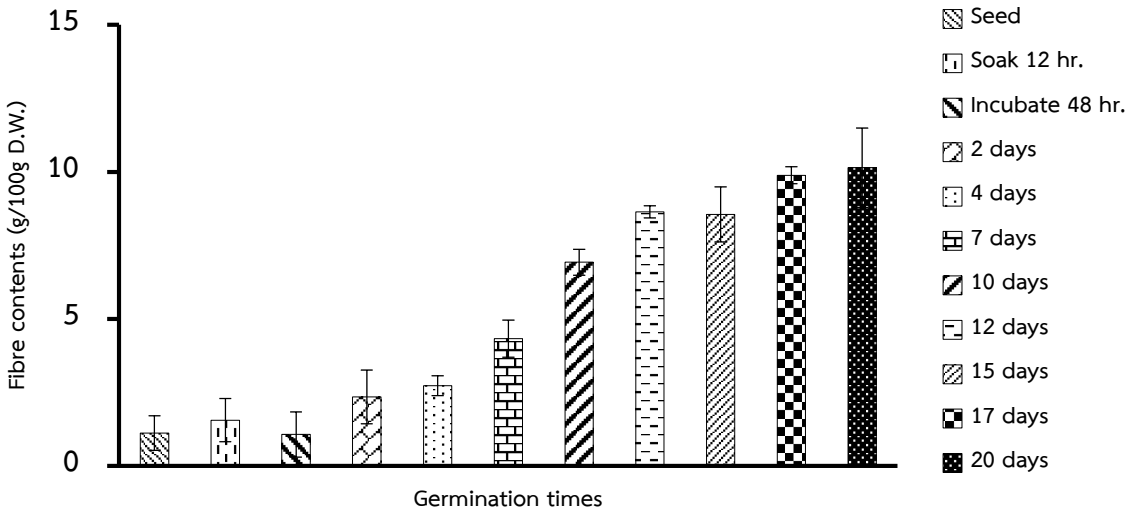
ภาพ 4.3 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณเถ้าในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณไขมันของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.4 และตาราง 4.2 พบว่าในการเพาะต้นงอก 20 วันมีปริมาณไขมันต่ำสุดเท่ากับ 6.80% สูงขึ้นมาเป็นวันที่ 17วัน, 12 วัน, 15 วัน, 10 วัน, 7 วัน, 4 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, เมล็ด และปริมาณไขมันในเมล็ดสูงสุดพบในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมงเท่ากับ 41.48%

ปริมาณเส้นใยของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.5 และตาราง 4.2 พบว่าในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมง มีปริมาณเส้นใยต่ำสุดเท่ากับ 1.07% สูงขึ้นมาเป็น เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, 2 วัน, 4 วัน, 7 วัน, 10 วัน, 15 วัน, 17 วัน และปริมาณเส้นใยที่พบสูงสุดในการเพาะต้นงอก 20 วัน เท่ากับ 10.14%



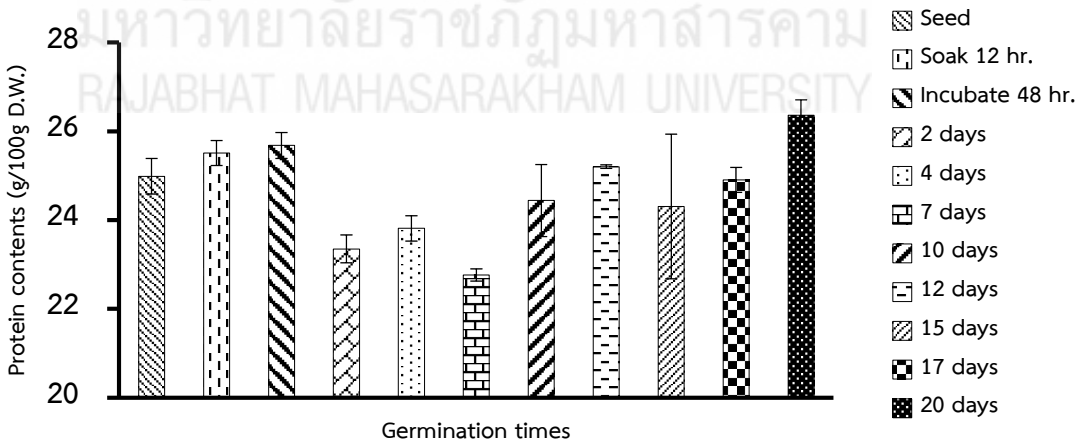
ภาพ 4.4 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณไขมันในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6



ภาพ 4.5 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณเส้นใยในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณโปรตีนของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.6 และตาราง 4.2 พบว่าในการเพาะต้นงอก 7 วัน มีปริมาณโปรตีนต่ำสุดเท่ากับ 22.76% สูงขึ้นมา 2 วัน, 4 วัน, 15 วัน, 10 วัน, 17 วัน, เมล็ด, 12 วัน, แช่ 12 ชั่วโมง และปริมาณโปรตีนที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 20 วัน เท่ากับ 26.35%

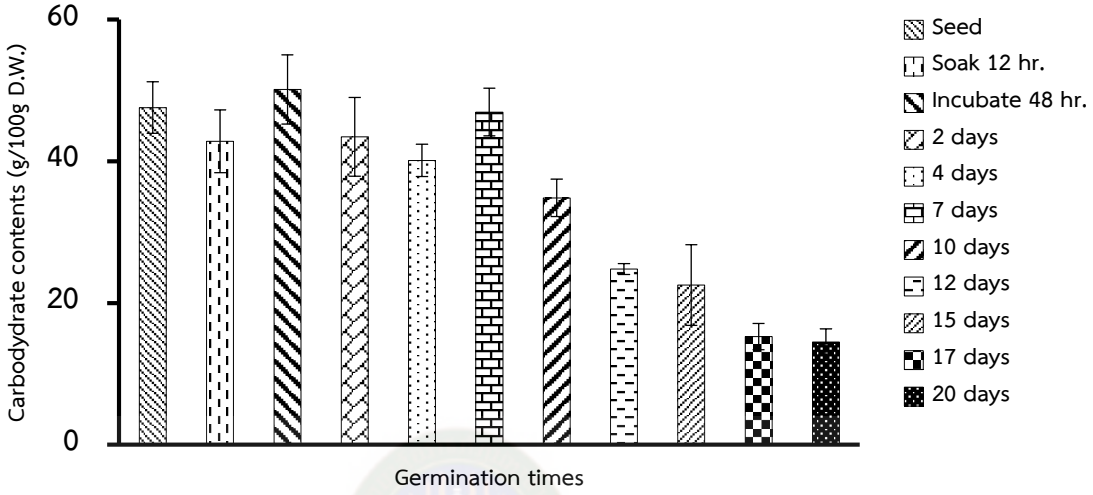
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.6 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโปรตีนในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.7 และตาราง 4.2 พบว่าในการเพาะต้นงอก 20 วัน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดเท่ากับ

14.15% สูงขึ้นมา 17 วัน, 15 วัน, 12 วัน, 10 วัน, 4 วัน, แช่ 12 ชั่วโมง, 2 วัน, 7 วัน, เมล็ด และปริมาณเส้นใยที่พบสูงสุด ในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมง เท่ากับ 50.14%



ภาพ 4.7 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ตาราง 4.2 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ ขอนแก่น 6

GT	% ความชื้น	% เถ้า	% ไขมัน
Seed	2.57±0.11^{a}	2.43±0.08^{a}	40.13±0.09^{j}
Soak 24 hr.	2.80±0.06^{b}	3.03±0.03^{b}	41.48±0.09^{i}
Incubate 48hr	2.86±0.07^{b}	2.98±0.00^{b}	37.33±0.01^{h}
2 days	2.49±0.04^{a}	3.32±0.01^{c}	36.24±0.03^{g}
4 days	3.74±0.03^{e}	2.58±0.04^{a}	36.17±0.00^{g}
7 days	3.14±0.11^{cd}	5.04±0.00^{e}	17.69±0.05^{f}
10 days	2.97±0.11^{bc}	4.28±0.05^{d}	14.10±0.09^{e}
12 days	3.24±0.14^{d}	7.28±0.08^{f}	10.32±0.02^{c}
15 days	4.14±0.14^{f}	8.19±0.09^{g}	11.57±0.00^{d}
17 days	4.43±0.09^{g}	10.7±0.04^{h}	7.520±0.00^{b}
20 days	3.67±0.07^{e}	10.9±0.07^{i}	6.808±0.02^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 4.2 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ ขอนแก่น 6 (ต่อ)

GT	%เยื่อใย	% โปรตีน	%คาร์โบไฮเดรต
Seed	1.12±0.58 ^{a}	24.98±0.4^{def}	47.57±3.63^{fg}
Soak 24 hr.	1.56±0.73 ^{a}	25.51±0.28^{efg}	42.82±4.42^{ef}
Incubate 48hr	1.07±0.76^{ab}	25.67±0.29^{fg}	50.14±4.88 ^{g}
2 days	2.35±0.91^{ab}	23.34±0.31^{ab}	43.44±5.55^{efg}
4 days	2.73±0.34^{b}	23.81±0.28^{abc}	40.12±2.27^{de}
7 days	4.33±0.63^{c}	22.76±0.13 ^{a}	46.93±3.36^{efg}
10 days	6.93±0.44 ^{d}	24.44±0.08^{bcde}	34.84±2.62^{d}
12 days	8.64±0.21 ^{e}	25.20±0.04^{def}	24.80±0.76^{c}
15 days	8.55±0.93 ^{e}	24.30±1.16^{bcd}	22.53±5.67^{bc}
17 days	9.88±0.28 ^{f}	24.90±0.28^{cdef}	15.26±1.84^{a}
20 days	10.1±1.34 ^{f}	26.35±0.35^{g}	14.51±1.84^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากตาราง 4.2 จะเห็นได้ว่าทุกพารามิเตอร์ของคุณค่าทางโภชนาการ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะในแต่ละกลุ่ม นอกจากนี้เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติ พบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเพาะ มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการได้แสดงในตาราง ดังนี้ ปริมาณเถ้าและเส้นใยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาโดยมีค่า r เท่ากับ 0.921 และ 0.954 สำหรับปริมาณไขมันกับคาร์โบไฮเดรตมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลาในการเพาะต้นงอก โดยมีค่า r เท่ากับ -0.947 และ -0.879

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครสวรรค์
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

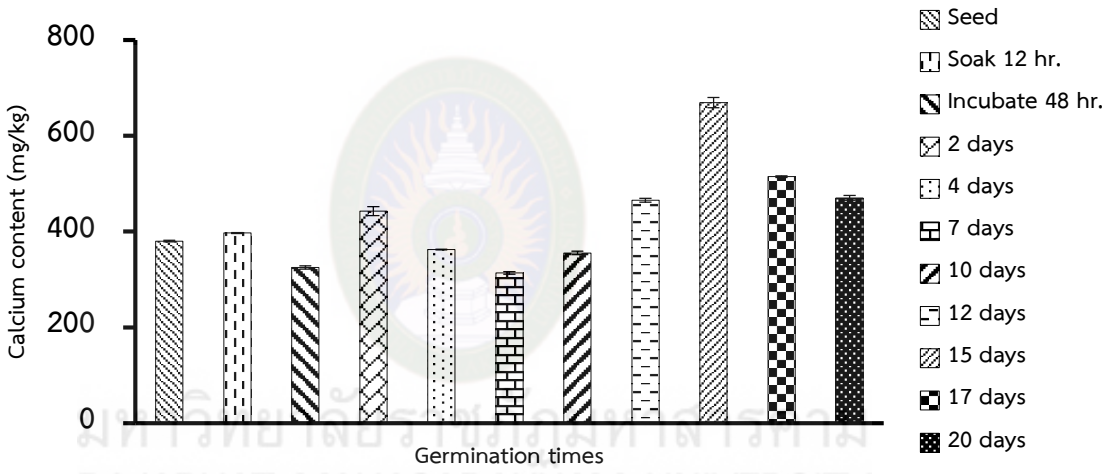
ตาราง 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะงอกกับคุณค่าทางโภชนาการของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

	GT	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	เส้นใย	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต
ความชื้น	0.776**	1	-	-	-	-	-
เถ้า	0.921**	0.750**	-	-	-	-	-
ไขมัน	-0.947**	-0.659**	-0.881**	1	-	-	-
เส้นใย	0.954**	0.709**	0.916**	-0.953**	1	-	-
โปรตีน	0.118	0.059	0.295	-0.086	-0.209	1	-
คาร์โบไฮเดรต	-0.879**	-0.754**	-0.899**	0.813**	-0.944**	-0.317	1

GT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสง * มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$

4.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรองในต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

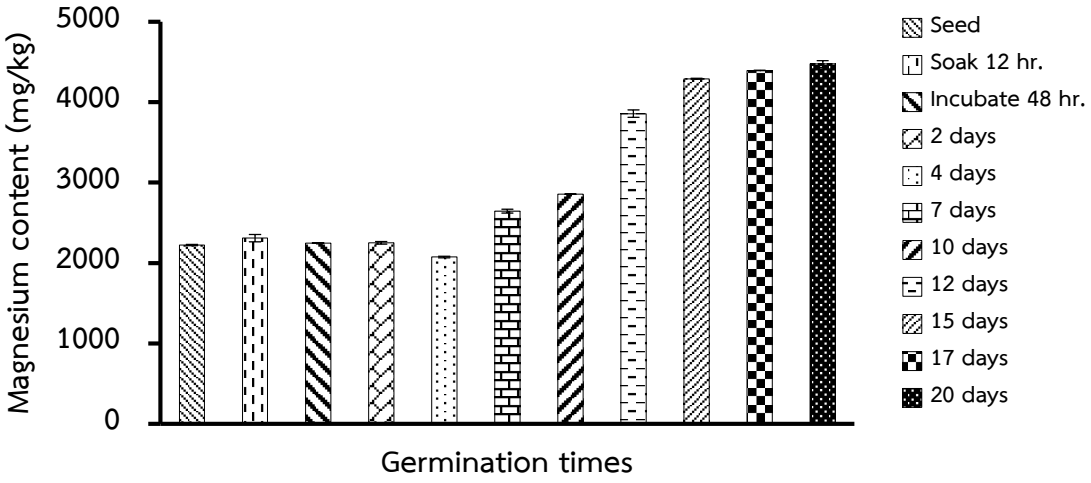
การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุหลักและรอง ประกอบไปด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม แมกกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสี ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอบชันสเปคโตรมิเตอร์ (AAS) จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณแคลเซียมที่สะสมอยู่ในของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยและเริ่มลดลงหลังจากวันที่ 15 ของการเพาะ ดังแสดงในภาพ 4.8 และตาราง 4.4 พบว่าในเมล็ดเพาะ 7 วัน มีปริมาณแคลเซียมต่ำสุดเท่ากับ 313.81 mg/Kg D.W. สูงขึ้นมาเป็นเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมง, 10 วัน, 4 วัน, เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, 2 วัน, 12 วัน, 20 วัน, 17 วัน และปริมาณแคลเซียมที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 15 วัน เท่ากับ 699.32 mg/Kg D.W.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพ 4.8 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณแคลเซียมในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

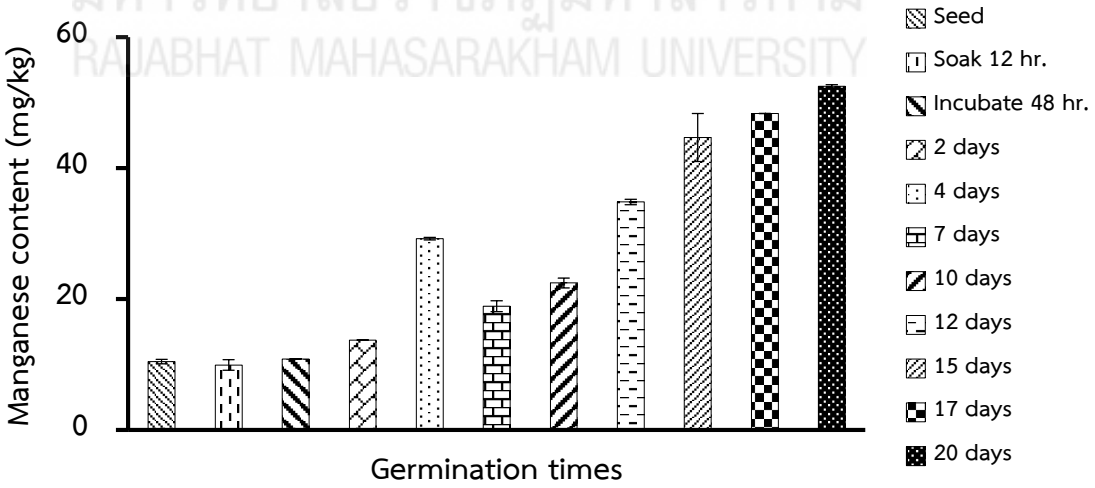
ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมอยู่ในของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.9 และตาราง 4.4 พบว่าในเมล็ดเพาะ 4 วัน มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำสุดเท่ากับ 2074.11 mg/Kg D.W. สูงขึ้นมาเป็นเมล็ด, 10 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, 2 วัน, เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, 7 วัน 10 วัน, 12 วัน, 15 วัน, 17 วัน และปริมาณแมกนีเซียมที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 20 วัน เท่ากับ 4476.72 mg/Kg D.W.



ภาพ 4.9 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณแมกนีเซียมในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณแมงกานีสที่สะสมอยู่ในของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.10 และตาราง 4.4 พบว่าในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมง มีปริมาณแมงกานีสต่ำสุดเท่ากับ 9.92 mg/Kg D.W. สูงขึ้นมาเป็นเมล็ด, 10 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, 2 วัน, เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, 7 วัน, 10 วัน, 4 วัน, 12 วัน, 15 วัน, 17 วัน และปริมาณแมงกานีสที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 20 วัน เท่ากับ 52.48 mg/Kg D.W.

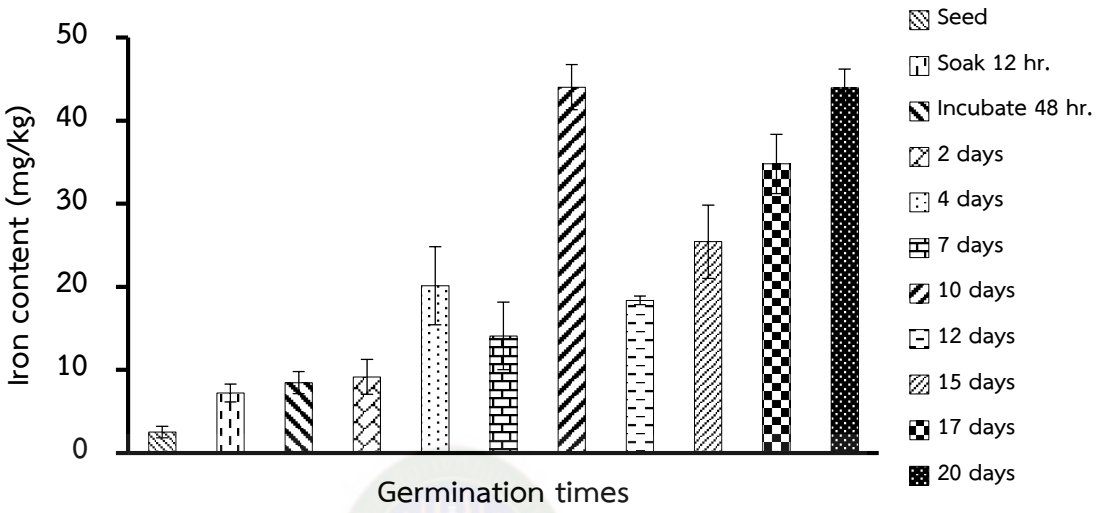
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.10 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณแมงกานีสในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณเหล็กที่สะสมอยู่ในของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.11 และตาราง 4.4 พบว่าในเมล็ดมีปริมาณเหล็กต่ำสุดเท่ากับ 2.5 mg/Kg D.W. สูง

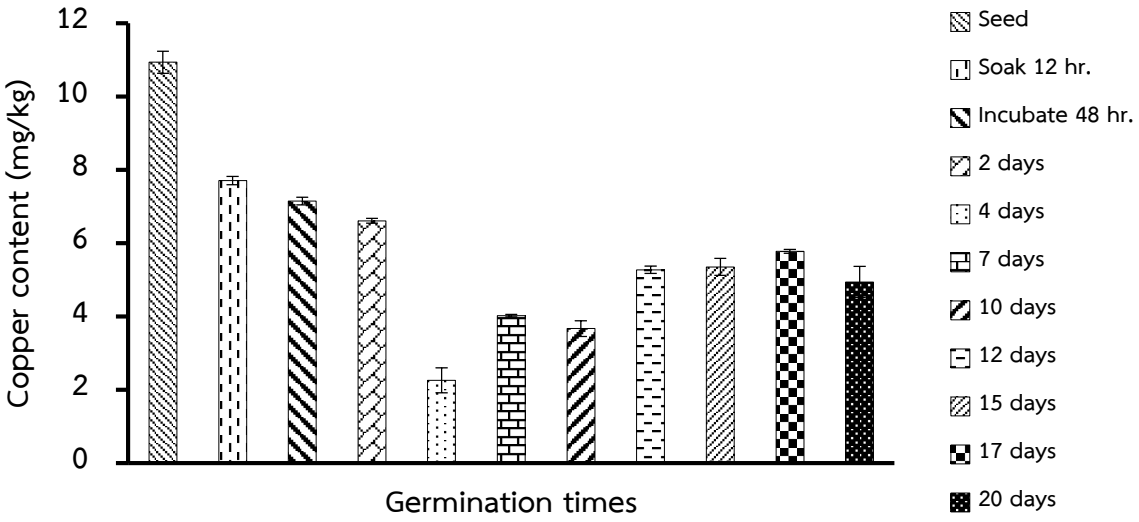
ขึ้นมาเป็นแช่ 12 ชั่วโมง, บ่ม 48 ชั่วโมง, 10 วัน, 2 วัน, 7 วัน, 12 วัน, 4 วัน, 15 วัน, 17 วัน, 20 วัน และปริมาณเหล็กที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 10 วัน เท่ากับ 44.02 mg/Kg D.W.



ภาพ 4.11 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณเหล็กในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

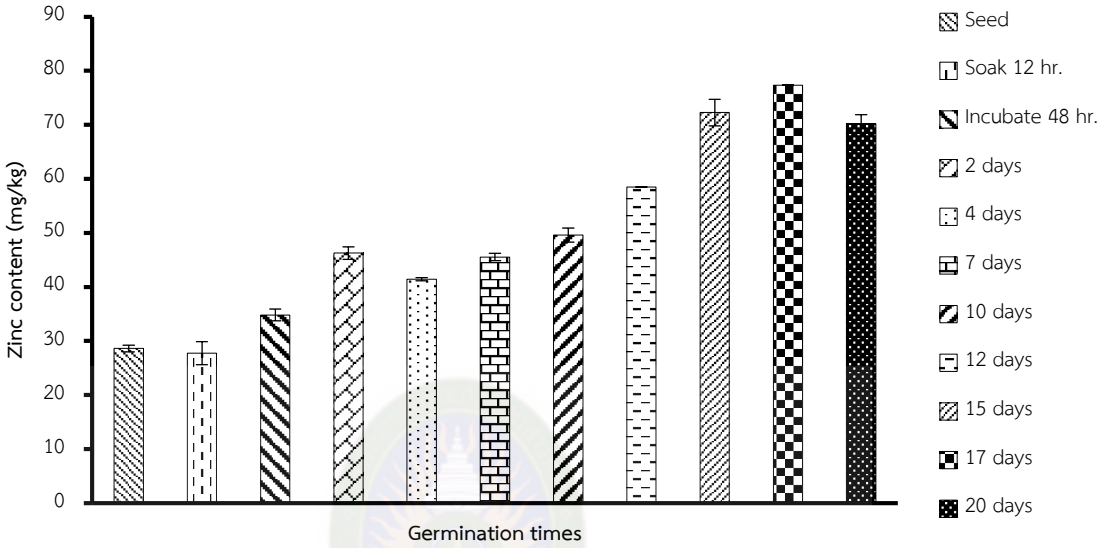
ปริมาณทองแดงที่สะสมอยู่ในของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.12 และตาราง 4.4 พบว่าในเมล็ดเพาะ 4 วัน มีปริมาณทองแดงต่ำสุดเท่ากับ 2.25 mg/Kg D.W. สูงขึ้นมาเป็น 10 วัน, 7 วัน, 20 วัน, 12 วัน, 15 วัน, 17 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง และปริมาณทองแดงที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 10 วัน เท่ากับ 10.93 mg/Kg D.W.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.12 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณทองแดงในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ปริมาณสังกะสีที่สะสมอยู่ในของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.13 และตาราง 4.4 พบว่าในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมงมีปริมาณสังกะสีต่ำสุดเท่ากับ 27.44 mg/Kg D.W. สูงขึ้นมาเป็นเมล็ด, บ่ม 48 ชั่วโมง, 4 วัน, 7 วัน, 2 วัน, 10 วัน, 12 วัน, 20 วัน, 15 วัน และปริมาณสังกะสีที่พบสูงสุด ในการเพาะต้นงอก 17 วัน เท่ากับ 77.35 mg/Kg D.W.



ภาพ 4.13 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณสังกะสีในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ตาราง 4.4 ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6

GT	แร่ธาตุ (mg/Kg D.W.)		
	Ca	Mg	Cu
Seed	380.13±1.84^{d}	2223.21±8.95^{b}	10.93±0.29^{i}
Soak 12 hr.	397.21±1.04^{e}	2310.09±45.35^{c}	7.70±0.11^{h}
Incubate 48 hr.	325.24±3.42^{b}	2247.93±1.76^{b}	7.14±0.10^{g}
2 day	442.75±9.66^{f}	2250.16±16.54^{b}	6.60±0.06^{f}
4 day	362.42±0.60^{c}	2074.11±10.16^{e}	2.25±0.34^{a}
7 day	313.81±2.57^{a}	2646.06±23.60^{d}	4.02±0.03^{b}
10 day	355.50±3.52^{c}	2856.29±1.26^{e}	3.67±0.21^{b}
12 day	465.61±4.18^{g}	3858.10±46.45^{f}	5.27±0.10^{cd}
15 day	669.32±10.56^{i}	4291.46±6.34^{g}	5.35±0.23^{d}
17 day	514.68±1.74^{h}	4394.11±2.10^{h}	5.77±0.05^{e}
20 day	470.48±4.74^{g}	4476.72±42.22^{i}	4.94±0.42^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 4.4 ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6 (ต่อ)

GT	แร่ธาตุ (mg/Kg D.W.)		
	Mn	Fe	Zn
Seed	10.43±0.35^{a}	2.50±0.68^{a}	28.60±0.60^{a}
Soak 12 hr.	9.92±0.79^{a}	7.21±1.07^{ab}	27.74±2.11^{a}
Incubate 48 hr.	10.85±0.03^{a}	8.46±1.33^{b}	34.79±1.09^{b}
2 day	13.74±0.01^{b}	9.15±2.09^{b}	46.25±1.13^{d}
4 day	29.21±0.18^{e}	20.12±4.71^{d}	41.42±0.27^{c}
7 day	18.87±0.83^{c}	14.09±4.07^{c}	45.53±0.69^{d}
10 day	22.45±0.75^{d}	44.02±2.72^{g}	49.59±1.29^{e}
12 day	34.81±0.41^{f}	18.36±0.52^{cd}	58.49±0.06^{f}
15 day	44.66±3.67^{g}	25.43±4.40^{e}	72.28±2.46^{g}
17 day	48.33±0.006^{h}	34.79±3.55^{f}	77.35±0.02^{h}
20 day	52.48±0.22^{i}	43.95±2.27^{g}	70.17±1.71^{g}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตาราง 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

	GT	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Ca	0.584**	1	-	-	-	-	-
Mg	0.910**	0.754**	1	-	-	-	-
Mn	0.939**	0.687**	0.917**	1	-	-	-
Fe	0.833**	0.313	0.675**	0.742**	1	-	-
Cu	-0.574**	-0.003	-0.220	-0.451**	-0.579**	1	-
Zn	0.955**	0.740**	0.931**	0.934**	0.726**	-0.419*	1

* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$

** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$

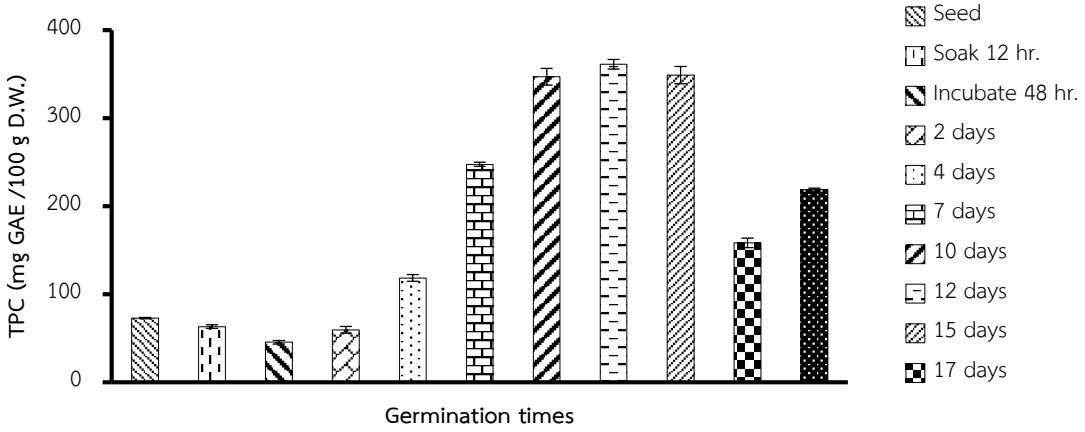
จากตาราง 4.4 จะเห็นได้ว่าปริมาณแร่ธาตุของแต่ละช่วงระยะเวลาในการเพาะ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) นอกจากนี้เมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าระหว่างระยะเวลาในการเพาะ มีผลต่อปริมาณ แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก และสังกะสี ได้แสดงใน

ตาราง 4.5 ดังนี้ ปริมาณแมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก และสังกะสี มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาโดยมีค่า r เท่ากับ 0.910, 0.939, 0.833 และ 0.955 ตามลำดับ

4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 ด้วยเอทานอล

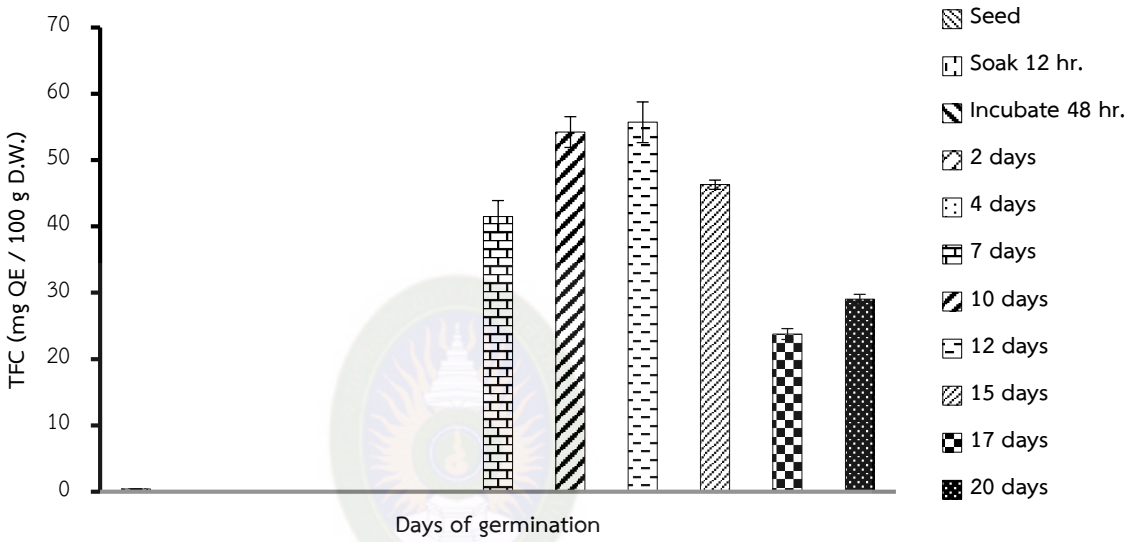
การศึกษาผลของระยะเวลาต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยการนำตัวอย่างถั่วลิสงงอกมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วปานกลาง สามารถสกัดสารที่มีความเป็นขั้วมากและขั้วน้อย อีกทั้งเป็นตัวทำละลายที่ปลอดภัย นิยมใช้ในการสกัดสารพืชหรือสมุนไพร จากนั้นนำสารสกัดมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิค และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี FRAP, DPPH และ ABTS ทั้งสามวิธีเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีที่ง่าย โดยอาศัยคุณสมบัติในการเป็นตัวรับหรือให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระครบคู่ ซึ่งค่าการดูดกลืนของแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และนำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรล็อคหรือวิตามินซี จากการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.14 และตาราง 4.7 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 12 วันมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลสูงสุดเท่ากับ 361.23 mg GAE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 15 วัน 10 วัน, 7 วัน, 20 วัน, 17 วัน, 4 วัน, เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, 2 วัน และปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมงเท่ากับ 45.45 mg GAE/100 g D.W.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.14 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

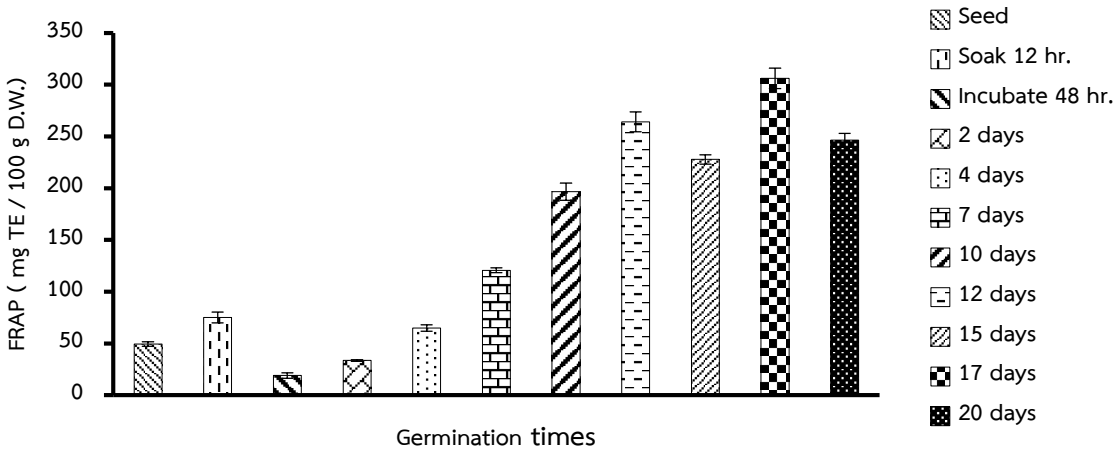
ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.15 และตาราง 4.7 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 12 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 55.71 mg QE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 10 วัน, 15 วัน, 7 วัน, 20 วัน, 17 วัน, เมล็ด, 4, เมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในต้นถั่วลิสงงอก 2 วัน มีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 0.007 mg QE/100 g D.W.



ภาพ 4.15 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

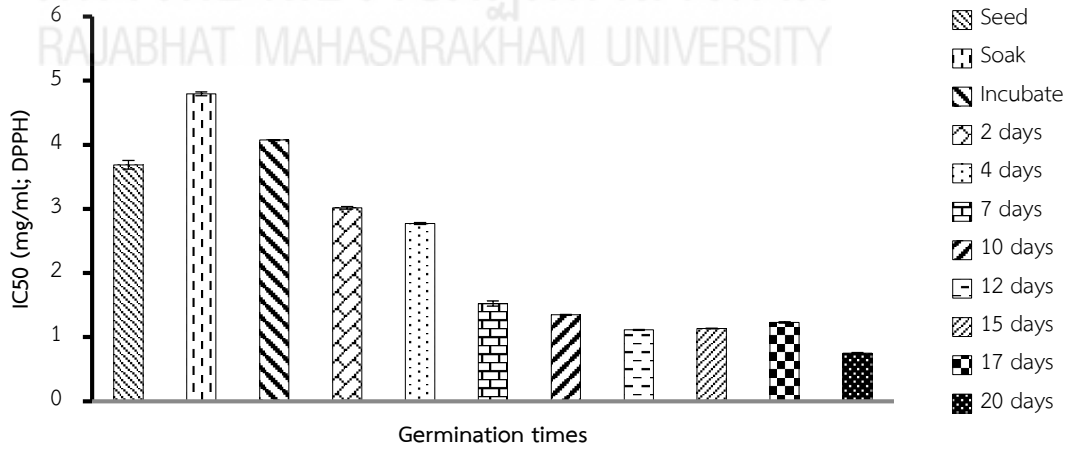
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของต้นงอกถั่วลิสง เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.16 และตาราง 4.7 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 17 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 306.08 mg TE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 12 วัน, 20 วัน, 15 วัน, 10 วัน, 7 วัน, แช่ 12 ชั่วโมง, 4 วัน, 2 วัน, เมล็ด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมง มีฤทธิ์ต่ำสุดเท่ากับ 18.98 mg TE/100 g D.W.



ภาพ 4.16 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAPในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

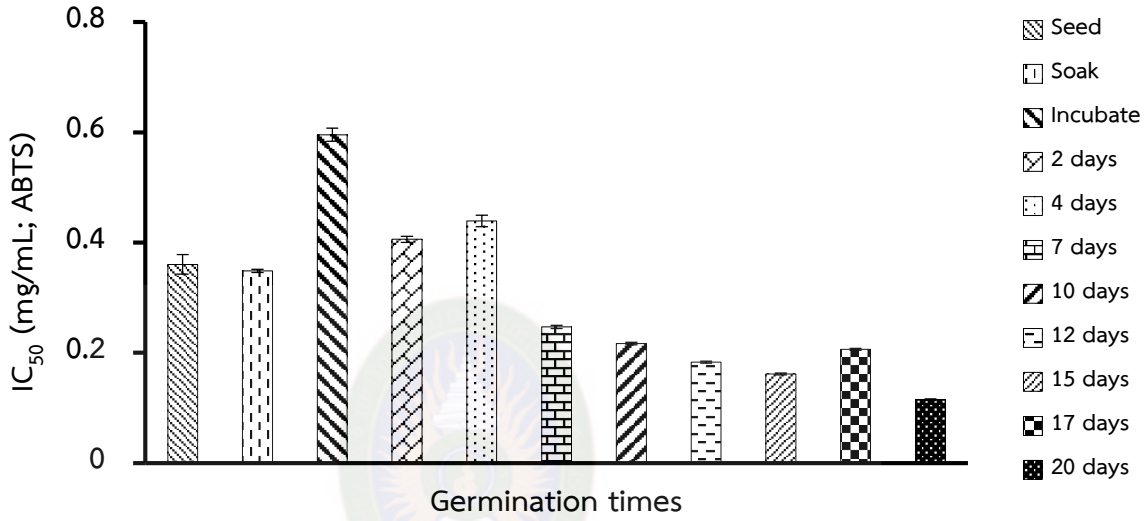
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.17 และตาราง 4.7 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 20 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.75 mg/mL รองลงมาเป็นวันที่ 12 วัน, 15 วัน, 17 วัน, 10 วัน, 7 วัน, 4 วัน, 2 วัน, เมล็ด, บ่ม 48 ชั่วโมง และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำสุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.80 mg/mL

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.17 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.18 และตาราง 4.6 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 20 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.11 mg/mL รองลงมาเป็นวันที่ 15 วัน, 12 วัน, 17 วัน, 10 วัน, 7 วัน, เมล็ดแช่ 12 ชั่วโมง, เมล็ด, 2 วัน, 4 วัน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำสุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.59 mg/mL



ภาพ 4.18 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

จากตาราง 4.6 จะเห็นได้ว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแต่ละช่วงระยะเวลาในการเพาะ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) นอกจากนี้เมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าระหว่างระยะเวลาในการเพาะมีผลต่อสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP, ABTS และ DPPH ดังในตาราง 4.7 ดังนี้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาโดยมีค่า r เท่ากับ 0.900 สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลา โดยมีค่า r เท่ากับ -0.920 หมายถึงเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ได้ทำให้ค่า IC_{50} ลดลง แสดงความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการยับยั้งอนุมูลอิสระลดลง เท่ากับมีฤทธิ์ในต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดมีกับปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.975

ตาราง 4.6 ปริมาณโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของถั่วลิสงงอก ระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6

	TPC	TFC	FRAP	DPPH	ABTS
Seed	72.87 ±0.65^{C}	0.39 ±0.04^{a}	49.39±2.26^{c}	3.69± 0.07^{h}	0.36±0.02^{e}
Soak 12 hr.	63.12 ±2.02^{b}	0.004 ±0.0001^{a}	75.07±5.26^{e}	4.80±0.03^{j}	0.35±0.01^{e}
Incubate 48 hr.	45.45±2.05^{a}	0.003±0.0002^{a}	18.98±2.59^{a}	4.07±0.01^{i}	0.59±0.01^{h}
2 days	59.59±3.86^{b}	0.007±0.0003^{a}	33.48±0.76^{b}	3.02±0.02^{g}	0.41±0.01^{f}
4 days	118.44±3.81^{d}	0.011±0.0005^{a}	64.87±3.057^{d}	2.77±0.02^{f}	0.44±0.01^{g}
7 days	247.66±2.20^{g}	41.50±2.42^{d}	120.61±2.25^{f}	1.52±0.04^{e}	0.25±0.01^{d}
10 days	347.25±9.39^{h}	54.23± 2.31^{f}	196.56±8.46^{g}	1.35±0.01^{d}	0.22±0.01^{c}
12 days	361.23 ±.51^{i}	55.71±3.07^{f}	263.95±9.64^{j}	1.11±0.01^{b}	0.18±0.01^{b}
15 days	348.88±9.79^{h}	46.30±0.69^{e}	227.68±4.58^{h}	1.13±0.004^{b}	0.16±0.01^{b}
17 days	158.32±5.38^{e}	23.77±0.81^{b}	306.08±9.91^{k}	1.23±0.01^{c}	0.21±0.02^{c}
20 days	218.61±2.07^{f}	29.02±0.74^{C}	246.48±29^{j}	0.75±0.01^{a}	0.11±0.01^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณโพลิฟีนอล และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

	GT	TPC	TFC	FRAP	DPPH	ABTS
TPC	0.686**	1	-	-	-	-
TFC	0.691**	0.975**	1	-	-	-
FRAP	0.900**	0.735**	0.759**	1	-	-
DPPH	-0.920**	-0.824**	-0.830**	-0.842**	1	-
ABTS	-0.782**	-0.771**	-0.778**	-0.866**	0.821**	1

GT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสง

* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$

** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$

4.5 ผลการแยกบริสุทธิ์สารสกัดของต้นงอกถั่วลิสง และการวิเคราะห์ปริมาณโพลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชั้นเฮกเซน (sub fraction hexane) และชั้นเอทานอล (sub fraction ethanol)

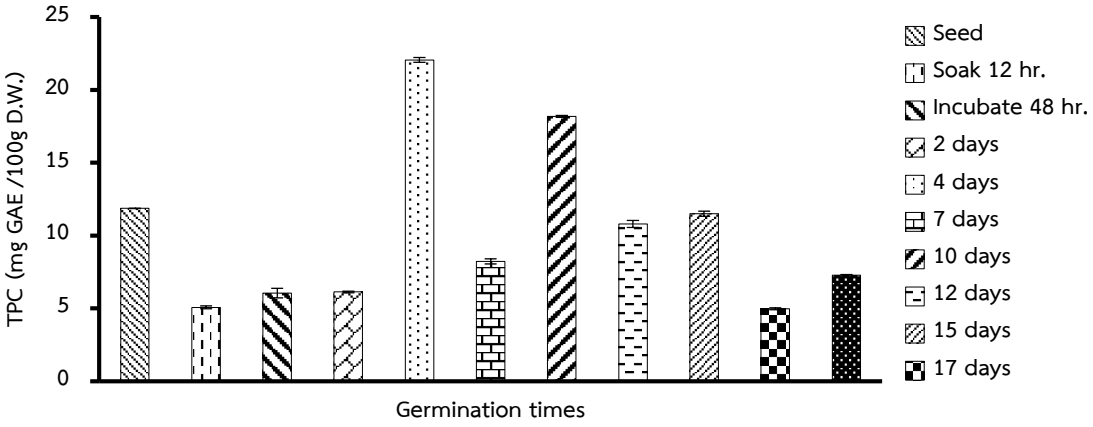
จากผลการทดลองการสกัดตัวอย่างถั่วลิสงงอกด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่าสารสกัดมีลักษณะเป็นน้ำมันออกมาในปริมาณมากโดยเฉพาะช่วงการเพาะวันแรกๆ คือ เมล็ด แช่ 12 ชั่วโมง บ่ม 48 ชั่วโมง และเพาะ 2 วัน เนื่องจากเมล็ดถั่วลิสงยังไม่ได้เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพให้เปลี่ยนมาเป็นใบเลี้ยงคู่ หลังจากนำสารสกัดดังกล่าวมาวิเคราะห์แล้วเราพบปัญหาเกี่ยวกับความเป็นขั้วของสารที่ต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาขึ้นในระหว่างที่มีการวิเคราะห์ เช่น เกิดตะกอนขึ้นทำให้ขั้นตอนในการวิเคราะห์ซับซ้อนขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการแยกบริสุทธิ์สารสกัดถั่วลิสงงอกโดยตัวทำละลายเฮกเซน ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว สามารถสกัดสารไม่มีขั้ว เช่น สารที่มีลักษณะเป็นน้ำมันออกมาได้จะได้สารสกัดในชั้นเฮกเซนออกมา (sub fraction hexane) สำหรับสารสกัดที่เหลืออยู่ในชั้นเอทานอล (sub fraction ethanol) นำสารสกัดทั้งสอง fraction มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP, DPPH และ ABTS ผลการทดลองดังนี้

4.5.1 ผลการวิเคราะห์หาสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดชั้นเฮกเซน (sub fraction hexane)

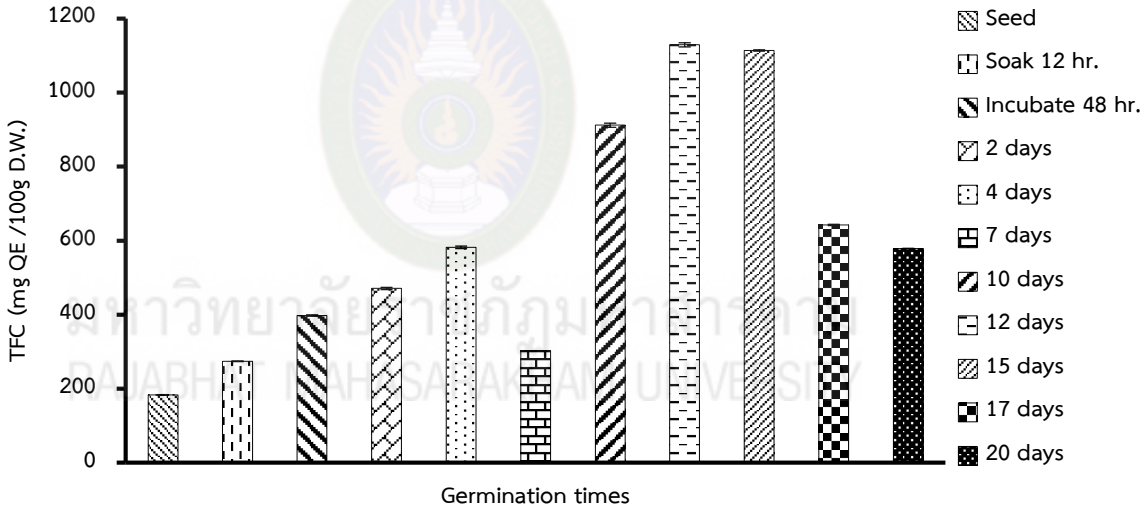
ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.19 และตาราง 4.8 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 4 วันมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลสูงสุดเท่ากับ 22.06 mg GAE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 10 วัน, เมล็ด, 15 วัน, 12 วัน, 7 วัน, 20 วัน, 2, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง และปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดเพาะ 17 วัน เท่ากับ 4.97 mg GAE/100 g D.W.

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.20 และตาราง 4.8 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 12 วันมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดเท่ากับ 1129.56 mg QE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 15 วัน, 10 วัน, 17 วัน, 4 วัน, 20 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, 7 วัน, แช่ 12 ชั่วโมง และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดเท่ากับ 183.53 mg QE/100 g D.W.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

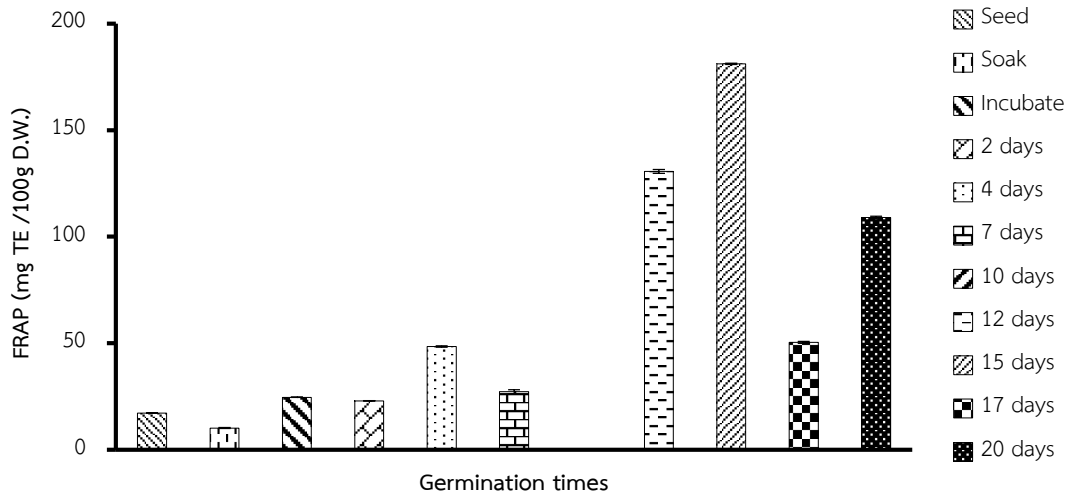


ภาพ 4.19 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)



ภาพ 4.20 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)

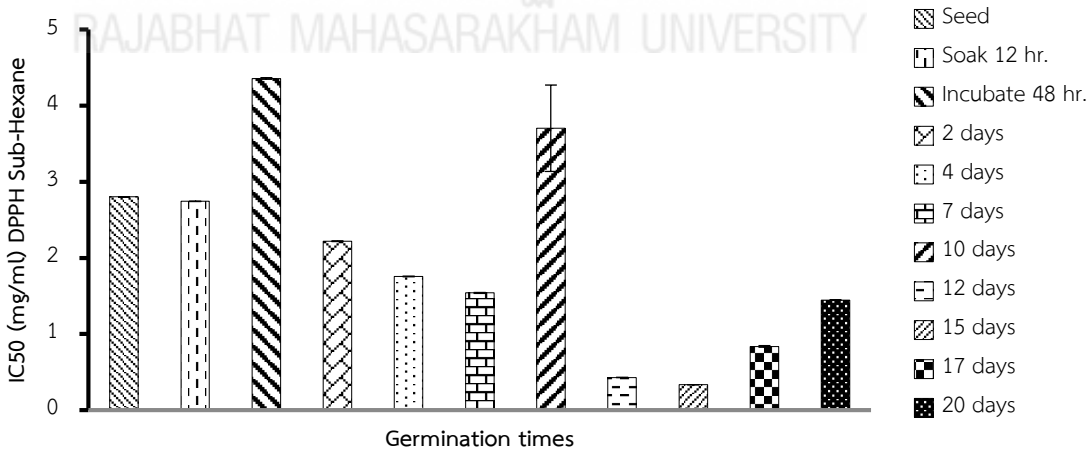
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP วิธีนี้ได้ศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก ในสารสกัดจากต้นงอกถั่วลิสง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.21 และตาราง 4.8 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 15 วันมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กสูงสุดเท่ากับ 1129.56 mg TE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 12 วัน, 20 วัน, 17 วัน, 4 วัน, 7, บ่ม 48 ชั่วโมง, 2 วัน, เมล็ด และความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมง เท่ากับ 10.23 mg TE/100 g D.W.



ภาพ 4.21 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)

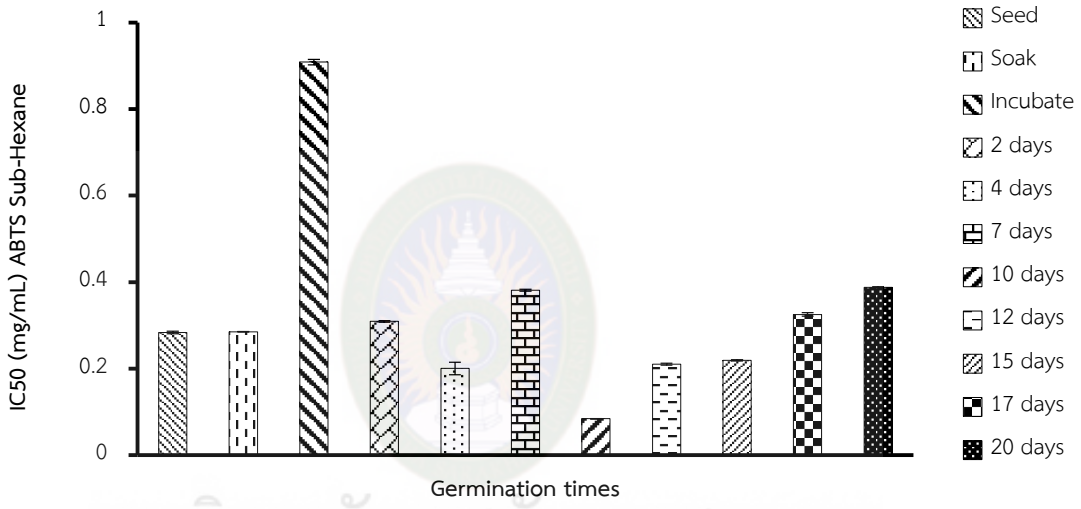
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH วิธีนี้ได้ศึกษาความสามารถในยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยสังเกตจากค่า IC_{50} ที่ลดลง ในสารสกัดจากต้นงอกถั่วลิสง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.22 และตาราง 4.8 ในการเพาะถั่วลิสงงอก 15 วันมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.33 mg/mL รองลงมาเป็นวันที่12 วัน, 17 วัน, 20 วัน, 7 วัน, 4 วัน, 2 วัน, แช่ 12 ชั่วโมง, เมล็ด, 10 วัน และความสามารถในการการยับยั้งอนุมูลอิสระในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมงโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.36 mg/mL

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.22 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS วิธีนี้ได้ศึกษาความสามารถในยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยสังเกตจากค่า IC_{50} ที่ลดลง ในสารสกัดจากต้นงอกถั่วลิสง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.23 และตาราง 4.8 ในการเพาะถั่วลิสงงอก 10 วันมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.08 mg/mL รองลงมาเป็นวันที่ 4 วัน, 12 วัน, 15 วัน, เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, 2 วัน, 17 วัน, 7 วัน, 20 วัน และความสามารถในการการยับยั้งอนุมูลอิสระในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมงโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.91 mg/mL



ภาพ 4.23 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction hexane)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 4.8 ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6

	TPC	TFC	FRAP	DPPH	ABTS
Seed	11.87±0.02^{f}	183.53±1.02^{a}	17.22±0.03^{b}	2.80±0.003^{f}	0.28±0.003^{d}
Soak 12 hr.	5.07±0.1^{a}	274.49± 0.88^{b}	10.23±0.21^{a}	2.74±0.001^{f}	0.29±0.0004^{d}
Incubate 48 hr.	6.04±0.33^{b}	397.86±1.4^{d}	24.65±0.13^{c}	4.36±0.009^{h}	0.91±0.007^{h}
2 days	6.13±0.05^{b}	470.85±2.86^{e}	22.99±0.1^{c}	2.22±0.003^{e}	0.31±0.002^{e}
4 days	22.06±0.16^{h}	581.85±3.68^{g}	48.49±0.34^{d}	1.76±0.003^{d}	0.20±0.01^{b}
7 days	8.23±0.18^{d}	302.22±0.49^{c}	27.22±0.93^{c}	1.54±0.004^{cd}	0.38±0.002^{g}
10 days	18.18±0.07^{g}	912.05±5.77^{h}	ND	3.70±0.57^{g}	0.08±0.0002^{a}
12 days	10.80±0.25^{e}	1129.16±5.6^{j}	130.6±0.89^{f}	0.43±0.001^{a}	0.21±0.002^{bc}
15 days	11.50±0.18^{f}	1113.66±1.46^{i}	181.08±0.27^{g}	0.33±0.001^{a}	0.22±0.002^{c}
17 days	4.97±0.07^{a}	642.18±1.64^{g}	50.35±0.45^{d}	0.84±0.01^{b}	0.33±0.004^{f}
20 days	7.27±0.05^{c}	578.40±0.77^{f}	109.03±0.61^{e}	1.45±0.002^{d}	0.39±0.002^{g}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตาราง 4.8 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแต่ละช่วงระยะเวลาในการเพาะ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) นอกจากนี้เมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าระหว่างระยะเวลาในการเพาะมีผลต่อสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP, ABTS และ DPPH ดังในตาราง 4.9 ดังนี้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ไม่มีมีความสัมพันธ์กับระยะเวลา แต่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยมีค่า r เท่ากับ 0.881

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

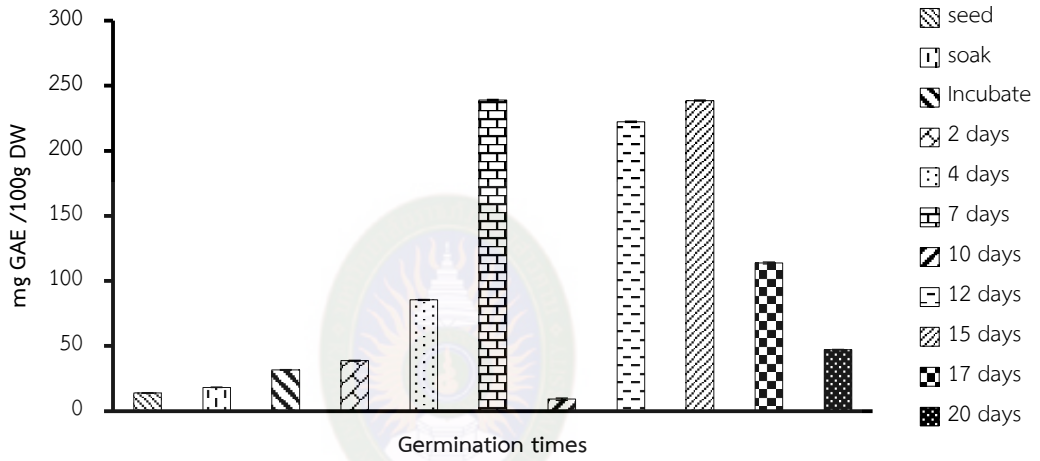
	GT	TPC	TFC	FRAP	DPPH	ABTS
TPC	-0.008	1	-	-	-	-
TFC	0.667**	0.332	1	-	-	-
FRAP	0.641**	0.432*	0.881**	1	-	-
DPPH	-0.648**	0.042	0.498**	-0.269	1	-
ABTS	-0.242	-0.520**	-0.421*	-0.467**		1

GT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสง

* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$ ** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$

4.5.2 ผลการวิเคราะห์หาสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดชั้นเอทานอล (sub fraction ethanol)

ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.24 และตาราง 4.10 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 7 วันมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลสูงสุดเท่ากับ 239.00 mg GAE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 15 วัน, 12 วัน, 17 วัน, 4 วัน, 20 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง, เมล็ด และปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดเพาะ 10 วัน เท่ากับ 9.18 mg GAE/100 g D.W.

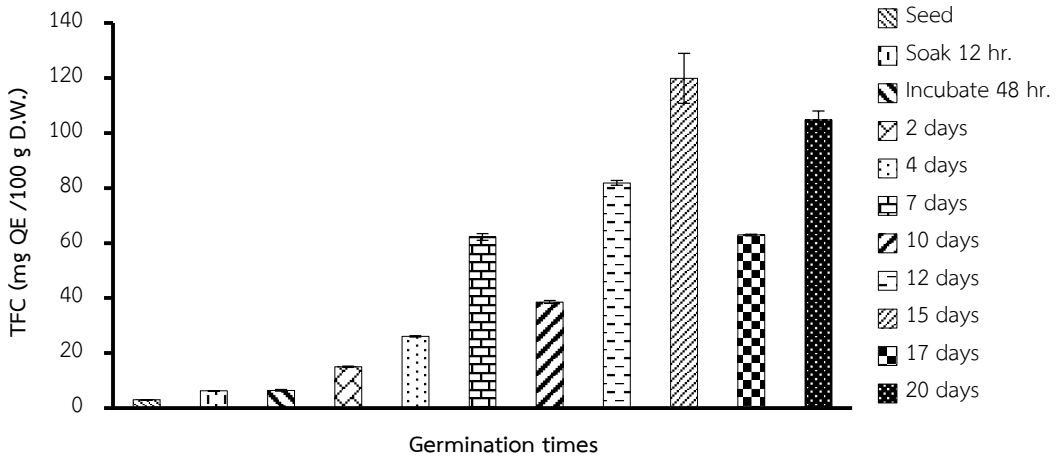


ภาพ 4.24 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)

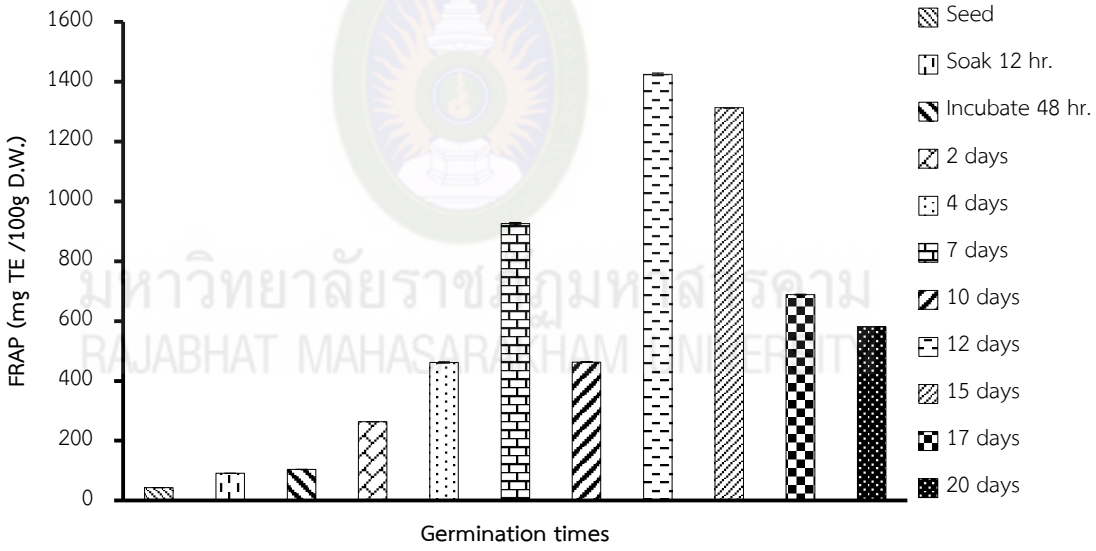
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของต้นงอกถั่วลิสง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.25 และตาราง 4.10 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 15 วันมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดเท่ากับ 119.90 mg QE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 20 วัน, 12 วัน, 17 วัน, 7 วัน, 10 วัน, 4 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง, เมล็ด และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดเท่ากับ 2.97 mg QE/100 g D.W.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP วิธีนี้ได้ศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก ในสารสกัดจากต้นงอกถั่วลิสง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.26 และตาราง 4.10 ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงวันที่ 12 วันมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กสูงสุดเท่ากับ 1423.93 mg TE/100 g D.W. รองลงมาเป็นวันที่ 15 วัน, 7 วัน, 17 วัน, 20 วัน, 10 วัน, 4 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, แช่ 12 ชั่วโมง และความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดเท่ากับ 10.23 mg TE/100 g D.W.



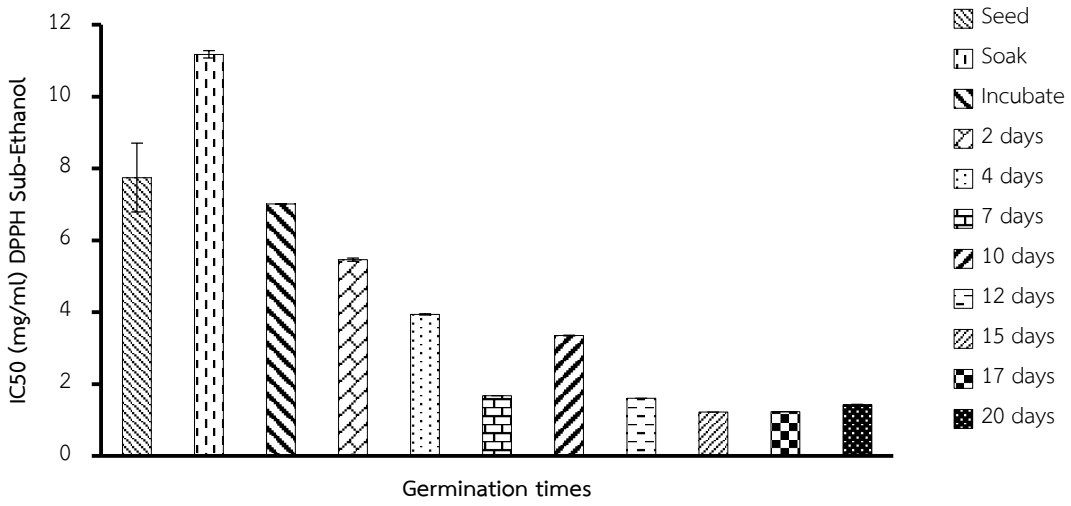
ภาพ 4.25 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพ 4.26 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)

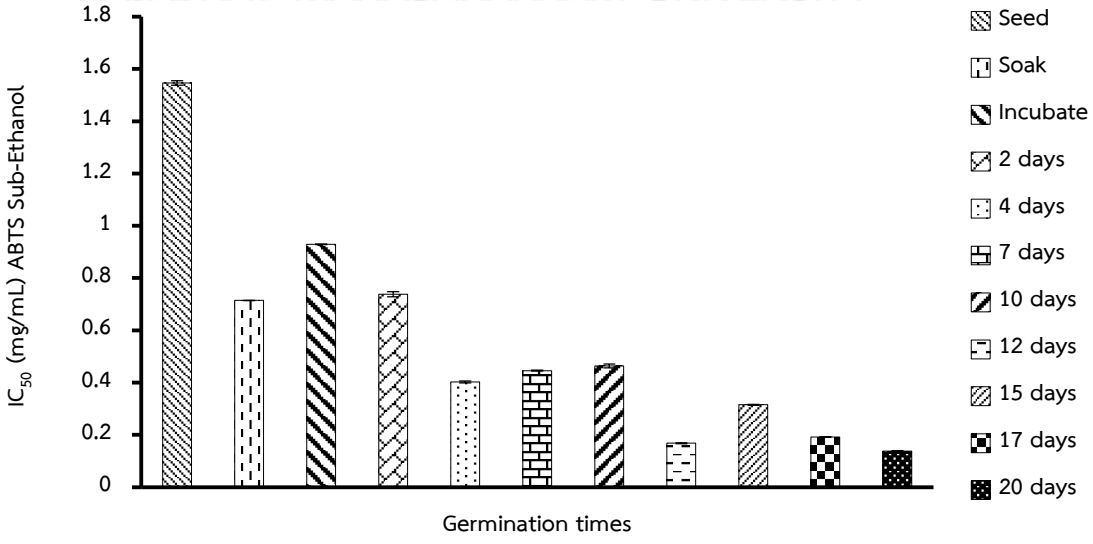
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH วิธีนี้ได้ศึกษาความสามารถในยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยสังเกตจากค่า IC_{50} ที่ลดลง ในสารสกัดจากต้นงอกถั่วลิสง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.27 และตาราง 4.10 ในการเพาะถั่วลิสงงอก 15 วัน มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.22 mg/mL รองลงมาเป็นวันที่ 17 วัน, 20 วัน, 12 วัน, 7 วัน, 10 วัน, 4 วัน, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมง, เมล็ด และความสามารถในการการยับยั้งอนุมูลอิสระในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมง โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 11.18 mg/mL



ภาพ 4.27 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS วิธีนี้ได้ศึกษาความสามารถในยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยสังเกตจากค่า IC_{50} ที่ลดลง ในสารสกัดจากต้นงอกถั่วลิสง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพ 4.28 และตาราง 4.10 ในการเพาะถั่วลิสงงอก 20 วันมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.14 mg/mL รองลงมาเป็นวันที่ 12 วัน, 17 วัน, 15 วัน, 4 วัน, 7 วัน, 10 วัน, แช่ 12 ชั่วโมง, 2 วัน, บ่ม 48 ชั่วโมงและความสามารถในการการยับยั้งอนุมูลอิสระในเมล็ดต่ำสุดพบในเมล็ด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.55 mg/mL

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพ 4.28 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 (sub fraction ethanol)

จากตาราง 4.10 ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแต่ละช่วงระยะเวลาในการเพาะ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) นอกจากนี้เมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าระหว่างระยะเวลาในการเพาะมีผลต่อสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP, ABTS และ DPPH ดังในตาราง 4.11 ดังนี้ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลา โดยมีค่า r เท่ากับ 0.889 และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของวิธี FRAP DPPH และ ABTS มีความสัมพันธ์กับระยะเวลา โดยมีค่า r เท่ากับ 0.699, -0.879 และ -0.871 โดย วิธี DPPH กับ ABTS ได้มีความสัมพันธ์เชิงลบ หมายถึงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองคือค่า IC_{50} ลดลง ความเข้มข้นที่ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ลดลงแต่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ50

ตาราง 4.10 ปริมาณแร่ธาตุของถั่วลิสงงอกระยะเวลาต่างๆ กัน สายพันธุ์ขอนแก่น 6

	TPC	TFC	FRAP	DPPH	ABTS
Seed	13.90±0.13^{b}	2.97±0.02^{a}	43.54±0.12^{a}	7.75±0.96^{f}	1.55±0.001^{j}
Soak 12 hr.	18.19±0.12^{c}	6.24±0.03^{a}	91.41±0.18^{b}	11.18±0.11^{g}	0.71±0.001^{g}
Incubate 48 hr.	31.76±0.24^{d}	6.44±0.24^{a}	104.28±0.29^{c}	7.01±0.004^{e}	0.93±0.01^{i}
2 days	38.70±0.38^{e}	15.03±0.25^{b}	263.51±0.24^{d}	5.46±0.04^{d}	0.74±0.004^{h}
4 days	85.51±0.36^{g}	26.10±0.23^{c}	461.86±2.27^{e}	3.94±0.02^{c}	0.40±0.002^{e}
7 days	239.00±0.57^{j}	62.27±1.22^{e}	925.31±3.80^{h}	1.68±0.002^{a}	0.45±0.01^{f}
10 days	9.18±0.85^{a}	38.56±0.49^{d}	462.83±0.54^{e}	3.35±0.01^{b}	0.46±0.002^{f}
12 days	222.25± 0.47^{i}	81.89±0.86^{f}	1423.93±4.43^{j}	1.60±0.002^{a}	0.170±002^{b}
15 days	238.61±0.32^{j}	119.90±9.05^{h}	1312.62±0.41^{i}	1.22±0.003^{a}	0.32±0.001^{d}
17 days	113.82±0.65^{h}	62.91±0.30^{e}	688.50±0.84^{g}	1.23±0.001^{a}	0.19±0.001^{c}
20 days	47.13 0.22^{f}	104.78 ±3.25^{g}	581.43±0.19^{f}	1.43±0.01^{a}	0.14±0.01^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างระยะเวลาในการเพาะต้นงอกกับปริมาณโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

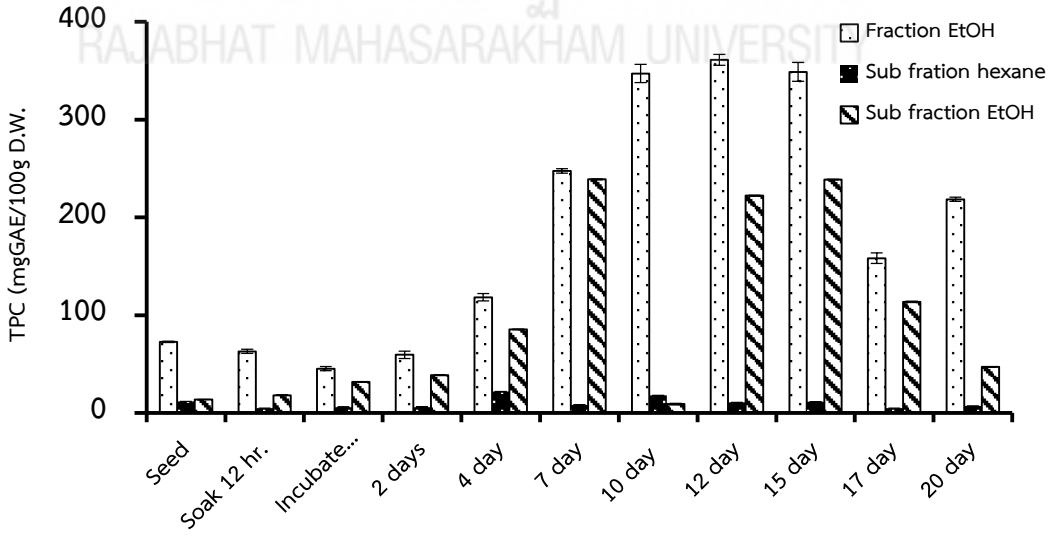
	GT	TPC	TFC	FRAP	DPPH	ABTS
TPC	0.471**	1	-	-	-	-
TFC	0.889**	0.687**	1	-	-	-
FRAP	0.699**	0.910**	0.844**	1	-	-
DPPH	-0.879**	-0.657**	-0.823**	-0.789**	1	
ABTS	-0.871**	-0.523**	-0.750**	-0.705		1

* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.05$

** มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ $p < 0.01$

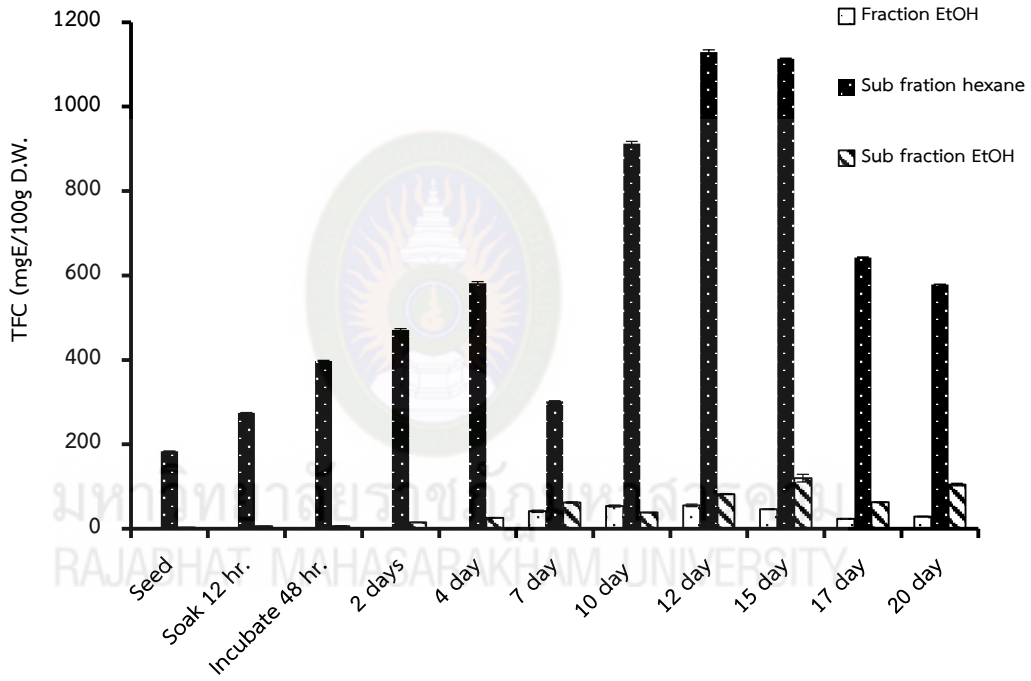
การแยกบริสุทธิ์สารสกัดในชั้นเอทานอล ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (sub fraction hexane) และตัวทำละลายเอทานอล (sub fraction ethanol) นำสารสกัดในแต่ละ sub fraction มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบด้วยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP จากนั้นนำทั้ง 3 fraction มาเปรียบเทียบกันพบว่าหลังทำการแยกบริสุทธิ์ด้วยเฮกเซน และเอทานอล พบว่าหลังจากแยกบริสุทธิ์แล้วปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดก่อนทำบริสุทธิ์ลดลง เนื่องมาจากปริมาณสารได้กระจายตามชั้นเฮกเซน และเอทานอลดังแสดงในภาพ 4.29

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



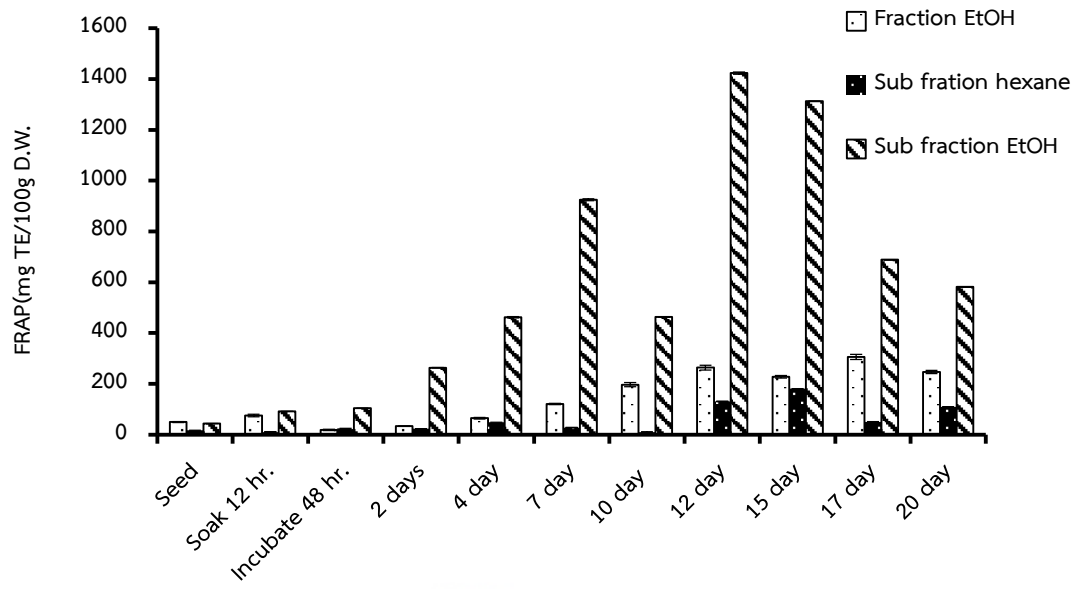
ภาพ 4.29 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่าหลังแยกมีปริมาณสูงขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลของตัวทำละลายไม่เหมาะสมในการสกัดชั้นแรกคือเอทานอล สารสำคัญในต้นงอก หรือในเมล็ดถั่วลิสงจะมีลักษณะคล้ายน้ำมัน เมื่อนำมาสกัดในชั้นเอทานอลมีลักษณะเหนียวหนืด เมื่อมาทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมคลอไรด์ และโซเดียมไนไตร เกิดตะกอนขาวขุ่นขึ้น จึงทำการแยกตะกอนก่อน แล้วจึงค่อยวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ แต่หลังจากนำไปทำบริสุทธิ์ด้วยตัวทำละลายเฮกเซนแล้ว พบว่าไม่เกิดตะกอนหลังทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมคลอไรด์ และโซเดียมไนไตร และเกิดเป็นสารประกอบสีเหลืองใส พบว่าในชั้นเฮกเซนนั้นมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าชั้นเอทานอล ก่อนและหลังทำบริสุทธิ์ ดังแสดงในภาพ 4.30



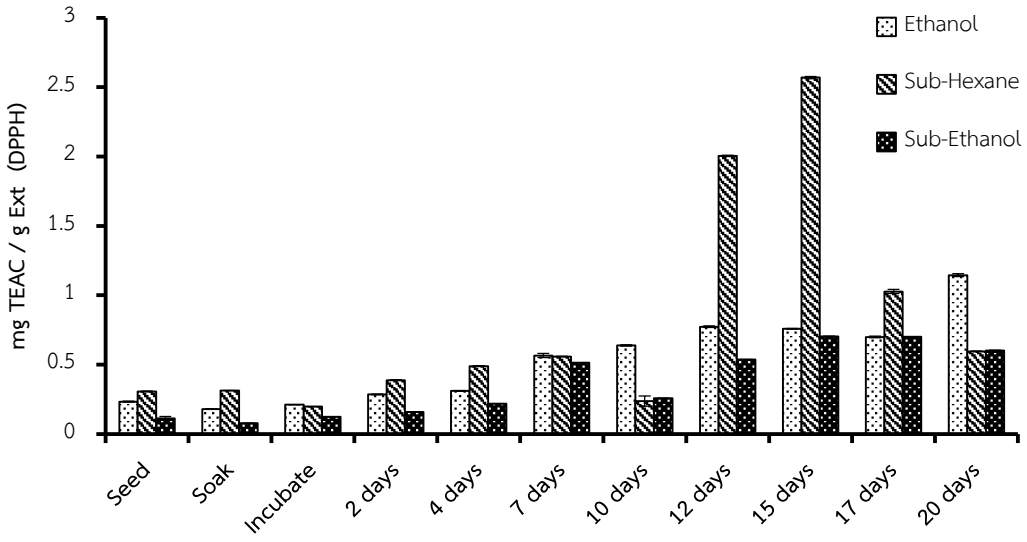
ภาพ 4.30 ผลของระยะเวลาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

สำหรับการเปรียบเทียบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าในชั้น sub fraction ethanol มีความสามารถในการรีดิวซ์ดีกว่า sub fraction hexane และชั้นเอทานอล (ภาพ 4.31) หลังจากผ่านการแยกด้วยเฮกเซนแล้ว จึงทำให้สารสกัดในชั้นนี้มีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อประสิทธิ์ภาพในการรีดิวซ์เหล็ก

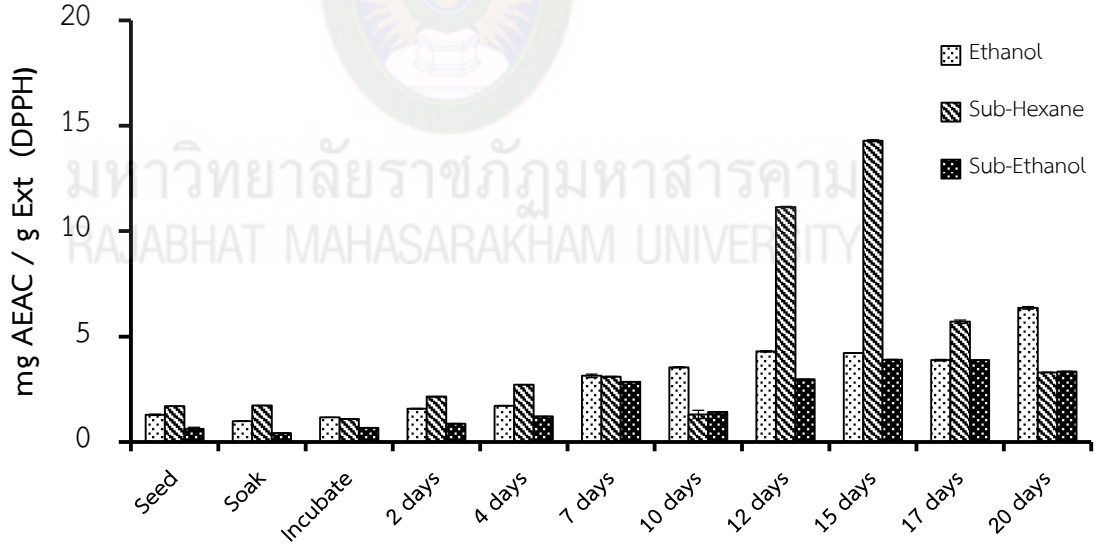


ภาพ 4.31 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

สำหรับการเปรียบเทียบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าในชั้น sub fraction hexane มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้มากกว่า sub fraction ethanol และชั้นเอทานอล โดยค่าที่ใช้เปรียบเทียบคือค่า TEAC กับ AEAC ค่าดังกล่าว แสดงถึงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก และวิตามินซี (ascorbic acid) ดังแสดงในภาพ 4.32 และ 4.33 หลังจากผ่านการแยกบริสุทธิ์ จึงทำให้สารสกัดในชั้นนี้มีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกันกับ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่าในชั้น sub fraction hexane ดังแสดงในภาพ 4.34 และ 4.35

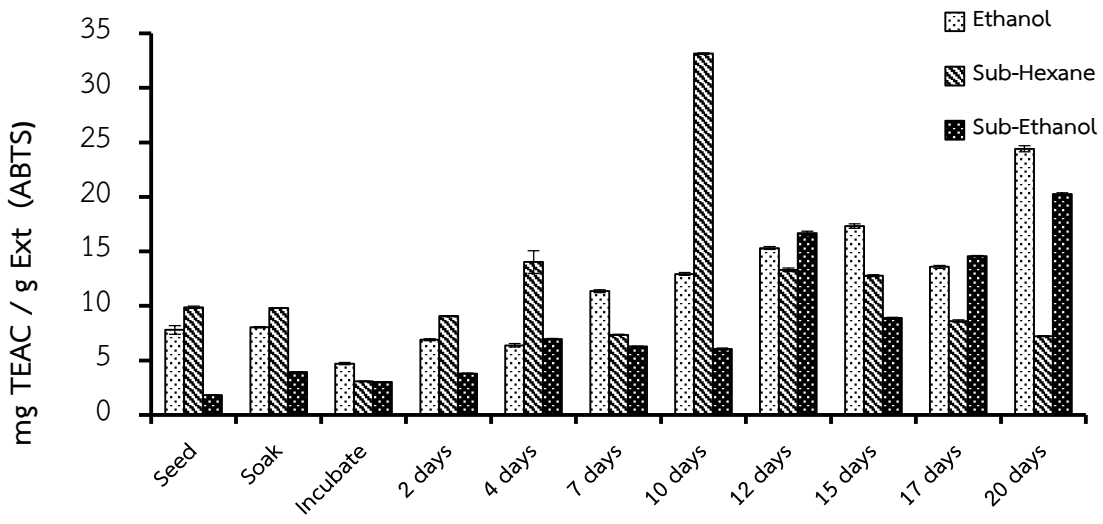


ภาพ 4.32 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

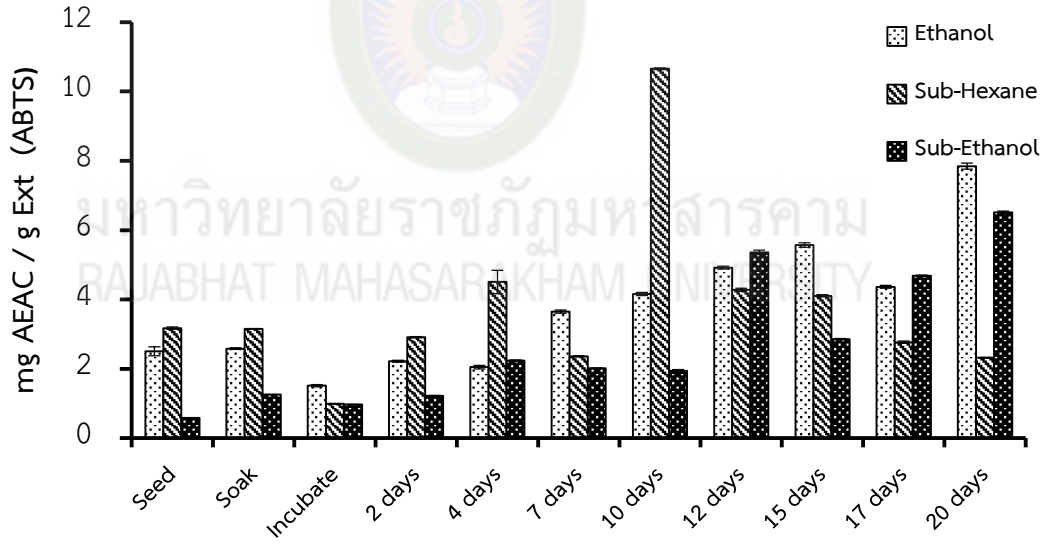


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพ 4.33 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6



ภาพ 4.34 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เทียบกับสารมาตรฐานโทรล็อก ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพ 4.35 ผลของระยะเวลาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี ของทั้ง 3 fraction ในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

คุณค่าทางโภชนาการของต้นงอกถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 โดยช่วงระยะเวลาการเพาะเริ่มต้นจาก เมล็ด, แช่ 12 ชั่วโมง, บ่ม 48 ชั่วโมง, เพาะ 2, 4, 7, 10, 12, 15, 17 และ 20 วัน ประกอบด้วย ความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ระยะการเพาะ 17 วันมีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเท่ากับ 4.43% น้อยที่สุดเมื่อระยะเพาะเท่ากับ 2 วัน เท่ากับ 2.49% ความชื้นอยู่ในช่วง 2.49-4.43% ปริมาณเถ้าสูงสุดพบในการเพาะต้นงอกถั่วลิสงที่ 20 วัน เท่ากับ 10.97% ปริมาณเถ้าต่ำสุดที่ระยะเริ่มแรกหรือเมล็ดเท่ากับ 2.43% ปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 2.43-10.97% ปริมาณไขมันสูงสุดในระยะแช่ 12 ชั่วโมงเท่ากับ 41.48% ปริมาณไขมันต่ำสุดพบในการเพาะต้นงอกที่ 20 วันเท่ากับ 6.80% ปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 6.80-41.48% ปริมาณเส้นใยสูงสุดในระยะการเพาะต้นงอกที่ 20 วัน เท่ากับ 10.14% ปริมาณเส้นใยต่ำสุดพบที่บ่ม 48 ชั่วโมง เท่ากับ 1.07% ปริมาณเส้นใยอยู่ในช่วง 1.07-10.14% ปริมาณโปรตีนสูงสุดในระยะการเพาะต้นงอกที่ 20 วัน เท่ากับ 26.35% ปริมาณโปรตีนต่ำสุดพบที่ระยะการเพาะ 7 วัน เท่ากับ 22.76% ปริมาณเส้นใยอยู่ในช่วง 22.76-26.35% ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในระยะเริ่มต้นหรือเมล็ดเท่ากับ 47.57% ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำสุดพบที่การเพาะต้นงอกที่ 20 วัน เท่ากับ 14.51% ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 14.51-47.57%

ปริมาณแร่ธาตุเหล็กและแร่ธาตุรอง ในการเพาะต้นงอกเวลา 20 วัน มีปริมาณแมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) และเหล็ก (Fe) สูงที่สุดเท่ากับ 4476.72, 52.48 และ 43.95 mg/kg D.W. โดยปริมาณแมกนีเซียมต่ำสุดพบที่การเพาะ 4 วัน เท่ากับ 2074.11 mg/kg D.W. ปริมาณแมงกานีสต่ำสุดพบที่แช่ 12 ชั่วโมงเท่ากับ 9.92 mg/kg D.W. และปริมาณเหล็กต่ำสุดพบที่เมล็ด เท่ากับ 2.50 mg/kg D.W. นอกจากนี้ปริมาณแคลเซียม (Ca) พบสูงสุดที่วันเพาะ 15 วัน เท่ากับ 669.32 mg/kg D.W. ปริมาณแคลเซียมที่พบต่ำสุดที่เพาะ 7 วัน เท่ากับ 313.81 mg/kg D.W.ปริมาณทองแดง (Cu) พบสูงสุดในเมล็ด เท่ากับ 10.93 mg/kg D.W. ปริมาณทองแดงต่ำสุดที่เพาะ 4 วัน เท่ากับ 2.25 mg/kg D.W. ปริมาณสังกะสี (Zn) พบสูงสุดในการเพาะ 17 วัน เท่ากับ 77.35mg/kg D.W. ปริมาณสังกะสีต่ำสุดที่เมล็ดแช่ 12 ชั่วโมง เท่ากับ 27.74 mg/kg D.W.

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลในสารสกัดด้วยเอทานอล พบว่าปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์สูงสุดพบในวันที่ 12 ของการเพาะต้นงอกถั่วลิสงเท่ากับ 361.23 mg GAE/100 g D.W. และ 55.71 mg QE/100 g D.W. ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ต่ำสุดพบในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมง เท่ากับ

45.44 mg GAE/100 g D.W และ 0.003 mg QE/100 g D.W ตามลำดับ สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าในสารสกัดต้นงอกถั่วลิสงเพาะ 20 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ค่า IC_{50}) สูงสุดเท่ากับ 0.75 และ 0.11 mg/mL ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ต่ำที่สุดพบในเมล็ดแช่ 12 ชั่วโมงเท่ากับ 4.85 mg/mL ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ต่ำที่สุดพบในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมงเท่ากับ 0.59 mg/mL และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ในสารสกัดต้นงอกถั่วลิสงที่เพาะ 17 วัน มีฤทธิ์สูงที่สุดเท่ากับ 306.07 mg TE/100 g D.W. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดพบในเมล็ดบ่ม 48 ชั่วโมงเท่ากับ 18.98 mg TE/100 g D.W.

การแยกบริสุทธิ์สารสกัดในชั้นเอทานอล ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (sub fraction hexane) และตัวทำละลายเอทานอล (sub fraction ethanol) นำสารสกัดในแต่ละ sub fraction มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และทดสอบด้วยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP จากนั้นนำทั้ง 3 fraction มาเปรียบเทียบกันพบว่าหลังทำการแยกบริสุทธิ์ด้วยเฮกเซน ในชั้น sub fraction hexane วันที่ 7 ของการเพาะมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลสูงที่สุด เท่ากับ 239.00 mg GAE/100 g D.W. มีปริมาณฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงสุดของวันที่เพาะต้นถั่วลิสงงอก 15 วัน (119.90 mg QE/100 g D.W. และ 1.22 mg/mL) วันที่ 12 ของการเพาะ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FPAP สูงที่สุด เท่ากับ 1423.93 mg TE/100 g D.W.วันที่ 20 ของการเพาะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงที่สุด เท่ากับ 0.14 mg/mL ส่วนในชั้น sub fraction ethanol พบว่า วันที่ 4 ของการเพาะมีปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 22.06 mg GAE/100 g D.W. วันที่ 12 ของการเพาะมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดเท่ากับ 1129.16 mg QE/100 g D.W. วันที่ 15 ของการเพาะมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงที่สุด เท่ากับ 181.08 mg TE/100 g D.W. และ 0.33 mg/mL และวันที่ 10 ของการเพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงที่สุด เท่ากับ 0.08 mg/mL

จากผลการทดลองทั้งหมดผลของระยะเวลาต่อปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะคือวันที่ 15 โดยมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก สังกะสี ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากเมล็ดถั่วลิสงที่ยังไม่ผ่านการเพาะเท่ากับ1.7, 1.9, 4.3, 10.17, 2.5, 4.8 และ 118.7 เท่า ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.2 อภิปรายผล

ระยะเวลาในการเพาะต้นงอกมีผลต่อปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย ความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ในถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นได้ส่งผลในเชิงบวกต่อปริมาณเถ้า เส้นใย ตรงกันข้ามกับปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตกลับลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนเมทบอลิซึมของถั่วลิสงได้เปลี่ยนแปลงการสะสมของสารอาหาร ในเมล็ดจะเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต หรือโมเลกุลของน้ำตาลชนิดต่างๆ ต่อกันเป็นสายยาว เมื่อเมล็ดมีการเจริญเติบโตได้เปลี่ยนแปลงการสะสมจากเดิมน้ำตาลได้อยู่ในรูปของคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนมาสะสมในรูปของเส้นใย โดยเส้นใยจัดเป็นน้ำตาลชนิดหนึ่งต่อกันเป็นสายยาวเกาะตามผนังเซลล์ (จรรยา, 2545)

เมื่อระยะเวลาในการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นปริมาณเถ้าเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้ เถ้าคือส่วนของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งเหลืออยู่ภายหลังจากการเผาไหม้ หรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ของสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ในอาหารกับออกซิเจนได้เป็นสารประกอบออกไซด์ที่ระเหยได้ เถ้าที่เหลืออยู่เป็นออกไซด์ของแร่ธาตุต่างๆ ที่ระเหยไม่ได้ ตัวอย่างออกไซด์ที่พบในเถ้า เช่น Na_2O, K_2O, CaO, MgO, MnO, Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2, P_2O_5 (http://www.foodnetworksolution.com-/wiki/word/2736/crude-ash) ในงานวิจัยครั้งนี้ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างแร่ธาตุต่างๆ เช่น Mg, Mn, Fe, Zn, Ca กับระยะ ปริมาณการสะสมแร่ธาตุมากขึ้นจึงทำให้ปริมาณเถ้าเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธี ได้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระยะเวลาของการเพาะต้นงอกถั่วลิสง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Leamsamrong และคณะ (2018) พบว่าในถั่วลิสงงอกช่วงระยะเวลา 7 วัน มีปริมาณสารสำคัญ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ได้มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเพาะ ปริมาณโพลิฟีนอลรวมในต้นงอกถั่วลิสงมากกว่าประมาณ 2 เท่ากับของเมล็ดถั่วลิสงที่ยังไม่ผ่านการเพาะ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 เท่าจากเดิม Thongthumachat และคณะ (2018) ได้รายงานในต้นงอกของเมล็ดมะขาม มะค่าโมง และหางนกยูง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.8, 26.41 และ 18.32 mg/mL และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เท่ากับ 3.63, 2.22 และ 6.80 mg/mL สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khang และคณะ (2016) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาในการเพาะต้นงอกช่วง 0-5 วัน ต่อปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในถั่วดำ ถั่วมัง ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่ว Azuki และถั่วขาว พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณสารประกอบโพลีนอลได้เพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.4, 2.6, 2, 0.25, 2.3 และ 2.5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเพาะ ถั่วลิสงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเท่ากับ 32.51 ±0.54 และ 84.48±1.24 ตามลำดับ สูงกว่าถั่วชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าในถั่วลิสงงอกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สูงเท่ากับ 62.9± 35.6 mgGAE/gDW โดยฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของถั่วลิสงงอกมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณฟินอลิก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วลิสงสายพันธุ์ขอนแก่น 6 ต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ อุตสาหกรรมอาหาร ขนม เครื่องสำอาง และอาหารสัตว์

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การนำต้นงอกถั่วลิสงไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น ผงโรยอาหาร ผงถั่วอัดเม็ด การนำสารสกัดมาใช้อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง หรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2557). **การปลูกถั่วลิสง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมชุนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. (2521). พืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. แปลจาก S.C. Lizenberger, ed. Guide for Field Crops in the Tropics and the subtropics. Agency for International Development, Washington D.C.

จรรยา วัฒนาทวีกุล. (2545). ใยอาหารเพื่อสุขภาพ. *วารสารกรมวิทยาสารบริการ*, *50*, 28-31.

สนั่น จอกลอย และอารัต์ พัฒโนทัย. (2549). มข.60: ถั่วลิสงเมล็ดพันธุ์ใหม่ ทรงพุ่มตั้ง อายุสั้น ผลผลิตสูง. *แก่นเกษตร.* 34(3), 107-110.

ศานิต สวัสดิกาญจน์. (2558). **พืชน้ำมัน:ถั่วลิสง.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พิมพ์ที่ โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ศูนย์วิจัยพืชไร่. มปป. ถั่วลิสงสายพันธุ์ KKFC 4008-5 (ขอนแก่น 6).

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Afshin, A., Micha, R.,Khatibzadeh, S. & Mozaffarian, D. (2014). Consumption of nuts and legumes and risk of incident ischemic heart disease, stroke, and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100, 278–288.

AOAC (1999) Official methods of analysis, 16th edn. Association of Official Analysis Chemists, Washington, D.C.

Benzie I.F.F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry,* 239(1), 70-76.

Chang C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, *10*(3), 178-182.

Chiou, R. Y. Y., Ku, K. L., & Chen, W. L. (1997). Compositional characterization of peanut Kernels after subjection to various germination times. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45*(8), 3060-3064. doi: 10.1021/jf970082j

Erkkila, A. T., Herrington, D. M., Mozaffarian, D., & Lichtenstein, A. H. (2005). Cereal fiber and whole-grain intake are associated with reduced progression of coronary-artery atherosclerosis in postmenopausal women with coronary artery disease. *American Heart Journal, 150*(1), 94-101.

Fidrianny I., Aristya, T., & Hartati R. (2015). Antioxidant capacities of various leaves extracts from three species of legumes and correlation with total flavonoid, phenolic, carotenoid content. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 7(3), 628-634.

Guo, X., Li, T., Tang, K., & Liu, R. H. (2012). Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60*(44), 11050-11055

Huang, X., Cai, W., & Xu, B. (2014). Kinetic changes of nutrients and antioxidant capacities of germinated soybean (*Glycine max* L.) and mung bean (Vigna radiata L.) with germination time. *Food Chemistry, 143*, 268-276.

Kang, N. E., Ha, A. W., Woo, H. W., & Kim, W. K. (2014). Peanut sprouts extract (*Arachis hypogaea* L.) has anti-obesity effects by controlling the protein expressions of PPARγ and adiponectin of adipose tissue in rats fed high-fat diet. Nutrition research and practice, 8(2), 158-164.

Khang, T. D., Dung, N. T., Elzaawely, A. A., & Xuan, D. T. (2016). Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. *Foods, 5*(2).

Kushi, L. H., Meyer, K. A., & Jacobs, D.R. (1999) Cereals, legumes, and chronic disease risk reduction: Evidence from epidemiologic studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 451–458.

Limmongkon, A., Janhom, P., Amthong, A., Kawpanuk, M., Nopprang, P., Poohadsuan, J., & Boonsong, T. (2017). Antioxidant activity, total phenolic, and resveratrol content in five cultivars of peanut sprouts. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine,* 7(4), 332-338.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Limmongkon, A., Nopprang, P., Chaikeandee, P., Somboon, T., Wongshaya, P., & Pilaisangsuree, V. (2018). LC-MS/MS profiles and interrelationships between the anti-inflammatory activity, total phenolic content and antioxidant potential of Kalasin 2 cultivar peanut sprout crude extract. Food Chemistry, 239, 569-578.

Leamsamrong, K., Thornpho, W., Rattanadon, B., & Thongthummachat S. (2018). The relationship between free radical scavenging activities and germination time of peanut (*Arachis hypogaea* L.) extracts. *The 2018 Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2018)*, FA1-FA5.

Long, L.H. & Halliwell, B. (2001). Antioxidant and prooxidant abilities of foods and beverages. *Methods in Enzymology*, 335, 181-190.

Lopes, R. M., Agostini-Costa, T. d. S., Gimenes, M. A., & Silveira, D. (2011). Chemical composition and biological activities of *Arachis* Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59*(9), 4321-4330.

Mbithi-Mwikya, S., Ooghe, W., Van Camp, J., Ngundi, D., & Huyghebaert, A. (2000). Amino Acid Profiles after Sprouting, Autoclaving, and lactic acid fermentation of finger millet (*Eleusine Coracan*) and kidney beans (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*(8), 3081-3085. doi: 10.1021/jf0002140

Nam, T. G., Lee, S. M., Park, J.-H., Kim, D.-O., Baek, N.-i., & Eom, S. H. (2015). Flavonoid analysis of buckwheat sprouts. *Food Chemistry, 170*, 97-101. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.067

Pudenz, M., Roth, K., & Gerhauser, C. (2014). Impact of soy isoflavones on the epigenome in cancer prevention. *Nutrients, 6*(10).

Quinhone, A., & Ida, E. I. (2015). Profile of the contents of different forms of soybean isoflavones and the effect of germination time on these compounds and the physical parameters in soybean sprouts. *Food Chemistry, 166*, 173-178.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Sultana B., Anwar F. and Ashraf M. (2009). Effect of Extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14, 2167-2180

Thongthummachat, S., Polkham, P., Wanich, S., Rattanadon, B., Kengchuwong, M., & Leamsamrong, K. (2018). Nutritional compositions and antioxidant activities of makamong (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib), flower fence (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.) and tamarind (*Tamarindus indica* L.) kernels. *Prawarun Agriculture. Journal*, 15 (SUPPL. 1), 40-47.

Xu, J., Yang, F., Chen, L., Hu, Y., & Hu, Q. (2003). Effect of selenium on increasing the antioxidant activity of tea leaves harvested during the Early spring tea Producing Season. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51*(4), 1081-1084.

https://sites.google.com/site/nongmoei77/prawati-khxng-chan/kharbohidert/khwam-sakhay-khxng-kharbohidert

http://www.samunpri.com/.html

http://it.doa.go.th/cv/view2.php?id=21

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวขวัญยืน เลี่ยมสำโรง

ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานที่สังกัด สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2552

- ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเคมี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2548

ผลงานวิชาการ

1**. Kwanyuen Leamsamrong**, Piyanete Chantiratikul, Prapairat Seephonkai, Sujint Anguravirut, Benjamart Chitsomboon, Paksiri Sinchaikit and Maitree Suttajit, 2006. Antioxidant and antihemolytic activities of polyphenolic compounds extracted from tammarin seed pericarp, The First Conference on the Natural Products for Health and Beauty. Maha Sarakham, Thailand

2.**Kwanyuen Leumsamrong, Piyanete Chantiratikul**, Maitree Suttajit, 2007. Flow injection spectrophotometric determination for quantitative determination of total polyphenols contents in fruit juices, Colloquium Spectroscopicum Internationale XXXV, September 23-27, Xiamen, China

3**. Kwanyuen Leumsamrong** and **Piyanete Chantiratikul**. 2007. Flow injection analysis method for determination of total phenolic compound by using Folin-ciocalteu reagent, International sysmposium on flow-based analysis VII, December 16-18, Chiang Mai Thailand

4**.Kwanyuen Leumsamrong, Piyanete Chantiratikul**, Maitree Suttajit**,** 2009. Injection analysis system for the determination of total phenolic compounds by using Folin-ciocalteu assay, Asian Journal of Applied Science, 184-190

5**.** Piyanete Chantiratikul and **Kwanyuen Leamsamrong,** 2012 Flow Injection Spectrophoto-metric System for Determination of Flavonoids in Tea Using Modified

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Dowd Assay, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 1322-1328

6. **Kwanyuen Leamsamrong**, Walaiporn Tongjaroenbuangam and Piyanete Chatiratikul, 2015 Acute toxicity study of enriched selenium kale (*Brassica oleracea var. alboglavra L.*) seedling. The 7th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2015, 80

7. **Kwanyuen Leamsamrong**, Sorasak Pirun, Nuttapol Chanpirom, Leangjai Nontasee and Butsayamas Rattanadon, 2015 Antioxidant activities and total phenolic contents in local vegetable sprouts. The 41st Congress on Science and Technology of Thailand (STT41), 97

8. Butsayamas Rattanadon and **Kwanyuen Leamsamrong**, 2015 Effect of germination times on antioxidant activities of white sesame sprout (*Sesamum indicum* L.) The 41st Congress on Science and Technology of Thailand (STT41), 98

9. **Kwanyuen Leamsamrong** and Butsayamas Rattanadon, 2016 The evaluation of antioxidant capacities and total phenolic contents in local vegetable sprouts Pure and applied chemistry international conference 2016, 511

10. **Kwanyuen Leamsamrong**, Chanantida Chondech, Jiraporn Pookongnil, Rosjarin Poopasee and Bussayamat Rattanadon Antioxidant activity, total polyphenol and flavonoid contents of ethanolic extract of young galangal (*Alpinia galanga*l (L.) Willd.) Pure and applied chemistry international conference 2017, February 2-3 2017.

11. Butsayamat Rattanadon, **Kwanyuen Leamsamrong** and Thanonchat Imsombut. Effect of germination times on proximate compositions of black sesame sprouts (Sesamum indicum L.) Pure and applied chemistry international conference 2017. February 2-3 2017

12. Sarin Thongthummachat, Pornpimol Polkham, Suchana Wanich, Bussayamat Rattanadon, Metta Kengchuwong, **Kwanyuen Leamsamrong**" Nutritional compositions and antioxidant activities of makamong (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib), flower fence (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.) and tamarind (*Tamarindus indica* L.) kernels ICSSS 2017 January 11-12 2018.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

13. **Kwanyuen Leamsamrong**, Wathida Thornpho, Butsayamat Rattanadon, Sarin Thongthummachat. The relationship between free radical scavenging activities and germination time of peanut (*Arachis hypogaea* L.) extracts. Pure and applied chemistry international conference 2018. February 6-9 2018.

14. Sarin Thongthummachat, Wathida Thornpho,Rattana Buttda, Butsayamat Rattanadon[1], Sutthirak Uansiri**, Kwanyuen Leamsamrong**. Total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of peacock (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw) seed kernel. Pure and applied chemistry international conference 2018. February 6-9 2018.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชื่อ นางสาวบุษยมาส **นามสกุล** รัตนดอน
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
สังกัด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ประวัติการศึกษา

- วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2551

- วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีวเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2548

ผลงานทางวิชาการ

1. **Rattanadon, B**. Porasuphatana, S. Khunkitti, W. Aromdee, C. Antioxidant activities of *Mimusops elengi*'s flowers. *The 1st Sino-Thai Conference on Traditional Medicine and Natural Health product (STCTMNHP)*. 2006; 81-88.

2**. Aromdee C, Rattanandon B. Quality of Dried *Mimusops Elengi* L. Flower**. *Herbal Conference-2009*, Bangalore : Feb 26-28, 2009.

3. Chantana Aromdee and **Butsayamat Rattanadon**. Quantitative analysis of some volatile components in Mimusops elengi L. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 31 (3), 285-288, May - Jun. 2009.

4. Chantana Aromdee, **Butsayamat Rattanadon**. Determination of p-hydroxybenzaldehyde in the flower of *Mimusop elengi* Linn. *Phama Indochina VI*, December 15-18, 2009

5. Aromdee C, Rattanadon B, Khunkitti W. **Volatile compositions of fresh and dried pikul flowers and antimicrobial activity of the dried flowers**. *Pure and Applied Chemistry International Conferenc (PACCON2010)*. January 21-23, 2010

6. ศรินทร์ ทองธรรมชาติ, **บุษยมาส รัตนดอน**, พงษ์พัฒน์ ไชยปัญหา, ศศิวิมล สีเขียว, ศุภดา สว่างโคตร, อานนท์ โกมลพันธ์, ธนชาติ อิ่มสมบัติ. การเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะวัสดุค้ำจุนผสมของไคโตซาน/อะกาโรสสำหรับประยุกต์ใช้ในด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อ. การประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 4, 29-30 มกราคม 2558

7. **Butsayamat Rattanadon** and Kwanyuen Leamsamrong. Effect of germination times on antioxidant activities of white sesame sprouts (*Sesamum indicum* L.)**.** *The 41st Congress on Science and Technology of Thailand (STT 41).* November 6-8, 2015

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

8. Kwanyuen Leamsamrong, Sorasak Pirun, Nuttapol Chanpirom, Leangjai Nontasee, **Butsayamat Rattanadon**. Antioxidant activities and total phenolic contents in local vegetable sprouts. *The 41st Congress on Science and Technology of Thailand (STT 41).* November 6-8, 2015

9. Kwanyuen Leamsamrong and **Butsayamat Rattanadon**. The evaluation of antioxidant capacities and total phenolic contents in local vegetable sprouts. *Pure and Applied Chemistry International Conferenc (PACCON 2016).* February, 9-10, 2016

10. Somsuk Trisupakitti, Sarin Thongthummachat, **Butsayamat Rattanadon** and Pornpimol Ponkham. Preparation of Chromium Zinc Pyrophosphate Catalyst for Alternative Energy Synthesis. *The 41th National and 5th International Graduate Research Conference*, 8-9 December 2016, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Rayal Patronage.

11. **Butsayamat Rattanadon** Kwanyuen Leamsamrong and Thanonchat Imsombut. Effect of germination times on proximate compositions of black sesame sprouts (*Sesamum indicum* L.). *Pure and Applied Chemistry International Conferenc (PACCON 2017).* February, 2-3, 2017

12. Kwanyuen Leamsamrong**,** Chanantida Chondech**,** Jiraporn Pookongnil, Rosjarin Poopasee and **Butsayamat Rattanadon**. Antioxidant activity, total polyphenol and flavonoid content of ethanolic extract of young galangal (*Alpinia galangal* (L.) Willd.) *Pure and Applied Chemistry International Conferenc (PACCON 2017).* February, 2-3, 2017

13. Leamsamrong, K., Thornpho, W., **Rattanadon, B**., & Thongthummachat, S. (2018) The relationship between free radical scavenging activities and germination time of peanut (*Arachis hypogaea* L.) extracts. In *Pure and applied chemistry international conference (PACCON 2018).* Organized by The Chemical Society of Thailand under the Patronage of Professor Dr. HRH Princess Chulabhorn, Bangkok. (Proceeding)

14. Thongthummachat, S., Thornpho, W., Buttda, R., **Rattanadon**, **B**., Uansiri, S., & Leamsamrong, K. (2018, February). Total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of peacock (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw) seed kernel. Pure and applied chemistry international conference, Songkhla. (Poster)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

15. Thongthummachat, S., Ponkham, P., Wanich, S., **Rattanadon, B.,** Kengchuwong, M., & Leamsamrong, K. (2018). Nutritional Compositions and Antioxidant Activities of Makamong (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) *Craib*), Flower Fence (*Caesalpinia pulchrrima* (L.) Sw.) and Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Kernels. *Prawarun Agr. J.*, 15 (Suppl.1), 40-47. (TCI 1)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY