บทที่ 3
ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลจากการวิจัยที่ผ่านมา และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศที่มีรายงานการใช้พืชสมุนไพรในการบำรุงสุขภาพผม และได้ทำการคัดเลือกชนิดพืชพื้นที่สูงที่น่าจะศักยภาพสำหรับนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผม 3 ชนิด ได้แก่ หญ้าถอดบ้อง ขิง และ มะขามป้อม ซึ่งได้ทำการจัดหาสมุนไพร เพื่อนำมาสกัดเอาสารสำคัญ ทำการสกัดส่วนสกัดสมุนไพรเพื่อการทดสอบและการเตรียมการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผม รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ และทดสอบคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืชเบื้องต้น ได้ผลดังนี้

1. การสกัดตัวอย่างพืช

พืชตัวอย่างได้แก่ หญ้าถอดบ้อง ขิง และ มะขามป้อม ถูกนำมาทำให้แห้งในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส แบบ air flow เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนแห้งสนิท จากนั้นจึงทำการสกัดด้วยตัวทำทำละลาย 95% ethanol ครั้งละ 24 ชั่วโมง เป็นจำนวณสองครั้ง รวมเวลาสกัด 48 ชั่วโมง โดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและป้องกันจากแสงสว่าง รวบรวมส่วนสกัดทั้งสองครั้ง แยกกากออกจากสารละลายด้วยการกรองผ่านตะแกรง ส่วนสารละลายที่ได้นำมากรองหยาบด้วยการผ่านสำลี กรองละเอียดซ้ำด้วยการกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 และนำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Rotary evaporator

ส่วนสกัดที่ได้ ทำการละลายกลับด้วย 95% ethanol ชั่งน้ำหนัก และเตรียมให้เป็นสารละลายส่วนสกัดเข้มข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในขวดปิดแน่นกันแสง โดยที่ **(รูปที่ 5)**:

A) สารสกัดมะขามป้อม (Gooseberry extract: GBE)

เตรียมที่ความเข้มข้น 75 g dry weight/100 ml มีลักษณะใส สีน้ำตาลเข้ม

B) สารสกัดขิง (Ginger extract: GGE)

เตรียมที่ความเข้มข้น 37.5 g dry weight/100 ml มีลักษณะใส สีเหลืองเข้ม

C) สารสกัดหญ้าถอดบ้อง (Horsetail extract: HTE)

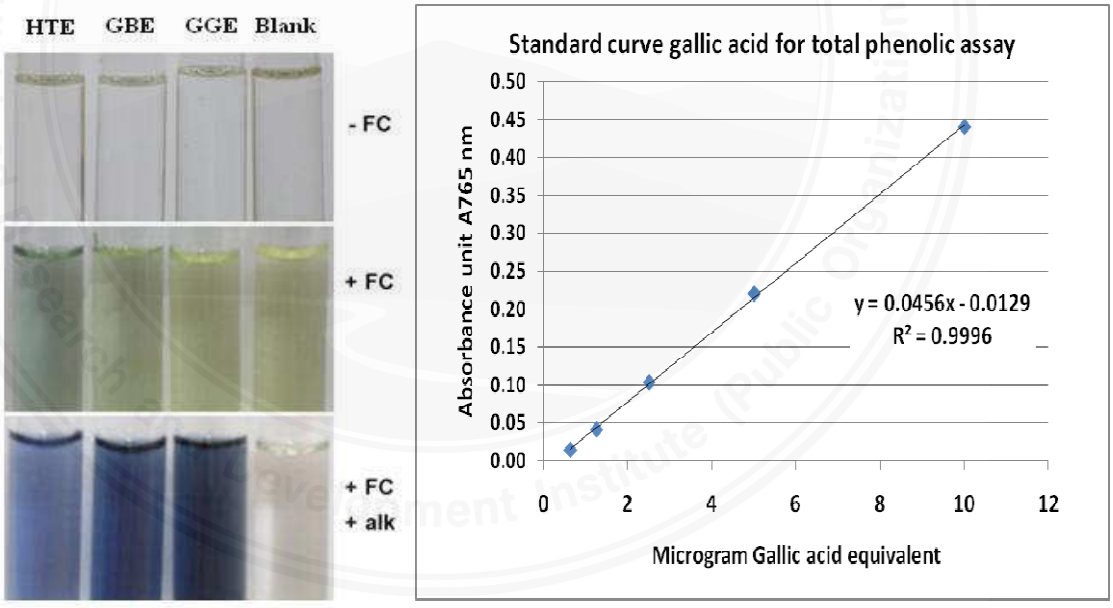
เตรียมที่ความเข้มข้น 50 g dry weight/100 ml มีลักษณะใส สีเขียวเข้ม

A) Gooseberry extract 75 g/100ml	B) Ginger extract 37.5 g/100ml	C) Horsetail extract 50 g/100ml

รูปที่ 5: A) สารสกัดมะขามป้อม B) สารสกัดขิง C) สารสกัดหญ้าถอดบ้อง

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากสารสกัดพืชด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Phenol Assay

สารสกัดพืชที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกโดยวิธี Folin-Ciocalteu method เทียบกับสารมาตรฐาน gallic acid โดย สารสกัด 20 ไมโครลิตร (เข้มข้น 1 mg/ml) จะถูกนำมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu reagent 100 ไมโครลิตร และ 7.5% Na_2CO_3 2 มิลลิลิตร การบ่มที่ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นที่ 765 nm โดยความเข้มของสีจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่าง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ที่ความเข้มข้น 0.1-1.0 mg/ml ปริมาณฟีนอลิกรวมรายงานในหน่วย milligrams of gallic acid equivalent per gram of dry weight (mg GAE/g) of extracts



รูปที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu Phenol Assay

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีในสารสกัดพืช ผลปรากฏว่า

A) **สารสกัดมะขามป้อม (Gooseberry extract: GBE)**

เตรียมที่ความเข้มข้น 75 g dry weight/100 ml มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 406 mg GAE/100 g dry weight

B) **สารสกัดขิง (Ginger extract: GGE)**

เตรียมที่ความเข้มข้น 37.5 g dry weight/100 ml มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 796 mg GAE/100 g dry weight

C) **สารสกัดหญ้าถอดบ้อง (Horsetail extract: HTE)**

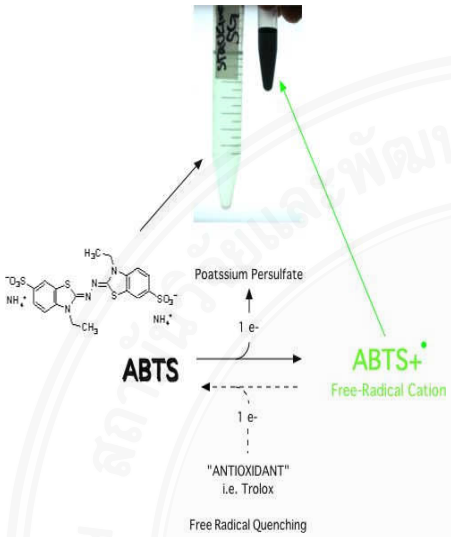
เตรียมที่ความเข้มข้น 50 g dry weight/100 ml ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 236 mg GAE/100 g dry weight

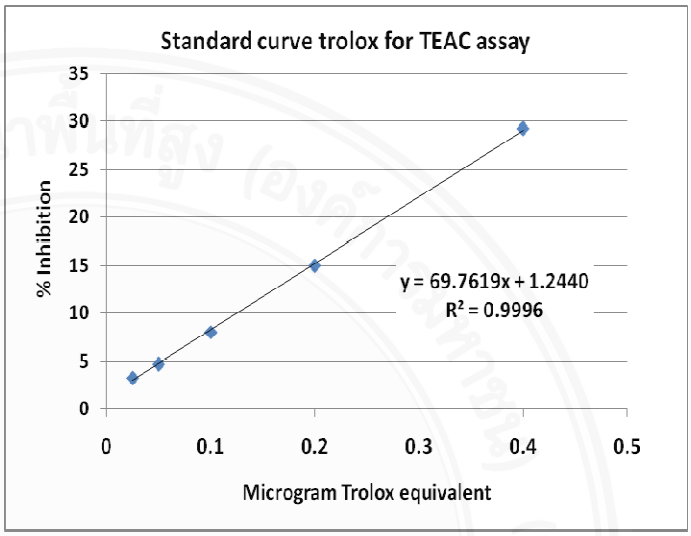
3. การวิเคราะห์คุณสมบัติต้านออกซิเดชันโดยวิธี ABTS Cation Decolorization Assay

สารทดสอบ ได้แก่ 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) ถูกเตรียมให้อยู่ในรูปอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เตรียมโดยการทำปฏิกิริยาของ 14 mM ABTS ในสารละลาย 4.95 mM potassium persulfate อัตราส่วน 1:1 (v/v) ตั้งในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ก่อนทำการทดลอง นำสารละลายอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ ที่เตรียมได้มาเตรียมให้อยู่ในรูป working solution ที่มีความเข้มข้นพอเหมาะโดยการเจือจางด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm เท่ากับ 0.70 ± 0.02

สารละลาย working solution 2.0 มิลลิลิตร นำมาทำปฏิกิริยากับสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม (ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ ให้ค่า % Inhibition อยู่ระหว่าง 5-80%) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox (water soluble vitamin E derivative) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ 734 โนเมตร คำนวณ % inhibition และหาค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชัน เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox โดยรายงาน TEAC value (Trolx Equivalent Antioxidant Capacity) ในหน่วย

เทียบเท่า milligrams of trolox equivalent antioxidant capacity per gram of dry weight (mg TEAC/g) of extracts





รูปที่ 7 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี ABTS Cation Decolorization Assay

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช ผลปรากฏว่า

A) **สารสกัดมะขามป้อม (Gooseberry extract: GBE)**

เตรียมที่ความเข้มข้น 75 g dry weight/100 ml มีค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Trolox เท่ากับ 13.98 mg TEAC/100 g dry weight

B) **สารสกัดขิง (Ginger extract: GGE)**

เตรียมที่ความเข้มข้น 37.5 g dry weight/100 ml มีค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Trolox 17.25 mg TEAC/100 g dry weight

C) **สารสกัดหญ้าถอดบ้อง (Horsetail extract: HTE)**

เตรียมที่ความเข้มข้น 50 g dry weight/100 ml มีค่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Trolox 23.42 mg TEAC/100 g dry weight

จากผลการวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สรุปได้ว่า สารสกัดพืชจากท้องถิ่นพื้นที่สูงทั้งสามชนิด มีคุณสมบัติที่ดีเนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในเกณฑ์สูง (มากกว่า 100 mg/g dry weight) โดยสารสกัดเอธานอลของขิงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำหนักแห้งที่ใช้เท่ากัน ในขณะที่สารสกัดเอธานอลของหญ้าถอดบ้องมีคุณสมบัติต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด จึงน่าจะมีแนวโน้มในการยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยน testosterone เป็น dihydrotestosteron ซึ่งเป็นปฏิกิริยารีดักชั่งเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ 5-alpha reductase ได้ดี ทั้งนี้ทั้งนั้นค่าคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันไม่ได้เป็นไปในทางเดียวกันกับค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เป็นไปได้ว่าสารสำคัญที่อยู่ในสารสกัดพืช อาจมีสารอื่นนอกเหนือจากสารประกอบฟีนอลิก อันจะได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5-alpha reductase ในขั้นตอนต่อไป

4.1 การวิเคราะห์กัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟฟีผิวบาง

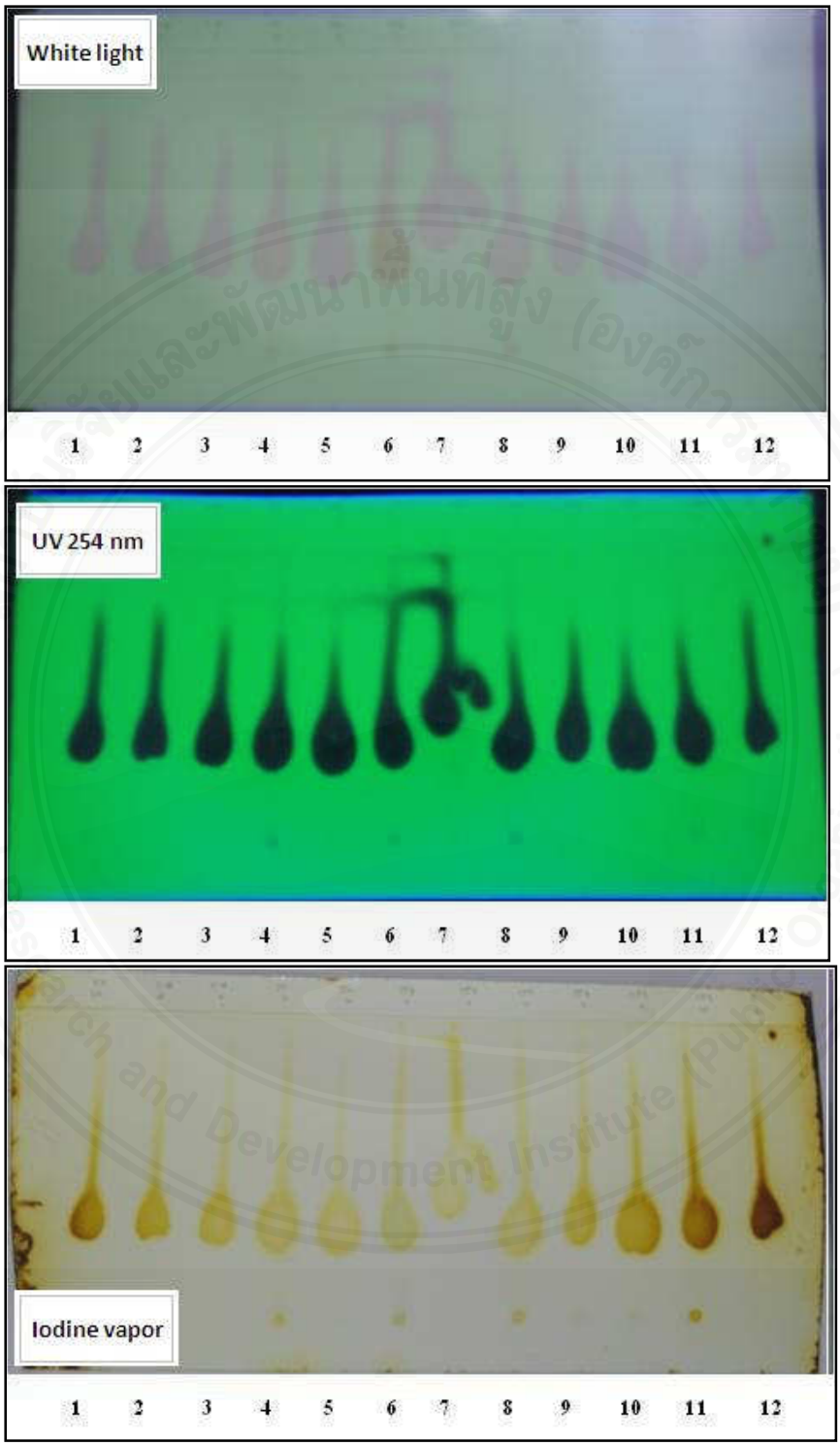
เอนไซม์ 5-alpha reductase มีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนฮอร์โมน testosterone เป็น dihydrotestosterone ซึ่งออกฤทธิ์รุนแรงกว่า แล้วส่งผลทำให้การทำลายเซลล์เส้นผมและทำให้เกิดผมร่วงตามมา สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5-alpha reductase จะสามารถหยุดยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ได้และช่วยป้องกันผมร่วงหรือศรีษะล้านได้

การศึกษาในหลอดทดลองครั้งนี้จะใช้เอนไซม์ 5-alpha reductase เร่งการเปลี่ยนฮอร์โมน testosterone ในสภาวะที่มี NADPH เป็นโคเอนไซม์ให้กลายเป็นสารผลิตภัณฑ์ dihydrotestosterone สารสกัดพืชที่นำมาทดสอบที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานเอนไซม์ 5-alpha reductase จึงทำให้การสร้าง dihydrotestosterone และปริมาณ NADPH คงเหลือลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับสารสกัด

หลังจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดพืชกับสารละลาย testosterone และ พลาสมาที่มีเอนไซม์ 5-alpha reductase ผสมอยู่ ทำการสกัด dihydroxytestosterone ด้วยสารละลายอีเธอร์ นำส่วนสกัดอีเธอร์ที่ได้ไปทำการระเหยให้แห้งภายใต้ไอก๊าซไนโตรเจน แล้วเตรียมเป็นสารละลายในเมทธานอลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ ด้วยวิธี thin-layer chromatography (TLC) เปรียบเทียบกับผลจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เติมสารทดสอบ

ผลจากการทดสอบปริมาณสเตียรอยด์ด้วยวิธี thin-layer chromatography (TLC) เมื่อสารทดสอบเรียงลำดับ ดังนี้

1) สารละลายมาตรฐาน Testosterone 1 mM (Rf Control)
2) สารละลายควบคุม Testosterone + Ethanol (Negative Control)
3) สารละลายควบคุม Testosterone + 5-alpha reductase + Ethanol (Positive Control)
4) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Ginger extract (GGE) 37.5 g/100 ml
5) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Gooseberry extract (GBE) 75 g/100 ml
6) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Horsetail extract (HTE) 50 g/100 ml
7) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Ginger oil (GGO)
8) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Ginger extract (GGE)
9) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Gooseberry extract (GBE)
10) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Ginseng extract (GSE)
11) สารละลายทดสอบ Testosterone + 5-alpha reductase + Hair tonic Rx1 (HTR1)
12) สารละลายมาตรฐาน Testosterone 0.5 mM (Rf Control)



รูปที่ 8 การวิเคราะห์กัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟฟีผิวบาง

ค่าความเข้มของ spot บนโครมาโตรกราฟฟีผิวบางที่อบด้วยไอไอดีน ถูกนำไปอ่านด้วยเครื่องมืออ่านความเข้มสี (Gel Doc: Gel system) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณ Dihydrotestosterone รายงานผลค่าการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ในรูป % inhibition เปรียบเทียบกับหลอดควบคุม (Positive control) ได้ผลสรุปดังนี้

A) สารสกัดมะขามป้อม (Gooseberry extract: GBE)

- เตรียมที่ความเข้มข้น 75 g dry weight/100 ml มีค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เทียบเท่ากับ positive control เท่ากับ **19.1 % Inhibition**
- คิดเป็นค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เท่ากับ **1.02 % Inhibition/g dry wt./100 ml**

B) สารสกัดขิง (Ginger extract: GGE)

- เตรียมที่ความเข้มข้น 37.5 g dry weight/100 ml มีค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เทียบเท่ากับ positive control เท่ากับ **23.3 % Inhibition**
- คิดเป็นค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เท่ากับ **2.49 % Inhibition/g dry wt./100 ml**

C) สารสกัดหญ้าถอดบ้อง (Horsetail extract: HTE)

- เตรียมที่ความเข้มข้น 50 g dry weight/100 ml มีค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เทียบเท่ากับ positive control เท่ากับ **33.2 % Inhibition**

- คิดเป็นค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เท่ากับ **2.65 % Inhibition/g dry wt./100 ml**

D) สารสกัดน้ำมันขิงบริสุทธิ์ (Ginger oil)

- มีค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เทียบเท่ากับ positive control เท่ากับ **43.6 % Inhibition**

4.2 ผลการวิเคราะห์การยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase จากพลาสมาด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมทรี

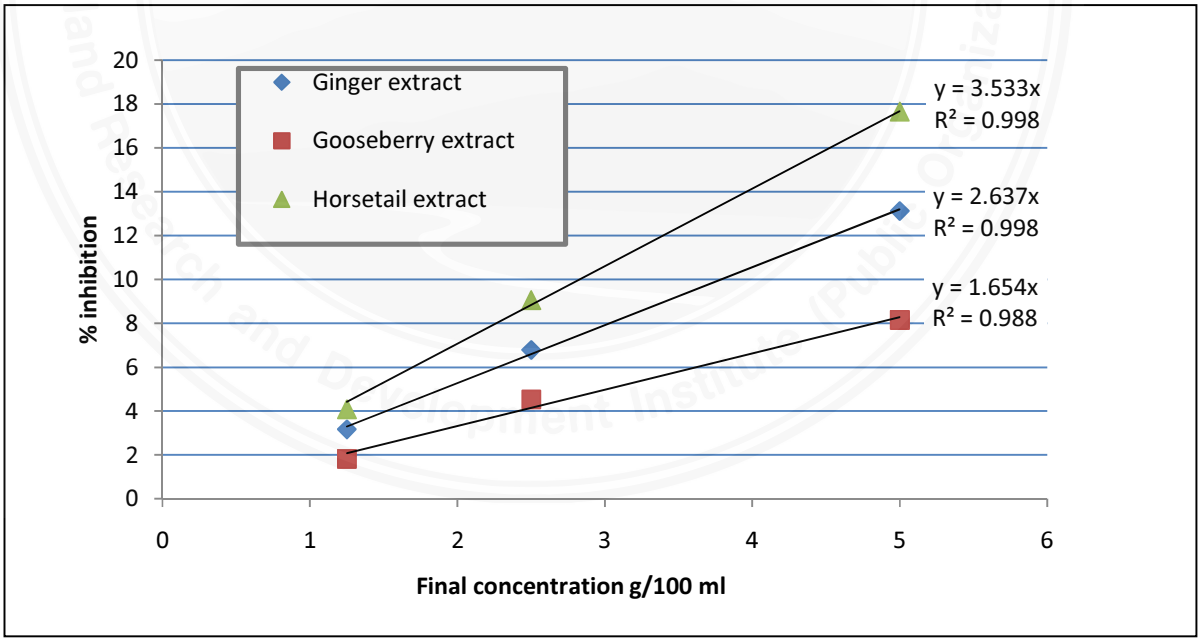
เมื่อนำพลาสมาซึ่งเป็นแหล่งของเอนไซม์ 5-alpha reductase มาทำปฏิกิริยากับสารสกัดพืชที่ต้องการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในสภาวะที่มีสารละลายสับเตรทที่ประกอบด้วย testosterone และ NADPH

กัมมันตภาพของเอนไซม์ 5-alpha reductase แปรผกผันกับระดับของ NADPH ที่ลดลง สารมารถติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับ NADPH ด้วยการทำปฏิกิริยากับสารละลายทดสอบ 5,5'-Dithiobis (2-nitrobenzoic acid) [DTNB] และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร

รายงานค่าความสามารถของการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ของสารสกัดพืชในรูป % Inhibition โดยเปรียบเทียบกับค่าระดับ NADPH จากหลอดควบคุมที่ไม่มีสารสกัด เป็น 100% ได้ผลสรุปว่าสารสกัดเอทานอลหญ้าถอดบ้อง (Horsetail extract: HTE) มีความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดขิงและสารสกัดมะขามป้อม ตามลำดับ ดังแสดงใน **ตารางที่ 1 และ รูปที่ 9**

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณความสามารถของสารสกัดต่อการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ในพลาสมา

สารสกัด	ความเข้มข้น (g dry wt./100 ml)	% Inhibition	% Inhibition/g dry wt./100 ml	
สารสกัดมะขามป้อม (GBE)	20	8.14	1.63	เฉลี่ย 1.63 % ต่อ g dry wt./100 ml
	10	4.52	1.81	
	5	1.81	1.45	
สารสกัดขิง (GGE)	20	13.12	2.62	เฉลี่ย 2.62 % ต่อ g dry wt./100 ml
	10	6.79	2.72	
	5	3.17	2.53	
สารสกัดหญ้าถอดป้อง (HTE)	20	17.65	3.53	เฉลี่ย 3.47 % ต่อ g dry wt./100 ml
	10	9.05	3.62	
	5	4.07	3.26	



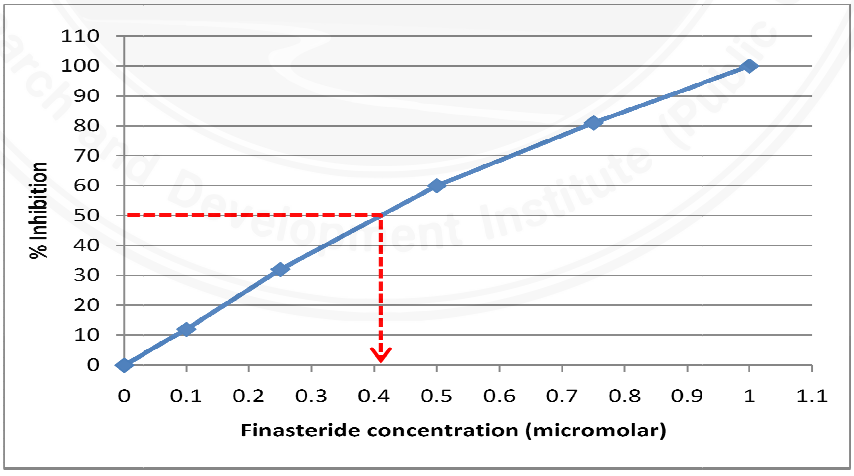
รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของสารสกัดพืชพื้นที่สูงในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase จากพลาสมาด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมทรี

4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase จากไมโครโซมด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมทรี

เอนไซม์ 5-alpha reductase เป็นเอนไซม์ที่มีมากในส่วนไมโครโซมของเซลล์ตับ ดังนั้นจึงได้ทำการสกัดแยกไมโครโซมจากชิ้นส่วนตับของหนูทดลองพันธุ์ Wistar rat เพศผู้ อายุ 6-12 เดือน

หนูทดลองถูกนำมาทำการุณฆาตโดยการดมสลบด้วยสารละลายอีเทอร์ ทำการตัดชิ้นตับ ล้างด้วยฟอตเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 ภายในความเย็น ตับที่ล้างเรียบร้อยแล้วนำมาตัดเป็นชิ้นละเอียด และย่อยด้วยเครื่อง homogenizer ในสารละลายผสม 0.32 M sucrose และ 1 mM dithiothreitol ใน 0.02 M phosphate buffer (pH6.5) ทำการปั่นแยกส่วนไมโครโซมโดยใช้เครื่องปั่นแหวี่ยงความเร็วสูง ที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บชั้นสารละลายซึ่งมีไมโครโซมเป็นส่วนประกอบที่อุณหภูมิ -20 องศาสเซลเซียส เพื่อเป็นแหล่งของเอนไซม์ 5-alpha reductase สำหรับใช้ทดสอบกัมมันตภาพเอนไซม์ต่อไป

ค่าความสามารถของการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ของสารสกัดหญ้าถอดบ้องที่ผ่านขั้นตอนการสกัดแยกคลอโรฟิลล์ด้วยวิธี liquid-liquid extraction รายงานในรูป % Inhibition โดยเทียบเท่ากับความสามารถของยา Finasteride ในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ในหน่วย mg Finasteride equivalent [FNE]/ g dry weight



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ของสารละลายยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ด้วยเทคนิคสเปคโตรโฟโตเมทรี

จาก**รูปที่ 10** ค่าความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ที่ 50% Inhibition (50% Inhibition concentration: IC50) ของยา Finasteride มีค่า 0.41 ไมโครโมลาร์ (เทียบเท่ากับ 0.145 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

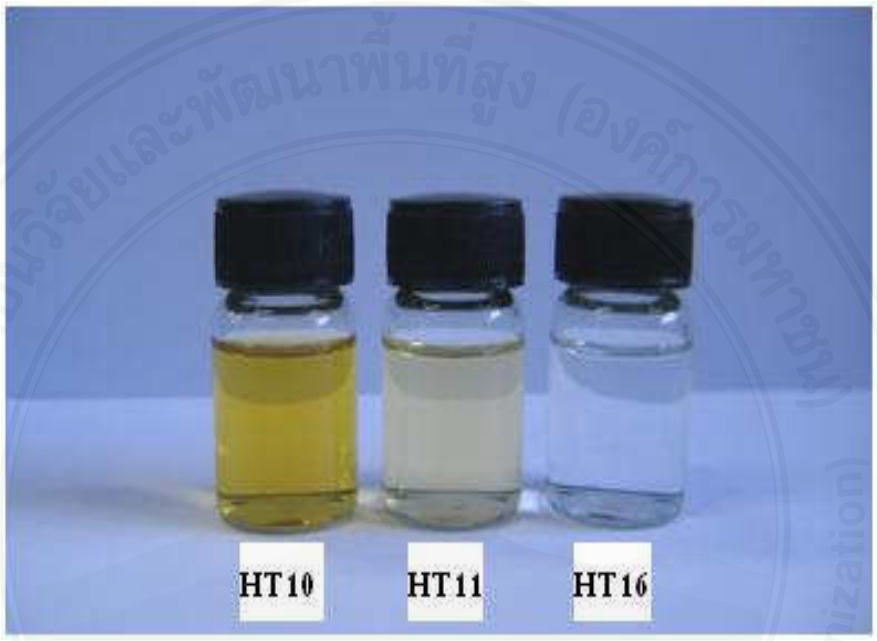
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase II จากไมโครโซมของเซลล์ตับ

สารสกัดพืช	**% inhibition**	**mg finasteride/g extract**	**mg finasteride/g dry weight**
สารสกัดหญ้าถอดบ้อง	6.03+0.81	5.81+0.78	2.01+0.26
สารสกัดขิง	4.21+0.95	2.51+0.57	1.40+0.32
สารสกัดน้ำมันขิง	6.63+0.92	2.21+0.29	-
สารสกัดหญ้าถอดบ้อง+ สารสกัดน้ำมันขิง	6.11+0.87	4.04+0.38	-

สารสกัดหญ้าถอดบ้องที่ผ่านกระบวนการสกัดแยกคลอโรฟิลล์ เตรียมที่ความเข้มข้น 2 mg crude extract/ml ให้ค่า % Inhibition เท่ากับ 6.03$\pm$0.81 % คำนวณได้เทียบเท่ากับ **2.01$\pm$0.26 mg finasteride/g dry weight** การใช้ยาฟีแนสเตอไรด์ ซึ่งเป็นยาออกฤทธิ์โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5- alpha-reductase ในการรักษาภาวะผมร่วงนั้น นิยมใช้ขนาดยาที่ 1 มิลลิกรัมฟีแนสเตอไรด์ต่อวัน จากค่าการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ของสารสกัดหญ้าถอดบ้อง เทียบเท่ากับฟีแนสเตอไรด์ประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักพืชแห้งก่อนสกัด 1 กรัม จึงถือได้ว่าสารสกัดเอทานอลจากหญ้าถอดบ้องน่าจะมีคุณสมบัติการต้านผมร่วงได้ดีเทียบเท่ากับยามาตรฐาน มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการเลือกใช้เป็นตัวยาออกฤทธิ์ในตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมต่อไป

5. การเตรียมและพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผม (hair tonic)

Hair tonic ที่เตรียมได้เป็นสารละลายใส ไม่ข้นเหนียว มีสีเหลืองเจือจางถึงสีน้ำตาลเจือจาง ขึ้นกับชนิดส่วนประกอบและปริมาณสารสกัดที่เติมลงใน hair tonic ดังแสดงใน**ตารางที่ 3 - 6**



รูปที่ 11 ลักษณะตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่เตรียมได้มีสีเหลืองเจือจางถึงสีน้ำตาลเจือจาง

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของ hair tonic สูตรที่ 1-4

ส่วนประกอบ (g)	HT-1	HT-2	HT-3	HT-4
Horse tail extract	-	-	-	-
Ginger extract	-	-	-	-
Ginseng extract	-	-	-	-
Almond oil	-	-	-	1.00
Menthol	0.50	0.50	0.50	0.50
Octyldodecanol	1.00	1.00	1.00	0.50
Phenoxyethanol and parabens	0.50	0.50	0.50	0.50
Propylene glycol	0.50	0.50	0.50	0.50
Cyclomethicone	8.50	8.00	8.00	8.00
Phenyltrimethicone	0.50	1.00	1.00	1.00
PEG 7 glyceryl cocoate	1.00	-	-	0.00
Decyl oleate	-	1.00	1.00	0.50
Tocopherol acetate	1.00	2.00	2.00	2.00
DC CB 3021	-	-	1.00	1.00
Disodium EDTA 5%	1.00	0.50	0.50	0.20
D-panthenol 50%	2.00	2.00	2.00	2.00
De-ethanol	83.50	83.00	82.00	82.30
Perfume	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของ hair tonic สูตรที่ 5-8

ส่วนประกอบ (g)	HT-5	HT-6	HT-7	HT-8
Horse tail extract	-	-	9.00	9.00
Ginger extract	-	-	-	-
Ginseng extract	-	-	-	-
Almond oil	-	0.50	0.50	0.50
Menthol	0.50	0.50	0.50	0.50
Octyldodecanol	0.50	1.50	1.50	8.00
Phenoxyethanol and parabens	0.50	0.50	0.50	0.50
Propylene glycol	0.50	0.50	0.50	0.50
Cyclomethicone	8.00	8.00	8.00	8.00
Phenyltrimethicone	1.00	1.00	1.00	1.00
Decyl oleate	0.50	0.50	0.50	0.50
Tocopherol acetate	2.00	2.00	2.00	2.00
DC CB 3021	1.00	1.00	1.00	1.00
D-panthenol 50%	2.00	2.00	2.00	2.00
De-ethanol	83.50	82.00	73.00	66.50
Perfume	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของ hair tonic สูตรที่ 9-12

ส่วนประกอบ (g)	HT-9	HT-10	HT-11	HT-12
Horse tail extract	-	-	5.00	10.00
Ginger extract	25.00	12.50	-	-
Ginseng extract	-	-	-	-
Almond oil	0.50	0.50	0.50	0.50
Menthol	0.50	0.50	0.50	0.50
Octyldodecanol	8.00	8.00	8.00	8.50
Phenoxyethano and parabens	0.50	0.50	0.50	0.50
Propylene glycol	0.50	0.50	0.50	0.50
Cyclomethicone	8.00	20.50	12.00	8.00
Phenyltrimethicone	1.00	1.00	1.00	1.00
Decyl oleate	0.50	0.50	0.50	0.50
Tocopherol acetate	2.00	2.00	2.00	2.00
DC CB 3021	1.00	1.00	1.00	1.00
D-panthenol 50%	2.00	2.00	2.00	2.00
De-ethanol	50.50	50.50	66.50	65.00
Perfume	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของ hair tonic สูตรที่ 13-16

ส่วนประกอบ (g)	HT-13	HT-14	HT-15	HT-16
Horse tail extract	5.00	-	4.50	-
Ginger extract	11.00	-	-	-
Ginseng extract	-	5.00	5.00	-
Almond oil	0.50	0.50	0.50	0.50
Menthol	0.50	0.50	0.50	0.50
Octyldodecanol	8.00	8.50	8.70	8.00
Phenoxyethanol and parabens	0.50	0.50	0.50	0.50
Propylene glycol	0.50	0.50	0.50	0.50
Cyclomethicone	8.00	8.00	8.00	8.00
Phenyltrimethicone	1.00	1.00	1.00	1.00
Decyl oleate	0.50	0.50	0.50	0.50
Tocopherol acetate	2.00	2.00	2.00	2.00
DC CB 3021	1.00	1.00	1.00	1.00
D-panthenol 50%	2.00	2.00	2.00	2.00
De-ethanol	59.50	70.00	65.30	75.50
Perfume	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

ตำรับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากระเบียบวิธีวิจัยหัวข้อที่ 5 ซึ่งมีคุณลักษณะความข้นหนืด ความใส และความเข้ากันได้ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ได้แก่ตำรับที่ HT9 - HT16 ถูกนำมาทดสอบหาประสิทธิภาพของตำรับผลิตภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน เปรียบเทียบกับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ และผลิตภัณฑ์รักษาผมร่วงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอีก 1 ชนิด (Market product 1) โดยผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ hair tonic spray ระบุสรรพคุณยับยั้งผมร่วงและเสริมสร้างเส้นผมใหม่ มีส่วนผสมของสารสกัดโสมและ Anageline จากสารสกัด white sweet lupine เป็นส่วนประกอบหลัก

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 7 พบว่า ตำรับ hair tonic ที่ได้ มีปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่แตกต่างกัน ตามความแตกต่างขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของส่วนประกอบที่ใช้

Hair tonic ตำรับที่มีส่วนประกอบของสารสกัดขิง (Ginger extract) เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ตำรับ HT-9 และ HT-10 จะมีค่าปริมาณฟีนอลิก รวมและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมากกว่าตำรับที่มีสารสกัดหญ้าถอดบ้อง (Horsetail extract) เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดขิงมีความอุดมด้วยสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันสูง และคุณสมบัติดังกล่าวแสดงออกมากขึ้นตามความเข้มข้น

ตำรับที่มีการผสมทั้งสารสกัดขิงและสารสกัดหญ้าถอดบ้อง ได้แก่ตำรับ HT-13 เป็นตำรับที่มีค่าปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับ Hair tonic ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (Market product 1) พบว่ามีคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันได้ใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ดี ค่าปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่วัดได้นั้น จะถูกเก็บเป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้เอกลักษณ์ของสารสำคัญในตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมที่เตรียมได้ ส่วนการคัดเลือกตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมที่ดีที่สุดนั้น จะพิจารณาจากคุณสมบัติการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase เป็นหลัก

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมตำรับต่าง ๆ

ตำรับ Hair tonic	ปริมาณฟีนอลิกรวม (µmol GAE/l)	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (µg TEAC/ml)
Finasteride 1mg/ml	15	1.1
HT9	1832	64.6
HT10	1275	54.0
HT11	67	1.4
HT12	114	9.3
HT13	1048	41.1
HT14	317	0.2
HT15	209	0.3
HT16	204	0.02
Market product 1	383	42.2

6. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งการหลุดร่วงของผมโดยตรวจวัดกัมมันตภาพของเอนไซม์ 5-alpha reductase

ตำรับผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกจากระเบียบวิธีวิจัยหัวข้อที่ 5 ได้แก่ตำรับที่ HT9 - HT16 ถูกนำมาทดสอบหาประสิทธิภาพของตำรับผลิตภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์หาความสามารถในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ด้วยวิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกับระเบียบวิธีวิจัยหัวข้อที่ 3 โดยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ และผลิตภัณฑ์รักษาผมร่วงที่มี

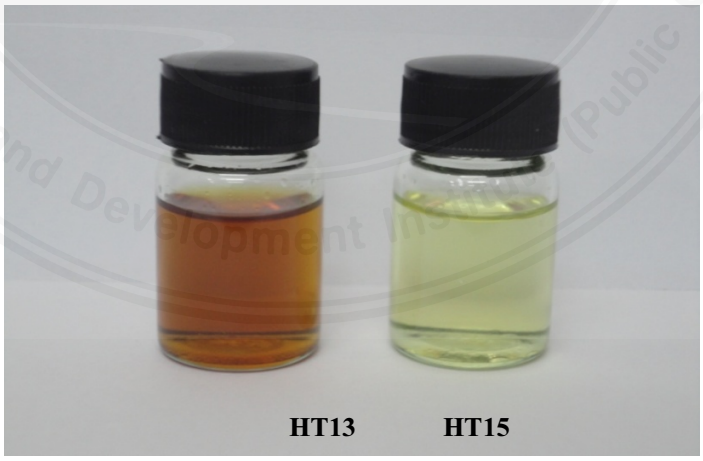
จำหน่ายในท้องตลาดอีก 1 ชนิด (Market product 1) โดยผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ hair tonic spray ระบุสรรพคุณยับยั้งผมร่วงและเสริมสร้างเส้นผมใหม่ มีส่วนผสมของสารสกัดโสมและ Anageline จากสารสกัด White sweet lupine เป็นส่วนประกอบหลัก ได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase II เทียบเท่ากับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ของตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผม

ตำรับ Hair tonic	% 5-alpha reductase Inhibition	ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase เทียบเท่ากับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์	
		(µg finasteride equivalent)	(µg finasteride equivalent/ml)
Finasteride (1 mg/ml)	**74.6**	**50.00**	**1000**
HT9	3.9	2.64	52.8
HT10	6.0	4.02	80.4
HT11	48.5	32.53	650.6
HT12	26.1	17.52	350.4
HT13	**62.4**	**41.82**	**836.4**
HT14	35.5	23.82	476.4
HT15	**73.3**	**49.11**	**982.2**
HT16	0.3	0.22	4.4
Market product 1	**74.7**	**50.09**	**1001.8**

ยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ มีขนาดยาที่แนะนำอยู่ที่ 1 mg ต่อวันสำหรับรูปแบบยารับประทาน และ 0.05-0.5% finasteride solution (0.5-5 mg/ml) สำหรับผลิตภัณฑ์ในรูปแบบสเปรย์ ซึ่งในขนาดยาที่แนะนำนี้จะส่งผลต่อการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase โดยเฉพาะ เอนไซม์ 5-alpha reductase ชนิดที่ 2 (5-alpha reductase II) ซึ่งพบมากในเซลล์รากผมและเป็นสาเหตุหลักของโรคผมร่วงทางพันธุกรรม ได้กว่า 60-80%

ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase II ของตำรับ hair tonic เปรียบเทียบกับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ แสดงดังตารางที่ 8 สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ตำรับที่ HT15 และ HT13 มีประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase II เทียบเท่ากับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ดีที่สุด โดยให้ค่าประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase II เทียบเท่ากับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ 49.11 ไมโครกรัม และ 41.82 ไมโครกรัม ตามลำดับ (หรือเทียบเท่ากับขนาดยาไฟแนสเตอรไรด์ที่ 0.98 mg/ml สำหรับตำรับ HT15 และ 0.84 mg/ml สำหรับตำรับ HT13) นอกจากนี้ยังให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์รักษาผมร่วงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (Market product 1) ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ จึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ทั้งสองตำรับนี้เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผม ซึ่งจะได้ทำการทดสอบการระคายเคือง ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ และศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป

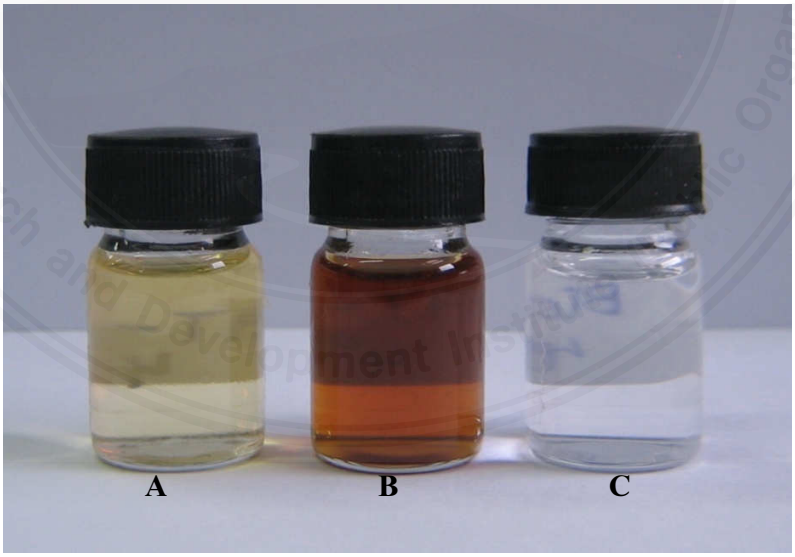


รูปที่ 12 ลักษณะตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginger extract (HT13) และ ตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginseng extract (HT15)

โดยในการพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์ ได้มีการปรับส่วนประกอบในตำรับผลิตภัณฑ์ HT13 และ HT 15 เพิ่มเติมการปรับแต่งกลิ่นให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

- Hair tonic ตำรับที่ **HT13** ซึ่งประกอบด้วย Horse tail extract และ Ginger extract ปรับปรุงเปลี่ยนเป็นตำรับที่ **HT18**
- Hair tonic ตำรับที่ **HT15** ซึ่งประกอบด้วย Horse tail extract และ Ginseng extract ปรับปรุงเปลี่ยนเป็นตำรับที่ **HT17**
- Hair tonic ตำรับที่ HT19 ประกอบด้วยส่วนประกอบอื่นๆของตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผม แต่ไม่มี Horse tail extract, Ginger extract และ Ginseng extract เป็นส่วนประกอบ ใช้เพื่อเป็นตัวควบคุมเปรียบเทียบสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้

Hair tonic ที่เตรียมได้เป็นสารละลายใส มีสีเหลืองเจือจางถึงสีน้ำตาล โดยความเข้มของสีขึ้นกับชนิดและปริมาณสารสกัดที่เติมลงใน hair tonic รูปที่ 13 ส่วนประกอบและปริมาณสารใน hair tonic ดังแสดงในตารางที่ 9



รูปที่ 13 Hair tonic ที่ประกอบด้วย horsetail extract และginseng extract (HT18) (A) horsetail extract และ ginger extract (HT17) (B) และ Blank (HT19) (C)

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบส่วนประกอบของ hair tonic สูตรที่ 13-19

ส่วนประกอบ (g)	HT-13	HT-15	HT-17	HT-18	HT-19
Horse tail extract	5.00	4.50	5.00	5.00	-
Ginger extract	11.00	-	-	11.00	-
Ginseng extract	-	5.00	5.00	-	-
Almond oil	0.50	0.50	-	-	-
Menthol	0.50	0.50	0.43	0.50	0.43
Octyldodecanol	8.00	8.70	1.00	2.00	1.00
Phenoxyethanol and parabens	0.50	0.50	0.43	0.50	0.43
Propylene glycol	0.50	0.50	0.43	0.50	0.43
Cyclomethicone	8.00	8.00	5.00	5.00	5.00
Phenyltrimethicone	1.00	1.00	-	-	-
Decyl oleate	0.50	0.50	0.43	0.50	0.43
Tocopherol acetate	2.00	2.00	1.71	2.00	1.71
DC CB 3021	1.00	1.00	-	-	-
D-panthenol 50%	2.00	2.00	3.43	4.00	3.43
De-ethanol	59.50	65.30	77.14	69.00	77.14
Perfume	-	-	qs.	qs.	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00
pH	-	-	2.0	2.0	5.0

7. การทดสอบการระคายเคืองผิวของผลิตภัณฑ์บำรุงผมในอาสาสมัคร

การทดสอบการระคายเคืองผิวของผลิตภัณฑ์บำรุงผม ในอาสาสมัครหญิงและชาย อายุ 25-67 ปี จำนวน 20 คน ทดสอบโดยให้อาสาสมัครทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สังเกตุผลการระคายเคืองในบริเวณที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ หลังจากการใช้ โดยสเปรย์ hair tonic ที่ผิวบริเวณแขนด้านในระหว่างไหล่ถึงข้อศอก 3 ครั้ง โดยสเปรย์แต่ละครั้งและทิ้งให้แห้งประมาณ 30 วินาที ก่อนที่จะสเปรย์ครั้งต่อไปจนครบ 3 ครั้ง ทิ้งไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบ 4 ชั่วโมงจึง ประเมินผล 4 ครั้งดังนี้ ประเมินทันที ประเมิน 24, 48, และ 72 ชั่วโมงหลังสเปรย์ hair tonic โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

0 ไม่เกิดปฏิกิริยาการระคายเคืองใดๆ

\+ เกิดอาการระคายเคืองเล็กน้อย (ผิวแดงเล็กน้อย หรือผิวบริเวณที่ปิดแผ่นสำลีที่มี hair tonic แห้งกว่าเดิม)

++ เกิดอาการระคายเคืองปานกลาง (ผิวแดงเป็นบริเวณกว้างกว่าบริเวณที่ปิดแผ่นสำลีที่มี hair tonic)

+++ เกิดอาการระคายเคืองรุนแรง (ผิวแดงเป็นบริเวณกว้าง และมีตุ่มน้ำเล็กๆเกิดขึ้น)

ผลจากการทดสอบการระคายเคืองในอาสาสมัครชาย-หญิงจำนวน 20 คน อายุ 25-67 ปี พบว่า hair tonic ที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginseng extract มีอาสาสมัครเกิดอาการระคายเคืองเล็กน้อย โดยมีผิวแดงเล็กน้อย บริเวณที่สเปรย์ hair tonic จำนวน 2 คน ส่วนอาสาสมัครอีก 1 คน เกิดอาการระคายเคืองเล็กน้อย บริเวณที่สเปรย์ hair tonic ทั้ง 2 ตำรับ คือตำรับที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginseng extract และตำรับที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginger extract อาสาสมัครทั้ง 3 รายแจ้งว่าเป็นผู้มีผิวที่แพ้ง่ายต่อสารต่างๆและน้ำหอม

8. การศึกษาความคงสภาพ

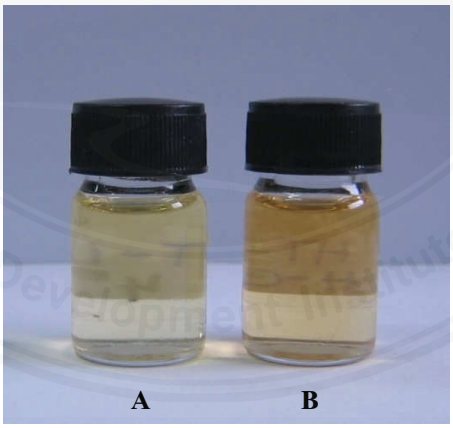
ทำการศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ hair tonic ใน 2 สภาพ ได้แก่

1) เก็บที่อุณหภูมิร้อนสลับเย็น โดยเก็บ hair tonic ไว้ที่อุณหภูมิ 4° ซ สลับกับอุณหภูมิ 45° ซ เก็บที่แต่ละอุณหภูมินาน 48 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดลอง 4 รอบ

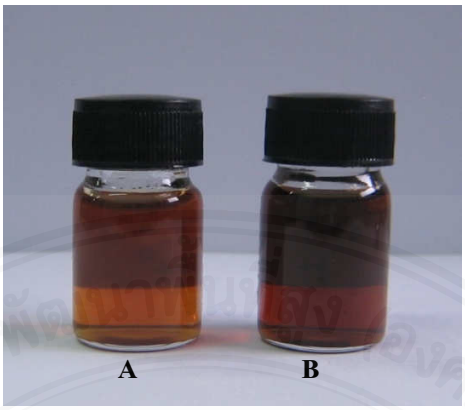
2) เก็บที่อุณหภูมิห้องปกติ โดยเก็บ hair tonic ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 °ซ) เป็นเวลา 3 สัปดาห์

เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด แบ่งตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (total phenolic compound) วัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) และฤทธิ์การยับยั้ง 5-alpha reductase II โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ และประเมินลักษณะที่ปรากฏ ได้แก่ กลิ่น สี และความเป็นกรดด่างของ hair tonic

ผลการศึกษาหลังจากเก็บไว้ในอุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนด พบว่าสีของ hair tonic เข้มขึ้นเล็กน้อย โดย pH ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงดังรูปที่ 14 และ รูปที่ 15



รูปที่ 14 Hair tonic ที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginseng extract ก่อน (A) และหลัง (B) ผ่าน heating – cooling 4 รอบ



รูปที่ 15 Hair tonic ที่ประกอบด้วย horsetail extract และ ginger extract ก่อน (A) และหลัง (B) ผ่าน heating – cooling 4 รอบ

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม (total phenolic compound) วัด antioxidant capacity และฤทธิ์การยับยั้ง 5-alpha reductase II ของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ ได้ผลสรุปดังตารางที่ 10-12

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของผลิตภัณฑ์ hair tonic ก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ (รายงานในหน่วย µmol Gallic acid equivalent/l)

ตำรับ hair tonic	ก่อนทดสอบความคงสภาพ	หลังผ่าน heating-cooling 4 รอบ	หลังเก็บที่อุณหภูมิห้อง 3 สัปดาห์
HT19 (Blank)	210±6 µmol/l	245±8 µmol/l	238±3 µmol/l
HT17 (Horse tail + Ginseng extract)	245±6 µmol/l	257±4 µmol/l	253±15 µmol/l
HT18 (Horse tail + Ginger extract)	1158±47 µmol/l	1506±70 µmol/l	1240±130 µmol/l
Market product 1	320±2 µmol/l	N/A	340±5 µmol/l

จากผลการทดสอบความคงสภาพพบว่าตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ประกอบด้วย Horse tail และ Ginseng extract มีปริมาณปริมาณฟีนอลิกรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ประกอบด้วย Horse tail และ Ginger extract มีปริมาณปริมาณฟีนอลิกรวมเพิ่มขึ้นมากกว่า ซึ่งปริมาณฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นไปในทางเดียวกันกับสีของผลิตภัณฑ์ที่เข้มขึ้น

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ hair tonic ก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ (รายงานในหน่วย mg Trolox equivalent/l)

ตำรับ hair tonic	ก่อนทดสอบความคงสภาพ	หลังผ่าน heating-cooling 4 รอบ	หลังเก็บที่อุณหภูมิห้อง 3 สัปดาห์
HT19 (Blank)	1.0±0.2 mg/l	0.3±0.1 mg/l	0.2±0.1 mg/l
HT17 (Horse tail + Ginseng extract)	23.0±0.4 mg/l	20.0±1.6 mg/l	20.0±1.2 mg/l
HT18 (Horse tail + Ginger extract)	32.1±0.7 mg/l	26.6±2.5 mg/l	30.1±1.3 mg/l
Market product 1	41.5±1.3 mg/l	N/A	30.5±2.6 mg/l

จากผลการทดสอบความคงสภาพพบว่าคุณสมบัติต้านออกซิเดชันของตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ประกอบด้วย Horse tail และ Ginseng extract และตำรับผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ประกอบด้วย Horse tail และ Ginger extract มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันลดลงเล็กน้อย โดยการผ่านอุณหภูมิสลับร้อน-เย็น มีผลต่อประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของ hair tonic มากกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับแสงโดยตรง จากการที่คุณสมบัติต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ hair tonic ที่ลดลงเพียงเล็กน้อยหลังการทดสอบความคงสภาพนี้ จึงสรุปว่า สมบัติการคงสภาพของสารสำคัญในผลิตภัณฑ์ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป ควรให้มีการเพิ่มเติมสารต้านออกซิเดชันลงในตำรับผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ลดลง

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 5-α-reductase ของผลิตภัณฑ์ hair tonic ก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ รายงานเป็นประสิทธิภาพการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-α-reductase type II ของยามาตรฐานไฟแนสเตอร์ไรด์ (mg finasteride equivalent/ml)

ตำรับ hair tonic	ก่อนทดสอบความคงสภาพ	หลังผ่าน heating-cooling 4 รอบ	หลังเก็บที่อุณหภูมิห้อง 3 สัปดาห์
HT19 (Blank)	0.01±0.00 mg/ml	0.01±0.00 mg/ml	0.01±0.00 mg/ml
HT17 (Horse tail + Ginseng extract)	0.90±0.02 mg/ml	0.78±0.03 mg/ml	0.79±0.03 mg/ml
HT18 (Horse tail + Ginger extract)	0.80±0.01 mg/ml	0.70±0.03 mg/ml	0.75±0.03 mg/ml
Market product 1	1.04±0.08 mg/ml	N/A	1.00±0.02 mg/ml

หมายเหตุ ค่าปริมาณประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase II ที่รายงานเทียบกับขนาดยาไฟแนสเตอร์ไรด์ที่ 1.00 mg/ml (หรือ 0.1 % finasteride solution)

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ของผลิตภัณฑ์ พบว่าประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพลดลงเล็กน้อย โดยผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS software: Mann-Whitney U test) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปว่าความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้ให้ผลที่น่าพอใจ

9. การทดสอบความพึงพอใจต่อการใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงผมในอาสาสมัคร

การประเมินความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ ทำโดยให้อาสาสมัครชาย-หญิง จำนวน 20 คน ทดลองใช้ hair tonic สเปรย์ทิ้งไว้บนเส้นผม ประมาณ 20 วินาที แล้วจึงให้อาสาสมัครประเมินความพึงพอใจเปรียบเทียบก่อนและหลังสเปรย์ hair tonic ด้วยการตอบแบบสอบถามที่แนบไว้ในภาคผนวก โดยให้คะแนน ดีมาก = 4 ดี = 3 พอใช้ = 2 และควรปรับปรุง = 1

จากการประเมินความพึงพอใจในอาสาสมัครชาย-หญิงจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 24-66 ปี ได้ผลการประเมินความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 13 และตารางที่ 14 สรุปได้ว่า ความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อเกณฑ์การประเมินต่าง ๆ สำหรับ hair tonic-1 (ตำรับ HT17) และ hair tonic-1 (ตำรับ HT18) ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ดี

Hair tonic -1 (ตำรับ HT17) ซึ่งประกอบด้วย horsetail extract และ ginseng extract ได้รับการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ **ดีมาก** 30% และ **ดี** 70% โดยปัจจัยที่ผู้ทดลองใช้ให้ความพึงพอใจมากที่สุดได้แก่ สีของ hair tonic รองลงมาคือ กลิ่นของ hair tonic ความไม่เหนอะของเส้นผมหลังใช้ และ ความรู้สึกขณะสเปรย์ลงบนหนังศรีษะ ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงร้อยละของอาสาสมัครที่มีความพึงพอใจต่อ hair tonic -1

สิ่งที่ต้องการประเมิน	**ดีมาก**	**ดี**	**พอใช้**	**ควรปรับปรุง**
สีของ hair tonic	75	25	0	0
กลิ่นของ hair tonic	40	55	5	0
ความรู้สึกขณะสเปรย์ลงบนหนังศีรษะ	30	65	5	0
ความไม่เหนอะของเส้นผมหลัง สเปรย์ hair tonic	40	60	0	0
กลิ่นที่ติดเส้นผมหลัง สเปรย์ hair tonic	20	65	15	0
ความพึงพอใจ hair tonic โดยรวม	30	70	0	0

หมายเหตุ: Hair tonic -1 ประกอบด้วย horsetail extract และ ginseng extract ตามตำรับ HT-17

Hair tonic-2 (ตำรับ HT18) ซึ่งประกอบด้วย horsetail extract และ ginger extract ได้รับการประเมินความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในเกณฑ์ **ดี** 95% โดยปัจจัยที่ผู้ทดลองใช้ให้ความพึงพอใจมากที่สุดได้แก่ ความไม่เหนอะของเส้นผมหลังใช้ และ ความรู้สึกขณะสเปรย์ลงบนหนังศรีษะ ตามลำดับ โดยปัจจัยที่ผู้ทดลองใช้ให้ความพึงพอใจต่ำกว่าและเห็นควรให้มีการปรับปรุง ได้แก่สีของผลิตภัณฑ์และกลิ่นของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงร้อยละของอาสาสมัครที่มีความพึงพอใจต่อ hair tonic -2

สิ่งที่ต้องการประเมิน	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
สีของ hair tonic	15	55	25	5
กลิ่นของ hair tonic	15	55	30	0
ความรู้สึกขณะสเปรย์ลงบนหนังศรีษะ	35	60	5	0
ความไม่เหนอะของเส้นผมหลัง สเปรย์ hair tonic	40	55	5	0
กลิ่นที่ติดเส้นผมหลัง สเปรย์ hair tonic	10	80	5	5
ความพึงพอใจ hair tonic โดยรวม	0	95	5	0

หมายเหตุ: Hair tonic -2 ประกอบด้วย horsetail extract และ ginger extract ตามตำรับ HT-18

10. การคิดราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์บำรุงผม

โดยราคาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์บำรุงผม คำนวณเฉพาะจากราคาสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารสกัดและการเตรียมผลิตภัณฑ์บำรุงผม เบื้องต้น มีต้นทุนรวมอยู่ที่ 85 บาทต่อผลิตภัณฑ์ขนาด 100 g โดยต้นทุนส่วนใหญ่อยู่ที่ราคาสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารสกัดพืช ทั้งนี้เนื่องจากมีการเพิ่มเติมกระบวนการในการสกัดแยกคลอโรฟิลด์ออกจากสารสกัดหญ้าถอดบ้องในเอธานอล ซึ่งต้องใช้คลอโรฟอร์มซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงในปริมาณมาก อย่างไรก็ดีในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อการค้าจริง ต้นทุนสำหรับกระบวนการสกัดพืชและกระบวนการสกัดแยกคลอโรฟิลด์อาจสามารถลดต่ำลงกว่าที่ได้ประเมินไว้ ทั้งเนื่องจากสารอินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการสกัดเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการใช้เครื่องมือ rotary evaporator

บทที่ 4

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ในปัจจุบันพืชสมุนไพรกำลังได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในการใช้เป็นยารักษาโรคหรือเป็นยาเสริมสุขภาพ จากความรู้และภูมิปัญญาพื้นบ้านในการใช้สมุนไพรรักษาโรค อย่างไรก็ดี การศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มารองรับคุณประโยชน์และประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรก็เป็นสิ่งจำเป็น สารสกัดจากพืชมีสารออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์เป็นส่วนประกอบอยู่หลายชนิด ดังนั้นหากสามารถสกัดสารออกฤทธิ์เหล่านั้นได้ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมการผลิตยา อุตสาหกรรมผลิตอาหาร และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพสูง แต่ก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ต่อผู้บริโภค

ปัญหาสุขภาพผม เช่น เส้นผมอ่อนแอ ผมร่วง ศรีษะล้าน เกิดได้จากหลายสาเหตุ แต่จากการวิจัยทางการแพทย์แผนปัจจุบันพบว่า กว่า 85% ของผู้ที่มีอาการผมร่วง เกิดจากการทำงานที่ผิดปกติของฮอร์โมนในร่างกาย ที่มีการผลิตฮอร์โมนชื่อ Dihydrotestosterone ในปริมาณที่มากจนเกินไป Dihydrotesterone นั้น เป็นฮอร์โมนเพศชายที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นในร่างกายทั้งในเพศชายและหญิง จากสารตั้งต้นคือฮอร์โมน testosterone โดยการทำงานของเอนไซม์ 5-alpha reductase ที่มีอยู่ในส่วนไมโครโซมของเซลล์ชนิดต่างๆ Dihydrotestosterone ที่สร้างขึ้น จะจับกับเซลล์สร้างเส้นผม และออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสร้างเส้นผมปกติ ทำให้เส้นผมใหม่ที่ขึ้นมาทดแทนเส้นผมเดิมที่ร่วงไป มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ เมื่ออายุมากขึ้น จนในที่สุดเกิดภาวะ ผมบาง และ ศีรษะล้าน ตามมา ดังนั้นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5-alpha reductase จึงเป็นเป้าหมายสำคัญของการรักษาปัญหาผมหลุดร่วง หากสามารถหยุดยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ได้ก็จะช่วยป้องกันผมร่วงหรือศรีษะล้านได้

ยาที่ใช้รักษาอาการผมร่วงในทางการแพทย์ปัจจุบันมักจะใช้ตัวยาเคมีที่ออกฤทธิ์เร็วแต่มักจะมีผลข้างเคียง ต้องใช้ต่อเนื่องตลอดชีวิต และผมจะกลับมาร่วงใหม่ภายใน 1 สัปดาห์หากหยุดใช้ ดังนั้นการหาแหล่งวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 5-alpha reductase จึงเป็น

ทางเลือกใหม่ของผู้บริโภคที่น่าจะปลอดภัยและน่าสนใจในการใช้ทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่พืชเหล่านี้อีกด้วย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากสารสกัดที่ได้จากพืชท้องถิ่นพื้นทีสูงที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase และต้านอนุมูลอิสระในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผมจากพืชธรรมชาติ โดยได้ทำการคัดเลือกพืชท้องถิ่นพื้นที่สูงสามชนิดได้แก่ หญ้าถอดบ้อง ขิง และ มะขามป้อมมาทำการศึกษา โดยเมื่อนำสารสกัดพืชทั้งสามชนิดด้วยเอทานอลมาทำการวิเคราะห์ทางเคมี ผลปรากฏว่าสารสกัดขิงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด ในขณะที่สารสกัดหญ้าถอดบ้องให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด และมีคุณสมบัติยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase type II ได้ดีที่สุดอีกด้วย จึงได้เลือกสารสกัดหญ้าถอดบ้องและสารสกัดขิงมาทดลองเตรียมตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผม ผลปรากฏว่า ตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผมที่มีส่วนประกอบของสารสกัดหญ้าถอดบ้องและสารสกัดขิงมีคุณลักษณะที่ดี มีฤทธิ์ในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase ได้ดีเทียบเท่ากับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ในขนาดยาที่แนะนำให้ใช้โดยทั่วไปและมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับยาบำรุงผมที่มีจำหน่ายและได้รับความนิยมในท้องตลาด ผลการทดสอบในผู้ทดลองใช้พบว่าไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้รุนแรงเมื่อทดสอบในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี ได้รับความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้ในเกณฑ์ดี เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการค้าได้ในอนาคต

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดพืช

สารสกัดพืช	**ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก** (mg gallic acid equivalent/100 g dry weight)	**ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน** (mg Trolox equivalent/ 100 g dry weight)
สารสกัดขิง	796	14.0
สารสกัดมะขามป้อม	406	17.3
สารสกัดหญ้าถอดป้อง	236	23.4

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase type II ของสารสกัดพืชที่ทดสอบด้วยวิธีต่าง ๆ

สารสกัดพืช	**ฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase II จากพลาสมาทดสอบด้วยเทคนิค TLC** (%inhibition/g dry weight/100 ml)	**ฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase II จากพลาสมาทดสอบด้วยเทคนิค spectrophotometry** (%inhibition/g dry weight/100 ml)
สารสกัดขิง	1.02	1.63
สารสกัดมะขามป้อม	2.49	2.62
สารสกัดหญ้าถอดป้อง	3.32	3.47

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase type II จากไมโครโซมของเซลล์ตับของสารสกัดหญ้าถอดป้องและขิงที่ทดสอบด้วยวิธี spectrophotometry

สารสกัดพืช	**% inhibition**	**mg finasteride/g extract**	**mg finasteride/g dry weight**
สารสกัดหญ้าถอดป้อง	6.03+0.81	5.81+0.78	2.01+0.26
สารสกัดขิง	4.21+0.95	2.51+0.57	1.40+0.32

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase type II จากไมโครโซมของเซลล์ตับของตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผม ทดสอบด้วยวิธี spectrophotometry

ตำรับ Hair tonic	% 5-alpha reductase Inhibition	ประสิทธิภาพการยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase เทียบเท่ากับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ (microgram finasteride equivalent)
Finasteride 1mg/ml	74.6	**50.00**
HT9	3.9	2.64
HT10	6.0	4.02
HT11	48.5	32.53
HT12	26.1	17.52
HT13	62.4	**41.82**
HT14	35.5	23.82
HT15	73.3	**49.11**
HT16	0.3	0.22
Market product 1	**74.7**	**50.09**

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 5-alpha reductase type II ของตำรับผลิตภัณฑ์บำรุงผม ทดสอบด้วยวิธี spectrophotometry

ตำรับ hair tonic	Total phenolic content	Antioxidant capacity	5-α-reductase inhibition activity
HT19 (Blank)	210±6 µmol/l	1.0±0.2 mg/l	0.01±0.00 mg/ml
HT17 (Horse tail + Ginseng extract)	245±6 µmol/l	23.0±0.4 mg/l	0.90±0.02 mg/ml
HT18 (Horse tail + Ginger extract)	1158±47 µmol/l	32.1±0.7 mg/l	0.80±0.01 mg/ml
Market product 1	320±2 µmol/l	41.5±1.3 mg/l	1.04±0.08 mg/ml

ตารางที่ 20 สรุปสูตรตำรับยาบำรุงผมที่ดีที่สุดจากการวิจัยนี้ ได้แก่ตำรับที่มีส่วนผสมของสารสกัดหญ้าถอดป้องกับสารสกัดโสม และตำรับที่มีส่วนผสมของหญ้าถอดป้องกับสารสกัดขิง ตามลำดับ

ส่วนประกอบ (g)	**HT-17** (Horse tail + Ginseng extract)	**HT-18** (Horse tail + Ginger extract)
Horse tail extract	5.00	5.00
Ginger extract	-	11.00
Ginseng extract	5.00	-
Almond oil	-	-
Menthol	0.43	0.50
Octyldodecanol	1.00	2.00
Phenoxyethanol and parabens	0.43	0.50
Propylene glycol	0.43	0.50
Cyclomethicone	5.00	5.00
Phenyltrimethicone	-	-
Decyl oleate	0.43	0.50
Tocopherol acetate	1.71	2.00
DC CB 3021	-	-
D-panthenol 50%	3.43	4.00
De-ethanol	77.14	69.00
Perfume	qs.	qs.
Total	**100.00**	**100.00**

บทที่ 5

ข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัยต่อไป

5.1 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าสารสกัดพืชท้องถิ่นพื้นที่สูง ได้แก่หญ้าถอดบ้องและขิง มีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase โดยเฉพาะ 5-alpha reductase type II ที่พบมากที่เซลล์รากผม ซึ่งจะส่งผลต่อการลดการสังเคราะห์ฮอร์โมน Dihydrotestosterone ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาผมร่วง ศรีษะล้าน ตำรับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสารสกัดพืชทั้งสองชนิดได้รับการทดสอบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ดังกล่าวได้ดีใกล้เคียงกับยามาตรฐานฟีแนสเตอไรด์ที่ถูกใช้เป็นยารักษาผมร่วง ศรีษะล้าน และผลิตภัณฑ์บำรุงผมที่หาซื้อได้ในท้องตลาดในปัจจุบัน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผมจากสารสกัดหญ้าถอดบ้องและสารสกัดขิง ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการเกษตร ส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่สูงปลูกหญ้าถอดบ้องและขิงเพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อสร้างรายได้เพิ่มให้แก่ครอบครัว เสริมสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจของชุมชน

5.2 แนวทางการวิจัยต่อไปในอนาคต

สำหรับแนวทางการทำวิจัยที่สามารถทำต่อไปได้ในอนาคต เพื่อต่อยอดองค์ความรู้จากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เทคนิคการประเมินคุณสมบัติยับยั้งผมร่วง โดยวิเคราะห์จากฤทธิ์ยับยั้งกัมมันตภาพเอนไซม์ 5-alpha reductase type II กับเซลล์รากผม
2. เนื่องจากสารออกฤทธิ์ที่สกัดได้จากพืชธรรมชาติ มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับยาเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในการรักษาผมร่วง ได้แก่ยาฟีแนสเตอไรด์ จึงควรมีการนำสารดังกล่าวไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า พร้อมทั้งมีการปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เกิดความ

พึงพอใจต่อผู้บริโภคยิ่งขึ้น เช่นการเพิ่มสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี และรักษาคุณลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพอยู่ได้ยาวนานมากยิ่งขึ้น

4. ควรมีการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหรือผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ในระยะยาว โดยทำการศึกษาในสัตว์ทดลองที่เลียนแบบสภาพการใช้งานในมนุษย์
5. คัดเลือกพืชชนิดอื่น ๆ ที่พบหรือมีการปลูกในเขตพื้นที่สูงและมีแนวโน้มที่จะนำมาสกัดเป็นสารออกฤทธิ์ได้ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น