

การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มน้ำหม่อน (*Morus alba* L.) สกัดผสมน้ำผึ้ง
Development Formula of Beverage Mulberry (*Morus alba* L.)
Extract Mixed with Honey

ธนกิจ ถาหมี^{1/} พิไลรักษ์ อินธิปัญญา^{2/}
Tanakij Thamee^{1/} Pilairuk Intipunya^{2/}

ABSTRACT

In the development of beverage mulberry extract mixed with honey for proper formula as an alternative product of consumer. The studies were made with two stages of mulberry fruits namely fully ripe (black colour) and medium ripe (purple-red colour). The experiment was conducted as Mixture design (extreme vertices), designed with constraints on proportion at the Faculty of Agro-industry, Chiangmai University during October 2011 to March 2012. It was found that fully ripe fruit had higher contents of anthocyanin, phenolic compound, total solid and pH than the medium. Statistical analysis by Response surface methodology (RSM) to optimization formula beverage mulberry extract mixed with honey using the acceptable hedonic score of six and above. The optimal formulation of beverage mulberry extract mixed with honey contained of 45.5 % fully ripe mulberry juice, 39.5% medium ripe mulberry juice and 15% honey. The developed beverage mulberry extract mixed with honey had 3.82±0.01 of pH value, 11.20±0.70% total acid, 26.30±0.06°Brix, 361.34±6.65 µg/ml of anthocyanin, 544.68±2.33 µg/ml of phenolic compound, 1.391±0.035 g/l of total sugar, 1.287±0.052 g/l of reducing sugar, 88.07±2.15% radical scavenging ability. The L*, a* and b* value were 17.23±0.27 2.53±0.08 and 0.52±0.19 respectively. In addition, beverage mulberry extract mixed with honey were safe to consume from both pathogenic and food poisoning bacteria. This product was moderately accepted by consumers (n=100) with overall liking, mulberry odor, taste and colour of products.

Key- words: beverage mulberry, honey

^{1/} ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ อ.เด่นชัย จ.แพร่ 54110

^{1/} Queen Sirikit Sericulture Centre (Phrae), Denchai district, Phrae province 54110

^{2/} คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

^{2/} Faculty of Agro-industry, Chiangmai University, Mueang district, Chiang Mai province 52000

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมอนสกัดผสมน้ำผึ้ง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หมอนให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค โดยทำการทดลองที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 – มีนาคม พ.ศ. 2555 ได้ทำการศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของผลหมอนที่ใช้ในการแปรรูปในระยะการสุก 2 ระยะการสุก คือระยะห้าม (ผลสีม่วงแดง) และระยะแก่จัด (ผลสีม่วงดำ) พบว่าผลหมอนที่ระยะสุกจัดจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด สารประกอบฟีนอลิก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่า pH สูงกว่าผลหมอนระยะห้าม ทำทดลองหาสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มน้ำผลหมอน โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (extreme vertices) มีข้อจำกัดในการกำหนดสัดส่วน วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีการ Response surface methodology (RSM) หาช่วงสูตรที่เหมาะสม (optimization) โดยใช้ระดับคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ อย่างน้อยระดับ 6 (ระดับชอบ) ขึ้นไป พบว่าสูตรที่ได้ประกอบด้วย น้ำผลหมอนระยะห้าม 45.5% น้ำผลหมอนระยะสุกจัด 39.5% และน้ำผึ้ง 15% สำหรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนา มีค่าดังนี้คือ pH เท่ากับ 3.82 ± 0.01 ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ร้อยละ 11.20 ± 0.70 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด $26.30 \pm 0.06^\circ\text{Brix}$ ปริมาณแอนโทไซยานิน

$361.346.65 \mu\text{g/ml}$ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก $544.68 \pm 2.33 \mu\text{g/ml}$ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด $1.391 \pm 0.035 \text{ g/l}$ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ $1.287 \pm 0.052 \text{ g/l}$ ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน $88.07 \pm 2.15\%$ มีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 17.23 ± 0.27 , 2.53 ± 0.08 และ 0.52 ± 0.19 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษ และก่อให้เกิดโรค และได้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคอยู่ในระดับชอบปานกลาง จากการทดสอบผู้บริโภค ($n=100$) ในด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรส ความกลมกล่อมและสีของผลิตภัณฑ์

คำหลัก: เครื่องดื่มน้ำหมอน น้ำผึ้ง

คำนำ

ในปัจจุบันกลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่คำนึงถึงสุขภาพ และความปลอดภัยในการบริโภคอาหาร อีกทั้งยังตระหนักถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภค เนื่องจากกระแสแห่งการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง จึงได้มีการคิดค้นและหาผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะจากธรรมชาติ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีส่วนประกอบของสารแอนติออกซิแดนซ์ หรือสารต้านอนุมูลอิสระ และมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติที่มีศักยภาพทางการตลาดอย่างเป็นรูปธรรม สำหรับผลหมอน จัดเป็นไม้ยืนต้นอยู่ในวงศ์ Moraceae เจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่บริเวณเขตอบอุ่นถึงเขตร้อน ผลหมอนอ่อนมีสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีขาว ชมพู และเมื่อเริ่มสุกมากขึ้น

เป็นผลแก่สีแดงทั้งผล ผลห้าม (สีม่วงแดง) และผลสุก (สีม่วงดำทั้งผล) มีรสหวานอมเปรี้ยวถึงหวานมากเมื่อสุกเต็มที่ ผลหม่อนแก่จัดมีคุณค่าทางอาหาร ดังนี้ คือโปรตีน 11.8% คาร์โบไฮเดรต 61.9% และน้ำตาล 11.2% (อำนาจและวิโรจน์, 2548 และวสันต์, 2546) ผลหม่อนมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญได้แก่สารประกอบฟีนอล (phenolic compound) ช่วยต่อต้านอาการอักเสบและอาการเส้นเลือดโป่งพอง ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและไวรัส (Duthie *et al.*, 2000) สารเคอร์ซีติน (quercetin) ซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และป้องกันการเกิดลิ้มเลือดในหลอดเลือด (Manach, 2005) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazee *et al.*, 2004) นอกจากนี้ยังมีการวิจัยในหนูพบว่าผลหม่อนยังมีสรรพคุณในการป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ลดความจำบกพร่อง และเพิ่มความหนาแน่นของเซลล์ประสาท (ธเนศและคณะ, 2555) และมีฤทธิ์ในการลดการทำลายเซลล์ประสาทที่เหนียวโดยแอลกอฮอล์ (สภาพและคณะ, 2555) ป้องกันการตายของเซลล์ประสาทที่เหนียวนำ โดยภาวะสมองขาดเลือดในโรคหลอดเลือดสมอง (วิโรจน์และคณะ, 2555) ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลหม่อนอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปและการเก็บรักษาให้นานขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการแปรรูปผลหม่อนให้มีความหลากหลาย

หลาย สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านการแปรรูปผลหม่อนเพิ่มขึ้น

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำผึ้งประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโทส และน้ำตาลกลูโคสปริมาณ 70-80% น้ำ 10-20% และองค์ประกอบปริมาณเล็กน้อยอื่นๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ แร่ธาตุ วิตามิน โปรตีน สารประกอบ ฟีนอลิกและกรดอะมิโนอิสระ (Ouchemoukh *et al.*, 2007) นอกจากนี้ น้ำผึ้งยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเอนไซม์ (enzymatic antioxidants) ได้แก่ กลูโคสออกซิเดสและคะตะเลส และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ (non-enzymatic antioxidants) ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิกอนุพันธ์ของแคโรทีนอยด์ กรดอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล กรดอะมิโน และโปรตีน (Baltrusaityte *et al.*, 2007) และยังพบสารแอลฟา-โทโคเฟอรอล ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของวิตามินอีที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Ahmed *et al.*, 2007) ทำให้น้ำผึ้งมีสมบัติในการเป็นสารยืดอายุการเก็บของอาหารได้

ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาสูตรส่วนผสมของเครื่องดื่มน้ำหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้ง โดยนำผลหม่อนระยะห้าม ผลหม่อนระยะแก่จัด และน้ำผึ้งมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม ให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค ซึ่งผลจากการศึกษานี้จะเป็นการเพิ่มช่องทางในการแปรรูปผลหม่อนให้หลากหลายขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสู่การผลิตในภาคอุตสาหกรรม และยังช่วยสนับสนุนกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกหม่อนโดยทางอ้อมได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาคุณภาพของผลหม่อนที่ใช้

นำผลหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่ที่มีระยะการสุก 2 ระยะ คือที่ระยะห่าม (สีม่วงแดง) และที่ระยะแก่จัด (สีม่วงดำ) มาทำการสกัดตัวอย่างตามวิธีของสุทัศน์และคณะ (2550) จนได้สารสกัดเข้มข้น เก็บสารละลายเข้มข้นที่ได้ในขวดสีชาปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4°C. การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) คุณภาพด้านสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ด้วยเครื่อง refractometer ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ตามวิธีการของ AOAC (The Association of Official Analytical Chemists) (Anon, 2005) ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 – มีนาคม พ.ศ. 2555

2. การพัฒนาสูตรเครื่องดื่มหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้งที่เหมาะสม

ปรับสูตรน้ำหม่อนสดของสถาบันหม่อนไหมฯ (วสันต์, 2546) โดยใช้ผลหม่อนระยะห่ามและผลหม่อนระยะแก่จัด มาทำการแปรรูป และมีการเพิ่มน้ำผึ้งเพื่อเป็นสารเพิ่มความหวานทดแทนน้ำตาล แล้วทำการศึกษหาสูตรที่เหมาะสม สำหรับการผลิตเครื่องดื่มหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้ง มีขั้นตอนการผลิตดังนี้คือ นำผลหม่อนระยะห่าม ผลหม่อนระยะแก่จัด มาล้างทำความสะอาดนำไปสกัดด้วยเครื่องคั้นน้ำ

ผลไม่ระบบไฮโดรลิก โดยทำการแยกระหว่างผลหม่อนระยะห่าม และผลหม่อนระยะแก่จัด กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำไปผสมกับน้ำผึ้งมาผสมตามสูตรที่กำหนดไว้ (Table 1) จากนั้นต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C. เป็นเวลา 3 นาทีนำไปแช่เย็นแล้วบรรจุในถุงออลูมิเนียมฟลอย รอนำไปทำสอบกับผู้บริโภคต่อไป วางแผนการทดลองทำการแบบ Mixture design แบบ extreme vertices โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ 3 ปัจจัย คือน้ำผลหม่อนระยะห่าม น้ำผลหม่อนระยะแก่จัดและน้ำผึ้ง โดยมีข้อกำหนดอัตราส่วนปริมาณส่วนผสมต่างๆ คือต้องมีส่วนผสมของน้ำผลหม่อนระยะห่ามไม่ต่ำกว่า 20% น้ำผลหม่อนระยะแก่จัดไม่ต่ำกว่า 20% และใช้น้ำผึ้งไม่ต่ำกว่า 15% และระดับสูงสุดน้ำผลหม่อนระยะห่ามไม่เกิน 65% โดยปริมาตร น้ำผลหม่อนระยะแก่จัดไม่เกิน 65% และน้ำผึ้งไม่เกิน 60% จะทำให้ได้สูตรเครื่องดื่ม 10 สูตร (ซ้ำที่จุดกลาง 2 ซ้ำ) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทุกสูตรทำการวิเคราะห์คุณภาพหาความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง คุณภาพด้านสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ด้วยเครื่อง refractometer และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) และการยอมรับผลิตภัณฑ์เพื่อคำนวณหาสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยใช้วิธีทดสอบชิมแบบให้ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) โดยให้ 1 เป็นคะแนนที่ระดับไม่ชอบมากที่สุด 2 เป็นคะแนนที่ระดับไม่ชอบมาก 3 เป็นคะแนนที่ระดับ

ไม่ชอบปานกลาง 4 เป็นคะแนนที่ระดับไม่ชอบ 5 เป็นคะแนนที่ระดับเฉยๆ (ไม่แสดงออก) 6 เป็นคะแนนที่ระดับชอบ 7 เป็นคะแนนที่ระดับชอบปานกลาง 8 เป็นคะแนนที่ระดับชอบมาก และ 9 เป็นคะแนนที่ระดับชอบมากที่สุด กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการการฝึกฝนจำนวน 100 คน นำข้อมูลที่

ได้จะนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธีการ (response surface methodology, RSM) หาช่วงสูตรที่เหมาะสม (optimization) โดยใช้ระดับคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ อย่างน้อยระดับ 6 (ระดับชอบ) ขึ้นไป

Table 1. The formula of beverage mulberry extract mixed with honey

Formula	Component (%)		
	Mulberry medium ripe	Mulberry fully ripe	Honey
1	20	65	15
2	20	43	38
3	35	35	30
4	50	27	23
5	42	20	38
6	20	20	60
7	65	20	15
8	20	65	15
9	42	43	15
10	20	20	60

3. ศึกษาคุณภาพของเครื่องดื่มหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้ง

เมื่อได้สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดแล้ว ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้งดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง refractometer ความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (viscometer) ปริมาณกรดทั้งหมด คุณภาพด้านสี ด้วยเครื่องวัดสี Minolta

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ตามวิธีของ AOAC (Anon, 2005) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Waterman and Mole, 1994) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count, (Anon, 2005) ราและยีสต์ (yeasts and moulds, Anon, 2005) เชื้อ *Staphylococcus aureu* Rosenbach (Anon, 2005) เชื้อ *Escherichia coli* Migula (Anon, 2005)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณภาพของผลหม่อนหม่อนที่ใช้

ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทั่วไปของผลหม่อนทั้งสองชนิด พบว่าผลหม่อนระยะท่ามมีค่าความสว่าง (L*) 17.43±0.15 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 2.94±0.2 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 0.64±0.36 ส่วนผลหม่อนระยะแก่จัดจะมีค่า มีค่าความสว่าง (L*) 16.94±0.35 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 2.61±0.56 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 0.63±0.44 สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าผลหม่อนระยะแก่จัดจะมีประมาณค่าความเป็นกรดต่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่าผลหม่อนระยะท่าม ซึ่งเป็นลักษณะตามธรรมชาติของผลหม่อนที่ประกอบด้วยแอนโทไซยานิน ที่เป็นเม็ดสีตามธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีตามความเป็นกรดในผลหม่อน ในสภาวะที่ pH ต่ำ แอนโทไซยานิน

จะมีสีแดงและมีการเปลี่ยนเป็นม่วงเข้มในสภาวะที่ pH เพิ่มขึ้น (Anon, 2008) (Table 2)

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของสุรินทร์ (2548) และเอื้องพลอย (2552) โดยพบว่าระยะการสุกที่แก่จัดของผลหม่อนมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกมากกว่าผลหม่อนระยะท่าม แต่กลับพบว่ามีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของผลหม่อนจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ จากงานวิจัยของ Sezai และ Emine (2007) พบว่าหม่อนที่ปลูกในประเทศตุรกี มีสารประกอบฟีนอลิกเพียง 181 มก. GAE/100ก. และ Jin และ Ching (2007) พบว่าหม่อนที่ปลูกในประเทศไต้หวัน (*M. alba*) มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก 1,515.9 มก. GAE/100ก. ซึ่งเป็นผลมาจากสายพันธุ์ และพื้นที่ในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน

Table 2. Quality of mulberry by fresh mass

Quality	Stage of mulberry ripe	
	Medium ripe	Fully ripe
Colour L*	17.43±0.15	16.94±0.35
a*	2.94±0.24	2.61±0.56
b*	0.64±0.36	0.63±0.44
pH	3.46±0.01	4.24±0.02
Total solid (Tss, °Brix)	10.43±0.00	14.73±0.01
Total acid (TA, %w/w)	8.75±0.35	4.03±0.75
Anthocyanin (g/g mass fresh)	253.31±1.27	677.44±1.85
Total phenolic compound (g/g mass fresh)	533.68±1.08	551.38±0.95

Mean of 3 samples ± standard deviation

* = Colour value L* = lightness (100 = light, 0 = dark)

 a* = + red, - green

 b* = + yellow, - blue

2. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเครื่องดื่ม
 นำน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งที่ผ่านการผันแปร
 สูตรทั้ง 10 สูตร วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง
 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าสีของแต่ละ

สูตร (Table 3) และทดสอบทางประสาทสัมผัส
 (Table 4) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี
 การ RMS ได้กราฟ contour plot (Figures
 1-2)

Table 3. Qualities of formula beverage mulberry extract mixed with honey

Formula	pH	Total solid (°Brix)	Colour		
			L*	a*	b*
1	3.53±0.58 ab	26.73±0.06 f	16.73±0.26 bc	2.43±0.13 b	0.58±0.12 bc
2	3.85±0.01 b	44.23±0.06 b	16.55±0.03 ab	2.33±0.12 a	0.43±0.01 b
3	3.64±0.01 ab	38.46±0.06 c	16.57±0.01 ab	2.34±0.09 a	0.61±0.04 c
4	3.52±0.02 ab	31.53±0.06 d	16.95±0.03 c	2.71±0.02 d	0.31±0.03 a
5	3.73±0.01 ab	44.20±0.20 b	16.63±0.29 b	2.65±0.06 c	0.51±0.17 bc
6	3.66±0.03 ab	60.56±0.75 a	16.38±0.03 a	2.61±0.29 bc	0.64±0.18 c
7	3.40±0.01 a	25.87±0.06 g	17.12±0.03 d	2.84±0.12 d	0.39±0.07 ab
8	3.85±0.01 b	27.70±0.10 e	16.71±0.02 b	2.39±0.08 ab	0.65±0.05 c
9	3.62±0.02 ab	25.77±0.12 g	17.48±0.13 d	2.66±0.07 c	0.4±10.08 b
10	3.69±0.01 ab	60.20±0.10 a	16.36±0.07 a	2.59±0.09 bc	0.63±0.06 c

Means of 3 samples ± standard deviation

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

* = Colour value L* = lightness (100 = light, 0 = dark)

a* = + red, - green

b* = + yellow, - blue

ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าค่า pH
 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่าจะ
 มีทิศทางขึ้นอยู่กัปริมาณน้ำผลหมอนระยะห่าม
 และน้ำผึ้ง โดยพบว่ามีค่า pH อยู่ในช่วง 3.40 –
 3.85 และมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

อยู่ในช่วง 25.87 – 60.56 โดยพบว่าสูตรที่มี
 หมอนระยะห่ามมากก็มี pH ต่ำ และสูตรใดที่มี
 น้ำผึ้งสูงก็มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TTS)
 สูงตามไปด้วย (Table 3)

Table 4. Sensory evaluation of formula beverage mulberry extract mixed with honey (n=100)

Formula	Colour	Mulberry odor	Tastes	Overall
1	6.88±1.38	6.14±1.70	6.36±1.88	6.48±1.74
2	6.93±1.16	5.88±2.03	5.45±2.17	5.73±1.98
3	6.68±1.45	6.13±1.67	5.98±1.91	6.34±1.61
4	6.59±1.40	6.07±1.40	6.41±1.90	6.46±1.88
5	6.70±1.44	5.89±2.01	5.68±2.20	5.98±1.91
6	6.13±1.66	5.14±2.02	4.36±2.21	4.88±2.16
7	6.52±1.33	5.98±1.95	5.73±2.26	6.13±1.86
8	6.73±1.59	6.34±1.50	6.29±1.66	6.50±1.58
9	6.80±1.55	6.21±1.73	6.21±2.04	6.52±1.85
10	6.23±1.68	5.16±2.26	4.38±2.14	4.79±1.96

Mean ± standard deviation

ผลคะแนนความชอบจากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค 100 คน (Table 4) โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) พบว่าค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 4.79 – 6.52 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส อยู่ในช่วง 5.14 – 6.34 คะแนนความชอบด้านความกลมกล่อมอยู่ในช่วง 4.36 – 6.41 คะแนนความ

ชอบด้านสีอยู่ในช่วง 6.13 – 6.99 และหากพิจารณากราฟ contour plot (Figure 1 พบว่าค่าความชอบทุกคุณลักษณะ มีค่าที่สอดคล้องกันคือ ค่าคะแนนความชอบที่มากจะอยู่ในช่วงที่มีปริมาณน้ำผึ้งน้อย และมีส่วนของผลหม่อนระยะห่ามที่สูง เพราะว่ามีรสชาติความเปรี้ยวเพิ่มเข้ามาทำให้เครื่องดื่มมีความกลมกล่อมขึ้น

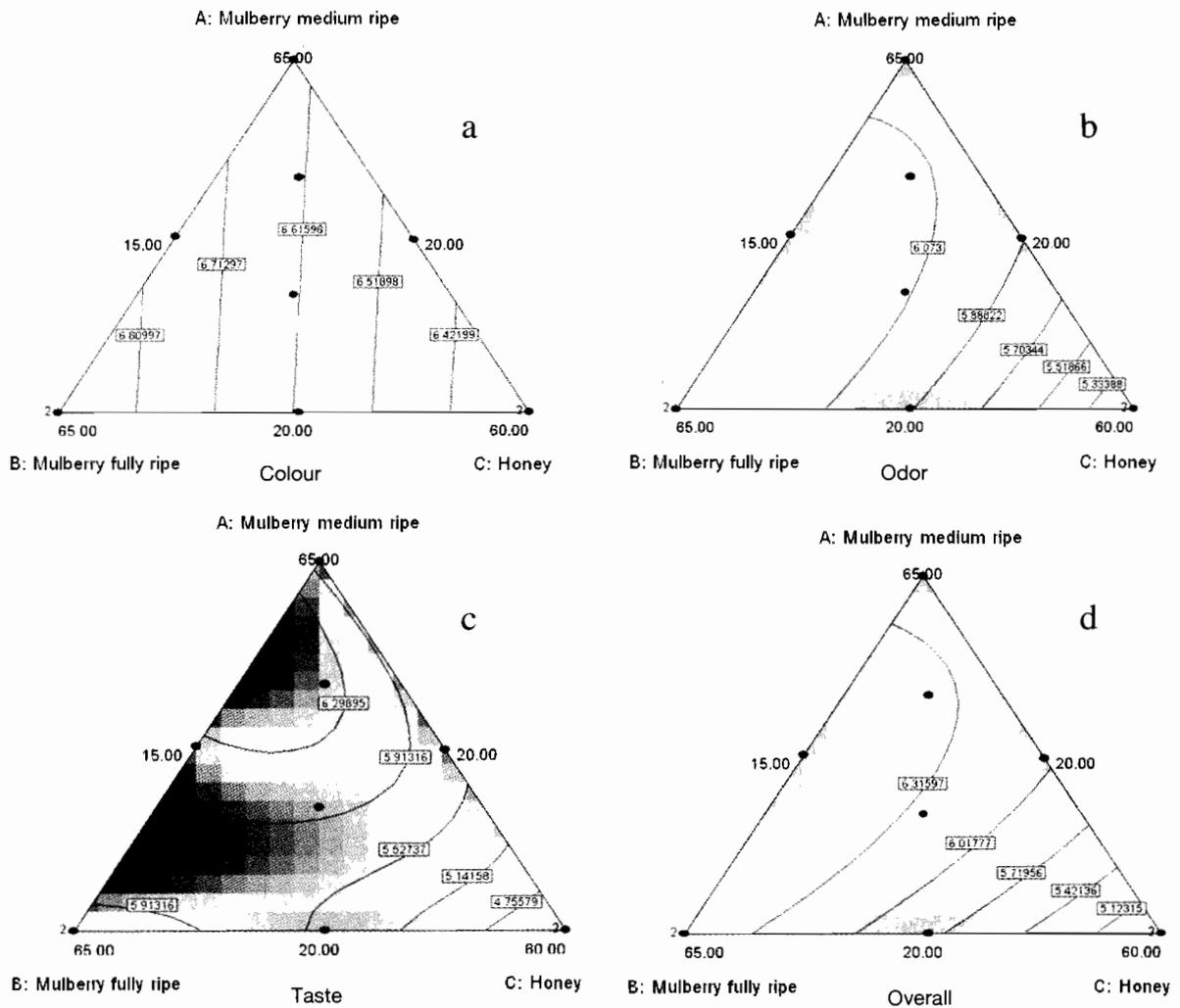


Figure 1. Contour plot of attributes of sensory evaluation beverage mulberry extract mixed with honey (a,b,c,d) from equation regression with 3 components (mulberry medium ripe fruits, mulberry fully ripe fruits and honey.) : A,B,C)

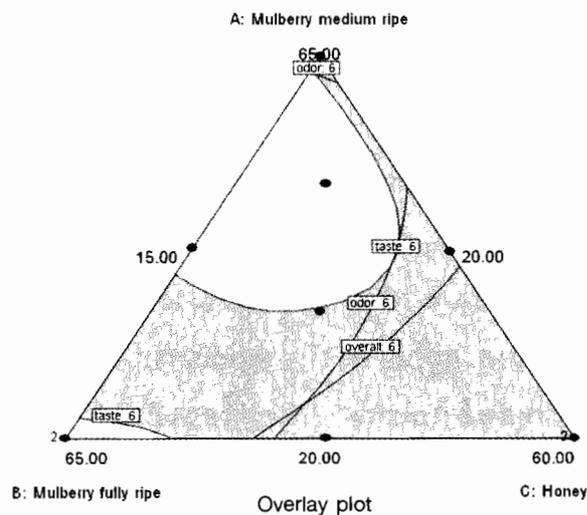


Figure 2. The score accepted at 6 of attribute sensory evaluation formula beverage mulberry extract mixed with honey (surface plot)

Table 5. Equation regression forecast the optimal formula beverage mulberry extract mixed with honey for attribute sensory evaluation from effect of 3 components (mulberry medium ripe fruits, mulberry fully ripe fruits and honey).

Attribute	Equation regression	R ² (%)	Preference [*]
Colour	6.64A + 6.91 B + 6.32 C	61.11	0.036
Mulberry odor	5.97A + 6.24B + 5.15C + 0.45A B + 1.38 A C + 0.86 BC	98.49	0.001
Taste	5.73A + 6.32B + 4.37C + 0.73A B + 2.58A C + 0.50 BC +2.21 A B C + 7.42 A B (A-B)	99.95	0.0018
Overall	6.14A + 6.48B + 4.82 C + 1.12 AB + 2.35AC +0.56BC	99.19	0.003

A = mulberry medium ripe ; B = mulberry fully ripe ; C = honey

* = Highly significant

เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาสมการ regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนของน้ำหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้งจาก น้ำผลหม่อนระยะห้าม น้ำผลหม่อนระยะแก่จัดและน้ำผึ้ง ที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ จะได้สมการ regression (Table 5) จากสมการพบว่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม กลิ่นรสและความกลมกล่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสมการ regression ที่ได้นี้มีค่า R² อยู่ในช่วง 98.49 – 99.95 ซึ่งแสดงว่าสมการนี้สามารถทำนายผลการตอบสนองได้ดี (สุจินดา, 2548) จากสมการ regression ของความชอบค่าสี มีสมการแบบ

หุ่นเส้นตรง (linear model) ซึ่งสามารถอธิบายว่าปริมาณของน้ำหม่อนระยะห้าม (A) น้ำหม่อนระยะแก่จัด (B) และน้ำผึ้ง (C) มีผลต่อระดับความชอบค่าสี โดยแต่ละส่วนผสมมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นอิสระต่อกัน ส่วนความชอบด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมมีสมการความสัมพันธ์เป็นแบบหุ่นกำลังสอง (quadratic model) สามารถอธิบายได้ว่า ปริมาณของน้ำหม่อนระยะห้าม (A) น้ำหม่อนระยะแก่จัด (B) และน้ำผึ้ง (C) มีผลต่อค่าคะแนนความชอบโดยแต่ละส่วนมีอิสระต่อกัน พร้อมกันนั้นยังพบอีกว่าอิทธิพลร่วมกันระหว่าง น้ำหม่อนระยะห้ามกับน้ำหม่อนแก่จัด (AB) น้ำหม่อนระยะห้ามกับ

น้ำผึ้ง (AC) และน้ำหม่อนระยะแก่จัดกับน้ำผึ้ง (BC) ส่งผลต่อค่าระดับควรชอบร่วมกัน ส่วนระดับความชอบด้านรสชาติพบว่า มีสมการเป็นแบบพุนกำลังสามแบบพิเศษ (special cubic model) แสดงว่าความสัมพันธ์ของปริมาณส่วนผสมทั้ง 3 ชนิดที่ใส่ในเครื่องตีจะส่งผลต่อระดับความชอบด้านรสชาติร่วมกัน

ในการทดลองนี้ใช้คะแนนการยอมรับค่าคะแนนความชอบโดยรวม กลิ่นรส ความกลมกล่อมเท่ากับ 6 ขึ้นไป เนื่องจากต้องการให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาได้ครบคะแนนความชอบจากผู้บริโภคที่สูงขึ้น เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ผลการวิเคราะห์ได้กราฟ overlay plot (Figure 5) พบว่าปริมาณที่ของส่วนผสมที่เหมาะสมประกอบด้วย น้ำผลหม่อนระยะห่าม 45.5% น้ำผลหม่อนระยะแก่จัด 39.5% น้ำผึ้ง 15%

ทำการตรวจสอบสมการ regression จากตารางที่ใช้ทำนายในการพัฒนาเครื่องตีผลหม่อนผสมน้ำผึ้ง โดยทำการสุ่มเลือกสูตร 1 สูตรเพื่อใช้ในการทำนายและเปรียบเทียบความแม่นยำของสมการที่ได้ (สุจินดา, 2548) คือได้ทำการสุ่มเลือกสูตรที่มีองค์ประกอบของน้ำผลหม่อนระยะห่าม 20% น้ำผลหม่อนระยะแก่จัด 65% และน้ำผึ้ง 15% ทำการทดสอบระดับการยอมรับของผู้บริโภค (Table 6) แสดงได้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของตัวแปร มีความแตกต่าง 5.03% ถึง 7.43% ซึ่ง Hu (1999) ได้แนะนำว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายนั้นควรแตกต่างกันน้อยกว่า 10% ก็เพียงพอต่อการทำนายความแม่นยำของสมการได้ ซึ่งพบว่าสมการที่ได้มีความแม่นยำสามารถใช้ในการทำนายสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำผลหม่อนผสมน้ำผึ้งได้

Table 6. Comparison of the value of sensory evaluation and sensory forecast

Attribute	Value of sensory ^{1/}	Value of sensory	Deviation
	evaluation	forecast	(%)
Mulberry odor	6.56 ± 1.50	6.23	5.03
Taste	6.78 ± 1.51	6.32	6.76
Overall	7.00 ± 1.40	6.48	7.43

^{1/}Values of sensory evaluation ± standard deviation

3. ศึกษาคุณภาพของเครื่องตีผลหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้ง

การพัฒนาสูตรของเครื่องตีผลหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้ง ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพทาง

ด้านต่างๆโดยสูตรที่เหมาะสม คือสูตรที่มีองค์ประกอบของน้ำผลหม่อนระยะห่าม 45.5% น้ำผลหม่อนระยะแก่จัด 39.5% น้ำผึ้ง 15%

Table 7. Quality of developed beverage mulberry extract mixed with honey

Quality	Value	Standard of mulberry juice from TISI
Colour L*	17.23 ± 0.27	NS
a*	2.53 ± 0.08	NS
b*	0.52 ± 0.19	NS
pH	3.82 ± 0.01	NS
Viscosity (cP)	2.58 ± 0.00	NS
Total solid (Tss, °Brix)	26.30 ± 0.06	NS
Total acid (TA, %w/w)	11.20 ± 0.70	NS
Anthocyanin (g/ml)	361.34 ± 6.65	NS
Total phenolic compound (g/ml)	544.68 ± 2.33	NS
Total sugar (g/l)	1.391 ± 0.035	NS
Reducing sugar (g/l)	1.287 ± 0.052	NS
Radical scavenging ability (%)	88.07 ± 2.15	NS
Total plate count (cfu/ml)	<10	≤ 10 ⁴
Yeasts and moulds (cfu/ml)	<10	≤ 100
<i>Staphylococcus aureus</i> (MPN)	ND	ND
<i>Escherichia coli</i> (MPN)	ND	2.2

Value mean of 3 samples ± standard deviation

ND = not detect

NS = not specific

การตรวจวัดคุณภาพ พบว่าน้ำผลหม่อน สกัดผสมน้ำผึ้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.82 ± 0.01 (Table 7) ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีลักษณะเป็นกรด (acid food) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบตามมาตรฐานข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำลูกหม่อน (นิรนาม, 2548) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐานตามที่กำหนดไว้ มีความปลอดภัย โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดังนี้ ความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้

ถึงร้อยละ 88.07 ± 2.15 % มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 1.391 ± 0.035 g/l ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 1.287 ± 0.052 g/l ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 361.34 ± 6.65g/ml ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 544.68 ± 2.33 g/ml ค่าความเป็นกรด 11.20 ± 0.70 % ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 26.30 ± 0.06 °Brix ความหนืด 2.58 ± 0.00 cP

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำการทดสอบผู้บริโภคนจำนวน 100 ราย โดยใช้

วิธีให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) ในการให้คะแนนคุณลักษณะ สี กลิ่นรส ความกลมกล่อม ความชอบโดยรวม ได้คะแนน 7.16 ± 1.19 6.65 ± 1.39 7.14 ± 1.45 และ

7.12 ± 1.45 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Table 8)

Table 8. Sensory evaluation of developed beverage mulberry extract mixed with honey. (n=100)

Quality	Result ^{1/}
Colour	7.16 ± 1.19
Mulberry odor	6.65 ± 1.39
Taste	7.14 ± 1.45
Overall	7.12 ± 1.45

^{1/} Result mean \pm standard deviation

สรุปผลการทดลอง

1. ผลหม่อนที่อยู่ในระยะแก่จัด (สีม่วงดำ) จะมีปริมาณแอนโทไซยานิน ($677.44 \mu\text{g/g}$) สารประกอบฟีนอลิก ($551.38 \mu\text{g/g}$) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total solid) (14.73°Brix) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH 4.24) ในปริมาณที่สูงกว่าผลหม่อนในระยะห่าม (สีม่วงแดง) และยังพบว่าในหม่อนผลระยะห่ามจะมีค่าความเป็นกรด (total acid) สูงกว่าผลหม่อนในระยะแก่จัด คือ 8.75%

2. สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มผลหม่อนผสมน้ำผึ้ง ประกอบด้วยน้ำผลหม่อนระยะห่าม 45.5% น้ำผลหม่อนระยะแก่จัด 39.5% น้ำผึ้ง 15%

3. คุณภาพของเครื่องดื่มผลหม่อนสกัดผสมน้ำผึ้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 3.82 ± 0.01 มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ถึง $88.07 \pm 2.15\%$ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด $1.391 \pm 0.035 \text{ g/l}$ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง $1.287 \pm 0.052 \text{ g/l}$ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด $361.34 \pm 6.65 \text{ g/ml}$ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก $544.68 \pm 2.33 \text{ g/ml}$ ค่าความเป็นกรด $11.20 \pm 0.70\%$ ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด $26.30 \pm 0.06^\circ\text{Brix}$ ความหนืด $2.58 \pm 0.00 \text{ cP}$ และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีระดับการยอมรับของผู้บริโภคที่ระดับ ชอบปานกลาง (7.12 ± 1.45) และพบว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำลูกหม่อน

เอกสารอ้างอิง

ธเนศ จันทน์เทศ จินตนาภรณ์ วัฒนธร วิโรจน์ แก้วเรือง สุภาพร มัชฌิมะปุระ เทอดไทย ทองอ่อน ศุภชัย ดิยวรรณันท์นงนุช เอื้อบัณฑิต จินติตา จิตติวัฒน์ ณกรณ์ ไกรอนุพงษ์ และสุกานดา คำปลิว. 2555. การศึกษาศักยภาพในการแปรรูป ผลหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพในการป้องกันและลดการทำลายของเซลล์ประสาทและความบกพร่องของความจำในโรคอัลไซเมอร์. หน้า 82-103. ใน : รายงานการประชุมวิชาการหม่อนไหม ประจำปี 2555. กรมหม่อนไหม 2-4 กรกฎาคม 2555 ณ โรงแรมเอเชีย แอร์พอร์ต กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหม่อน มพช.851-2548. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรุงเทพฯ 5 หน้า.

สุจินดา ศรีวัฒนนะ. 2548. แบบหุ่นจำลองและสูตรอาหารที่เหมาะสม. อาหาร 35: 168-176.

สถาพร วงศ์เจริญวงกิจ สุภาพร มัชฌิมะปุระ จินตนาภรณ์ วัฒนธร วิโรจน์ แก้วเรือง เทอดไทย ทองอ่อน ศุภชัย ดิยวรรณันท์นงนุช เอื้อบัณฑิต และจินติตา จิตติวัฒน์. 2555. การศึกษาศักยภาพในการแปรรูป ผลหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพในการป้องกันการตายของเซลล์ประสาทที่ประสาทจากพิษสุรา. หน้า 119-129. ใน :

: รายงานการประชุมวิชาการหม่อนไหม ประจำปี 2555. กรมหม่อนไหม 2-4 กรกฎาคม 2555 ณ โรงแรมเอเชีย แอร์พอร์ต กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ สุระวัง นพพล เล็กสวัสดิ์ชาติชาย โขงนุช และเมธิณี เทวซึ่งเจริญ. 2550. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่องการเปรียบเทียบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆ ของลำใย มะม่วงและลิ้นจี่ ทั้งสดและแปรรูป. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 78 หน้า.

สุรินทร์ บุญทราย. 2548. ผลของสายพันธุ์หม่อนระยะความสุข และสายพันธุ์ยีสต์ต่อคุณภาพของไวน์หม่อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 66 หน้า.

वलันต์ นัยภิรมย์. 2546. หม่อนรับประทานผลและการแปรรูป. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.

วิโรจน์ แก้วเรือง เทอดไทย ทองอ่อน จินตนาภรณ์ วัฒนธร สุภาพร มัชฌิมะปุระ ศุภชัย ดิยวรรณันท์ สถาพร วงศ์เจริญวงกิจ นงนุช เอื้อบัณฑิต และธเนศ จันทน์เทศ. 2555. การศึกษาศักยภาพในการแปรรูป ผลหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพในการป้องกันการตายของเซลล์ประสาทที่เหนี่ยวนำโดยภาวะสมองขาดเลือดในโรคหลอดเลือดสมอง. หน้า 66-81. ใน :

- รายงานการประชุมวิชาการหม่อนไหม ประจำปี 2555. กรมหม่อนไหม 2-4 กรกฎาคม 2555 ณ โรงแรมเอเชีย แอร์พอร์ต กรุงเทพฯ.
- อำนาจ คำตื้อ และวิโรจน์ แก้วเรือง. 2548. ผลหม่อนจากบ้านนาสู่สากล. *กสิกรรม* 78 (2) : 44-50.
- เอื้องพลอย ใจลังกา. 2552. การพัฒนาเครื่องตีมน้ำส้มสายชูหมักจากผลหม่อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่. 95 หน้า.
- Ahmed, J., Prabhu, S.T., Raghavan, G.S.V. and M. Ngadi, 2007 Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. *J. of Food Engineering* 79 : 1207-1213.
- Anon. 2005. *Official Methods of the Associated of Official Analytical Chemists*. 18th ed., Washington D.C. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1074 p.
- Baltrusaityte, V., P.R. Venskutonis and V. Ceksteryte, 2007. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *J. Food Chem.* 101: 502-514.
- Duthie, G.G., Duthie, S.J. and J.A.M. Kyle. 2000. Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *J. Nutrio.* 13 : 79-106.
- Hu, R. 1999. *Food Product Design: A Computer-Aided Statistical Approach*. Technomic Publishing Co.,Ltd. Pennsylvania, U.S.A. 225 p.
- Jin, Y.L. and Y.T. Ching, 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *J. Food Chem.* 101: 140-147.
- Lazze, M.C., M., Savio, R., Pizzala, O., Cazzalini, P., Perucca, A.I. Scovassi, L.A., Stivala, and L. Bianchi, 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *J. Carcinogenesis.* 25 : 1427-1433.
- Manach, C., A., Mazur, and A, Scalbert. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *J. Current Opinino in Lipido* 16 : 77-84.
- Ouchemoukh, S., H. Louaileche and P. Schweitzer 2007. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *J. Food Control* 18, 52-58.

Sezai, E. and O, Emine. 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morusnigra*) mulberry fruits. *J. Food Chem.* 103: 1380–1384.

Anon. 2008. *Anthocyanins and Anthocyanidins*. info.net/uk/colour/

anthocyanin.htm Wageningen University, 9/3/2012.

Waterman, P. G. and S, Mole.. 1994. *Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Methods ind Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Great Britain. 238 p.