บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคเบาหวาน (diabetes mellitus) (ประสาน, 2549)

อินซูลิน เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากตับอ่อน มีหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติโดยปกติเมื่อเรากินอาหารจำพวกแป้งและน้ำตาลเข้าไป อาหารเหล่านี้จะถูกย่อยกลายเป็นโมเลกุลของน้ำตาลเล็กๆ และถูกดูดซึมจากลำไส้เข้าสู่กระแสเลือดนำส่งเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกายเพื่อใช้เป็นพลังงาน การใช้น้ำตาลให้เกิดพลังงานนี้ต้องอาศัยอินซูลิน

โรคเบาหวาน เกิดจากตับอ่อนสร้างฮอร์โมนอินซูลิน(insulin)ได้น้อยหรือไม่ได้เลย ทำให้ร่างกายขาดอินซูลินหรือบางทีไม่ขาด แต่อินซูลินที่มีอยู่ใช้ไม่ได้ผลเต็มที่ ทำให้ร่างกายใช้น้ำตาลไม่ได้ตามปกติ ยังผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น เมื่อปริมาณน้ำตาลในเลือดสูง ก็จะถูกไตกรองออกมาในปัสสาวะ ทำให้ปัสสาวะหวานหรือมีมดขึ้นได้ จึงเรียกว่า เบาหวาน ผู้ป่วยมักจะมีอาการปัสสาวะบ่อยและมาก เนื่องจากน้ำตาลที่ออกมาทางไตจะดึงเอาน้ำจากเลือดออกมาด้วยจึงทำให้มีปัสสาวะมากกว่าปกติ เมื่อถ่ายปัสสาวะมากก็ทำให้รู้สึกกระหายน้ำ ต้องคอยดื่มน้ำบ่อยๆ เมื่อระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆซึ่งเป็นเหตุให้พิการหรือเสียชีวิต โรคนี้มักมีส่วนเกี่ยวข้องกับกรรมพันธุ์ กล่าวคือมักมีพ่อแม่หรือญาติพี่น้องเป็นโรคนี้ด้วย นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุอย่างอื่น เช่น อ้วนเกินไป (หรือกินหวานมากๆ จนทำให้อ้วนก็อาจเป็นสาเหตุของโรคเบาหวานได้) การมีลูกดก หรือการใช้ยา เช่น สเตอรอยด์ ยาขับปัสสาวะและยาเม็ดคุมกำเนิด หรืออาจพบร่วมกับโรคอื่นๆ เช่น ตับอ่อนอักเสบเรื้อรัง มะเร็งของตับอ่อน ตับแข็งระยะสุดท้าย และคอพอกเป็นพิษ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1 ประเภทของโรคเบาหวาน

เบาหวานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆที่มีอาการ สาเหตุ ความรุนแรง และการรักษาต่างกัน คือ

1. เบาหวานชนิดพึ่งอินซูลิน (insulin-dependent diabetes) เป็นชนิดที่พบได้น้อย แต่มีความรุนแรงและอันตรายสูง มักพบในเด็กและคนอายุต่ำกว่า 25 ปี แต่ก็อาจพบในคนสูงอายุได้บ้าง ตับอ่อนของผู้ป่วยชนิดนี้จะสร้างอินซูลินไม่ได้เลยหรือได้น้อยมาก เชื่อว่าร่างกายมีการ

สร้างภูมิคุ้มกันขึ้นต่อต้านทำลายตับอ่อนของตัวเองจนไม่สามารถสร้างอินซูลินได้ ดังที่เรียกว่าโรคภูมิแพ้ต่อตัวเอง หรือ ออโตอิมมูน (autoimmune) ทั้งนี้เป็นผลมาจากความผิดปกติทางกรรมพันธุ์ร่วมกับการติดเชื้อหรือการได้รับสารพิษจากภายนอก ผู้ป่วยจำเป็นต้องพึ่งการฉีดอินซูลินเข้าทดแทนในร่างกายทุกวัน จึงสามารถเผาผลาญน้ำตาลได้เป็นปกติ มิเช่นนั้น ร่างกายจะเผาผลาญไขมันจนทำให้ผ่ายผอมอย่างรวดเร็ว และถ้าเป็นรุนแรง จะมีการคั่งของสารคีโตน (ketones) ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากการเผาผลาญไขมันสารนี้เป็นพิษต่อระบบประสาท ทำให้ผู้ป่วยหมดสติถึงตายได้ เรียกว่าภาวะคั่งสารคีโตนหรือคีโตซิส (ketosis)

2. เบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลิน (non-insulin dependent diabetes) เป็นเบาหวานชนิดที่พบเห็นกันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมักจะมีความรุนแรงน้อย มักพบในคนอายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป แต่ก็อาจพบในเด็กหรือวัยหนุ่มสาวได้บ้าง ตับอ่อนของผู้ป่วยชนิดนี้ยังสามารถสร้างอินซูลินได้ แต่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จึงทำให้มีน้ำตาลที่เหลือใช้กลายเป็นเบาหวานได้ ผู้ป่วยชนิดนี้ยังอาจแบ่งเป็นพวกที่อ้วนมาก ๆ กับพวกที่ไม่อ้วน (รูปร่างปกติ หรือผอม) สาเหตุอาจเกิดจากกรรมพันธุ์ อ้วนเกินไป มีลูกดก การใช้ยา หรือพบร่วมกับโรคอื่นๆ ผู้ป่วยมักไม่เกิดภาวะคีโตซิสเช่นที่เกิดกับชนิดพึ่งอินซูลิน ซึ่งการควบคุมอาหาร หรือการใช้ยาเบาหวานชนิดกินจะได้ผลในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติได้ หรือบางครั้งถ้าระดับน้ำตาลสูงมากๆ ก็อาจต้องใช้อินซูลินฉีดเป็นครั้งคราว แต่ไม่ต้องใช้อินซูลินตลอดไปจึงถือว่าไม่ต้องพึ่งอินซูลิน ผู้ป่วยเบาหวานส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ 2

3. โรคเบาหวานชนิดอื่นๆ (other type diabetes mellitus) โรคเบาหวานชนิดนี้มีประมาณ 1% ของเบาหวานทั้งหมด อาจแบ่งได้ดังนี้

- โรคเบาหวานชนิดแฝง (impaired glucose tolerance) ผู้ป่วยอาจจะรู้ตัวหรือไม่รู้ตัวก็ได้แต่พบได้หลังจากมีการทำ oral glucose tolerance test หรือเจาะเลือดหลังอาหาร 2 ชั่วโมงและพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดไม่เกิน 200mg/dlโรคเบาหวานชนิดนี้สามารถควบคุมได้โดยการบริโภคอาหารให้ถูกต้อง

- เบาหวานกับผู้หญิงตั้งครรภ์ (gestational diabetes mellitus) หญิงตั้งครรภ์มักมีปัญหาระดับน้ำตาลในเลือดสูงในขณะอดอาหาร และเมื่อให้กลูโคส 50 กรัม หลังจาก 1 ชั่วโมงเจาะเลือดตรวจน้ำตาลได้มากกว่าหรือเท่ากับ 40 mg/dl ซึ่งถือว่าผิดปกติ ถ้าเจาะเลือดแล้วพบน้ำตาลมากกว่า 200 mg/dl ก็ถือว่าเป็นเบาหวานประเภทไทยพบอุบัติการณ์ของโรคร้อยละ 1-2 (ประสาน, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 เกณฑ์การวินิจฉัยโรคเบาหวาน

1. อาการของโรคที่ปรากฏขึ้นได้แก่ กระหายน้ำ หิวบ่อย ปัสสาวะบ่อยและมากและน้ำหนักตัวลดลงไม่ทราบสาเหตุ โดยมีระดับน้ำตาลในเลือดเวลาใดก็ตามมากกว่าหรือเท่ากับ 200 mg/dl

2. ระดับน้ำตาลในเลือดขณะที่อดอาหาร (fasting blood sugar) อย่างน้อย 8 ชั่วโมงจะพบว่าน้ำตาลในเลือดน้อยกว่า 110 mg/dl ถือว่าปกติ ถ้าค่าน้ำตาล 110-125 mg/dl ถือว่าเป็น impaired fasting glucose tolerance และในปัจจุบันถ้าค่าน้ำตาลเกินหรือเท่ากับ 120 mg/dl ถือว่าเป็นเบาหวาน

3. ระดับน้ำตาลในเลือดหลังจากใช้วิธี oral glucose tolerance test 2 ชั่วโมงมีระดับน้ำตาลน้อยกว่า 140 mg/dl ถือว่าปกติ แต่ถ้าค่าออกมา 140-199 mg/dl ถือว่าเป็นเบาหวานแฝง (impaired glucose tolerance) และถ้าค่าน้ำตาลออกมามากกว่าหรือเท่ากับ 200 mg/dl ถือว่าเป็นเบาหวาน (อัมพวัน, 2546)

2.1.3 การควบคุมโรคเบาหวาน

เบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หายขาดแต่ควบคุมได้ โดยการดูแลรักษาอย่างจริงจังและต่อเนื่องตลอดชีวิต จุดประสงค์ของการรักษาเพื่อ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ใกล้เคียงปกติมากที่สุด เพื่อป้องกันหรือชะลอการเกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆ ให้ผู้ป่วยมีชีวิตอยู่อย่างปกติหรือใกล้เคียงปกติสามารถประกอบภาระกิจต่างๆได้เหมือนคนทั่วไป การรักษาเบาหวานให้ได้ผลดีจะต้องประกอบด้วย การควบคุมอาหาร อาหารที่ผู้ป่วยเบาหวานกินได้ไม่จำกัด และควรกินให้มากคือผักใบเขียวทุกชนิด ซึ่งให้พลังงานต่ำ มีใยอาหารสูง การออกกำลังกาย การให้ความรู้เกี่ยวกับเบาหวานแก่ผู้ป่วย และญาติผู้ดูแล และการใช้ยาลดน้ำตาลซึ่งอาจไม่จำเป็นในผู้ป่วยบางราย (ประสาน, 2549 ; เทพ, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.4 ระบาดวิทยาของโรคเบาหวาน

โรคเบาหวานเป็นโรคที่พบบ่อย ในปี พ.ศ. 2537 มีการประมาณผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกไว้ราว 100 ล้านคน และจากหลักฐานที่เก็บได้ และรายงานในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา พบว่ามีอุบัติการณ์และอัตราความชุกของโรคเบาหวานสูงขึ้นอย่างมาก ได้มีรายงานในสหรัฐอเมริกาพบว่าในปี พ.ศ. 2500 มีรายงานผู้ป่วย 1.5 ล้านคน ต่อมาในปี พ.ศ. 2541 มีรายงานผู้ป่วยถึง 10.5 ล้านคน โดยคาดว่าในปี พ.ศ. 2553 จะมีผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกอย่างน้อย 215 ล้านคน ปัญหาที่พบในการรวบรวมอุบัติการณ์และอัตราการชุกของโรคเบาหวาน คือ เกณฑ์การวิจัย กลุ่มประชากรและ

ประชากรตัวอย่าง ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละรายงานการศึกษา ทำให้การรายงานค่อนข้างยุ่งยาก สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาอุบัติการณ์และอัตราความชุกของโรคเบาหวานค่อนข้างน้อยโดยพบว่า มีอัตราความชุกประมาณ 2.5-7 % ในกลุ่มประชากรผู้ใหญ่ และในผู้สูงอายุมีอัตราความชุกประมาณ 13-15.3 % และคาดว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการศึกษาทั่วโลกที่พบอุบัติการณ์และอัตราความชุกของโรคมากขึ้น ผู้ป่วยเบาหวานที่พบมักเป็นชนิดที่ 2 วัยกลางคน และจะมีความชุกมากขึ้น โดยพบว่าเพศชายและเพศหญิงมีความชุกเท่า ๆ กัน (ประสาน, 2549 ; เทพ, 2544)

2.2 มะระจีน (Chinese bitter gourd)

มะระเป็นพืชที่ปลูกในประเทศในเขตเมืองร้อน ได้แก่ แอฟริกา เอเชีย คาริบเบียน อเมริกากลางและอเมริกาใต้ ซึ่งยังไม่ทราบประเทศที่เป็นต้นกำเนิดของมะระที่แน่นอน มีประวัติการใช้มะระเป็นยาในการรักษาโรคเบาหวานมายาวนานในประเทศแถบแอฟริกา เอเชีย และอเมริกาใต้ ซึ่งในประเทศไทยนั้นมีปลูกกันทั่วทุกภาค โดยทั่วไปแล้วมีการเพาะปลูกมะระเพื่อใช้ผลดิบในการบริโภคเป็นอาหารและเป็นยาสมุนไพร บางครั้งมีการปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับ ซึ่งผลของมะระมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ แต่ละประเทศ เช่น karela , African cucumber, balsam-apple, balsam-birne, balsam pear, balsamo, beta-momorcharin, bitter apple, bitter cucumber, bitter gourd, bittergurke, carilla gourd, charantin, chinli-chih, cundeamor, kakara, kuguazi, k'u-kua, lai margose, *Momordica angustipala*, momordique, pavakkachedi, pepino montero, p'u-t'ao, sorosi, sushavi, และ wild cucumber เป็นต้น (Basch และคณะ, 2003 ;Kuri และคณะ, 1991) สำหรับมะระจีน และ มะระขี้นก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Momordica charantia* Linn อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae (กฤษณา, 2541)

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นพืชชนิดเถาเลื้อยปีเดียว เถาลำต้นยาวถึง 5 เมตร ลำต้นเป็น 5 เหลี่ยม มือจับเดี่ยว ใบเป็นใบเดี่ยว รูปฝ่ามือ กว้างยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นซี่ห่างๆ ใบเว้าเป็นแฉกลึก 5-7 แฉก ใบและลำต้นมีขนสากอยู่ทั่วไป ดอกสีเหลือง ออกเดี่ยวตามซอกใบ ดอกแยกเพศอยู่บนต้นเดียวกันรูปแตรปลายกลีบดอกแยกเป็น 5 แฉก เมื่อบานเต็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร ดอกเพศผู้มีก้านดอกยาว 0.5-3 เซนติเมตร มีใบประดับในส่วนปลายยาวถึง 2-3 เซนติเมตร ก้านดอกย่อยยาว 2-5.5 เซนติเมตร ก้านดอกในดอกเพศเมียยาว 0.2-5 เซนติเมตร มะระจีนมีผลขนาดใหญ่กว่ามะระขี้นก ผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-7 เซนติเมตร ยาว 18-23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซนติเมตร ความหนาเนื้อ 0.5-0.8 เซนติเมตร รูปทรงกระบอก สีเขียวอ่อน ผิวขรุขระ ร่องใหญ่ (ภาพ 2.1) เนื้อหนา และมีรสขม

ภาพ 2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดอกและผลมะระจีน
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2550

2.2.2 วิธีปลูกและการปฏิบัติดูแลรักษา

ปัจจุบันมีการปลูกกันอยู่ทั่วไป เพราะประชาชนนิยมบริโภค มะระจีนเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็นประมาณ 18-25 องศาเซลเซียส สามารถเพาะปลูกได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทยโดยเฉพาะที่มีสภาพดินเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายระบายน้ำได้ดีจะสามารถปลูกมะระจีนได้ดี ถ้าปลูกเพื่อบริโภคสดปลูกได้ทุกฤดูกาลตลอดปีแต่ปลูกได้ผลดีที่สุดในช่วงฤดูหนาว มีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ 17 วันหลังดอกบาน เก็บเกี่ยวผลครั้งแรกหลังเพาะกล้าหรือหยอดเมล็ดลงหลุมปลูกประมาณ 45-50 วัน ทยอยเก็บผลผลิตวันเว้นวันหรือทุกวัน โดยการเลือกผลที่โตได้ขนาด มีสีเขียวยังไม่แก่เกินไป ถ้าเริ่มมีสีขาวและเริ่มแตกถือว่าแก่เกินไป สามารถเก็บได้นาน 17-20 ครั้ง อายุเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้าย 85-90 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของมะระจีน

องค์ประกอบทางเคมีของมะระจีนประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต เส้นใย โปรตีน และอุดมไปด้วย แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามิน เอ บี1 บี2 และ ซี (ตาราง 2.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 สารอาหารในมะระ (100 กรัม)

สารอาหาร	ปริมาณ
Ash (g)	1.1
Calcium (mg)	19
Carbohydrates (g)	3.7
Coppper (ug)	0.034
Energy (Kcal)	17
Fiber (g)	2.8
Iron (mg)	0.43
Magnesium (mg)	17
Manganese (mg)	0.089
Phosphorus (mg)	31
Potassium (ug)	296
Protein (g)	1
Selenium (ug)	0.2
Sodium (mg)	5
Total Lipids (g)	0.17
Vitamin A iu (ug * 5)	380
Vitamin B1 (Thiamin) mg	0.04
Vitamin B2 (Riboflavin) mg	0.04
Vitamin B3 (Niacin) mg	0.4
Vitamin B5 (Pantotheic Acid) mg	0.212
Vitamin B6 (Pyridoxine) mg	0.043
Vitamin C (mg)	84
Vitamin E (mg)	0
Zinc (mg)	0.8
Water (g)	94.03

ที่มา : http://www.foodgenius.com/index.cgiaction=nutrition&ndb

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังพบสารออกฤทธิ์หลายชนิดในมะระ เช่น สารที่ออกฤทธิ์ต้านเบาหวาน สารยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน และสารกำจัดแมลง เป็นต้น โดยสารที่แยกได้จากมะระส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มซาโปนิน โปรตีน สเตอรอยด์ไกลโคไซด์ อัลคาลอยด์ และสารขมเช่น โมมอร์ดิโคไซด์เคและแอล นอกจากนี้ยังพบสารซีโรโทนิน ซาโปจินิน และ กรดอะมิโน เช่น glutamic acid, alanine, b-alanine, phenylalanine, proline, a-aminobutyric acid, gitrulline, galacturonic acid, guanylate cyclase inhibitor และ MAP30 (Raman,1996 ; ฉิชกุล, 2545) สำหรับสารที่มีรายงานว่าสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด ได้แก่โพลีเปปไทด์ พี หรือ p-insulin ซึ่งเป็นโพลีเปปไทด์ที่แยกได้จากมะระมีน้ำหนักโมเลกุล 11 กิโลดัลตัน และสารอีกชนิดหนึ่งก็คือ คาแรนทิน (charantin) ซึ่งเป็นสารผสมของสเตอรอยด์ไกลโคไซด์ 2 ชนิด คือ β-sitosterol-β-D-glucoside กับ 5,25 stigmastadiem3β-ol-β-D-glucoside มีฤทธิ์เช่นเดียวกับอินซูลิน(ฉัตรชัย, 2545 ; อัมพวัน, 2546) ซึ่งสามารถจำแนกสารประกอบที่แยกได้จากมะระได้ ดังนี้

2.2.3.1 Triterpene

สาร triterpene ที่พบในมะระได้แก่ cucurbitacin ซึ่งเป็นสารขมที่พบในพืชวงศ์ cucurbitaceae และ pentacyclic triterpene

ก. Cucurbitacin จัดอยู่ในกลุ่ม tetracyclic triterpenes เป็นสารขมในมะระ มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ (antiinflammatory) และต้านแบคทีเรีย (antibacteria) โดยโครงสร้างของสาร cucurbitacin มี keto group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 11 (C-11) และมี methyl group เกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 (C-9) และที่ OH-group ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (C-2) หรือคาร์บอนตำแหน่งที่ 16 (C-16) เชื่อมกับโมเลกุลของน้ำตาล สาร cucurbitacin ที่พบในมะระมีชื่อว่า momordicosides ซึ่ง momordicosides A-E (ภาพ 2.2) มีกลูโคส 2-3 หน่วยเกาะที่ตำแหน่ง C-3 แยกได้จากผลมะระในปี ค.ศ.1980-1981 ต่อมาพบสาร momordicosides อีก4 ชนิดคือ momordicosides F1, F2 , G และ I (รูปที่ 2.2) ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นสารที่ไม่ขม ส่วนสารขมที่พบในมะระมี 2 ชนิด คือ momodicoside K และ momodicoside L (ตาราง 2.2) ซึ่งแยกได้จากผลอ่อนของมะระ ในปี ค.ศ. 1982 ส่วน momordicosides I และ II (ตาราง 2.2) แยกได้จากใบ และเถาของมะระ (Okabe,1982)

ข. Pentacyclic triterpene ที่พบในมะระมี 3 ชนิดคือ momordicinin(13 β, 28-epoxy-urs-11-en-3-one), momordicilin (24-[1'-hydroxy, 1'-methyl 1-2'-pentenyloxyl]-ursan-3-one) และmomordicin(13-hydroxyl-28-methyl-urs-11-en-one)ซึ่งแยกได้จากสารสกัดด้วยเมธานอลของผลมะระสดในปี ค.ศ.1997 ดังภาพ 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3.2 Steroid glycoside

สเตอรอยด์ที่แยกได้จากมะระ ได้แก่ β-spinasterol, stigmast-5-ene-3-β-25-diol, stigmasterol, β-sitosterol, momordenol (3β-hydroxy-stigmast-5,14-diene-16-ene)และคาแรนทิน (มลฤดี, 2545)

คาแรนทิน เป็นสารผสมของสเตอรอยด์ไกลโคไซด์ 2 ชนิด คือ β-sitosterol-β-D-glucoside กับ 5,25 stigmastadien-3β-ol-β-D-glucoside (ภาพ2.4)ในอัตราส่วน1:1 สารคาแรนทินเป็นสารที่ไม่มีขั้ว ละลายได้ดีใน ไดคลอโรมีเทน เบนซีน และคลอโรฟอร์ม ไม่ละลายในปิโตรเลียมอีเธอร์ เฮกเซนและน้ำ อย่างไรก็ตามการที่มีไกลโคไซด์เกาะอยู่ทำให้ละลายได้เล็กน้อยในเอธานอลและเมธานอล ถึงแม้ว่าสารคาแรนทินจะละลายได้เล็กน้อยในเอธานอลแต่มีความเป็นพิษน้อยกว่าการใช้คลอโรฟอร์มและเป็นที่ยอมรับมากกว่า (Jamwal, 1962) คาแรนทินมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 578.434 มีจุดหลอมเหลวที่ 243.5 องศาเซลเซียส และให้ผลบวกเมื่อนำไปทดสอบด้วย Liebermann-Burchard's Test จะเปลี่ยนสีสารละลายจากสีม่วงไปเป็นสีน้ำเงินและเปลี่ยนต่อเป็นสีเขียวและสีเหลือง (Lolitkar และ Rajarama Rao, 1966)

คาแรนทินสามารถสกัดได้ด้วยคลอโรฟอร์มโดยใช้ soxhlet และต้องนำไปกำจัดตัวทำละลายออกโดยใช้ evaporator เพื่อแยกคลอโรฟอร์มออกจากผลิตภัณฑ์ซึ่งถ้ามีคลอโรฟอร์มหลงเหลืออยู่ในสารสกัดจะทำให้เกิดพิษได้ ดังนั้นการใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลายจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการสกัดสารคาแรนทินได้ (เจษฎา, 2547)

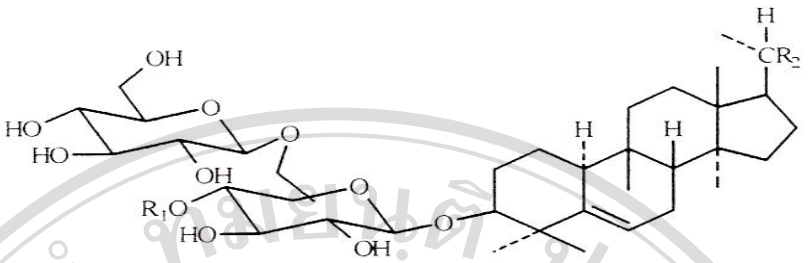
2.2.3.3 Polypeptide

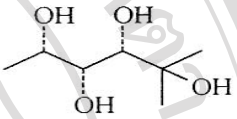
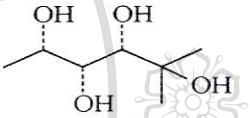
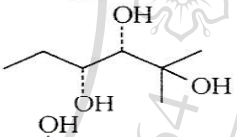
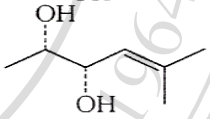
โปรตีนที่แยกได้จากมะระ ได้แก่ โปรตีน MAP30 และ โพลีเปปไทด์ พี หรือ p-insulin ซึ่งเป็นฮอร์โมนอินซูลินจากพืชแยกได้จากผลและเมล็ดของมะระมีน้ำหนักโมเลกุล 11 กิโลดัลตัน ประกอบด้วยกรดอะมิโน 166 หน่วย มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งทำการทดลองทั้งในสัตว์ทดลองและในคน (Khanna, 1984 ; 1985) ส่วน MAP 30 เป็นโปรตีนที่สกัดได้จากมะระจีนจากต่างประเทศ มีฤทธิ์ต้านเชื้อ HIV (ฉัตรชัย, 2545)

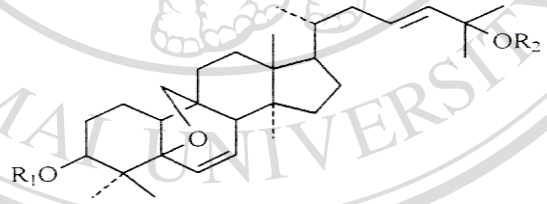
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3.4 สารอื่นๆ

สารอื่นๆที่พบในมะระ ได้แก่ monoterpene(cymene), sapogenin(diosgenin), alkaloid (tryptamine, vicine และ zeatin) นอกจากนี้ยังพบสารแคโรทีนอยด์ เช่น lutein, lycopene, phytofluene และ zeaxanthin (มลฤดี, 2545)



	R_1	R_2
Momordicoside A	H	
Momordicoside B	β-D-Xylose	
Momordicoside C	H	
Momordicoside D	H	

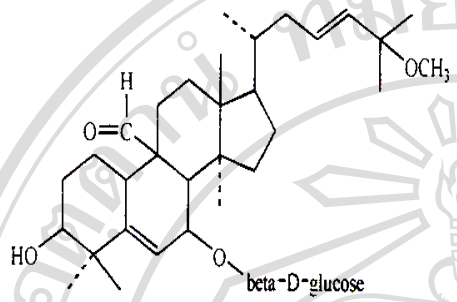
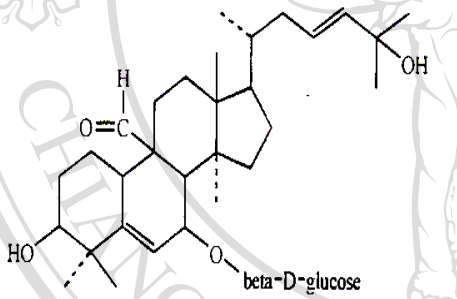
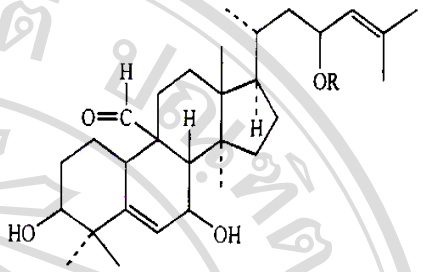
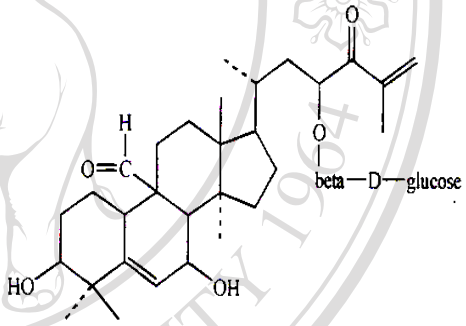


	R_1	R_2
Momordicoside E	H	-CHO
Momordicoside F_1	β-D-Glucose	CH_3
Momordicoside F_2	β-D-Allose	H
Momordicoside G	β-D-Allose	CH_3
Momordicoside I	β-D-Glucose	H

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

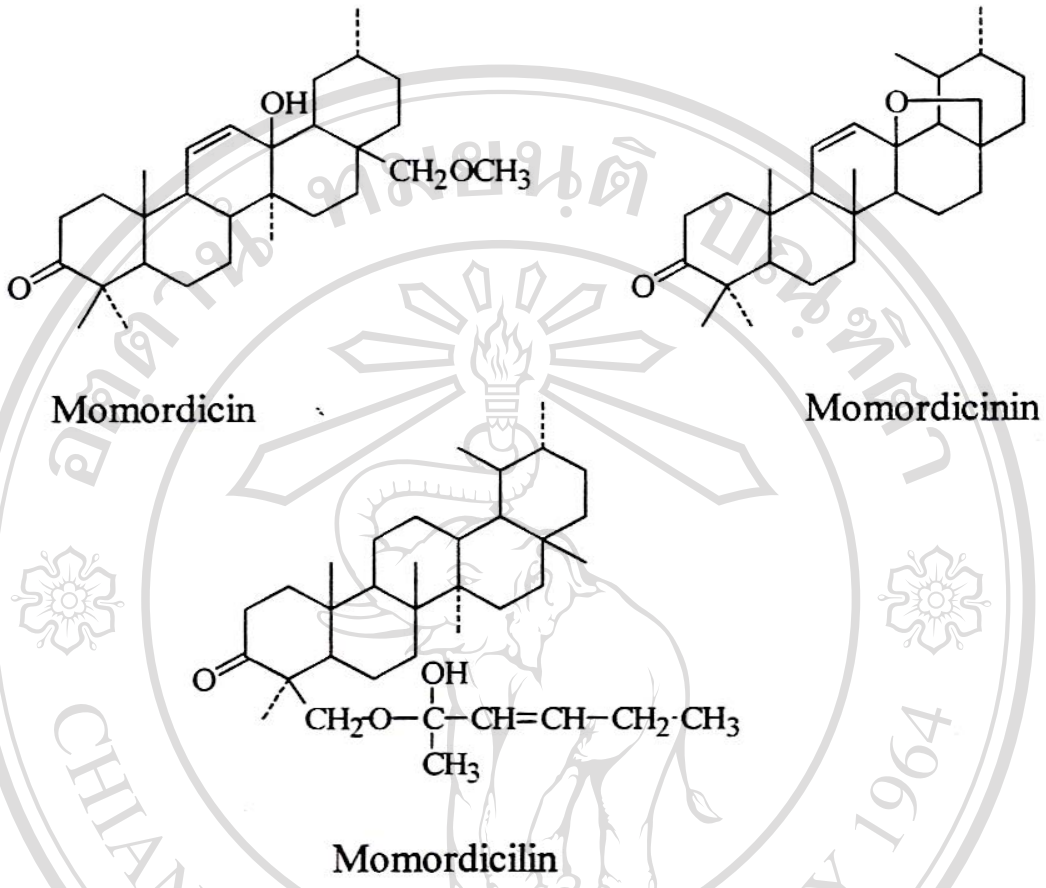
ภาพ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ usual cucurbitacin และ unusual cucurbitacin
ที่มา : มลฤดี, 2545

ตาราง 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ cucurbitacin ที่แยกได้จากผล ใบ และเถาของมะระ

cucurbitacins ที่แยกได้จากผล	cucurbitacins ที่แยกได้จากใบและเถา
 Momordicoside K  Momordicoside L	 Momordicine I R = H Momordicine II R = beta-D-glucose  Momordicine III

ที่มา : มลฤดี, 2545

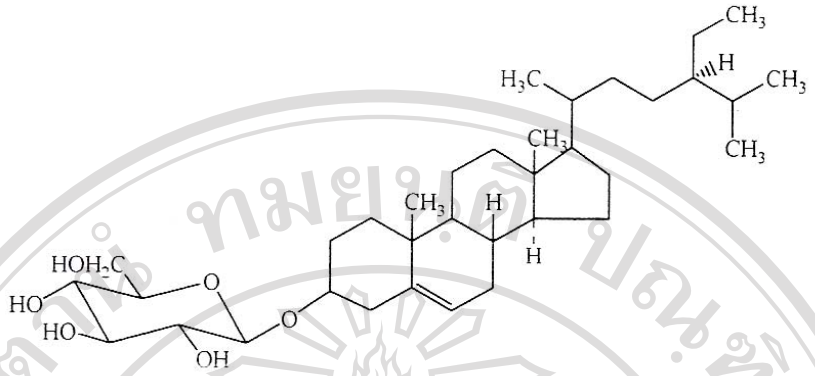
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



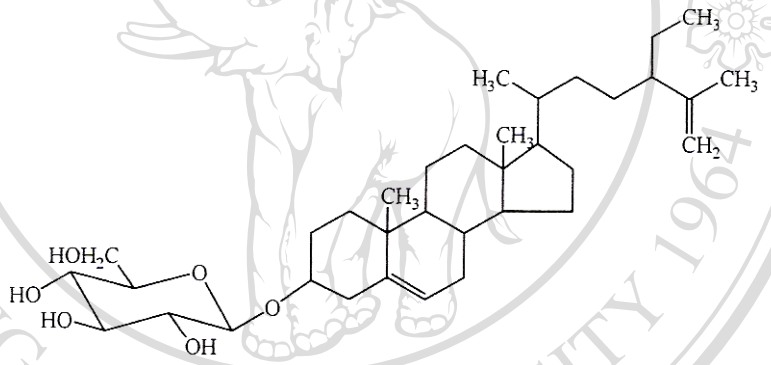
ภาพ 2.3 โครงสร้างสาร pentacyclic triterpene ในมะระ

ที่มา : มลฤดี, 2545

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



β-sitosteryl glucoside



5,25 stigmastadiem-3β-ol-β-D-glucoside

ภาพ 2.4 โครงสร้างของสารคาแรนทิน
ที่มา : มลฤดี, 2545

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ฤทธิ์ต้านเบาหวานของมะระและสารออกฤทธิ์ในมะระ

มะระเป็นพืชสมุนไพร ที่มีการนำมาใช้ในการรักษาโรคเบาหวานกันอย่างแพร่หลาย โดยพบว่ามีการใช้ ผลมะระสด น้ำคั้นมะระ และผงมะระ มาใช้ในทางการแพทย์เพื่อรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานควบคู่ไปกับการใช้ยาต้านโรคเบาหวาน และพบว่ามะระสามารถเสริมฤทธิ์ของยาต้านโรคเบาหวานได้ ซึ่งพบจำนวน 8 ใน 9 ของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ที่รับประทานมะระควบคู่ไปกับยาต้านโรคเบาหวาน

มีรายงานทางวิทยาศาสตร์ที่ทำการศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของมะระ (hypoglycemic effect) โดยมีการศึกษาทั้งในหลอดทดลอง (in vitro) ในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ (in vivo) ซึ่งการทดลองในมนุษย์ส่วนใหญ่ทำในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาในมนุษย์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งผลจากการทดลองยืนยันว่าการบริโภค ผลมะระสด มะระผง และสารสกัดจากมะระ สามารถลดน้ำตาลในเลือดได้ โดยการลดระดับน้ำตาลในเลือดจะเกิดขึ้น 30 นาที หลังจากการกินมะระ และจะออกฤทธิ์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 4 และฤทธิ์จะคงอยู่อย่างน้อย 12 ชั่วโมง (Basch และคณะ, 2003) และมีการระบุทางการแพทย์ว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ควรรับประทานมะระแต่ควรอยู่ภายใต้การแนะนำของแพทย์ (Cunnick และTakemato, 1993) ซึ่งสารที่คาดว่าเป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์และมีรายงานทางวิทยาศาสตร์ยืนยันว่าออกฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด ได้แก่ คาแรนทิน (charantin), โพลีเปปไทด์ พี (p-insulin) และวิซิน (vicine) (Raman, 1996)

2.3.1 คาแรนทิน (charantin)

คาแรนทินเป็นสารสเตอรอยด์ไกลโคไซด์ที่แยกได้จากผลมะระ มีคุณสมบัติเหมือนอินซูลินและมีฤทธิ์คล้ายกับการรับประทานยาต้านเบาหวาน (Cunnick และTakemato, 1993) และสารคาแรนทินสามารถใช้รักษาโรคเบาหวานแทนการฉีดอินซูลินในผู้ป่วยรายที่การฉีดอินซูลินไม่ได้ผลโดยไม่เกิดผลข้างเคียง และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการรักษาโรคเบาหวาน (Belinda, 2000 ; Sharma และคณะ, 1996)

Lolitkar และRajarama Rao (1966) ศึกษาการสกัดสารคาแรนทินจากมะระ โดยนำมะระมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปทำแห้งโดยใช้เตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส เมื่ออบเสร็จแล้วนำมาบดให้เป็นผง แช่ในเอธานอล 80% รอจนเอธานอลซึมเข้าไปในมะระผง จากนั้นนำไปทำให้เข้มข้นแล้วนำไปแขวนลอยในเอธานอล 95% ปรับ pH ให้เท่ากับ 10 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น แล้วสกัดด้วยอีเธอร์นำสารสกัดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ ตามด้วย กรดไฮโดรคลอริก 5% และล้างด้วยน้ำอีกครั้ง จากนั้นนำไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้แห้งโดยใช้ anhydrous sodium sulphate กลั่นอีเธอร์ออก ส่วนที่เหลือนำไปตกผลึกหลายๆ ครั้งโดยใช้ เอธานอล 95% ซึ่งผลึกสารที่ได้ก็คือคาแรนทิน และเมื่อนำคาแรนทินไปวิเคราะห์โดยเทคนิค thin layer chromatography โดยใช้เฟสคงที่คือซิลิกาเจล และเฟสเคลื่อนที่คือเมธานอล:เบนซีน ในอัตราส่วน 2:8 พบว่า มีค่า R_f เท่ากับ 0.5 จากนั้นได้ศึกษาฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของคาแรนทินในกระต่ายที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยใช้ alloxan และให้อดอาหาร ให้กระต่ายได้รับสารคาแรนทินทางปาก และฉีดเข้ากระแสเลือด พบว่า ระดับน้ำตาลในเลือดค่อย ๆ ลดลงในชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 4 หลังจากได้รับคาแรนทิน และการได้รับคาแรนทิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมทางปากสามารถลดน้ำตาลในเลือดได้ 42% ที่ชั่วโมงที่ 4 หลังจากได้รับคาแรนทิน และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้คาแรนทิน พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดน้ำตาลในเลือดไม่เพิ่มขึ้น และพบว่าการได้รับคาแรนทินทางปากและฉีดเข้ากระแสเลือด มีผลต่อแบบแผนของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการได้รับคาแรนทิน 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยฉีดเข้ากระแสเลือด ให้ผลเช่นเดียวกับการได้รับคาแรนทิน 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทางปาก จากนั้นศึกษาฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของคาแรนทินเปรียบเทียบกับยา tolbutamide พบว่าคาแรนทินสามารถลดน้ำตาลในเลือดได้มากกว่าเมื่อเทียบกับยา tolbutamide และมีผลต่อแบบแผนของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดคล้ายกัน นอกจากนี้ยังรายงานว่าการกินผลมะระสดทั้งลูก 1.5 กิโลกรัมจะได้รับคาแรนทิน 50 มิลลิกรัม แต่การดื่มน้ำคั้นมะระสด 50-60 มิลลิลิตรต่อวันจะได้รับคาแรนทินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งการกินมะระทั้งผลแทนการดื่มน้ำมะระสดอาจมีผลลดน้ำตาลในเลือดได้ดีกว่า และการบริโภคมะระติดต่อกันเป็นเวลานานไม่มีความเป็นพิษแต่อย่างใด

Olaniyi (1973) ศึกษาการสกัดสารคาแรนทินจากมะระขี้นกโดยนำมะระมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปทำแห้งโดยใช้ เตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่ออบเสร็จแล้วนำมาบดให้เป็นผง นำไปสกัดด้วยเมธานอลโดยใช้ soxhlet นำสารสกัดที่ได้ไปทำให้เข้มข้นให้เหลือเมธานอลน้อยที่สุด จากนั้นทำให้เจือจางด้วยเอธานอล แล้วทำให้เป็นเบสด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง โดยนำไปแช่ในตู้เย็น จากนั้นทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นแล้วสกัดหลายๆครั้งด้วยอีเธอร์ ล้างสารสกัดที่ได้ด้วยน้ำกลั่นตามด้วยกรดไฮโดรคลอริก และทำให้แห้งโดยใช้ anhydrous sodium sulphate เมื่อกำจัดตัวทำละลายออกหมดจะได้สารสีน้ำตาล (brown residue) นำไปตกผลึกอีกครั้งด้วยเอธานอล จะได้ผลึกที่ไม่มีสี (compound A) นำผลึกที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเทคนิค TLC, IR, MS และวิเคราะห์หาจุดหลอมเหลวเทียบกับคาแรนทินอ้างอิง พบว่า compound A คือสารคาแรนทิน ซึ่งมะระผง 1 กิโลกรัมจะสกัด compound A ได้ 0.85 กรัม (0.085% yield)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Marquis และคณะ (1977) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของคาแรนทินเปรียบเทียบกับอินซูลินโดยทำการทดลองในหนู พบว่าสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ที่ชั่วโมงที่ 18 และรายงานว่าสารคาแรนทินเป็นสารออกฤทธิ์ต้านเบาหวานที่พบในมะระ

มลฤดี (2545) ศึกษาการวิเคราะห์สารคาแรนทินซึ่งสกัดจากส่วนต่างๆของมะระขี้นกโดยนำส่วน เถา ผล และราก ของมะระไปล้าง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปทำแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด นำมะระผงที่ได้ไปสกัดด้วย เอธานอล 95% โดยใช้ soxhlet นำสารสกัดที่ได้ไปทำให้เข้มข้นแล้วนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าสามารถแยกสารผสมของสเตอรอยด์ไกลโคไซด์ (สาร A) ได้ในปริมาณ 0.0216% จากเถา และ 0.0064% จากราก จากนั้นได้แยกสาร A - 2 ออกจากสารA นำไปวิเคราะห์โครงสร้าง พบว่าสาร A - 2 เป็นสารผสมของ 3β-O-Dglucopyranosyl-(24α)-ethylcholest-5-ene($C_{35}H_{60}O_6$) และ 3β-O-Dglucopyranosyl-(24α)-ethylstigmasta-5,25-diene ($C_{35}H_{58}O_6$) ในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งสอดคล้องกับสารคาแรนทินที่มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด จากนั้นทำการหาปริมาณคาแรนทินใน เถา ผล และรากของมะระขี้นกโดยใช้เทคนิค HPLC ใช้คอลัมน์ C-18 mobile phase คือ น้ำ:เมธานอล ในอัตราส่วน 100:2 ใช้ flow rate 1 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้ UV detector โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 204 นาโนเมตร พบว่าพีคของสารคาแรนทินจะปรากฏที่นาทีที่ 8.1 และวิเคราะห์ปริมาณสารคาแรนทินในส่วน เถา ผล และรากได้ปริมาณ 0.0417%, 0.0301% และ 0.0139% ของมะระผง ตามลำดับ

Patel และคณะ (2006) ศึกษาการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาแรนทินโดยใช้เทคนิค HPTLC ทำการศึกษาในผลมะระขี้นกขนาดเล็ก (small fruit) และขนาดใหญ่ (big fruit) ผลมะระขี้นกสดและในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรที่มีมะระขี้นกเป็นส่วนประกอบที่วางขายในท้องตลาด 3 ยี่ห้อ คือ Mersina, Diabecone และ Madhuripu เตรียมตัวอย่างโดยใช้ ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรชนิดละ 200 มิลลิกรัม สกัดด้วยคลอโรฟอร์ม ส่วนมะระขี้นกผลเล็กและผลใหญ่ เตรียมโดยนำไปทำแห้งแล้วบดให้เป็นผง นำไปสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาแรนทินด้วย เทคนิค HPTLC โดย spot สารสกัดลงบน TLC plate (Silica gel 60 F254 precoated plates ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร) เฟสเคลื่อนที่คือ เบนซีน:เมธานอล(80:20) เมื่อพ่นด้วยกรดซัลฟูริก 10 % ในแอลกอฮอล์ แล้วนำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที พบว่ามีจุดสีม่วงซึ่งมีค่า R_f เท่ากับ 0.32 และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 536 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณคาแรนทินเทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่ามะระขี้นกแห้งผลเล็ก ผลใหญ่ และผลมะระขี้นกสดมีปริมาณคาแรนทิน 0.600, 0.4716 และ 0.3863% w/w ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยี่ห้อ Mersina, Diabecone และ Madhuripu มีปริมาณคาแรนทิน 0.09356, 0.06443

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 0.06305%w/w ตามลำดับ ซึ่งเทคนิค HPTLC นี้สามารถตรวจวัดความเข้มข้นของคาแรนทินได้ในระดับนาโนกรัม

Pitipanapong และคณะ (2007) ศึกษาการสกัดสารคาแรนทินจากมะระโดยวิธีการสกัดด้วยของเหลวที่ความดันสูง (pressurized liquid extraction) ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสูงโดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย(อะซิโตน ไดคลอโรมีเทน เอธานอล(0-100%) และน้ำ) อัตราการไหลของตัวทำละลาย 2-6 มิลลิลิตรต่อนาที และ อุณหภูมิในการสกัดที่ 50-100 องศาเซลเซียส ความดัน 10 เมกกะปาสคาล นำไปวิเคราะห์ปริมาณคาแรนทินด้วยเทคนิค HPLC พบว่า การสกัดสารคาแรนทินโดยใช้ อะซิโตน และเอธานอลมีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน และน้ำ ซึ่งประสิทธิภาพในการสกัดขึ้นกับอุณหภูมิและองค์ประกอบของตัวทำละลาย โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และสัดส่วนของเอธานอลเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการสกัดจะเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดโดยใช้ soxhlet พบว่าระยะเวลาในการสกัดลดลง 3.75 เท่า

2.3.2 โพลีเปปไทด์ พี (p-insulin)

p-insulin เป็นฮอร์โมนอินซูลินจากพืช แยกได้จากผลและเมล็ดของมะระ มีน้ำหนักโมเลกุล 11 กิโลดัลตัน มีรายงานว่า p-insulin สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดทั้งในสัตว์ทดลองและในมนุษย์โดยการฉีด p-insulin เข้ากระแสเลือด (Khanna และคณะ,1984) เนื่องจากโปรตีนจะถูก inactivate เมื่อได้รับทางปากจากการถูกย่อยโดยเอนไซม์ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) ดังนั้นฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดจากการได้รับ p-insulin ทางปากจึงยังมีข้อสงสัยอยู่ Khanna (1985) รายงานว่า ยังไม่มีหลักฐานใดที่สนับสนุนว่า p-insulin สามารถออกฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดได้เมื่อได้รับทางปาก สอดคล้องกับรายงานของ Raman (1996) ซึ่งรายงานว่า การได้รับ p-insulin ด้วยวิธีฉีดเข้ากระแสเลือดนั้นสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ แต่ผลจากการได้รับ p-insulin ทางปากยังนั้นยังมีข้อสงสัยอยู่

2.3.3 อัลคาลอยด์ (alkaloid)

Day และคณะ (1990) รายงานว่าสารอัลคาลอยด์ที่แยกได้จากน้ำคั้นมะระ มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด นอกจากนั้นสาร pyrimidine nucleoside vicine ในกลุ่มอัลคาลอยด์ ซึ่งแยกได้จากเมล็ดของมะระสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลองได้ โดยระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลองลดลงเมื่อหนูได้รับเมล็ดมะระ 16 กรัมต่อกิโลกรัม (Dutta และคณะ, 1981; Barron และคณะ, 1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 Kakra compound

Srivastavaและคณะ (1993) แยกสารประกอบที่ไม่ใช่สารในกลุ่มสเตอรอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ kakra 1b, 111a และ 111b จากผลมะระและพบว่ามีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด แต่ยังไม่มีการหาโครงสร้างของสารชนิดนี้

2.4 ผลต่อเนื้อเยื่อและเอนไซม์ของสารออกฤทธิ์ต้านเบาหวานในมะระ

ถึงแม้ว่ากลไกในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของมะระยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่ได้มีการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับกลไกในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของมะระไว้หลายแนวคิด ดังนี้

ผลต่อการดูดซึมกลูโคส (glucose absorption) Meir และYaniv (1985) รายงานว่าสารสกัดจากมะระสามารถลดการดูดซึมกลูโคสในลำไส้เล็กได้โดยยับยั้งการขนส่งกลูโคสที่ brush border และจะช่วยปรับปรุงภาวะ glucose tolerance ได้

ผลต่อการหลั่งอินซูลิน (insulin secretion) Welihinda และคณะ (1982) รายงานว่าสารสกัดจากมะระเพิ่มการหลั่งของอินซูลินจากตับอ่อนได้ในหลอดทดลอง โดยจะไปเพิ่มการผลิตเบต้าเซลล์ในตับอ่อน Mosihuzzaman และคณะ(1994) รายงานว่าสารสกัดจากผลมะระสามารถกระตุ้นการหลั่งของอินซูลินจาก pancreatic islet cell ที่แยกออกมาจากหนูได้

การออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนอินซูลิน (insulinomimetic effect) ในมะระมีสารที่มีโครงสร้างคล้ายกับอินซูลินที่พบในสัตว์ และพบหลักฐานว่ามีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนอินซูลิน (Basch และคณะ, 2003) Shibib และคณะ (1993) รายงานว่า มะระสามารถลดการเกิดกระบวนการเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกลูโคสที่ตับ และเพิ่มการเกิดกระบวนการสังเคราะห์ไกลโคเจนในตับด้วย และรายงานว่า สารสกัดด้วยเอธานอลของมะระ สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ glucose-6-phosphatate dehydrogenase ได้ ซึ่งการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ glucose-6-phosphatate dehydrogenase จะส่งผลให้เกิดการนำกลูโคสไปใช้ที่ตับมากขึ้น ทำให้ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดลดลง Raman (1996) รายงานว่า น้ำคั้นมะระสามารถเพิ่มการนำกลูโคสไปใช้ในเซลล์กล้ามเนื้อได้ โดยสารสกัดจากมะระสามารถลดการทำงานของ hepatic gluconeogenetic enzyme และเพิ่มการสังเคราะห์ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและในตับได้ นอกจากนี้ยังยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของกลูโคสซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการเกิดกระบวนการไกลโคไลซิสได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 การศึกษากลไกการลดระดับน้ำตาลในเลือดของมะระ

การศึกษา	กลไกการลดระดับน้ำตาลในเลือด
Ahmed et al., 1998	เพิ่มจำนวนเบต้าเซลล์ (β-cell)
Welihinda et al., 1986	เพิ่มการหลั่งอินซูลินที่ตับอ่อน
Karunanayake and Welihinda,1986	เพิ่มการนำกลูโคสไปใช้ในตับและกล้ามเนื้อ
Shibib et al, 1993	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ glucose-6-phosphatase และ fructose -1,6- bisphosphatase และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ glucose-6-phosphatate dehydrogenase ที่ตับ
Matsuda et al, 1998	ยับยั้งการขนส่งกลูโคสที่ brush border ของลำไส้เล็ก
Rathi et al, 2002	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการย่อยแป้ง เช่น hexokinase, glucokinase และ phosphofructokinase

2.5 สรรพคุณของมะระในการรักษาโรคอื่นๆ

รักษาโรคเอดส์ โดยมีสารต้านเชื้อ HIV ได้แก่ โปรตีน MRK 29 (หรือ TBGP 29) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 28.6 กิโลดัลตัน แยกได้จากผลและเมล็ดของมะระขี้นก MRK 29 มีคุณสมบัติในการยับยั้งเอ็นไซม์รีเวอร์สทรานสคริปเทส (HIV-1 reversetranscriptase) ซึ่งลำดับของกรดอะมิโนในโปรตีน MRK 29 ต่างกับ โปรตีน MAP 30 โดยโปรตีน MAP 30 เป็นโปรตีนที่สกัดได้จากมะระจีนจากต่างประเทศ ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ HIV โดยยับยั้งเอ็นไซม์รีเวอร์สทรานสคริปเทส (HIV-1reversetranscriptase)และยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์อินทีเกรส(HIV-integrase) นอกจากนี้สารไกลโคโปรตีนที่ชื่อ มอมอร์คาริน ซึ่งแยกได้จากเมล็ดของมะระจีนในต่างประเทศเช่นกันมีคุณสมบัติทำให้ระดับ HIV antigen ในเซลล์ที่ติดเชื้อ HIV ต่ำลง และยังมีผลในการลดจำนวนเซลล์ที่ติดเชื้อ (ฉัตรชัย, 2545) การใช้น้ำคั้นจากผลดื่มให้ผลดีกว่ากินสดหรือต้มแต่การสวนทวารด้วยน้ำคั้นมะระจะได้ผลดีกว่าการดื่ม เพราะสารสำคัญ MAP 30 เป็นโปรตีนจะไม่สามารถถูกทำลายโดยกรดและน้ำย่อยอาหารในกระเพาะอาหารได้ (ไมตรี, 2542)

ต้านโรคมะเร็ง สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ต้านมะเร็ง คือ guanylate cyclase inhibitor สกัดได้จากผลสุก MAP 30 สกัดจากเนื้อผลสุกและเมล็ด และสารมอมอร์คารินสกัดจากเมล็ดโดยนำผลและเมล็ดต้มน้ำดื่ม (แสงไทย, 2544)สารกลุ่มอนุพันธ์ของไอโซพรีนอยด์ในมะระก็มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังใช้มะระเป็นยาแก้ไข้ โดยนำผลมะระมาต้มในน้ำเดือดแล้วดื่ม อาการตัวร้อนจะหายไป และยังสามารถแก้แผลบวม โดยใช้ผลสดตำพอกแผล (ฉัตรชัย, 2545)

สำหรับความเป็นพิษ มีรายงานว่ามะระมีผลต่อตับและระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ทดลอง ส่วนในมนุษย์ แม้ว่าจะมีผู้บริโภคมะระเป็นจำนวนมากทั้งที่รับประทานเป็นอาหารและเป็นยาสมุนไพรแต่ยังไม่มีรายงานว่ามีความเป็นพิษในมนุษย์ (Raman, 1996)

Zhang (1992) รายงานว่ามะระมีความเป็นพิษน้อยมาก โดยไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเลือด ตับ ไต หัวใจ และไม่พบความผิดปกติร้ายแรงแต่อย่างใดในผู้ป่วยที่รับประทานน้ำคั้นมะระทุกวันเป็นเวลา 3 ปี โดยให้ผู้ป่วยดื่มน้ำคั้นมะระ 400 -1000 มิลลิลิตรต่อวัน และได้แนะนำว่าในคนปกติควรดื่มน้ำคั้นมะระ 6-10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเนื่องจากเทคนิคในการเตรียมน้ำคั้นมะระและสารสกัดจากมะระมีความผันแปร จึงไม่สามารถกำหนดปริมาณสูงสุดในการกิน (optimum dose) มะระหรือสารสกัดจากมะระได้

2.6 การอบแห้ง (drying)

การอบแห้ง เป็นการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ คือมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw) ต่ำกว่า 0.60 (สุคนธ์ชื่น, 2546) ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ซึ่งพลังงานที่ใช้อาจเป็นพลังงานความร้อนจาก แสงอาทิตย์ ไฟฟ้า หรือก๊าซ พลังงานความร้อนจะทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร การระเหยของน้ำออกจากสารชื้นและไอน้ำที่ระเหยออกมาจะเข้าสู่กระแสอากาศเป็นการถ่ายเทมวลของน้ำ (ความชื้น) จากสารชื้นไปสู่กระแสอากาศ ความชื้นของสารจะลดลง และความชื้นของอากาศจะเพิ่มขึ้น อากาศจะพาไอน้ำระเหยออกไป โดยมีอากาศแห้งเข้ามาแทนที่ ทำให้บริเวณผิวนอกของอาหารมีความดันไอของไอน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในชิ้นอาหาร จึงเป็นแรงขับให้น้ำจากภายในจะเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหารและเกิดการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าของอาหารอีก การทำแห้งจะสิ้นสุดเมื่อความชื้นของอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นของอาหาร ซึ่งลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2546) ได้แก่

- ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารแน่นเนื้อ อาหารที่มีน้ำตาลสูง น้ำตาลจะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก อาหารที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าอาหารขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า

- อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

- ความเร็วของลมร้อน เมื่อความเร็วของลมร้อนเพิ่มขึ้นจะเคลื่อนย้ายไอน้ำออกได้เร็วขึ้นทำให้มีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

ชนิดของเครื่องอบแห้ง (dryer) เครื่องอบแห้งแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการให้ความร้อน คือ

1. Adiabatic dryer เป็นเครื่องอบแห้งที่ให้ความร้อนโดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่สัมผัสกับอาหาร โดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ด้วย ได้แก่ tray dryer, cabinet dryer, tunnel dryer, kiln dryer, spray dryer, flow current dryer และ air-lift dryer เป็นต้น

2. Solid surface transfer dryer เป็นเครื่องอบแห้งที่ให้ความร้อนแก่อาหารโดยให้อาหารสัมผัสกับแผ่นโลหะร้อน เมื่อน้ำในอาหารได้รับความร้อนจะระเหยกระจายออกไปที่บรรยากาศตามธรรมชาติ หรือใช้ลมหมุนเวียนหรือใช้ระบบสุญญากาศได้แก่ drum dryer, vacuum shelf dryer และ continuous vacuum dryer เป็นต้น

เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (tray dryer)

เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดนิยมใช้กับผักผลไม้ที่เป็นชิ้นขนาดใหญ่ เป็นเครื่องอบแห้งที่มีถาดหรือตะแกรงสำหรับใส่อาหาร แล้วให้กระแสลมร้อนพัดผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของเครื่องอบ หรือลมร้อนอาจถูกบังคับให้หมุนเวียนโดยพัดลม ซึ่งการหมุนเวียนของอากาศอาจเป็นแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหาร หรือในแนวดิ่งผ่านทะลุใส่อาหาร เมื่ออากาศร้อนถูกเป่าลงบนชิ้นอาหารที่เปียกชื้น จะทำให้อาหารแห้ง แหล่งความร้อนที่ใช้อาจเป็นขดลวดให้ความร้อน ก๊าซ หรือ ไอน้ำ (สุคนธ์ชื่น, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศ

การทำแห้งโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้ระบบไมโครเวฟร่วมกับระบบการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ (สายสนม, 2546) ใช้หลักการลดจุดเดือดของน้ำในผลิตภัณฑ์ลงโดยใช้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งสามารถทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาสี รูปทรง รส กลิ่น และสารอาหารให้ได้ใกล้เคียงกับของสด การให้ความร้อนโดยคลื่น

ไมโครเวฟแตกต่างจากการให้ความร้อนด้วยวิธีปกติ โดยที่ความร้อนเคลื่อนที่จากผิวด้านนอกเข้าสู่ใจกลางของผลิตภัณฑ์ ทำให้ไอน้ำระเหยออกมา ผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ แห้งจากผิวนอกเข้าไปสู่แกนกลาง ผิวซึ่งแห้งแล้วจะเป็นฉนวนความร้อน ทำให้การนำความร้อนลดลงจึงต้องใช้เวลาทำแห้งนาน ส่งผลให้ผิวนอกแข็งและมีสีคล้ำ ส่วนวิธีการให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟนั้นทุกส่วนของผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำแห้งจะได้รับพลังงานพร้อมกัน ทำให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่จากภายในออกสู่ผิวนอก ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปทรงคล้ายรูปเดิม และการทำแห้งด้วยวิธีนี้จะใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่นมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีใกล้เคียงกับของเดิม เพราะได้รับความร้อนเป็นเวลาสั้น ๆ เท่านั้น นอกจากนั้นการทำแห้งด้วยวิธีนี้ยังสามารถทำได้ตลอดเวลาไม่ว่าสภาวะอากาศจะเป็นอย่างไร (ธีรพร, 2546) อย่างไรก็ตามการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ มีข้อจำกัด คือ มีการใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง (วีระชัย, 2550)

ระบบการทำงาน

เครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน เป็นการทำแห้งที่สภาวะสุญญากาศ ซึ่งมีส่วนประกอบของเครื่องที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ถังอบไมโครเวฟ

ถังอบไมโครเวฟ มีลักษณะเป็นห้องอบแห้งทรงกระบอก และมีท่อนำคลื่นไมโครเวฟต่ออยู่ด้านข้างของผนังถัง เพื่อนำคลื่นไมโครเวฟจากแหล่งกำเนิด (แมกนีตรอน) มาสู่บริเวณภายในห้องอบที่มีถังหมุน ซึ่งเป็นส่วนที่ใส่วัตถุดิบที่ต้องการทำแห้ง โดยได้มีการออกแบบให้มีใบกวาดเป็นครีบอยู่ภายในทำหน้าที่พาผลิตภัณฑ์ขึ้นไปแล้วปล่อยให้ตกลงมาอย่างอิสระ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานไมโครเวฟอย่างทั่วถึง และไอน้ำที่ระเหยออกมาจากผลิตภัณฑ์สามารถเคลื่อนที่ออกไปได้สะดวก ทำให้การทำแห้งใช้เวลาน้อย

2. เครื่องจับไอน้ำ

เป็นอุปกรณ์ช่วยลดปริมาณไอน้ำก่อนเข้าปั๊มสุญญากาศ เนื่องจากปริมาตรของน้ำที่กลายเป็นไอจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหลายเท่า ทำให้ปั๊มสุญญากาศไม่สามารถที่จะดูดอากาศออกได้ทันกับปริมาตรไอน้ำที่ขยายตัวในถังอบ จึงทำให้ความสามารถในการดูดอากาศลดลง ส่งผลให้ความดันที่เป็นสุญญากาศลดลง นอกจากนั้นยังทำให้ไอน้ำเกิดการกลั่นตัวภายในถังอบและการทำแห้งไม่สามารถทำงานต่อได้ หรือทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งเปลี่ยนสภาพไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องจับไอน้ำ เพื่อให้ปั๊มสุญญากาศทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาการทำแห้ง

3. ปั๊มสุญญากาศ

เครื่องปั๊มสุญญากาศเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ดูดอากาศทำให้เกิดสภาพสุญญากาศภายในถังอบ (วีระชัย, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการทำแห้ง เป็นขั้นตอนหนึ่งในการเตรียมตัวอย่างเพื่อสกัดสารคาแรนทิน ซึ่งสามารถรวบรวมและสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทำแห้งโดยใช้เตาอบลมร้อน และเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศได้ ดังนี้

Yongsawatdigul และGunasekaran (1995) ศึกษาการทำแห้งแครนเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying ระบบ continuous และ pulsed โดยนำแครนเบอร์รี่แช่ในสารละลาย fructose corn syrup เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำแห้งจนมีความชื้นเหลือ 15% โดยใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศระบบ continuous ที่กำลังเครื่องไมโครเวฟ 250 และ 500 วัตต์ ความดัน 5.33 และ 10.67 กิโลปาสคาล ส่วนระบบ pulsed ใช้กำลังเครื่องไมโครเวฟคงที่ 250 วัตต์ ความดัน 5.33 และ 10.67 กิโลปาสคาล โดยใช้ระยะเวลาเปิดแมกนีตรอน 30 และ 60 วินาที และระยะเวลาปิดแมกนีตรอน 60 90 และ 120 วินาที ผลการทดลองพบว่า ระบบ pulsed มีประสิทธิภาพในการทำแห้งดีกว่าระบบ continous และการทำแห้งทั้งสองระบบจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้ความดันที่ 5.33 กิโลปาสคาล และในระบบ pusled พบว่า การใช้ระยะเวลาในการเปิดและปิดเครื่องนาน 30 และ 150 วินาที ตามลำดับ จะทำให้การทำแห้งมีประสิทธิภาพมากที่สุด

Lin และคณะ (1998) ศึกษาการทำแห้งแครอทโดยเปรียบเทียบระหว่างการทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ (3 กิโลวัตต์ 19 นาที ตามด้วย 1 กิโลวัตต์ 4 นาที และตามด้วย 0.5 กิโลวัตต์ 10 นาที) ทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อน (70 องศาเซลเซียส) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ความดัน 1.6 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ chamber 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ condenser -55 องศาเซลเซียส) แล้วทำการวิเคราะห์การคืนรูป ความหนาแน่น สี เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าแครอทที่ทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ มีการคืนรูป ปริมาณแอลฟาแคโรทีน และวิตามินซีสูงกว่าแต่มีความหนาแน่นต่ำกว่า และเนื้อสัมผัสนิ่มกว่าแครอทที่ทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อน และการทำแห้งแครอทด้วยเตาอบลมร้อนจะทำให้แครอทมีสีเข้มกว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ ส่วนการทำแห้งแครอทด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการคืนรูป ความหนาแน่น สี เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุด และเมื่อให้ผู้ทดสอบชิม ทดสอบในด้าน สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวม พบว่าการใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศจะได้แครอทที่มีคุณภาพเท่ากับจนถึงดีกว่าการทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Erle และShubert (2001) ศึกษาการทำแห้งแอปเปิ้ลและสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying ร่วมกับ osmotic pretreatment เปรียบเทียบกับการใช้ microwave-vacuum drying อย่างเดียว ทำการทดลองโดยแช่แอปเปิ้ลและสตรอเบอร์รี่ในสารละลายซูโครส 60% ในอัตราส่วน 1:9 ที่ 20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำแอปเปิ้ลและสตรอเบอร์รี่ไปอบโดยใช้เตา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ ที่กำลังเครื่อง 390 วัตต์ 30 นาที ตามด้วย 195 วัตต์ 39 นาที และที่กำลังเครื่อง 390 วัตต์ 37 นาที ตามด้วย 195 วัตต์ 15 นาที ตามลำดับ พบว่าการทำ osmotic pretreatment ร่วมกับ microwave-vacuum drying สามารถรักษาสี วิตามินซีและลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้ microwave-vacuum drying เพียงอย่างเดียว โดยพบว่าปริมาตรของแอปเปิ้ลและสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการแล้วยังคงอยู่สูงถึง 20-60% และ20-50% ตามลำดับ และปริมาณวิตามินซียังคงเหลืออยู่ประมาณ 60% ทั้งในแอปเปิ้ลและสตรอเบอร์รี่

Cui และคณะ (2004) ศึกษาผลของการใช้ microwave-vacuum drying ร่วมกับการใช้ vacuum drying หรือ hot air drying ในการทำแห้งแครอทและต้นหอม ต่อปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ที่เหลือ โดยนำแครอทและต้นหอมไปอบด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศจนมีความชื้น 20 % (wet basis) จากนั้นนำไปอบต่อด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส หรืออบต่อด้วยเตาอบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส หรืออบต่อด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังเครื่องต่ำ จนมีความชื้น 6% นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปหาปริมาณแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ที่เหลือ และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการใช้ freeze drying และ hot air drying พบว่า ปริมาณแคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ของแครอทและต้นหอมที่ทำแห้งโดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying ร่วมกับการใช้ vacuum drying หรือ hot air drying ใกล้เคียงกับการใช้ freeze drying มาก และมีคุณภาพดีกว่าการใช้ hot air drying เพียงอย่างเดียว

Soysal (2004) ศึกษาการทำแห้งผักชีฝรั่ง (parsley) โดยเทคนิค microwave-vacuum drying (390-900 วัตต์) พบว่าการเพิ่มกำลังไมโครเวฟจะทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลงและพบว่า ค่าสีของผักชีฝรั่งสดและผักชีฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งโดยไมโครเวฟจะเกิดสีดำขึ้นเป็นบางจุด แต่ก็ยังสามารถรักษาสีเขียวให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สดไว้ได้ และการทำแห้งโดยใช้กำลังไมโครเวฟ 900 วัตต์ แทน 360 วัตต์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี เนื่องจากลดเวลาในการทำแห้งได้ถึง 64%

Giri (2007) ศึกษาการทำแห้งเห็ดโดยเทคนิค microwave-vacuum drying เปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบดั้งเดิม (hot air drying) ทำการทดลองโดยทำแห้งเห็ดโดยใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังเครื่องไมโครเวฟ 155-285 วัตต์ ความดัน 6.5-23.5 กิโลปาสคาล และความหนาของเห็ด 6-14 มิลลิเมตร วางแผนการทดลองแบบ CCD (central composite design) และทำแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิของลมร้อน 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบอัตราการทำแห้งและคุณสมบัติในการคืนรูปของเห็ดที่ผ่านการทำแห้งทั้งสองวิธีพบว่า การทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟแบบสุญญากาศลดเวลาการทำแห้งได้ 70-90% และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะการคืนรูปดี เมื่อเทียบกับการทำแห้งโดยใช้ลมร้อน และพบว่าปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ คือ กำลังเครื่องไมโครเวฟ รองลงมาคือความหนาของตัวอย่าง ในขณะที่ระบบความดันมีผลต่ออัตราการทำแห้งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่จะมีผลต่อการคืนรูปของผลิตภัณฑ์

Mwithiga และOlwal (2005) ศึกษาจลนศาสตร์การทำแห้งคะน้า (kale) โดยใช้เตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 30 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส และความหนาของชิ้นคะน้าที่ 10 20 40 และ 50 มิลลิเมตร ที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที พบว่าอัตราการทำแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งและลดความหนาของคะน้าลง ซึ่งมีผลให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลงด้วย การเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งจาก 30 เป็น 40 องศาเซลเซียส จะช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งลงครึ่งหนึ่งของระยะเวลาทั้งหมด

สุชีรา (2547) ศึกษาการแปรรูปฟักทองแผ่นอบกรอบโดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying โดยนำฟักทองที่ผ่านการนึ่งจนมีอุณหภูมิใจกลางเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส มาทำแห้งโดยแปรผันกำลังเครื่องไมโครเวฟที่ระดับ 50% และ 60% และคงความดันที่ 680 มิลลิบาร์ อบจนมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส พบว่า กำลังเครื่องไมโครเวฟระดับ 50% มีความเหมาะสมต่อการทำแห้งฟักทอง จากนั้นนำฟักทองที่ผ่านการทำแห้งโดยเทคนิค microwave-vacuum drying ไปทำแห้งต่อโดยใช้เทคนิค hot air drying ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วทำการทดสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าได้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง

Bohm และคณะ (2006) ศึกษาผลของการทำแห้งสตรอเบอร์รี่โดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying ต่อปริมาณสารอาหารในสตรอเบอร์รี่อบแห้ง โดยเปรียบเทียบระหว่างการทำแห้งโดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying ร่วมกับการทำแห้งแบบดั้งเดิม (อบสตรอเบอร์รี่ด้วยเตาอบลมร้อน ที่ 60 องศาเซลเซียส 100 นาที จากนั้นอบต่อด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ ที่กำลังเครื่อง 4 กิโลวัตต์ ความดัน 4 กิโลปาสคาล 50 นาที แล้วอบต่อด้วยเตาอบลมร้อนอีกครั้งที่ 55 องศาเซลเซียส 130 นาที) กับการทำแห้งแบบดั้งเดิม (อบด้วยเตาอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส 220 นาที) และการทำแห้งโดยเทคนิค freeze drying (ที่อุณหภูมิ -54 องศาเซลเซียส ความดัน 4 กิโลปาสคาล 24 ชั่วโมง) พบว่าการทำแห้งแบบดั้งเดิมและการทำแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศทำให้ปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงเหลือประมาณ 40% สารประกอบฟีนอลิกลดลงเหลือประมาณ 35% และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเหลือประมาณ 60% ส่วนสตรอเบอร์รี่ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าไม่เกิดการลดลงของปริมาณกรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระแต่อย่างใด และพบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการทำ pre-drying ด้วยการทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อนก่อนการทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ เพื่อลดอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งและลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เวลาในการทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ จะช่วยเพิ่มปริมาณกรดแอสคอร์บิกให้เหลือมากขึ้นเป็น 65% และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยที่การลดลงของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระถูกจำกัดไว้ที่ 10-25% ซึ่งปริมาณกรดแอสคอร์บิกและสารอาหารที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ภายหลังการปรับปรุงสภาวะในการทำแห้ง จะมีค่าใกล้เคียงกับในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

Bondaruk และคณะ (2006) ศึกษาผลของสภาวะในการทำแห้งมันฝรั่งโดยใช้ เทคนิค microwave-vacuum drying ต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณแป้งและน้ำตาล ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์ ทำการทดลองโดย เปรียบเทียบการทำแห้งมันฝรั่งด้วยเตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังเครื่อง 480 วัตต์ ความดัน 6 12 18 และ 24 กิโลปาสคาล และการทำแห้งด้วยเตาอบลมร้อน ที่ 50 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการทำแห้งด้วยเทคนิค microwave-vacuum drying สามารถรักษาสี (ค่าสี L* และ a*) ของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วย เทคนิค hot air drying และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งด้วยเทคนิค microwave-vacuum drying ยังมีการสูญเสียน้ำตาลและแป้งน้อยว่าการทำแห้งด้วยเทคนิค hot air drying เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์ พบว่า การทำแห้งทั้ง 2 วิธีทำให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างของผนังเซลล์และการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เซลล์ถูกทำลายมากขึ้น ซึ่งการทำแห้งด้วยเทคนิค microwave-vacuum drying ที่กำลังเครื่อง 480 วัตต์ ความดัน 24 กิโลปาสคาล จะใช้เวลาในการทำแห้งสั้นที่สุดและได้มันฝรั่งอบแห้งที่มีคุณภาพดีที่สุด

Doymaz (2006) ศึกษาการทำแห้งใบผักชี (dill) และผักชีฝรั่ง (parsley) โดยใช้เตาอบลมร้อน อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งคือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1.1 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งลดลง และในระหว่างกระบวนการทำแห้ง พบเพียงช่วงอัตราการทำแห้งลดลงเท่านั้น จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งใบผักชีและผักชีฝรั่ง คือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Ozkan และคณะ (2007) ศึกษาการทำแห้งผักขม (spinach) โดยใช้เทคนิค microwave-vacuum drying ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 90-1000 วัตต์ อบจนเหลือปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ 0.1 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักสารแห้ง พบว่า ระยะเวลาในการทำแห้ง ขึ้นอยู่กับระดับกำลังไมโครเวฟ ค่าสีของผักขมที่ผ่านการทำแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 500 และ 800 วัตต์ ให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองดีที่สุด และที่กำลังไมโครเวฟ 750 วัตต์ เป็นระดับกำลังไมโครเวฟที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งผักขม เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการทำแห้งต่ำ ประหยัดพลังงานและคงปริมาณกรดแอสคอร์บิกและค่าสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้มากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นอีกวิธีหนึ่งในการแยกสารและทำสารให้บริสุทธิ์ เช่น การสกัดแยกสารประกอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ การสกัดแยกสารที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกจากสารผสมในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ต่างๆ หลักการของสารสกัดเป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากของผสม การสกัดแบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

Solid-liquid extraction เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากของผสมซึ่งเป็นของแข็ง

Liquid-liquid extraction เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากสารผสมซึ่งเป็นของเหลว

Acid-base extraction เป็นการใช้ปฏิกิริยาของกรดและเบสเพื่อแยกสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นกรดแก่ กรดอ่อน กลาง และเบส ออกจากกัน

การเลือกใช้วิธีการสกัด ควรพิจารณาทั้งสมบัติและปริมาณสารที่ต้องการสกัดรวมทั้งตัวทำละลายที่ใช้ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้สารที่บริสุทธิ์ในปริมาณมากที่สุดโดยใช้ตัวทำละลายน้อยที่สุด

2.8.1 Solid-liquid extraction

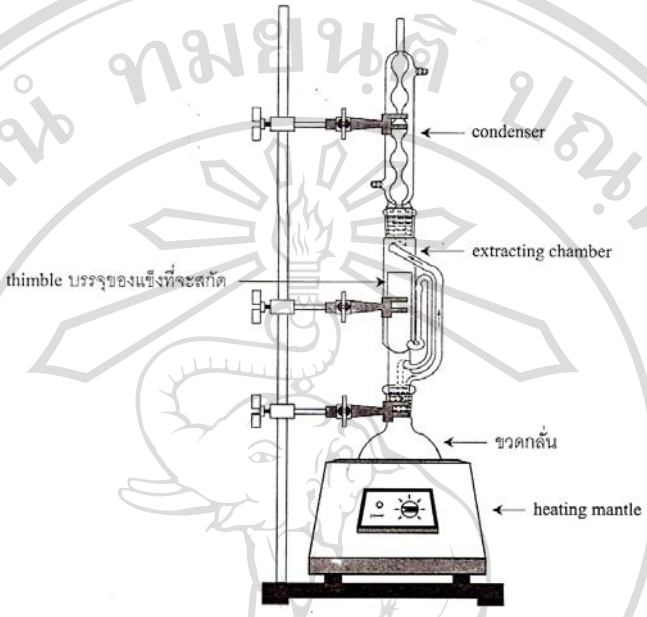
การสกัดแบบ solid-liquid extraction เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมละลายสารที่ต้องการออกมาจากสารผสมซึ่งเป็นของแข็ง การเลือกตัวทำละลายที่ใช้สกัดโดยวิธีนี้ มีหลักการที่คล้ายคลึงกับการหาตัวทำละลายเพื่อตกผลึกสาร

วิธีที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไป มักทำโดยแช่ของแข็งที่ต้องการสกัดแยกสารอินทรีย์ที่ต้องการในตัวทำละลายที่ใช้สกัดเป็นเวลานานๆ ในภาชนะที่เหมาะสม หรือใช้เครื่องมือสกัดแบบซอคเลท (soxhlet extractor) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ออกแบบมาสำหรับสกัดสารให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถสกัดได้อย่างต่อเนื่อง (continuous extraction) มักนิยมใช้ในกรณีที่สารที่ต้องการสกัดละลายได้น้อยในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้สกัด หรือสำหรับสกัดสารประกอบจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีอยู่จำนวนน้อย และจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายสำหรับสกัดเป็นจำนวนมาก และมักใช้กับสารสกัดผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ โดยสกัดจากเนื้อเยื่อแห้งที่ป่นละเอียดแล้ว

หลักการของเครื่อง soxhlet extractor คล้ายกับเครื่องมือที่ใช้ในการสกัดแบบ continuous liquid-liquid extraction กล่าวคือ การทำให้ตัวทำละลายระเหยกลายเป็นไอและกลั่นตัวเป็นของเหลวหยดลงผ่านสารที่จะสกัด (ซึ่งเป็นของแข็งที่บรรจุอยู่ใน thimble) เมื่อตัวทำละลายใน extracting chamber มีปริมาณสูงถึงระดับ ก็จะเกิดกาลักน้ำแล้วไหลลงสู่ขวดรองรับ (หรือขวดกลั่น) ตัวทำละลายที่พาสารลงมาในขวดรับรองนี้ จะถูกระเหยกลับกลายเป็นไอขึ้นไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อีก ส่วนสารที่สกัดได้จะยังคงอยู่ในขวดรองรับ แล้วไอก็จะกลั่นตัวเป็นของเหลวหยดลงบนสารสกัดที่ต้องการซ้ำอีก เป็นดังนี้ไปเรื่อยๆ ดังภาพ 2.5



ภาพ 2.5 เครื่องมือสำหรับสกัดสารแบบ soxhlet extractor
ที่มา : วิจิตร, 2528

2.8.2 Liquid-liquid extraction

การสกัดแบบ liquid-liquid extraction เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมสกัดสารที่ต้องการออกจากของผสมที่เป็นของเหลว ในทางปฏิบัตินิยมสกัดแยกสารอินทรีย์ออกจากของผสม (ซึ่งนำไปละลาย หรือแขวนลอยอยู่ในน้ำ) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ แต่สามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี และตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น สารต่างๆที่มีอยู่ในของผสม จะละลายอยู่ทั้งในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์และชั้นน้ำมากน้อยตามความสามารถในการละลายของสารนั้นๆ ในตัวทำละลายทั้งสอง ในการสกัดสารจะต้องทำให้ได้สารที่ต้องการมากที่สุด โดยใช้ปริมาณตัวทำละลายน้อยที่สุด ประสิทธิภาพของการสกัดที่ใช้ตัวทำละลายครั้งละไม่มากแต่ทำการสกัดหลายๆครั้ง จะสูงกว่าการสกัดที่ทำน้อยครั้งแต่ใช้ตัวทำละลายครั้งละมากๆ

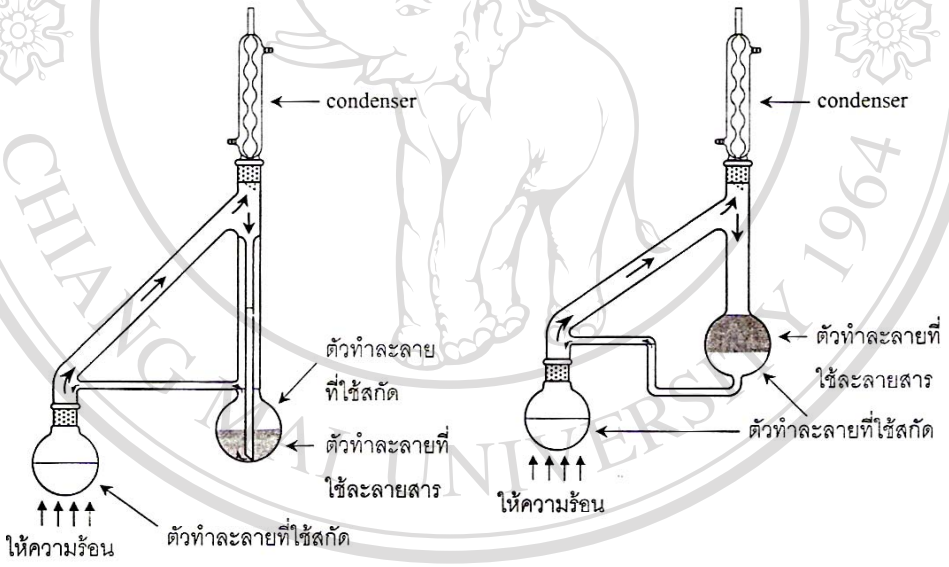
การสกัดแบบ liquid-liquid extraction สามารถทำได้โดยใช้กรวยแยก (separatory funnel) ซึ่งในบางครั้งสารอินทรีย์ที่ต้องการแยกมีอยู่จำนวนน้อยในของผสม หรือสารอินทรีย์นั้นละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้น้อย หากทำการสกัดโดยใช้กรวยแยกจะไม่ได้ผลดี ดังนั้นจึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่สามารถสกัดได้อย่างต่อเนื่อง (continuous liquid-liquid extraction) โดยเครื่องมือนี้ออกแบบสำหรับสกัดสารจากสารละลายที่เป็นของเหลว ให้ละลายลงในตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดแรก ลักษณะเครื่องมือ แบ่งตามความหนาแน่นสัมพัทธ์ของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารได้เป็น 2 แบบ (ภาพ 2.6) คือ

1. ตัวทำละลายที่ใช้สกัดเบากว่าตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร (ภาพ 2.6 ก)
2. ตัวทำละลายที่ใช้สกัดหนักกว่าตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร(ภาพ 2.6 ข)

หลักการสกัดของเครื่องมือทั้ง 2 แบบ คือ ให้ตัวทำละลายที่นำมาสกัดสารเดือดกลายเป็นไอแล้วกลั่นเป็นของเหลวหยดลงมาผ่านสารละลายซึ่งมีสารที่จะถูกสกัด จนมีปริมาตรระดับหนึ่งก็จะล้นและพาสารเข้าสู่ขวดกลั่น แล้วตัวทำละลายในขวดกลั่นก็จะกลายเป็นไอซ้ำอีก โดยที่สารที่ถูกสกัดจะถูกสะสมไว้ในขวดกลั่น



ก. ข.

ภาพ 2.6 เครื่องมือสำหรับการสกัดอย่างต่อเนื่อง

ก. ตัวทำละลายที่ใช้สกัดเบากว่าตัวทำละลายที่ละลายสาร

ข. ตัวทำละลายที่ใช้สกัดหนักกว่าตัวทำละลายที่ละลายสาร

ที่มา : วิจิตร, 2528

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเลือกตัวทำละลายในการสกัด

ตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดควรมีสมบัติคล้ายคลึงกับตัวทำละลายที่เลือกสำหรับการตกผลึก กล่าวคือ

1. ตัวทำละลายที่ดีควรละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี คือมีค่า partition coefficient (K) สูง ซึ่งพิจารณาได้จากสภาพขั้วที่คล้ายคลึงกัน
2. ไม่ละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลายของผสมที่จะถูกสกัด
3. ไม่ควรละลายสิ่งเจือปนหรือสิ่งที่ไม่ต้องการ
4. ควรมีจุดเดือดไม่สูงมากเพื่อที่จะกำจัดออกจากสารที่ต้องการได้ง่ายภายหลังการสกัด
5. ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารหรือตัวทำละลายอื่นๆ ที่จะใช้ร่วม
6. ตัวทำละลายควรมีราคาไม่แพง ไม่มีพิษ ไม่ติดไฟง่าย

2.8.3 Acid-base extraction

การสกัดด้วยปฏิกิริยาของกรด-เบส เป็นวิธีที่ใช้แยกสารที่เป็นกรดแก่ กรดอ่อน กลาง และ เบส ออกจากกัน หลักการคือ กลุ่มสารเหล่านั้นอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวจะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับกรดหรือเบสที่เหมาะสมก็จะเกิดเป็นเกลือซึ่งอยู่ในรูปของไอออนจึงละลายในน้ำได้ดีทำให้สามารถแยกออกจากสารที่ไม่แตกตัวอื่นๆ ได้โดยง่าย (วิจิตร, 2528 ; วีรวัฒน์, 2528)

2.9 การวิเคราะห์สารสเตอรอยด์ (steroid)

วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสเตอรอยด์มีอยู่หลายวิธี เช่น fluorometry, colorimetry, thinlayer chromatography (TLC) และ high performance liquid chromatography (HPLC) เป็นต้น ซึ่ง colorimetry เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์หาปริมาณสเตอรอยด์ โดยเมื่อสารสเตอรอยด์ทำปฏิกิริยากับกรดจะเกิดสารสีขึ้น ซึ่งสีที่ปรากฏจะขึ้นกับ ชนิดของกรดที่ใช้ ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ และปัจจัยอื่นๆ กลไกในการเกิดสีเกิดจากพันธะคู่ในโมเลกุลของสเตอรอยด์ทำปฏิกิริยากับกรดจึงปรากฏสีขึ้น (Henry, 1974)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.9.1 Liebermann-Burchard's reaction

ในปี ค.ศ. 1885 Liebermann ได้อธิบายปฏิกิริยาของสเตอรอยด์ในกรดอะซิตริกแอนไฮไดรด์ กับกรดซัลฟูริกเข้มข้น ว่าเมื่อสารทำปฏิกิริยากันจะเกิดการเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีแดงเป็นม่วงจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอมเขียว ต่อมา Burchard ได้ดัดแปลงปฏิกิริยานี้โดยทำปฏิกิริยาเมื่อสเตอรอยด์อยู่ในคลอโรฟอร์ม ซึ่งจะปรากฏสีเขียวเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด ปฏิกิริยา Liebermann-Burchard's reaction ได้แก่ ชนิดของกรดที่ใช้ ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ ปริมาณของกรดอะซิติกในอะซิตริกแอนไฮไดรด์ ปริมาณน้ำ ตัวทำละลายที่ใช้ เวลาในการเกิด ปฏิกิริยา แสงสว่าง และอุณหภูมิ สารละลายที่ได้จากปฏิกิริยา Liebermann-Burchard's reaction จะดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 430 และ 630 นาโนเมตร ซึ่งในการวัดค่าการดูดกลืนแสงควรวัดที่ 430 หรือ 540 นาโนเมตร เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร มีค่าไม่คงที่ซึ่งเป็นผลมาจาก เวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (Henry, 1974)

2.9.2 $FeCl_3$-H_2SO_4 reaction

เป็นปฏิกิริยาที่มีการใช้ในการทดสอบสารสเตอรอยด์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมี sensitivity ดีกว่า Liebermann-Burchard's reaction ซึ่ง $FeCl_3$-H_2SO_4 reaction มีกลไกในการเกิดปฏิกิริยาคล้ายกับ Liebermann-Burchard's reaction แต่จะมีการใช้สารออกซิไดซ์โดยสเตอรอยด์จะถูกออกซิไดซ์ด้วย กรดซัลฟูริกเข้มข้น โดยมี Fe^{3+} เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและถูกรีดิวซ์กลายเป็น Fe^{2+} ซึ่งปริมาณ Fe^{2+} ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณสเตอรอยด์ที่มีอยู่ในตัวอย่างเกิดสารละลายที่มีสีม่วงเข้มดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร (Henry, 1974) ซึ่ง Fritz และคณะ (1958)ใช้ color test ในการทดสอบสารสเตอรอยด์โดยใช้สารผสมของกรด ซัลฟูริกเข้มข้น เฟอร์ริกคลอไรด์ และกรดอะซิติกเติมลงในสารสเตอรอยด์ซึ่งสกัดด้วยแอลกอฮอล์ พบสารสีม่วงเข้มของกลุ่ม 5-ene, 3β-ol ในสเตอรอยด์และปฏิกิริยานี้ยังมีการนำไปใช้ในการหาปริมาณคอเลสเตอรอลในทางการแพทย์ด้วย ซึ่งมีสารสเตอรอยด์มากกว่า 22 ชนิดที่ให้ผลบวกเมื่อทดสอบด้วยปฏิกิริยานี้แล้วปรากฏสีที่อยู่ในช่วงแสง visible

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 งานวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของมะระ

Leatherdale และคณะ(1981) ศึกษาฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของมะระโดยศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินจำนวน 9 คน ให้กินน้ำมะระและให้กลูโคสร่วมด้วยพบว่าสามารถลด

ระดับน้ำตาลในเลือดได้โดยไม่มีการเพิ่มระดับอินซูลินในเลือด และการให้ผู้ป่วยบริโภคมะระทุกวันนาน 8-11 สัปดาห์ ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน

Akhtar (1982) ศึกษาฤทธิ์การลดระดับน้ำตาลในเลือดของมะระในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 8 คน โดยให้ผู้ป่วยรับประทานมะระผงทุกวัน เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยลดลง

Higashino และคณะ (1992) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของผลมะระ ในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นโรคเบาหวานโดยใช้ streptozotocin ทำการทดลองโดยนำสารสกัดด้วยเมธานอล 50% ของมะระให้หนูได้รับสารสกัดทางปากในปริมาณ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ 25% หลังจากหนูได้รับสารสกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมงและพบว่าส่วนสกัดที่เป็น n-butanol ให้ผลในการลดน้ำตาลในเลือดได้ดีที่สุดซึ่งสารสกัดจากมะระนั้นอาจจะออกฤทธิ์คล้ายอินซูลิน หรือมีผลต่อการหลั่งของอินซูลินจากตับอ่อนหรืออาจมีฤทธิ์คล้ายยา sulfonylureas

Shibib และคณะ (1993) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของมะระในหนูที่เป็นโรคเบาหวานโดยศึกษาถึงผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ fructose-1,6-bisphosphatase และ glucose-6-phosphatase และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ glucose-6-phosphate dehydrogenase โดยทำการสกัดมะระด้วยเอธานอล 95% นำสารสกัดให้หนูเบาหวานกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าสารสกัดจากมะระสามารถลดน้ำตาลในเลือดลง 22% และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ fructose-1,6-bisphosphatase และ glucose-6-phosphatase ได้ 29% และ 27% ตามลำดับ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ glucose-6-phosphate dehydrogenase ได้ 29%

Srivastava และคณะ (1993) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของสารสกัดจากผลมะระในหนูที่เป็นเบาหวานจากการเหนี่ยวนำด้วย alloxan พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดลดลงหลังจากได้รับสารสกัด 3 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญ โดยลดปริมาณน้ำตาลในเลือดได้ 54% ซึ่งลดน้ำตาลในเลือดได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการได้รับมะระผง ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำตาลในเลือดได้เพียง 25% และเมื่อศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยเบาหวาน พบว่าสามารถลดน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Iclal และคณะ (1994) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของสารสกัดจากมะระในหนูที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติและหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยให้สารสกัดทางปาก พบว่าสารสกัดด้วยน้ำ และสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ของมะระสามารถลดระดับ fasting blood glucose (ระดับน้ำตาลในเลือดขณะที่อดอาหาร)ในหนูเบาหวานและหนูปกติ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารสกัดด้วยน้ำและสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ ของมะระสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Sarkar และคณะ (1996) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของมะระโดยนำสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ของเนื้อมะระขนาด 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ให้หนูที่ระดับน้ำตาลในเลือดปกติทางปาก พบว่าสามารถลดระดับน้ำตาลในพลาสมาได้ 10-15% ใน 1 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลคล้ายกับการให้ยา tolbutamide (100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สามารถลดระดับน้ำตาลในพลาสมาได้ 40% ใน 1-2 ชั่วโมง ซึ่งการให้สารสกัดด้วยแอลกอฮอล์จากมะระ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 25-30% ของยา tolbutamide และเมื่อทดลองในหนูที่เหนี่ยวนำให้เกิดเบาหวานด้วย streptozotocin พบว่าสารสกัดจากมะระสามารถปรับปรุง oral glucose tolerance ได้อย่างมีนัยสำคัญ และลดกลูโคสในพลาสมาได้ 26% ใน 3.5 ชั่วโมง และการให้สารสกัดมะระ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ไกลโคเจนจากกลูโคสได้ 4-5 เท่าในหนูปกติ จากข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่า สารสกัดจากมะระ สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้

Ahmed และคณะ (1998) ศึกษาผลของน้ำมะระต่อปริมาณของเบต้าเซลล์ในตับอ่อน โดยนำเนื้อมะระไปคั้นน้ำโดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้ นำน้ำมะระสดไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ที่ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสให้หนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้ เป็นโรคเบาหวานโดยใช้ streptozotocin กินทางปาก 1 สัปดาห์ พบว่าเบต้าเซลล์ มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่ไม่ได้รับน้ำมะระ ซึ่งน้ำมะระจะมีผลในการ recovery เบต้าเซลล์ที่ถูกทำลายบางส่วน จึงทำให้ปริมาณเบต้าเซลล์เพิ่มขึ้น

Sandhya และคณะ (2000) ศึกษาผลของน้ำคั้นมะระในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยใช้ streptozotocin โดยนำเนื้อมะระสดไปคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000 รอบต่อนาที ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสไปใช้ในการทดลอง พบว่าน้ำคั้นมะระ สามารถลดการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดในหนูทดลองได้ และนอกจากนี้ยังพบว่า สามารถลด lipid peroxidation ของตับอ่อนได้

Jayasooriya และคณะ (2000) ศึกษาผลของมะระผงต่อปริมาณกลูโคสในซีรัมในหนูทำการทดลอง โดยนำเนื้อมะระมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปทำให้แห้งโดย freeze-drying จากนั้นนำไปบดเป็นผง นำมะระผงให้หนูกินเป็นเวลา 14 วัน พบว่าระดับน้ำตาลในซีรัมลดลงนอกจากนี้ยังพบว่าระดับของไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลลดลงด้วย จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้มะระเป็นอาหารบำรุงสุขภาพได้

Vats และคณะ (2001) ศึกษาผลของสารสกัดมะระต่อปริมาณกลูโคสในซีรัมทำการทดลองในหนูที่ได้รับน้ำตาลฟรุคโตส โดยเปรียบเทียบระหว่างการให้หนูได้รับสารสกัดมะระด้วยน้ำและสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 100 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อวัน ทางปาก ซึ่งสารสกัดด้วยน้ำเตรียมโดย นำเนื้อมะระมาสกัดด้วยน้ำด้วยวิธี maceration จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปทำแห้งแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แช่เยือกแข็งเป็นเวลา 54 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์เตรียมโดยนำเนื้อมะระ 1 กิโลกรัม แช่ใน แอลกอฮอล์ 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 36 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก จะได้สารหนืดสีเขียว พบว่า การได้รับสารสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮออล์ของมะระ 400 มิลลิกรัม ต่อวัน เป็นเวลา 15 วัน จะป้องกันการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดได้

Kar และคณะ (2003) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของสมุนไพร 30 ชนิด ซึ่งรวมถึงมะระด้วย โดยนำมะระไปทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum drying) และนำไปสกัดด้วยเอธานอล 95% นำสารสกัดหยาบ (crude extract) ให้หนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นโรคเบาหวานโดยใช้ alloxan กินทางปาก 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วันละสามครั้ง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

Virdi และคณะ (2003) ศึกษาฤทธิ์การลดระดับน้ำตาลในเลือดของสารสกัดจากมะระขี้นกโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสกัด 3 วิธี คือ สารสกัด A เตรียมโดย นำมะระขี้นกแห้งทั้งผลมาสกัดด้วยเอธานอล ในอัตราส่วน 1:10 สกัดที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (คนตลอดเวลา) จากนั้นนำไปกรองแล้วนำไประเหยแห้ง สารสกัด B เตรียมโดยใช้วิธีการเดียวกันกับสารสกัด A แต่ใช้คลอโรฟอร์มในการสกัดแทน สารสกัด C เตรียมโดย สกัดมะระสดด้วยน้ำในอัตราส่วน 10:25 โดยแช่มะระไว้ในน้ำ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปกรองและนำไประเหยจนแห้ง นำสารสกัดที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 วิธี ให้หนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยใช้ alloxan ทางปาก พบว่าสารสกัดสามารถลด fasting blood glucose ได้ประมาณ 48% และพบว่าสารสกัดที่ได้ทั้ง 3 ชนิด ไม่มีความเป็นพิษต่อตับและไต

อัมพวัน และคณะ (2546) ศึกษาฤทธิ์การลดระดับน้ำตาลในเลือดของมะระในหนูขาวเพศผู้ที่ได้รับสารเคมีซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดเบาหวาน ได้แก่ streptozotocin และ alloxan โดยให้สารสกัดมะระทางปากร่วมกับการให้หนูได้รับสารเคมีที่ทำให้เกิดเบาหวานนาน 16 สัปดาห์ วัดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดทุก 2 สัปดาห์ พบว่าสารสกัดมะระขี้นกสามารถลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของหนูได้ โดยระดับน้ำตาลลดลงเรื่อย ๆ หลังจากให้สารสกัดมะระขี้นกและเมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถลดได้ 58.60% โดยสารสกัดมะระขี้นกไม่มีความเป็นพิษต่อไขกระดูก ตับ และไต เนื่องจากค่าต่างๆ ได้แก่ hematologic parameter, liver function test, kidney function test มีค่าปกติโดยค่าต่างๆไม่แตกต่างจากกลุ่มปกติ(control)

Muira และคณะ (2004) ศึกษาฤทธิ์การลดน้ำตาลในเลือดของมะระในหนูเบาหวานชนิดที่ 2 โดยให้สารสกัดด้วยน้ำ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แก่หนูเบาหวานทางปาก เป็นเวลา 5 สัปดาห์ และให้หนูออกกำลังกายวันละ 120 นาทีควบคู่ไปด้วย พบว่าการให้สารสกัดจากมะระร่วมกับการออกกำลังกาย สามารถลดน้ำตาลในเลือดได้มากกว่าการได้รับสารสกัดจากมะระ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าในการรักษาผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ควรให้รับประทานมะระและออกกำลังกายควบคู่ไปด้วย

Shetty และคณะ (2005) ศึกษาผลของมะระต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยใช้ streptozotocin ทำการทดลองโดยผสมมะระผงลงในอาหาร 10% ผลการทดลอง พบว่าระดับน้ำตาลในเลือด (fasting blood glucose) ของหนูลดลง 30%

Batran และคณะ (2006) ศึกษาผลของน้ำคั้นมะระและสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ของมะระต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดในหนูเบาหวาน เตรียมสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์โดยนำเนื้อมะระมาหั่นบาง ๆ นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสจนแห้ง จากนั้นนำไปบดเป็นผงแล้วนำไปสกัดด้วยเอธานอล 70% และนำไประเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจะได้ผงมะระ ส่วนสารสกัดด้วยน้ำเตรียมโดยนำเนื้อมะระไปคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ นำน้ำมะระที่ได้ไปทำแห้งโดยวิธี lyophylization จะได้ผงของสารสกัดจากมะระ นำสารสกัดทั้ง 2 ชนิดให้หนูปกติและหนูเบาหวานกินพบว่าทั้งสารสกัดด้วยน้ำและสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากมะระมีฤทธิ์ต้านเบาหวานและสามารถใช้เป็นทางเลือกในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวานได้

Liva และคณะ (2006) ศึกษาการแยกองค์ประกอบสำคัญในมะระและคัดเลือกสารสำคัญที่มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด โดยแช่มะระผงในเมธานอลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปแยกองค์ประกอบ พบว่าสารสกัดประกอบด้วยสารสำคัญหลัก คือ cucurbitane, triterpenoids, momordicoside และ charantin ซึ่งเมื่อให้สารสกัด 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแก่หนูทางปาก พบว่าสามารถลดน้ำตาลในเลือดได้

Reyes และคณะ (2006) ศึกษาประสิทธิภาพในการต้านเบาหวานของมะระในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานโดยใช้ alloxan โดยนำมะระไปล้าง หั่น และนำไปคั้นโดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้น้ำคั้นมะระ นำน้ำมะระให้หนูทางปาก พบว่า ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 12 ถึงวันที่ 27

Krawinkel และKeding (2006) รายงานว่าสารออกฤทธิ์ต้านเบาหวานที่พบในมะระ คือ คาแรนทิน พี อินซูลิน และวิซิน ซึ่งมีการศึกษาผลของสารสกัดจากมะระต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดทั้งในเซลล์ (in vitro) ในสัตว์ทดลอง และในมนุษย์ (in vivo) โดยกลไกในการลดระดับน้ำตาลในเลือดคือ เพิ่มการหลั่งอินซูลิน ควบคุมเมตาบอลิซึมของกลูโคสและออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนอินซูลิน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมะระมาเป็นส่วนประกอบในอาหารเสริมสุขภาพ (dietary supplement) สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและผู้ที่มีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคเบาหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved