

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 แก่นตะวัน

แก่นตะวัน หรือภาษาอังกฤษเรียกว่า ซันโชก (sunchoke) หรือ Jerusalem artichoke มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Helianthus tuberosus* L. เป็นพืชดอกในตระกูลทานตะวัน มีต้นกำเนิดในตอนเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกาและตอนใต้ของประเทศแคนาดา ซึ่งมีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น แต่เพราะมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ โดยสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนและเขตกึ่งหนาวอย่างทวีปยุโรป จึงสามารถนำมาปลูกได้ในประเทศไทย ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นพืชล้มลุก ดอกมีสีเหลืองสดคล้ายบัวตองแต่มีขนาดเล็กกว่า มีหัว (tuber) ใต้ดินคล้ายมันฝรั่ง ลักษณะรูปร่างอวบคล้ายขิงหรือข่า เปลือกสีน้ำตาลอ่อนและเนื้อมีสีขาว มีขนคล้ายหนามกระจายทั่วลำต้นและใบ ความสูงของลำต้นประมาณ 150-210 เซนติเมตร หัวแก่นตะวันนี้เป็นแหล่งสะสมของอินนูลินถึงร้อยละ 12-19 ของน้ำหนักสด (Shoab และคณะ, 2016) หรือประมาณร้อยละ 70-80 ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Saengthongpinit, 2005)

2.2 อินนูลิน

อินนูลินพบได้ในแหล่งอาหารธรรมชาติหลายชนิดในสภาพคาร์โบไฮเดรตสะสม ได้แก่ ผัก ผลไม้ ธัญพืช โดยเฉพาะในต้นกระเทียม หัวหอม ข้าวสาลี ชิคอรี กล้วย และแก่นตะวัน ในอุตสาหกรรมการผลิตอินนูลินส่วนใหญ่ผลิตได้จากรากของต้นชิคอรี ซึ่งอินนูลินเป็นเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำ ไม่สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร แต่จะถูกย่อยที่ลำไส้ใหญ่ ช่วยเพิ่มปริมาณกากใย เพิ่มประสิทธิภาพการขับถ่าย ลดอาการท้องผูก และมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (pre-biotic) ทำให้อินนูลินถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพื่อสุขภาพ โดยมีคุณสมบัติที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารด้านลักษณะทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัส (มาลี, 2543)

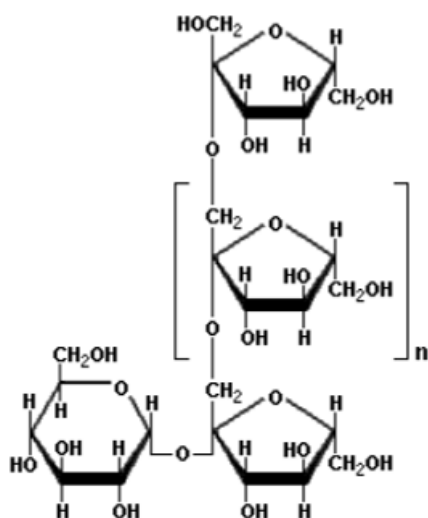
2.2.1 โครงสร้างทางเคมี

ฟรุคแทนเป็นชื่อสามัญของพอลิเมอร์ของฟรุคโตสที่พบได้ในธรรมชาติ ฟรุคแทนแยกตามประเภทพันธะของฟรุคโตสที่เชื่อมต่อกันได้เป็น 2 ชนิดคือ อินนูลินและเลแวน (levan) โดยอินนูลินจัดเป็นฟรุคแทนชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุคโตสร้อยละ 80 เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ β -(2,1) D-fructosyl-fructose ปลายสุดท้ายของโซ่ยาวด้านหนึ่งเป็นโมเลกุลของกลูโคสร้อยละ 20 เชื่อมต่อกับโมเลกุลของฟรุคโตสด้วยพันธะ α -D-glucopyranosyl

โครงสร้างพื้นฐานของอินนูลินเป็นฟรุคแทนที่มีสายสั้นที่สุดคือ 1-kestose (GF_2) ถัดมาคือนีสโทส (GF_3) และ 1^F-ฟรุคโทฟูราโนซิลนีสโทส (GF_4) ตามลำดับ (สาโรจน์, 2551) ซึ่งอินนูลินส่วนใหญ่มีระดับการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization, DP) ระหว่าง 2-70 หน่วยฟรุคโตส ในขณะที่ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharides, FOS) จะมี DP ระหว่าง 2-10 หน่วยฟรุคโตส (สมพิศและคณะ, 2553) และฟรุคแทนอีกชนิดหนึ่งได้แก่ เลแวน พบได้ในพืชรวมทั้งผลิตได้จากแบคทีเรียหลายชนิด เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β -(2,6) D-fructosyl-fructose อินนูลินมีโครงสร้างเป็น GF_n และ F_n โดย n หมายถึงจำนวนฟรุคโตสที่เรียงต่อกัน โดยในรากชิคอรี ค่า n แปรผันตั้งแต่ 2 ถึง 70 แสดงให้เห็นว่าอินนูลินประกอบด้วยสารผสมทั้งโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์แสดงถึงโครงสร้างของอินนูลินในภาพที่ 1 ระดับการเกิดพอลิเมอร์แสดงถึงความยาวของโครงสร้างอินนูลินซึ่งแปรผันตามแหล่งของอินนูลินได้แก่ ผลิตได้จากพืชและผลิตได้จากจุลินทรีย์ รวมทั้งชนิดที่แตกต่างกันของพืชและจุลินทรีย์อีกด้วย ในอุตสาหกรรมอินนูลินผลิตได้จากพืช โดยที่อินนูลินที่

ผลิตจากพืชมีระดับการเกิดพอลิเมอร์ค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 200) และแปรผันตามชนิด สภาวะในการเพาะปลูก รวมทั้งอายุของพืช อินนูลินที่ผลิตจากพืชมีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นเส้นตรงและมีโครงสร้างกิ่งเล็กน้อย (ร้อยละ 1 ถึง 2) ส่วนอินนูลินซึ่งผลิตจากแบคทีเรีย (bacterial inulin) มีระดับการเกิดพอลิเมอร์ค่อนข้างสูง (10,000 ถึง 100,000) ตลอดจนมีโครงสร้างกิ่ง (มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์) (Franck และ De Leenheer, 2002; Rhee และคณะ, 2002)

ขนาดความยาวสายของอินนูลินมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ โดยเฉพาะในด้านการเป็นสารพรีไบโอติกส์ (prebiotics) Li และคณะ (2015) ศึกษาพบว่าอินนูลินจากหัวแก่้นตะวันที่มีค่าความยาวสายต่ำมีคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติกส์ที่ดีกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rubel และคณะ (2014) ซึ่งพบว่า การเก็บหัวแก่้นตะวันไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งทำให้ขนาดความยาวสายของอินนูลินลดลงและมีคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติกส์ที่ดีขึ้น



ภาพที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานทางเคมีของอินนูลิน
ที่มา : Franck และ Leenheer (2002)

2.2.2. แหล่งของอินนูลิน

อินนูลินปรากฏทั้งในพืชหลายชนิดและจุลินทรีย์บางประเภท ตระกูลของพืชที่มีอินนูลินเป็นองค์ประกอบได้แก่ Grasses, Liliaceae และ Compositae พืชที่มีอินนูลินเป็นองค์ประกอบได้ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของอาหารเพื่อคุณประโยชน์ต่อสุขภาพมานานแล้ว ชนิดที่มีการใช้อย่างแพร่หลายได้แก่ พืชตระกูล Liliaceae เช่น ต้นกระเทียม, หอม, กระเทียม, และหน่อไม้ฝรั่ง และพืชตระกูล Compositae เช่น แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke), ชิคอรี และรักเร่ (dahlia) เป็นต้น (นิศากร, 2548) จากรายงานการศึกษาต่างๆ พบว่า โดยทั่วไปในพืชต่างชนิดกันจะมีปริมาณอินนูลินที่แตกต่างกัน (Franck และ De Leenheer, 2002) แสดงดังตารางที่ 1

ลักษณะตัวอย่างและวิธีการสกัดอินนูลินจากพืชชนิดต่างๆ มีหลายลักษณะดังรายงานเช่น สกัดหัวแก่้นตะวันแห้งหรือหัวแก่้นตะวันอบแห้งที่หั่นเป็นชิ้น การไม่เปียกรากชิคอรีหรือการบดให้ละเอียด (Leite และคณะ, 2007) การสกัดโดยทั่วไปจะใช้น้ำร้อนอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดอยู่ระหว่าง 60 และ 85 องศาเซลเซียส บางครั้งก็สูงถึง 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีถึง 1 ชั่วโมง (Berghofer และคณะ, 1993) หลังจากสกัดด้วยน้ำร้อนแล้วจะผ่านกระบวนการทำอินนูลินให้บริสุทธิ์ (Purification) ต่างต่อไปอีก

ปริมาณอินนูลินที่ได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการสกัด อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย เวลาที่ใช้และอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างกับตัวทำละลาย (Lingyun และคณะ, 2007)

ตารางที่ 1 ปริมาณของอินนูลินในพืชแต่ละชนิด

แหล่งที่พบ	อินนูลิน (% น้ำหนักสด)	ส่วนที่ใช้	อ้างอิง
ข้าวสาลี (<i>Triticum aestivum</i> L.)	1-6	cereal	Schnyder และคณะ (1993) Van Loo และคณะ (1995)
ข้าวไรย์ (<i>Secale cereal</i> L.)	0.5-1	cereal	Karppinen และคณะ (2003)
ข้าวบาร์เลย์ (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	0.5-1.5	cereal	Livingston (1990)
กล้วย (<i>Musa cavendishii</i> L.)	0.3-0.7	fruit	Van Loo และคณะ (1995)
Alliaceae			
หอมใหญ่ (<i>Allium Cepa</i> L.)	2-6	bulb	Jaime และคณะ (2001) Benitez และคณะ (2011)
ต้นกระเทียม (<i>A. ampeloprasum</i> L.)	3-10	Bulb	Van Loo และคณะ (1995)
กระเทียม (<i>A. sativum</i> L.)	9-16	bulb	Van Loo และคณะ (1995)
Liliaceae			
หน่อไม้ (<i>Asparagus offivinalis</i> L.)	1-4		Van Loo และคณะ (1995)
Compositeae			
Salsify (<i>Scorzonera hispanica</i> L.)	4-11	root	Van Loo และคณะ (1995)
แก่นตะวัน (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	14-19	tuber	Lingyun และคณะ (2007)
ชิคอรี่ (<i>Cicorium intybus</i> L.)	15-20	root	Couri และคณะ (2005)
อาร์ติโชค (<i>Cynara Cardunculus</i> L.)	3-10	leaves	Van Loo และคณะ (1995)
เบอร์ดอก (Burdock)	3.5-4.0	root	Milani และคณะ (2011)
Yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	3-19	tuber	Hermann และคณะ (1999)

2.3 อัลตราซาวด์

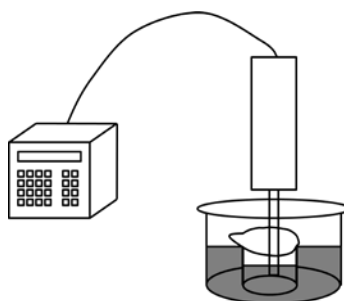
เสียงเป็นคลื่นตามยาว (Longitudinal waves) ชนิดหนึ่ง ซึ่งอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ปกติหูของคนสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20 เฮิรตซ์ ถึง 20,000 เฮิรตซ์ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เรียกว่าคลื่นเหนือเสียงหรืออัลตราซาวด์ (ultrasound) ส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เรียกว่าคลื่นใต้เสียงหรืออินฟราโซนิก

องค์ประกอบพื้นฐานของคลื่น (Graff, 1991) มีดังนี้

1. ความยาวคลื่น (wave length) หมายถึงความยาวของคลื่น 1 คลื่น เป็นระยะทางที่วัดระหว่างจุดสองจุดที่สั้นที่สุดบนคลื่นที่เฟสตรงกัน
2. ความถี่ (frequency) หมายถึงจำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใด ๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา
3. แอมพลิจูด (amplitude) หมายถึงการกระจัดสูงสุดของการสั่นของอนุภาคจากระดับปกติ
4. คาบ (period) หมายถึงเวลาที่จุดใด ๆ บนตัวกลางสั่นครบ 1 รอบหรือเป็นเวลาที่เกิดขึ้น 1 ลูกคลื่นอัลตราซาวด์สามารถแบ่งการใช้งานออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่ประมาณ 2-10 MHz เรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความถี่สูง (High frequency ultrasound) ซึ่งจะนำคลื่นอัลตราซาวด์ช่วงนี้ไปประยุกต์ใช้ในทาง

การแพทย์ เพื่อสำหรับดูเพศหรือความผิดปกติของทารกในครรภ์ ช่วงที่สองคือ ช่วงความถี่ต่ำ (Low frequency ultrasound) ซึ่งมีค่าความถี่ประมาณ 20-100 kHz

อัลตราซาวด์โพรบ (Ultrasound Probe) เป็นอุปกรณ์กำเนิดคลื่นเหนือเสียงที่มีการส่งพลังงานไปยังระบบโดยตรง ความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียงจึงสูงขึ้น การใช้งานทำได้โดยจุ่มหัวส่งลงในภาชนะที่บรรจุของเหลวที่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาหรือที่ต้องการได้รับผลจากคลื่นเหนือเสียงได้โดยตรง ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ ให้ความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียงสูง สามารถปรับความเข้มของคลื่นเหนือเสียงให้เหมาะสมกับสารแต่ละชนิด โดยปรับจากกำลังไฟฟ้าที่ป้อนและเลือกขนาดของหัวส่ง (horn) ให้เหมาะสม แต่เนื่องจากการจุ่มตัวกำเนิดคลื่นลงในสารละลายโดยตรง ทำให้มีข้อด้อย คือ การสึก กร่อนของหัวส่ง ของเหลวจึงเกิดการปนเปื้อนได้ เหมาะสำหรับสารปริมาณน้อย และถ้าความเข้มของพลังงานมากเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติของสารได้ และส่วนใหญ่ไม่สามารถปรับความถี่ได้ ลักษณะของอัลตราซาวด์โพรบแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อัลตราซาวด์โพรบ (Ultrasound Probe)

การสกัดโดยคลื่นอัลตราซาวด์เป็นเทคนิคที่สำคัญวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญจากพืชแต่ละชนิด (Dong และคณะ, 2010; Heo และ Kim, 2010; Riera และคณะ, 2010) และเป็นวิธีที่สามารถใช้ได้ในระดับปฏิบัติการวิจัยและระดับอุตสาหกรรม (Vinatoru, 2001) และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดอัลตราซาวด์กับวิธีอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าการสกัดด้วยอัลตราซาวด์เป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่งซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เปรียบเทียบการสกัดด้วยอัลตราซาวด์กับการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ พบว่าการสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราซาวด์มีราคาถูกและง่ายกว่า (Chen และคณะ, 2008)

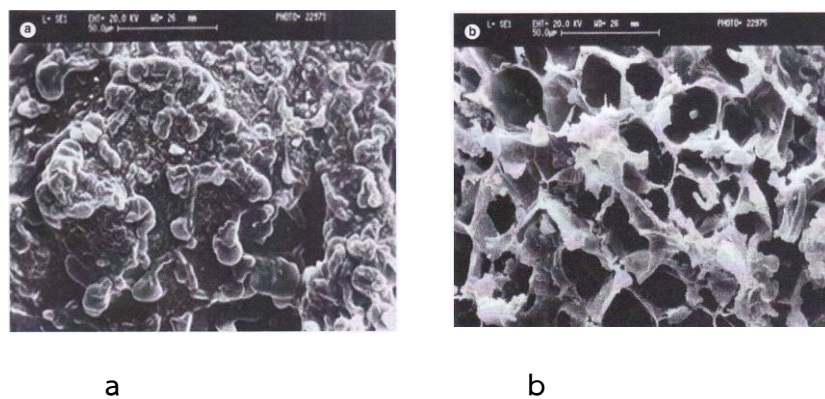
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ควบคุมความดันและอัลตราซาวด์

การสกัดด้วยตัวทำละลายที่ควบคุมความดัน	การสกัดด้วยอัลตราซาวด์
- ระยะเวลาของการสกัดสั้น (ภายใน 1 ชั่วโมง)	- ระยะเวลาการสกัดปานกลาง (1-2 ชั่วโมง)
- ผลผลิตจากการสกัดปานกลางถึงสูง	- ผลผลิตจากการสกัดสูง
- ปริมาณตัวทำละลายสูงเพื่อรักษาความดัน	- ปริมาณตัวทำละลายปานกลาง
- อุณหภูมิสูง ความดันสูง	- อุณหภูมิห้อง
- ราคาสูง	- ราคาปานกลาง

ดัดแปลงจาก : Lee และคณะ (2007)

2.3.1 กลไกในการสกัดด้วยอัลตราซาวด์

ในการสกัดพืช เนื่องจากเนื้อเยื่อของพืชที่ประกอบเป็นเซลล์นั้นมีส่วนผนังเซลล์อยู่ชั้นนอกสุดซึ่งจะเป็นตัวต้านทานการสกัดได้ ซึ่งการสกัดจะประกอบด้วยสองขั้นตอนคือกระบวนการแพร่ผ่านผนังเซลล์ของตัวทำละลาย และการชะสารสำคัญออกจากเซลล์ (Vilkhu และคณะ, 2008) ส่วนการสกัดพืชแห้งจะเพิ่มอีกหนึ่งกระบวนการคือ กระบวนการดูดน้ำกลับ (Hydration and swelling) อัลตราซาวด์ทำให้ Swelling index สูงขึ้นดีกว่าการใช้การกวนทางกลธรรมดา อัลตราซาวด์จะเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าวได้ โดย การเกิดปรากฏการณ์ คาวิเทชัน (Cavitation) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งปรากฏอยู่ภายในตัวของเหลว บริเวณผิวของของแข็งที่ปนอยู่ในของเหลวนั้น หรือบริเวณผิวของภาชนะที่บรรจุของเหลวนั้น ซึ่งถือเป็นจุดกำเนิด (Nuclei) ของคาวิเทชัน เมื่อถูกแรงกระทำโดยแรงดันอัดและแรงดันขยาย ฟองจะเกิดการโตขึ้นและหดตัวลงสลับกันเป็นจังหวะตามแรงดันของคลื่นเหนือเสียง เมื่อฟองได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัดจะทำให้ฟองนั้นแตกออกและเกิดขึ้นใหม่ เนื่องจากมีก๊าซภายในของเหลวแพร่ผ่านเข้าและออกจากฟองอากาศเหล่านี้สลับกันไปทำให้เกิดลักษณะคล้ายการกวนของเหลวอย่างรุนแรง จนสามารถทำลายผนังของเซลล์พืชได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างของผนังเซลล์ของผงอัลมอนต์
a) ไม่ใช้อัลตราซาวด์ b) ใช้อัลตราซาวด์
ที่มา : Sharma และ Gupta (2006)

เมื่อผนังเซลล์แตกออกจะทำให้เพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลได้ดียิ่งขึ้น เหตุผลดังกล่าวนี้เองเป็นผลให้คลื่นเหนือเสียงมีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดด้วยระบบของเหลว-ของแข็ง (Hua และคณะ, 2009; Lou และคณะ, 2009)

การศึกษาของ Riera และคณะ (2004) พบว่าการใช้คลื่นอัลตราซาวด์ที่ระดับความถี่สูงช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลในขั้นตอนการสกัดอัลมอนต์ด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวดยังทำให้น้ำมันที่ได้จากการสกัดเพิ่มขึ้น 20-30% เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Cravotto และคณะ (2008) โดยรายงานว่า การสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวด์ให้ผลการทดลองดีกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ซึ่งการสกัดด้วยอัลตราซาวด์จะทำให้สารสกัดน้ำมันจากสาหร่ายเพิ่มสูงขึ้นจาก 4.8% เป็น 25.9% นอกจากนี้ตัวอย่างการศึกษาการสกัดสารต่างๆ จากพืชโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยอัลตราซาวด์มีรายงานดังแสดงในตารางที่ 3

การศึกษาของ Yu และคณะ (2009) ยังช่วยสนับสนุนการสกัดด้วยอัลตราซาวด์ โดยรายงานว่า ในการสกัด cyanuric acid ด้วยเมทานอล ที่เวลา 60 นาที สามารถสกัด cyanuric acid ได้เพียง 55% และต้อง

ใช้เวลาสูงถึง 240 นาที จึงจะสามารถสกัดได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อเปรียบเทียบกับ การสกัดด้วยอัลตราซาวด์ พบว่า การสกัดด้วยอัลตราซาวด์เพียง 30 นาทีก็ได้สารสกัดสูงถึง 97% เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sharma และ Gupta (2006) ที่ใช้อัลตราซาวด์สกัดน้ำมันจากเมล็ดอัลมอนด์และแอปพลิคอตก่อนการฉายรังสีนั้นแสดง ถึงผลของการศึกษาที่ดำเนินไปในทิศทางเดียวกันคือ การสกัดด้วยอัลตราซาวด์ที่กำลัง 70 วัตต์ เพียง 2 นาที สามารถเพิ่มปริมาณน้ำมันของเมล็ดอัลมอนด์และแอปพลิคอตจากเดิม 75-77% และ 63% ตามลำดับ ให้เพิ่ม สูงขึ้น 19-22% และลดระยะเวลาในการสกัดจาก 18 ชั่วโมงเหลือเพียง 6 ชั่วโมง นอกจากนี้การทำตัวอย่างให้มีขนาดเล็กลงก่อนการสกัดจะเป็นการเพิ่มพื้นผิวระหว่างตัวอย่างกับตัวทำละลายจึงทำให้เกิดการสัมผัสกับตัว ทำละลายและเกิด Cavitation ได้ง่ายขึ้น (Hua และคณะ, 2009)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการศึกษาการใช้อัลตราซาวด์ในการสกัดสารต่างๆ จากพืช

วัตถุดิบ	สารประกอบ	อ้างอิง
สารกลุ่มฟีนอลและโพลีฟีนอล		
รำข้าวสาลี	สารประกอบฟีนอลิก	Wang และคณะ (2008)
เปลือกผลไม้ตระกูลส้ม	สารประกอบฟีนอลิก	Ma และคณะ (2009)
เปลือกพิตาชิโอ	สารประกอบฟีนอลิก	Goli และคณะ (2005)
กะลามะพร้าวผง	สารประกอบฟีนอลิก	Rodrigues และ Pinto (2007)
เปลือกส้ม	ฟลาโวนอน	Khan และคณะ (2010)
เปลือกส้มแมนดาริน	ฟลาโวนอยด์	Ma และคณะ (2008)
บิทรูท	ไอโซฟลาโวนส์	Lee และ Lin (2007)
รำข้าว	สารแอนติออกซิแดนท์	Tabaraki และ Nateghi (2011)
พริกขี้หนู	แคปไซซินอยด์ (capsaicinoids)	Boonkird และคณะ (2008)
สารออกฤทธิ์ทางยา		
พริกไทยขาว	สารออกฤทธิ์ (piperine)	Cao และคณะ (2009)
ลูกยอ	anthraquinones	Hemwimol และคณะ (2006)
น้ำมัน		
ถั่วเหลือง	น้ำมัน	Li และคณะ (2004)
เมล็ดยาสูบ	น้ำมัน	Stanisavljevic และคณะ (2007)
เมล็ดอัลมอนด์	น้ำมัน	Sharma และ Gupta (2006)
น้ำมันหอมระเหย		
สเปียร์มินท์	น้ำมันหอมระเหย	Porto และ Decorti (2009)
ยี่หร่า	น้ำมันหอมระเหย	Wang และคณะ (2009)

การศึกษาของ Claver และคณะ (2010) ที่ศึกษาผลของอัลตราซาวด์ต่อการสกัดโพลีแซคคาไรด์จาก ข้าวฟ่างจีนที่สภาวะกำลังของคลื่น 500-700 วัตต์ เวลาในการสกัด 3-5 นาที และอัตราส่วนของน้ำและ วัตถุดิบเท่ากับ 25-35 มิลลิลิตรต่อกรัม พบว่า เวลาและอัตราส่วนของน้ำและวัตถุดิบมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ในขณะที่กำลังของคลื่นเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณของโพลีแซคคาไรด์

2.3.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสกัดด้วยอัลตราซาวด์

2.3.2.1 ความถี่และกำลังของอัลตราซาวด์ ในแต่ละงานวิจัยนั้นมีช่วงสภาวะของการสักระหว่างกว้างมากเช่นความถี่และกำลังของคลื่นที่ใช้ร่วมกันมีตั้งแต่ 25 กิโลเฮิรตซ์ 150 วัตต์ (Cuoco และคณะ, 2009) 35 กิโลเฮิรตซ์ 320 วัตต์ (Ozcan และคณะ, 2009) และ 20 กิโลเฮิรตซ์ 450 วัตต์ (Roldan Gutierrez และคณะ, 2008) จากการศึกษาของ Wang และคณะ (2011) พบว่า การเพิ่มกำลังของอัลตราซาวด์จาก 200 วัตต์ เป็น 400 วัตต์ จะทำให้สารสกัดจากรากชิโครีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มกำลังของคลื่นจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ cavitation สูงขึ้น เกิดการทำลายของผนังเซลล์และเกิดการถ่ายเทมวลมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ You และคณะ (2010) ที่แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มกำลังของอัลตราซาวด์จาก 0 ถึง 150 วัตต์ ทำให้สารสกัดฟลาโวนอยด์จากรากโสมเกาหลีเพิ่มสูงขึ้น

2.3.2.2 อุณหภูมิของการสักระหว่าง อุณหภูมิที่ใช้มีช่วงกว้างเช่น 25 องศาเซลเซียส (Ozcan และคณะ, 2009; Roldan Gutierrez และคณะ, 2008) 30 องศาเซลเซียส (Dong และคณะ, 2010) และ 40 ถึง 90 องศาเซลเซียส (Jalbani และคณะ, 2006) จากรายงานการศึกษาของ Pan และคณะ (2008) พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างการสักระหว่างอัลตราซาวด์มีสาเหตุมาจากพลังงานเชิงกลที่เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จึงช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทมวลให้สูงขึ้น แต่ในทางตรงข้ามการเพิ่มอุณหภูมิก็สามารถทำให้สารสกัดลดลง เช่นการศึกษาของ Zhang และคณะ (2009) ที่พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจาก 15 ถึง 45 องศาเซลเซียส จะทำให้สารสกัด epimedin C เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงถึง 55 และ 62 องศาเซลเซียส พบว่า สารสกัดที่ได้เริ่มลดลง เนื่องจากจำนวนฟองอากาศที่จะเกิด cavitation ลดลงและเกิดการสลายตัวของ epimedin C อันเนื่องมาจากความร้อน

2.3.2.3 เวลาที่ใช้ในการสักระหว่าง งานวิจัยการสักระหว่างด้วยอัลตราซาวด์ใช้เวลาในการสักระหว่างตั้งแต่ 5 นาที (Ozcan และคณะ, 2009) 5 ถึง 20 นาที (Jalbani และคณะ, 2006) 30 ถึง 120 นาที (Liu และคณะ, 2007) และ 3 ชั่วโมง (Durling และคณะ, 2007) จากการศึกษาของ Pan และคณะ (2008) รายงานว่า การเพิ่มเวลาของการสักระหว่างมาแมลงในผักโขมด้วยอัลตราซาวด์จาก 15 เป็น 55 นาที จะทำให้สักระหว่างมาแมลงได้มากขึ้น เนื่องจากอัลตราซาวด์จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ cavitation ที่ซึ่งจะทำลายผนังเซลล์ ดังนั้นเวลาในการสักระหว่างนานขึ้นจะทำให้เกิด cavitation มากขึ้น ส่งผลทำให้เซลล์เกิดการแตกมากขึ้น

2.3.2.4 อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย จากการงานวิจัยของ Lee และคณะ (2007) ที่ศึกษาการสกัดไอโซฟลาโวนจากรากปีทูทด้วยอัลตราซาวด์ที่อัตราส่วนระหว่างรากปีทูทต่อเอทานอลเป็น 1:5 และ 1:10 (กรัมต่อมิลลิลิตร) พบว่า ที่อัตราส่วน 1:10 จะให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงกว่าที่อัตราส่วน 1:5