บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 สะเดา (อารมย์ แสงวนิชย์และคณะ, 2536)

สะเดาเป็นพืชอยู่ในวงศ์ Meliaceae ซึ่งพบได้ในประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนทั่วไป เชื่อกันว่าถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศอินเดีย พม่า ในประเทศไทยพบว่ามีสะเดาอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

1. สะเดาอินเดีย (Azadirachta indica A. Juss) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลักษณะขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อยแหลม โคนใบเบี้ยว ปลายใบแหลมเรียว ออกดอกเป็นช่ออยู่ตรงส่วนยอด สีขาวมีกลิ่นหอม ปกติจะออกดอกปีละครั้งประมาณเดือนมีนาคม - เมษายน และผลสุกประมาณเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม

2. สะเดาช้างหรือไม้เทียม (Azadirachta excellsa Jack) เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ขนาดสูงประมาณ 30 - 40 เมตร ลำต้นตรง ใบเป็นช่อ ก้านใบยาว 20 - 30 เซนติเมตร ใบย่อยมีรูปทรงเป็นรูปหอกแกมใบมน ปลายใบค่อนข้างแหลมเป็นกิ่งสั้น ๆ ฐานใบเบี้ยวไม่เท่ากัน ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อยสีเขียวเป็นมัน ดอกออกเป็นช่อยาว 20 - 45 เซนติเมตรสีเขียวอ่อน ออกดอกเดือนมีนาคมและผลสุกเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน เป็นไม้โตเร็วที่พบมากในภาคใต้ ตั้งแต่สุราษฎร์ธานีลงไปถึงมาเลเซีย อินโดนีเซีย

3. สะเดาไทย (Azadirachta indica var siamensis Valeton) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขึ้นได้ดีในแถบแห้งแล้งทั่วไป ใบจะโตกว่าสะเดาอินเดียสีเขียวเข้มหนาและทึบ ขอบใบหยักเล็กน้อย ดอกสีขาว ออกดอกเดือนธันวาคม - มกราคม ผลจะสุกเดือนเมษายน - พฤษภาคม พบทั่วไปในประเทศไทยสะเดาเป็นพืชเมืองร้อน เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ของสะเดาทั้ง 3 ชนิดได้ดังตารางที่ 2.1

สะเดาที่พบมากในประเทศไทยคือ สะเดาไทย นอกจากนั้นยังพบสะเดาอินเดีย และสะเดาช้างหรือไม้เทียม ปัจจุบันได้มีการปลูกสะเดากันมากขึ้นเนื่องจากสะเดาปลูกได้ง่าย ทนต่อความแห้งแล้งและทุก ๆ ส่วนของสะเดายังมีประโยชน์นานัปการ นักเคมีได้ทำการแยกสารอินทรีย์ออกจากส่วนต่าง ๆ ของสะเดาได้แก่ ใบ เมล็ดผล เปลือก และกิ่ง ได้สารอินทรีย์ทั้งหมด 56 สาร โดยพบว่าในส่วนของเมล็ดสะเดามีสารอินทรีย์อยู่มากที่สุด (35 สาร) ในขณะที่ใบสะเดามีสารอยู่เพียง 9 สาร ทั้งส่วนใบและเมล็ดสะเดานี้จะเป็นส่วนของสะเดาที่ได้รับความสนใจมากที่สุด เนื่องจากนำไปใช้เป็นยาฆ่าแมลงได้ โดยพบว่าส่วนของเมล็ดจะออกฤทธิ์ดีที่สุดสำหรับใบนั้น

ตารางที่ 2.1 ข้อเปรียบเทียบของพืชในสกุลสะเดาในประเทศไทย (โชคชัย พรหมแพทย์, 2537)

ข้อเปรียบเทียบ	สะเดาไทย	สะเดาอินเดีย	ไม้เทียม
1.ชื่อทางวิทยาศาสตร์	Azadirachta indica var siamensis Valeton	Azadirachta indica A. Juss	Azadirachta excellsa Jack
2.การเจริญเติบโตและสภาพภูมิอากาศ	ปานกลางและทนความแห้งแล้ง	โตช้าและทนความแห้งแล้ง	โตเร็วและต้องการความชุ่มชื้น
3.แหล่งปลูกที่สำคัญ	พบทั่วทุกภาคของประเทศไทย(ยกเว้นภาคใต้)บริเวณตั้งแต่สุราษฎร์ธานีลงไปมีการปลูกน้อย	พบในบางจังหวัด เช่น ชลบุรี สกลนคร	พบมากในภาคใต้ตั้งแต่ชุมพรลงไป
4.ฤดูออกดอกติดผลและผลสุก	ช่วงกลางเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป	หมุนเวียนตลอดปี	ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป
5.ขนาดเมล็ดและปริมาณติดผล	เมล็ดขนาดปานกลาง ผลดก	เมล็ดขนาดเล็กปานกลาง	เมล็ดโตแต่ติดผลน้อย
6.ปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ด	ปานกลาง	มาก	น้อย
7.ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช	เมล็ด ใบ	เมล็ด ใบ	เมล็ด ใบ
8.ส่วนที่นำมาบริโภคเป็นอาหารของมนุษย์	ใบอ่อนและดอก รสขมน้อย-มาก	ใบอ่อนและดอก รสขมมาก	ใบอ่อนและดอก รสขมมาก
9.การใช้สอยเนื้อไม้	ลำต้นขนาดปานกลางและตั้งตรงพอใช้	ลำต้นแตกกิ่งเป็นพุ่ม	ลำต้นโตและตั้งตรงดีมาก
10.ลักษณะขอบใบ	หยักเป็นฟันเลื่อย	หยักเป็นฟันเลื่อย	เรียบไม่หยัก

ใช้เป็นเพียงสารไล่แมลงเท่านั้น จากการทดลองพบว่าในเมล็ดมีสารชนิดหนึ่งซึ่งในใบไม่มีสารชนิดนี้มีชื่อว่า อะซาดิแรคติน (azadirachtin) ซึ่งเป็นสารประกอบพวกลิโมนอยด์ (limonoid) หรือเรียกว่าเป็นเตตตระนอร์ไตรเทอร์ปีนอยด์ (tetranortriterpenoids) สารอะซาดิแรคตินเป็นสารที่ออกฤทธิ์สูงสุด สำหรับกลไกที่สารอะซาดิแรคตินสามารถไปยับยั้งไม่ให้หนอนเจริญเติบโต หรือไม่ลอกคราบทำให้ตายไปในที่สุดนั้น กล่าวกันว่าเนื่องมาจากสารนั้นจะเป็นเหมือนตัวขัดขวางหรือทำให้แมลงเข้าใจผิดคิดว่าเป็นฮอร์โมนเอ็กไดโซน (ecdysone) ซึ่งในการลอกคราบทำให้ไม่มีการสร้างฮอร์โมนนี้ขึ้นมา แมลงก็ไม่สามารถที่จะลอกคราบได้และตายไปในที่สุด จากการทดลองใช้ผงเมล็ดสะเดาป้องกันกำจัดศัตรูพืชในหมู่บ้านปลอดสารพิษ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2.2

จากการวิจัยของกองวัตถุมีพิษกรมวิชาการเกษตรพบว่าสะเดา 3 ชนิดมีปริมาณอะซาดิแรคตินแตกต่างกันโดยสะเดาไทยกับไม้เทียมนั้นมีปริมาณสารใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ย 0.34 - 0.4 กรัม/100 กรัมเนื้อในเมล็ดสะเดาและสะเดาอินเดียมีสารสูงสุดคือเฉลี่ย 0.77 กรัม/100 กรัมเนื้อในเมล็ดสะเดา นอกจากนี้พบว่าอายุของต้นสะเดา แหล่งปลูก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลสะเดา การเก็บรักษาเมล็ด ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้ปริมาณอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาแตกต่างกัน

ความมีพิษอันตรายและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตของสะเดาพอจะสรุปได้ ดังนี้

ก. สัตว์เลือดอุ่น มนุษย์ใช้ใบและดอกของสะเดาเป็นอาหารและเป็นยาสมุนไพรมาช้านานและใช้บางส่วนของสะเดาเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงยังไม่มีรายงานว่าเกิดพิษอันตรายต่อผู้บริโภค การทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จากสะเดา (Margosan-o) กับหนูทดลองในเยอรมันมีการใช้อัตราความเข้มข้นสูงถึง 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักหนูทดลองทั้งเพศผู้และเพศเมียก็ไม่พบว่าเกิดพิษเฉียบพลันทางปากแต่อย่างใด อีกทั้งยังไม่พบอาการระคายต่อผิวหนังหรือสาเหตุการกลายพันธุ์หรือสารก่อมะเร็งแต่อย่างใด

ข. พิษต่อพืช น้ำมันในเมล็ดสะเดาที่ใช้พ่นพืชบางชนิดอาจทำให้พืชมีสีใบผิดปกติหรือใบอ่อน พืชแสดงอาการเหี่ยวไหม้ จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาด้วยการแช่น้ำกับพืชบางชนิด เช่นคะน้า ผักกาด กวางตุ้ง และผักกาดเขียวปลี ฯลฯ

ค. สัตว์เลือดเย็น สารในเมล็ดสะเดาอาจมีผลต่อสัตว์จำพวกปู ทำให้ประชากรของปูลดลงแต่พิษน้อยต่อปลานิลและปลาตะเพียนขาว ปลอดภัยต่อศัตรูธรรมชาติจำพวก แมงมุม มดคำ มวนตาโต ด้วงเต่าลายจุด แตนเบียน ต่อ แตนและหนอนของแมลงวันดอกไม้

ง. สิ่งแวดล้อม แสงแดดจะทำให้น้ำยาสะเดาสลายจากต้นพืชภายในเวลา 1 สัปดาห์ การใช้ทางดินจะอยู่ได้ประมาณ 1 เดือน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ระดับความสำเร็จในการทดสอบการใช้ผงเมล็ดสะเดาป้องกันกำจัดศัตรูพืช โครงการหมู่บ้านปลอดสารพิษ (ขัวญชัย สมบัติศิริ, 2537)

ชนิดศัตรูพืช (21 ชนิด)	พืชอาหาร(13 ชนิด)	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ไม่ได้ผล
เพลี้ยอ่อน	ถั่วฝักยาว ข้าวโพด กะหล่ำปลี พริก ตำลึง	●				
หนอนเจาะลำต้น	ข้าวโพด	●				
หนอนเจาะยอด/ผล	มะเขือเปราะ มะเขือยาว		●			
หนอนเจาะสมออเมริกัน	ถั่วฝักยาว ข้าวโพด กะหล่ำปลี พริก หน่อไม้ฝรั่ง	●				
หนอนเจาะแมลงวันเจาะเถาถั่ว	ถั่วฝักยาว	●				
หนอนมารูก้า	ถั่วฝักยาว	●				
หนอนคืบกะหล่ำ	ถั่วฝักยาว กะหล่ำปลี	●				
หนอนชอนใบ	ถั่วฝักยาว แตงโม แตงกวา	●				
หนอนเจาะยอดกะหล่ำ	กะหล่ำปลี ผักกาดหัว	●				
หนอนเขียวฟัก	แตงกวา แตงโม ตำลึง	●				
หนอนใยผัก	กะหล่ำปลี ผักกาดหัว	●				
หนอนหลอดหอมหรือหนอนหนังเหนียว	หอมแดง หอมแบ่ง ถั่วฝักยาว ข้าวโพด พริก แตงโม กะหล่ำปลี ผักกาดหัว หน่อไม้ฝรั่ง	●				
หนอนกระทู้ผัก	ถั่วฝักยาว หน่อไม้ฝรั่ง แตงโม ข้าวโพด กะหล่ำปลี ผักกาดหัว	●				
เสี้ยนดินเจาะผล	แตงโม	●				
เต่าแตงแดง	แตงโม แตงกวา ตำลึง					●
เพลี้ยไฟ	แตงโม แตงกวา ถั่วฝักยาว พริก				●	
ไส้เดือนฝอยรากปม			●			
มดคันไฟ						●

ตารางที่ 2.2 ระดับความสำเร็จในการทดสอบการใช้ผงเมล็ดสะเดาป้องกันกำจัดศัตรูพืช โครงการหมู่บ้านปลอดสารพิษ (ต่อ)

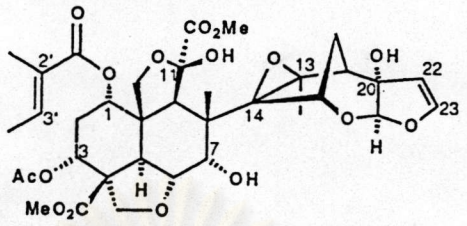
ชนิดศัตรูพืช (21 ชนิด)	พืชอาหาร(13 ชนิด)	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ไม่ได้ผล
เพลี้ยจักจั่น	มะเขือเปราะ มะเขือยาว			●		
ไรแดง	มะเขือเปราะ มะเขือยาว พริก ถั่วฝักยาว				●	
ด้วงหมัดผัก	ผักกาดหัว	●ตัวอ่อน				●ตัวแก่
	กะหล่ำปลี					●ตัวแก่

2.2 อะซาดิแรคติน (Ley,1989)

อะซาดิแรคตินแยกได้ครั้งแรกจากเมล็ดสะเดาโดยมอร์แกน ในปี ค.ศ.1967 โดยทำให้บริสุทธ์ด้วยวิธีการทางโครมาโตกราฟี ตกผลึกได้เป็นผลึกเล็ก ๆ สีขาว มีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 152 - 158 องศาเซลเซียส ค่าดัชนีหักเหแสง -53 มีสูตรโมเลกุล $C_{35}H_{44}O_{16}$

อะซาดิแรคติน เป็นสารกลุ่มเตตระนอร์ไตรเทอร์ปีนอยด์ ที่สกัดได้จากส่วนเมล็ดของสะเดา เป็นสารที่มีฤทธิ์ป้องกันศัตรูพืชได้ดีที่สุดในจำนวนสารที่แยกได้จากสะเดา อะซาดิแรคตินมีผลต่อแมลงหลายอย่างเช่น มีฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของแมลง (antifeedant) ไล่แมลง (repellent) เป็นพิษต่อแมลง(toxicant) ทำให้แมลงเป็นหมัน (stericant) และขัดขวางการเจริญเติบโตของแมลง (growth disruptant) สารกลุ่มอะซาดิแรคตินมี 7 ไอโซเมอร์ได้แก่ อะซาดิแรคติน เอ บี ซี ดี อี เอฟ และจี

จากการนำเสนอโดยกลุ่มนักเคมีนำโดยศาสตราจารย์เลย์ และเคราส์ สารอะซาดิแรคติน เอ เป็นสารที่มีสูตรโครงสร้างที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 13, 14 มีหมู่อีปอกซี (epoxy group) คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 มีหมู่ไตโกลอิล (tigoyl group = 2-methylcrotonyl)จับและคาร์บอนตำแหน่งที่ 7, 11, 20 มีหมู่ไฮดรอกซี (hydroxy group) ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของอะซาดิแรคติน เอ (Ley,1989)

สารอะซาดิแรคตติน เอ เป็นส่วนประกอบที่พบมากประมาณ ร้อยละ 84 ของสิ่งสกัด สารอะซาดิแรคติน บี พบได้ประมาณ ร้อยละ 15 ของสิ่งสกัด มีสูตรโครงสร้างที่มีหมู่ไตโกลอิลจับที่ตำแหน่งที่ 3 และมีหมู่ไฮดรอกซีที่ตำแหน่งที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 11 ไม่มีหมู่ไฮดรอกซี ส่วนคาร์บอนตำแหน่งที่ 7, 20 มีหมู่ไฮดรอกซีจับ สารอะซาดิแรคติน ซี - จี เป็นสารที่พบได้น้อยมีประมาณร้อยละ 1 ของสิ่งสกัด สารอะซาดิแรคติน ซี มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับอะซาดิแรคติน เอ และ บี มาก ส่วน สารอะซาดิแรคติน ดี จะมีคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 เป็นหมู่เมทิล แทนที่จะเป็นเอสเทอร์ สารอะซาดิแรคติน อี มีสูตรโครงสร้างเหมือนอะซาดิแรคติน เอ แต่ตำแหน่งที่ 1 เป็นหมู่ไฮดรอกซีอิสระ สารอะซาดิแรคติน เอฟ จะมีกลุ่มไตโกลอิลจับที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3

อะซาดิแรคตินเป็นสารที่ไม่เสถียร จะสลายตัวได้ด้วยปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ มีน้ำปนอยู่ในผลิตภัณฑ์ ให้ความร้อนเกิน 60 องศาเซลเซียส ถูกแสงแดด ในสภาวะที่ pH < 5.0 หรือ pH > 6.5

ข้อได้เปรียบของการใช้สิ่งสกัดสะเดา (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2537)

1. อันตรายต่อผู้ใช้และสัตว์เลี้ยงต่ำ
2. แมลงและสัตว์ที่มีประโยชน์ไม่ถูกทำลาย
3. การสลายตัวของสิ่งสกัดสะเดาค่อนข้างเร็วในสภาพธรรมชาติ
4. การสร้างความต้านทานของหนอนที่มีต่อสิ่งสกัดสะเดาค่อนข้างต่ำ
5. การออกฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลงมีหลายลักษณะ
6. สิ่งสกัดสะเดาออกฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลงไม่เฉพาะเวลาที่ใช้เท่านั้น
7. ยืดระยะเวลาการฉีดสิ่งสกัดสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลง

ข้อเสียปรียบของการใช้สิ่งสกัดสะเดา

1. สิ่งสกัดสะเดาไม่สามารถป้องกันกำจัดแมลงได้ทุกชนิด

2. สิ่งสกัดสะเดาสลายตัวค่อนข้างเร็ว

การผลิตสารอะซาดิแรคตินเริ่มโดยการกระเทาะเปลือก (decortication) ออกจากเมล็ด บดเมล็ดเนื้อในแล้วนำมาสกัดน้ำมันออกก่อน โดยวิธีสกัดของแข็งด้วยของเหลวโดยใช้เฮกเซน หลังจากนั้นจะสกัดเอาสารอะซาดิแรคตินออกจากกากของแข็งโดยวิธีเดียวกันแต่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำสิ่งสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอะซาดิแรคตินโดยใช้เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี ทำสิ่งสกัดให้มีความเข้มข้นมากขึ้นโดยการระเหยภายใต้สุญญากาศ จากนั้นนำไปสกัดอะซาดิแรคตินจากสิ่งสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน ซึ่งเมื่อระเหยตัวทำละลายนี้ออกไปจะได้ของแข็ง อีกวิธีหนึ่งซึ่งยังไม่เคยมีผู้ใดใช้แยกสารนี้มาก่อนคือการดูดซับซึ่งใช้ของแข็งอนุภาคขนาดเล็กมากดูดซับอะซาดิแรคตินบนผิวและแยกออกจากของเหลว ซึ่งเมื่อทำให้แห้งแล้วคาดว่าจะเก็บรักษาอะซาดิแรคตินให้คงสภาพได้นาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การสกัดของแข็งด้วยของเหลว (solid - liquid extraction)

จัดเป็นการสกัดด้วยตัวทำละลาย มีหลักการคือทำให้ตัวถูกละลายที่อยู่ในของแข็งกระจายออกมาสู่ตัวทำละลาย โดยต้องเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ต้องละลายสารที่ต้องการสกัดหรือต้องการแยกออกมาได้และไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการแยก ไม่ละลายสิ่งที่เจือปนหรือสารอื่นที่ไม่ต้องการ ต้องแยกออกจากสารละลายได้ง่าย เพื่อจะนำกลับมาใช้ได้อีก ตัวทำละลายสำหรับของแข็งชนิดหนึ่ง ๆ จะมีแรงดึงดูดให้โมเลกุลของของแข็งหลุดออกจากผิวของมัน ในลักษณะเดียวกับการระเหยของของเหลวกลายเป็นไอ โมเลกุลของของแข็งจะอยู่ในสภาพที่กระจายไปทั่วมวลของของเหลวนั้นเรียกว่าเกิดเป็นสารละลาย ขึ้นและของแข็งในสภาพที่เป็นโมเลกุลกระจัดกระจายในมวลของเหลวเรียกว่าตัวถูกละลาย โมเลกุลของตัวถูกละลายนี้มีพลังงานจลน์ของการถ่ายเทจึงเคลื่อนที่ไปมาในมวลนั้น เมื่อวิ่งชนผนังของภาชนะจะเกิดแรงดันออสโมติกขึ้นเช่นเดียวกับความดันย่อยที่เกิดจากโมเลกุลของก๊าซ ดังนั้นถ้าสารละลายนั้นสัมผัสกับของแข็งที่เป็นตัวถูกละลายก็จะมีโมเลกุลของตัวถูกละลายบางโมเลกุลวิ่งไปชนผิวของของแข็งแล้วถูกยึดไว้การที่ของแข็งกระจายออกเป็นโมเลกุลในของเหลวเรียกว่าการละลาย

กลไกของกระบวนการสกัด ในกรณีนี้จะไม่กล่าวถึงการสกัดของแข็ง-ของเหลวที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เพราะว่าเป็นกรณีที่เฉพาะเจาะจงเกินไปขึ้นอยู่กับจลน์ศาสตร์ของแต่ละปฏิกิริยา สำหรับกรณีอื่นการถ่ายเทตัวถูกละลายจากของแข็งสู่ตัวถูกละลายประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) การละลายตัวถูกละลายที่อยู่ภายในตัวของแข็งด้วยตัวทำละลาย ขั้นตอนนี้โดยทั่วไปแล้วจะช้าต้องใช้เวลานานและใช้จำนวนตัวทำละลายที่เพียงพอสำหรับการเร่งให้ขั้นตอนนี้เร็วขึ้นทำได้โดยทำให้ของแข็งที่นำมาสกัดมีขนาดเล็กลงมาก ๆ ส่วนการกวนให้ของแข็งเคลื่อนตัวในตัวทำละลายมีผลน้อยมากต่อการถ่ายเทมวลสาร แต่จะช่วยให้อนุภาคของแข็งอยู่ในสภาวะแขวนลอยในตัวทำละลายซึ่งจะช่วยในเรื่องถ่ายเทความร้อนได้ดี ถ้าตัวถูกละลายเป็นของเหลวที่ละลายได้ในตัวทำละลาย โดยที่การละลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากถ้าตัวถูกละลายเกาะอยู่รอบ ๆ อนุภาคของแข็งในทางตรงข้ามถ้าตัวถูกละลายเกาะอยู่รอบ ๆ อนุภาคของแข็งซึ่งล้อมรอบด้วยผนังที่ดูดซึมตัวทำละลายได้น้อย การละลายจะช้ามาก กรณีหลังพบมากกว่ากรณีแรก เช่น น้ำมันพืชที่อยู่ในเมล็ดพืชต่าง ๆ การแพร่ของตัวทำละลายผ่านผนังเมมเบรนจะเป็นตัวควบคุมอัตราเร็วของการละลาย การกวนสำหรับกรณีหลังนี้มีผลต่อการละลายน้อย แต่ในกรณีที่ตัวถูกละลายอยู่รอบ ๆ อนุภาคของแข็ง การกวนจะช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลสารได้มาก (2) การแพร่ของตัวถูกละลายจากภายในอนุภาคของแข็งสู่อนุภาคด้านนอก ขั้นตอนนี้ถูกควบคุมด้วยการแพร่และอัตราเร็วในการสกัดรวมจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการแพร่ต่าง ๆ ในอนุภาคของของแข็งคือ การแพร่ของตัวทำละลายเข้าสู่ของแข็ง การแพร่ของตัวถูกละลายในตัวทำละลายและการแพร่ของสารละลายสู่ภายนอกของแข็ง (3) การแพร่ของตัวถูกละลายที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคของแข็งไปสู่ตัวทำละลาย ขั้นตอนนี้มีลักษณะ

คล้าย ๆ ของผสมระหว่างตัวถูกละลายชนิดหนึ่งในของเหลวที่ย่อมมีการแพร่จากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขั้นตอนนี้จะไม่ใช่ตัวควบคุมกระบวนการและในทุกกรณีเราสามารถเพิ่มอัตราการแพร่ ได้ด้วยกระบวนการที่เหมาะสม

สำหรับการสกัดสารจากเมล็ดสะเดาเพื่อนำไปใช้เป็นสารป้องกันศัตรูพืชนั้นทำได้หลายวิธีทั้งการใช้น้ำหรือใช้สารละลายทางเคมีต่างๆการกวนหรือหมักและอัตราส่วนระหว่างเมล็ดสะเดากับสารละลายต่างๆ วิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารอะซาดิแรคตินจากเมล็ดสะเดาคือสกัดน้ำมันในเมล็ดทิ้งไปก่อนด้วยเฮกเซนและใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายสกัดสารอะซาดิแรคตินในอัตราส่วนระหว่างเมล็ดสะเดา 1 กรัมต่อตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร โดยการกวน

2.4 การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (liquid - liquid extraction) (ธวัชชัย ศรีวิบูลย์,2534)

จัดเป็นการสกัดด้วยตัวทำละลายอีกวิธีหนึ่ง มีหลักการคือทำให้ตัวถูกละลายที่ละลายในตัวทำละลายที่ 1 กระจายไปสู่ตัวทำละลายที่ 2 โดยที่ตัวทำละลายทั้งสองชนิดนี้สัมผัสกันอย่างใกล้ชิดแต่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ประสิทธิภาพของการสกัดสามารถพิจารณาเป็นร้อยละของตัวถูกละลายที่ถูกสกัดแยกออกไปได้เรียกว่า ร้อยละการสกัด ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

กำหนดให้ V_1 คือปริมาตรของตัวทำละลายที่ 1

V_2 คือปริมาตรของตัวทำละลายที่ 2

W_0 คือปริมาณของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลายที่ 1 ในตอนเริ่มต้นก่อนถูกสกัด มีหน่วยเป็น กรัม โมลหรือมิลลิโมล

W_1 คือปริมาณของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในสารละลายที่ 1 เมื่อทำการสกัดครั้งแรก มีหน่วยเป็น กรัม โมลหรือมิลลิโมล

$[C_A]_1$ คือความเข้มข้นของตัวถูกละลายในชั้นที่ 1 $= W_1 / V_1$

$[C_A]_2$ คือความเข้มข้นของตัวถูกละลายในชั้นที่ 2 $= (W_0 - W_1) / V_2$

D คืออัตราส่วนการกระจาย (distribution ratio , D)

$$D = [C_A]_2 / [C_A]_1 = (W_0 - W_1) V_1 / W_1 V_2 \quad \text{... (1)}$$

$$W_1 = W_0 [V_1 / (V_1 + DV_2)] \quad \text{... (2)}$$

เมื่อพิจารณาเศษส่วนของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในชั้นที่ 1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการสกัด จากสมการที่ 2 จะได้

$$W_1 / W_0 = V_1 / (V_1 + DV_2) \quad \text{... (3)}$$

นั่นคือเศษส่วนของตัวถูกละลายที่ถูกสกัด คือ $1 - W_1 / W_0$ ให้เท่ากับ E นำ 1 ลบในสมการที่ 3 จะได้

$$1 - W_1/W_0 = 1 - [V_1/(V_1 + DV_2)]$$

$$E = 1 - [V_1/(V_1 + DV_2)]$$

$$E = D/[(V_1/V_2) + D]$$

ร้อยละของการสกัด $\%E = 100D/[(V_1/V_2) + D]$

ถ้าปริมาตรของตัวทำละลายที่ 2 มีค่าเท่ากับปริมาตรของตัวทำละลายที่ 1 ($V_2 = V_1$)

$$\%E = 100D/(1 + D) \quad \ldots (4)$$

จากสมการที่ 2 และ 4 เป็นการพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการสกัดเพียงครั้งเดียว

เราสามารถพิจารณาเศษส่วนของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในตัวทำละลาย เมื่อทำการสกัดหลาย ๆ ครั้งถึง n ครั้งได้

กำหนดให้ W_2 คือปริมาณของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในชั้นตัวทำละลายที่ 1 เมื่อสกัดครั้งที่ 2

W_3 คือปริมาณของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในชั้นตัวทำละลายที่ 1 เมื่อสกัดครั้งที่ 3

W_n คือปริมาณของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในชั้นตัวทำละลายที่ 1 เมื่อสกัดครั้งที่ n

เมื่อทำการสกัดครั้งที่ 2 โดยใช้ปริมาตรของตัวทำละลายที่ 2 และที่ 1 เท่ากับการสกัดครั้งที่ 1 จะได้

ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในชั้นตัวทำละลายที่ $1 = W_2/V_1$

ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในชั้นตัวทำละลายที่ $2 = (W_1 - W_2)/V_2$

$$\therefore D = (W_1 - W_2)/V_2/(W_2/V_1)$$

$$W_2 = W_1[V_1/(V_1 + DV_2)] \quad \ldots (5)$$

แทนค่าสมการที่ 3 ลงในสมการที่ 5 จะได้

$$W_2 = W_0[V_1/(V_1 + DV_2)]^2 \quad \ldots (6)$$

ในทำนองเดียวกันเมื่อทำการสกัดถึง n ครั้ง สามารถคำนวณหาปริมาณของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในชั้นตัวทำละลายที่ 1 ได้ ดังนี้ คือ

$$W_n = W_0[V_1/(V_1 + DV_2)]$$

จะเห็นได้ว่า ถ้าเพิ่มจำนวนครั้งในการสกัดจะทำให้ได้ W น้อยลง แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่เป็นเส้นตรง จะเป็นความสัมพันธ์กันตามสมการเอกโปเนนเชียล

2.5 การดูดซับ (adsorption) (Kenneth, 1992)

การดูดซับนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของสารไปเกาะอยู่บนผิวหน้าของของแข็งหรือของเหลว สารที่ไปเกาะเรียกสารที่ถูกดูดซับ (adsorbate) และของแข็งหรือของเหลวที่ผิวหน้าถูกสารไปเกาะเรียกสารดูดซับ (adsorbent) แรงที่ทำให้เกิดการเกาะ หรือยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับและโมเลกุลที่ผิวหน้าของสารดูดซับนั้นมี 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นแรงดูดซับทางฟิสิกส์ (physical adsorption) คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ ชนิดที่ 2 เป็นแรงดูดซับทางเคมี (chemical adsorption) เป็นแบบที่มี chemical interaction เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับโมเลกุลที่ผิวหน้าของสารดูดซับ การดูดซับเป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อนออกมา ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของการดูดซับ ถ้าเป็นแรงดูดซับทางฟิสิกส์จะมีค่าใกล้เคียงกับความร้อนแฝงของการกลั่นตัวเป็นของเหลวและถ้าเป็นแรงดูดซับทางเคมีความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับกรณีแรกและจะมีค่าไม่น้อยกว่าความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีมากนัก ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับคือ ความดันหรือความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ อุณหภูมิ ชนิดของสารถูกดูดซับและสารดูดซับ ดังนั้นการศึกษาการดูดซับจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย โดยทั่วไปมักจะควบคุมให้อุณหภูมิการดูดซับคงที่ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารดูดซับกับความดันหรือความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของการดูดซับ เส้นความสัมพันธ์ที่ได้เรียกว่า "อิควิลิเบรียม ไอโซเทอม" (equilibrium isotherm) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่ขึ้นกับชนิดของรูพรุนบนสารดูดซับดังแสดงในรูปที่ 2.2

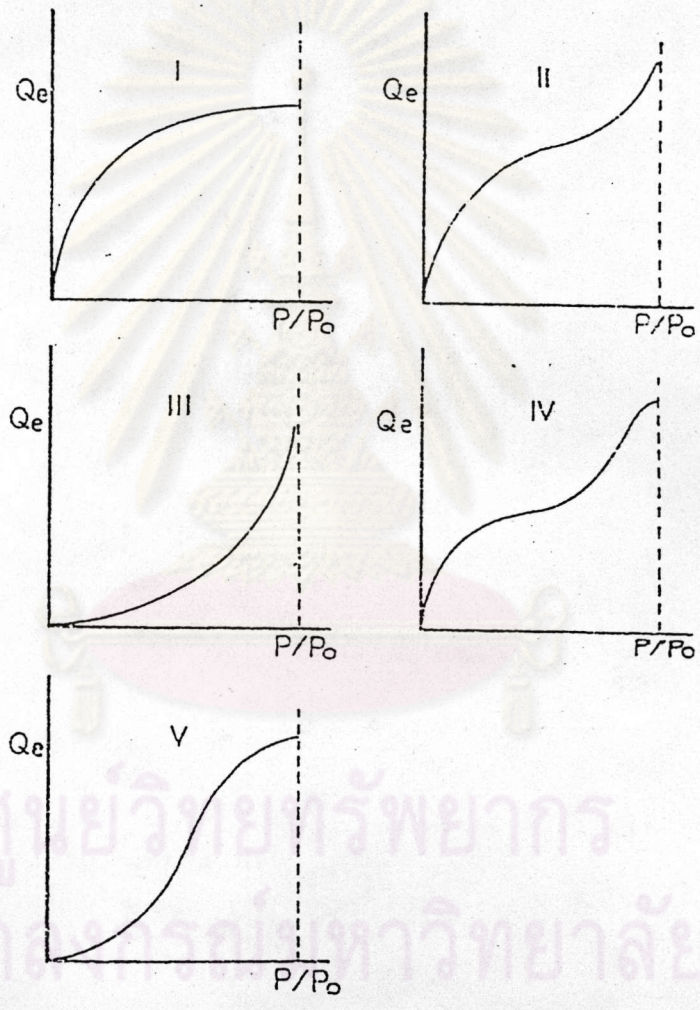
(1) Reversible Type I isotherm เป็นลักษณะไอโซเทอมที่เกิดจากการดูดซับของสารที่มีรูพรุนขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก โดยที่มีชั้นของก๊าซดูมบนผิวของของแข็งได้หนาเพียงหนึ่งโมเลกุล (one molecular layer) เช่นการดูดซับก๊าซเอทิลคลอไรด์บนคาร์บอนแบลค ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

(2) Reversible Type II isotherm เป็นรูปแบบปกติของ isotherm ที่เกิดในสารดูดซับที่เป็น nonporous โดยจะเกิด monolayer อย่างสมบูรณ์ก่อนจึงเกิดเป็น multilayer ในลำดับต่อมา ตัวอย่างเช่นการดูดซับไอน้ำบนคาร์บอนแบลค ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

(3) Reversible Type III isotherm เส้นกราฟจะโค้งออกจากแกน P/P_0 จำนวนสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัด ซึ่งเป็นรูปแบบพิเศษ เช่น การดูดไอน้ำบนถ่านที่ไม่มีรูพรุนเช่น ถ่านที่ได้จากการคาร์โบไนซ์

(4) Type IV isotherm การดูดซับคล้าย (2) ในความหนาของชั้นโมเลกุลชั้นแรกๆ แต่การดูดซับจะถึงจุดอิ่มตัวเนื่องจากรูพรุนแคปิลารีภายในตัวดูดซับเต็มหมดแล้ว ตัวอย่างเช่นการดูดซับไอน้ำบนถ่านชาร์โคล ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส

(5) Type V isotherm คล้ายกับ (3) ในช่วงความเข้มข้นต่ำ แต่เมื่อการดูดซับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะเข้าสู่ค่าสูงสุดค่าหนึ่งเช่นเดียวกับ (4) ตัวอย่างเช่นการดูดซับไอน้ำบนถ่านถัมมันต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และการดูดซับก๊าซไนโตรเจนบนซิลิกา-อลูมินา



รูปที่ 2.2 เส้นไอโซเทอมของสารดูดซับชนิดต่าง ๆ (Kenneth, 1992)

ในการบอกพฤติกรรมการดูดซับใด ๆ ของสารในภาวะไม่หยุดนิ่ง(dynamic adsorptive behavior) ของสารจากวัฏภาคของเหลวไปยังวัฏภาคของแข็ง จำเป็นต้องอธิบายถึงสถานะสมดุลระหว่างวัฏภาคทั้งสองที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับได้ ซึ่งได้มีผู้อธิบายไว้หลายแบบ ดังนี้

1. Henry's Law

มี isotherm ของการดูดซับที่ง่ายที่สุด ปริมาณสารที่ถูกดูดซับแปรโดยตรงกับความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล

$$C_s = kC_l \qquad \text{... (7)}$$

k = ค่าคงที่ของสมดุล

C_l = ค่าความเข้มข้นของสารถูกดูดซับในสารละลายที่ภาวะสมดุล
(คิดเป็นน้ำหนักของสารถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารละลาย)

C_s = ปริมาณสารที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของสารดูดซับที่สมดุล
(คิดเป็นน้ำหนักของสารถูกดูดซับต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของสารดูดซับ)

2. Freundlich Isotherm

ความสัมพันธ์แบบ Freundlich สามารถอธิบายสมดุลที่เกิดขึ้นในการดูดซับโดยเมื่อเกิดการดูดซับไปแล้ว โมเลกุลที่ถูกดูดซับจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่มีการดูดซับทางเคมี

$$C_s = k\sqrt[n]{C_l} = kC_l^{\frac{1}{n}} \qquad \text{... (8)}$$

k และ n = ค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับและสารดูดซับโดยปกติแล้วค่า n จะมีค่ามากกว่า 1 แต่ไม่มากกว่า 5

จากสมการของ Freundlich จะเห็นได้ว่าปริมาณสารที่ถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัดเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นหรือความดัน จึงไม่สามารถใช้สมการนี้ได้เมื่อความเข้มข้นมีค่าสูง เมื่อความเข้มข้นต่ำ สมการนี้จะไม่เป็น linear isotherm พบว่าสามารถใช้สมการของ Freundlich อธิบายการดูดซับที่เกิดจากแรงแวนเดอร์วาลส์ได้

3. Langmuir Isotherm

รูปแบบของ Langmuir ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้อธิบายการดูดซับทางเคมีที่เกิดขึ้นในบางจุดโดยมีข้อสมมติดังนี้ ก๊าซที่ถูกดูดซับประพฤติตัวแบบก๊าซอุดมคติเมื่ออยู่ในวัฏภาคก๊าซ ก๊าซที่ถูกดูดซับจะถูกจำกัดให้เกิดเป็น monomolecule layer พื้นผิวเป็น Homogeneous กล่าวคือพื้นที่ผิวทั้งหมดมีสมบัติเหมือนกัน ไม่เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเอง โมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ไม่ได้เคลื่อนที่ไปทั่วทั้งพื้นผิว

สมการ Langmuir คือ

$$C_s = \frac{Q_0 b C_l}{1 + bC_l} \qquad ...(9)$$

Q_0 = ค่าคงที่ที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

b = ค่าคงที่สมดุลที่ขึ้นกับอุณหภูมิ

สมการนี้จะแสดงผลของ asymptotic ที่ถูกต้องสำหรับการดูดซับแบบ monolayer กล่าวคือ เมื่อ C_l มีค่ามากเข้าใกล้อินฟินิตี้ จะทำให้ C_s มีค่าเข้าใกล้ Q_0 แต่เมื่อความเข้มข้นต่ำ ๆ จะเป็นไปตาม Henry's law

4. B.E.T. Isotherm

ในปีค.ศ.1938 Brunauer, Emmett และ Teller ได้ทำการปรับปรุงสมการของ Langmiur เพื่อให้อธิบายการดูดซับแบบ multilayer สมการนี้เรียกว่า B.E.T. equation ข้อสมมติเบื้องต้นของสมการนี้คือ โมเลกุลที่ถูกดูดซับในชั้นแรกจะเป็นพื้นผิวในการเกาะของสารที่ถูกดูดซับเป็นชั้นที่สองและชั้นต่อ ๆ ไป ดังนั้นโมเลกุลในชั้นที่สองจะเกาะอยู่บนสารที่ถูกดูดซับไม่ใช่พื้นผิวของสารดูดซับ จึงเหมือนอยู่ในภาวะอิ่มตัวของของเหลวแตกต่างจากในชั้นแรกที่โมเลกุลสัมผัสกับพื้นผิวของสารดูดซับโดยตรง สมการ B.E.T. ที่ภาวะสมดุลคือ

$$\frac{C_s}{Q_0} = \frac{bP / P_s}{(1 - P/P_s)(1 - P/P_s + bP/P_s)} \qquad ... (10)$$

P_s = ความดันไออิ่มตัวของของเหลวอิ่มตัวที่ถูกดูดซับที่อุณหภูมิที่เกิดการดูดซับ สมการนี้ใช้อธิบายการดูดซับทางกายภาพที่มีค่า reduce pressure อยู่ในช่วง $0.35 < P/P_s < 0.5$

ทฤษฎี จลนพลศาสตร์ของการดูดซับหรือการส่งถ่ายมวลสารจากที่อยู่ภายในสารละลายไปยังผิวหน้าของแข็งนั้นมี 2 ขั้นตอน คือ 1. การแพร่กระจายภายนอก(external diffusion): เป็นการส่งถ่ายมวลสารของสารดูดซับจากของไหลไปยังบริเวณผิวของสารดูดซับ 2. การแพร่กระจายภายใน (internal diffusion): เป็นการถ่ายเทมวลสารที่ถูกส่งถ่ายเข้ามาอยู่บริเวณพื้นผิวหน้ารอบๆ ของสารดูดซับเข้าสู่ภายในรูพรุนของสารดูดซับ

การดูดซับเป็นกระบวนการแยกสารวิธีหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์มากมายในอุตสาหกรรม แบ่งออกได้เป็น 2 แบบกว้าง ๆ คือ

1. แบบ nonflow แบบนี้สารที่ถูกดูดซับและสารดูดซับจะอยู่กับที่ตลอดเวลา

2. แบบ flow system แบบนี้สารดูดซับมักจะอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่อยู่ในขีดจำกัดอันหนึ่งส่วนสารที่ถูกดูดซับนั้นจะเคลื่อนที่ผ่านสารดูดซับ ในกรณีที่สารดูดซับอยู่กับที่นั้นเรียกว่าฟิกซ์เบด (fixed bed)ส่วนกรณีที่ทั้งสารดูดซับและสารถูกดูดซับเคลื่อนที่นั้นได้นำเอาวิธีฟลูอิไดซ์มาประยุกต์ใช้กับกรณีนี้ ซึ่งได้มีการศึกษาถึงการดูดซับระหว่างก๊าซกับของแข็งซึ่งมีความแตกต่างกันกับการดูดซับระหว่างของเหลวกับของแข็ง

2.6 ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

ถ่านกัมมันต์คือคาร์บอนที่อยู่ในรูปคาร์บอนอสัณฐาน (amorphous carbon) ชนิดหนึ่งแต่ถูกผลิตขึ้นมาเป็นพิเศษโดยการกระตุ้น ซึ่งจะทำให้พื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมาก โดยทั่วไปแล้วผิวหน้าของถ่านกัมมันต์นั้นไม่มีขั้วแต่เนื่องจากมีสารประกอบออกไซด์เกิดขึ้นเสมอที่ผิวหน้า และการเรียงตัวของอะตอมอยู่ในลักษณะเฮกซะโกนัล (hexagonal)ทำให้ผิวหน้าของถ่านกัมมันต์เป็นขั้วเล็กน้อย ในการกระตุ้นจะทำให้ถ่านที่ได้จากการคาร์บอไนซ์มีความพรุนมากขึ้น เนื่องจากมีการสูญเสียสารประกอบคาร์บอนระหว่างช่องว่างระหว่างผลึกของคาร์บอน รูพรุนทำให้เกิดพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับ

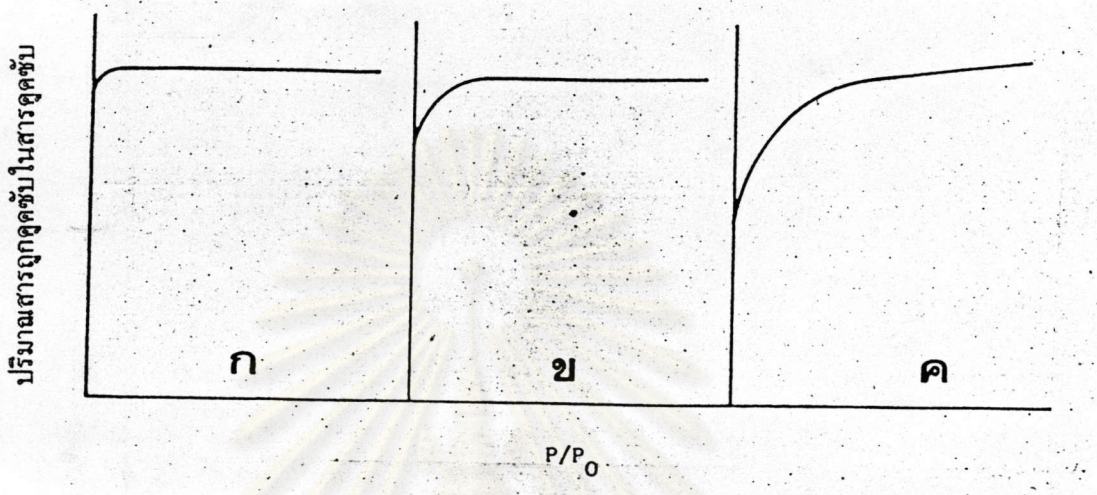
ผิวของถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน (functional group) หลายชนิด หมู่ฟังก์ชันเหล่านี้มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ ได้แก่ การดูดซับ อิเล็กโตรเคมีคะตาไลติก กรด-เบส รีดอกซ์ ไฮโดรโฟบิกไฮโดรฟิลิก และคุณสมบัติอื่น ๆ หมู่ฟังก์ชันที่สำคัญที่สุดคือสารประกอบออกซิเจน ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบในการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่มีออกซิเจนค่อนข้างมาก เช่น ไม้ พีต เป็นต้น แต่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต เช่น ระหว่างกระตุ้นด้วยก๊าซที่เป็นตัวออกซิไดซ์ การเพิ่มสารประกอบออกซิเจนที่ผิว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ก๊าซที่เป็นตัวออกซิไดซ์ ได้แก่ ออกซิเจน โอโซน อากาศ ไอน้ำคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ กลุ่มที่ 2 เป็นสารละลายโดยเฉพาะที่เป็นตัวออกซิไดซ์ ได้แก่ สารละลายผสมของกรดไนตริกกับกรดซัลฟูริก กรดไนตริก โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต สารละลายคลอรีน โซเดียมไฮโปคลอไรด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต

ถ่านกัมมันต์มีลักษณะของเส้นไอโซเทอมแตกต่างกันตามชนิดของรูพรุนดังแสดงในรูปที่ 2.3

(ก) ถ่านกัมมันต์ที่มีแต่รูพรุนขนาดเล็กที่มีขนาดไม่แตกต่างกันมาก เส้นความสัมพันธ์จะขนานกับแกนราบ

(ข) ถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดเล็กที่มีขนาดแตกต่างกันมากกว่าแบบแรก เส้นความสัมพันธ์จะขนานกับแกนแนวราบ แต่ก่อนที่จะเข้าสู่ช่วงแนวราบเส้นความสัมพันธ์จะมีความโค้งมนมากกว่าและความเข้มข้นที่สมดุลของสารถูกดูดซับสูงกว่า

(ค) ถ่านกัมมันต์จะประกอบด้วยรูพรุนขนาดเล็กที่มีขนาดแตกต่างกันมาก และมีรูพรุนขนาดกลางด้วย มักพบในถ่านกัมมันต์เกรดการค้า



รูปที่ 2.3 เส้นไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์แบบต่าง ๆ (บุญชัย ตระกูลมหาชัย, 2537)

ถ่านกัมมันต์ที่มีขายทั่วไปแบ่งออกตามลักษณะรูปร่างได้ 3 พวกคือ ชนิดผง ชนิดเม็ด และชนิดแท่ง

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (powder activated carbon)

เป็นถ่านกัมมันต์ที่ทำโดยการนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาบด รูปร่างจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวิธีการบดซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับแตกต่างกัน ถ่านกัมมันต์ชนิดผงนี้ใช้ในสภาวะที่เป็นของเหลวเป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปมีขนาด 5 - 100 ไมโครเมตร

2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (granular activated carbon)

เป็นถ่านกัมมันต์ที่ทำจากวัตถุดิบที่บดเป็นเม็ดหรือแบบผงทำให้เป็นเม็ดโดยการเติมตัวประสาน (binding agent) ตัวอย่างเช่นทาร์ (tar) ผลิตแล้วนำมาอัดเป็นเม็ด วัตถุดิบที่นิยมทำถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดได้แก่ วัตถุดิบที่ค่อนข้างแข็งและความหนาแน่นสูงเช่น กะลามะพร้าว ถ่านหิน ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดนี้มักใช้ในการดูดกลิ่นก๊าซพิษและไอของสารละลายอินทรีย์

3. ถ่านกัมมันต์ชนิดแท่ง (pellet activated carbon)

เป็นถ่านกัมมันต์ที่ทำจากวัตถุดิบที่เป็นผงผสมกับตัวประสานในสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วอัดเป็นแท่ง ทำการพ่นน้ำลงบนส่วนผสมเพื่อให้จับตัวดีขึ้นก่อนเข้าเตาเผาเพื่อทำการกระตุ้น ปริมาณน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอนุภาค โดยทั่วไปใช้น้ำปริมาณร้อยละ 30 - 55 โดยน้ำหนักของของผสม

คุณสมบัติในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ มีการดูดซับด้วยแรงดูดซับทางฟิสิกส์และดูดซับด้วยพันธะเคมี แรงดูดซับทางฟิสิกส์ ถ่านกัมมันต์นั้นยึดติดกับสารที่ถูกดูดด้วยแรงทางฟิสิกส์ ได้แก่ แรงแวนเดอร์วาลส์ซึ่งมาจากกลุ่มของอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่บนผิวของถ่านกัมมันต์ แรงทางฟิสิกส์เป็นแรงที่อ่อนไม่แข็งแรง ตัวอย่างคือ การดูดซับของก๊าซไนโตรเจนบนถ่านกัมมันต์ แรงดูดซับทางเคมี อิเล็กตรอนของถ่านกัมมันต์ทำให้เกิดพันธะเคมีที่แข็งแรงซึ่งบางอันแข็งแรงกว่าพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอม ดังนั้นสารที่ถูกดูดจะไม่สามารถหลุดออกได้ง่ายเหมือนแรงทางฟิสิกส์เช่น ก๊าซออกซิเจนที่ถูกดูดซับจะสามารถเอาออกโดยการเพิ่มอุณหภูมิ ก๊าซที่ถูกดูดเมื่อหลุดออกจะไม่อยู่ในรูปออกซิเจนอิสระแต่เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนอะตอมคือคาร์บอนมอนอกไซด์หรือคาร์บอนไดออกไซด์

2.7 งานวิจัยในอดีต

การศึกษาการเก็บรักษาสารละลายอะซาดิแรคตินให้คงสภาพได้นานโดย Walter ในปี พ.ศ.2533 การผลิตสารละลายอะซาดิแรคตินที่เสถียรเริ่มจากการสกัดอะซาดิแรคตินจากเนื้อในเมล็ดสะเดาบดด้วยตัวทำละลาย เมื่อเติมโมเลกุลาร์ซีพขนาด 3 - 4 อังสตรอมเพื่อที่จะดูดซับน้ำออกจากสิ่งสกัดเมทานอล ได้สารละลายอะซาดิแรคตินในเมทานอลที่มีน้ำน้อยกว่าร้อยละ 5 โดยปริมาตร สามารถเก็บรักษาสารละลายไว้ได้นาน

การศึกษาการสกัดสารอะซาดิแรคตินให้ปริมาณสูงขึ้นโดยทำการสกัดแยกให้บริสุทธิ์ของสิ่งสกัดจากสะเดา โดยบงกชรัตน์ ปิติยนต์และคณะ ในปี พ.ศ.2534 ได้มีการพัฒนาวิธีการผลิตสิ่งสกัดอะซาดิแรคตินในเข้มข้นขึ้นโดยทำการสกัดแยกให้บริสุทธิ์จากสิ่งสกัดสะเดา โดยนำสิ่งสกัดหยาบมาละลายในสารละลายเมทานอล 80 % เพื่อสกัดน้ำมันที่เหลืออยู่ด้วยเฮกเซนแล้วนำมาสกัดอะซาดิแรคตินต่อด้วยไดคลอโรมีเทนโดยนำสารละลายชั้นเมทานอลมาระเหยตัวทำละลายออกภายใต้สุญญากาศได้สิ่งสกัดหยาบที่สกัดน้ำที่สกัดน้ำมันออกแล้ว นำสิ่งสกัดที่ได้มาละลายในสารละลายเมทานอล 50 % เพื่อสกัดอะซาดิแรคตินด้วยไดคลอโรมีเทน นำสารละลายชั้นไดคลอโรมีเทนมาระเหยตัวทำละลายออกได้ผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีเหลืองเขียวมีปริมาณสารอะซาดิแรคตินร้อยละ 15.83

การศึกษาวิธีการสกัดอะซาดิแรคตินและการสลายตัวของสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเดาโดยชัยพัฒน์ จิระธรรมจารีและคณะ ในปีพ.ศ.2535 สกัดอะซาดิแรคตินออกจากเนื้อในเมล็ดสะเดาด้วยเอทานอล พบว่าการสกัดด้วยเอทานอลที่อัตราส่วนเมล็ดสะเดาต่อเอทานอลที่ 1 กรัมต่อ 20 มิลลิลิตรจะสกัดอะซาดิแรคตินได้มากที่สุด และการเก็บรักษาอะซาดิแรคตินนั้นเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (8-11 องศาเซลเซียส)ในระยะ 12 เดือน อะซาดิแรคตินลดลงเพียงร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้นที่มีอยู่การเก็บที่อุณหภูมิห้องอะซาดิแรคตินจะลดลงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้นที่

มีอยู่ และการเก็บที่อุณหภูมิสูง(40 องศาเซลเซียส) อะซาดิแรคตินจะลดลงร้อยละ 64 เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้นที่มีอยู่

การศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณอะซาดิแรคตินโดยใช้วิธีทางโครมาโตกราฟีในสูตรผสมสะเดาและน้ำมันสะเดา โดย Sundaram and Curry ในปี พ.ศ.2536 มีขั้นตอนคือนำสิ่งสกัดเมทานอลที่มีอะซาดิแรคตินอยู่มาทำให้แห้งและสกัดอีกครั้งด้วยเอทิลอะซิเตท แล้วทำผลิตภัณฑ์ให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้นอีกโดยผ่านสารละลายลงในคอลัมน์ที่บรรจุฟลอริซิล(florisil)แล้วชะล้างด้วยเอทิลอะซิเตท นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยลิควิดโครมาโตกราฟีในการวิเคราะห์นี้มีการแยกด้วยรีเวอร์สเฟส(reversed phase)ใช้คอลัมน์ Spherisorb C-18 ODS ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร ใช้วิธีชะล้างแบบ gradient elution โดยใช้อะซิโตไนไตรท์/น้ำ ;เป็นตัวชะล้างและมี UV 210 นาโนเมตร เป็นดีเทคเตอร์(detector) พบว่าวิธีนี้สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วและน่าเชื่อถือได้

การศึกษาคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ โดยจิราวรรณ โตธนาคมและคณะ ในปี พ.ศ.2536 ได้ทดสอบคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ พบว่า ถ่านกัมมันต์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดซับสารแต่ละชนิดได้แตกต่างกันขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้ผลิต กรรมวิธีที่ใช้ผลิต ขนาดและพื้นที่ผิวของ ถ่านกัมมันต์หรือคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เอง ศึกษาการนำถ่านหินที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชั่นมาใช้แทนถ่านกัมมันต์ พบว่าถ่านหินที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชั่น(carbonization)เพียงอย่างเดียวมีความสามารถในการดูดซับน้อยกว่าถ่านกัมมันต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย