

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

สะเคา

1. ลักษณะทั่วไป

สะเคาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางและเป็นพืชดั้งเดิมในแถบเอเชียใต้ โดยมีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย ปัจจุบันพบว่ามีต้นสะเคาแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในเอเชียอาคเนย์ อเมริกากลางและแอฟริกาบางส่วน ในสภาพธรรมชาติสะเคาสามารถเจริญงอกงามในเขตที่มีอากาศร้อนชื้น ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยระหว่าง 450 ถึง 1,150 มิลลิเมตรต่อปี แม้ว่าสะเคาจะเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี แต่ถ้าได้รับฝนน้อยกว่า 130 มิลลิเมตรต่อปี สะเคาไม่สามารถขึ้นได้ สะเคาเจริญได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกรดในช่วง 6.2 - 6.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2537)

ทางพฤกษศาสตร์จัดสะเคาอยู่ในวงศ์เมเลียซีอี (Meliaceae) สกุล *Azadirachta* และมีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า 'neem' หรือ 'Indian lilac' แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดดังนี้

ก. พวกขอบใบหยักมีพินเลื่อยมี 2 ชนิดคือ

ก.1 สะเคาอินเดีย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta indica* A. Juss มีลักษณะขอบใบหยักเป็นพินเลื่อย ปลายของพินเลื่อยแหลม โคนใบเบี้ยว ฐานใบเยื้องกันมาก ปลายใบแหลมเรียวและแคบมากจนคล้ายเส้นขน

ก.2 สะเคาไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta indica* var. *siamensis* Valetton มีลักษณะขอบใบหยักเป็นพินเลื่อยแต่ปลายของพินเลื่อยหุบ โคนใบเบี้ยวแต่กว้างกว่า ฐานใบเยื้องกันเล็กน้อย ปลายใบแหลม ลักษณะส่วนใหญ่ของสะเคาไทยและสะเคาอินเดียจะคล้ายกัน โดยมีส่วนที่แตกต่างกันคือ ใบสะเคาไทยโตกว่าสะเคาอินเดีย, ผลของสะเคาไทยโตกว่าสะเคาอินเดีย เมล็ดสะเคาไทยโตกว่าสะเคาอินเดีย, รสขมสะเคาไทยน้อยกว่าสะเคาอินเดีย และแทนนิน (tannin) ในใบสะเคาไทยน้อยกว่าสะเคาอินเดีย

สะเคาไทยและสะเคาอินเดียพบมากในภาคอีสาน ภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ข. พวกขอบใบเรียบมีเพียงชนิดเดียว คือสะเคาข้างหรือต้นเทียมหรือไม้เทียม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta indica* A. excelsa มีลักษณะขอบใบเรียบหรือบิดขึ้นเล็กน้อย โคนใบเบี้ยว ปลายใบเป็นติ่งแหลม ขนาดใบและผลใหญ่กว่าสองชนิดแรก พบมากทางภาคใต้ที่จังหวัดชุมพร ตรัง ลงไปถึงแถบสุมาตรา มาเลเซีย และหมู่เกาะบอร์เนียว

2. การใช้ประโยชน์จากสะเคา

เนื่องจากสะเคาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีใบสีเขียวตลอดปีและสามารถเติบโตได้ในเกือบทุกสภาพภูมิอากาศและสภาพดิน ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้เป็นอย่างดี ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพดินที่เป็นกรดให้เป็นกลาง หลายประเทศจึงได้ใช้สะเคาปลูกในเขตป่าเสื่อมโทรมหรือเพื่อป้องกันการชะล้างของดินในที่ลาดชันหรือเนินเขา ทั้งนี้เพราะสะเคามีรากลึกและสามารถแผ่กระจายไปได้ไกลจึงช่วยยึดเม็ดดินไว้ไม่ให้ถูกชะล้างได้โดยง่ายขณะฝนตก สำหรับส่วนอื่นๆ นั้นพบว่าลำต้นเหมาะในการนำมาทำไม้เสาเข็มหรือเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เปลือกใบใช้เป็นยาแผนโบราณ ใบและดอกใช้เป็นอาหาร กิ่งสะเคาใช้แทนแปร่งสีฟัน สำหรับส่วนที่เป็นเมล็ดใช้เป็นสารป้องกันศัตรูพืช

3. สารออกฤทธิ์ต่อแมลง

สารออกฤทธิ์ต่อแมลงพบในส่วนที่เรียกว่าเนื้อในเมล็ดสะเคาเป็นส่วนของผลสะเคา องค์ประกอบของเนื้อในเมล็ดสะเคาที่ใช้เป็นสารป้องกันศัตรูพืช ประกอบด้วยสารสำคัญๆ ได้แก่

ก. น้ำมันสะเคา

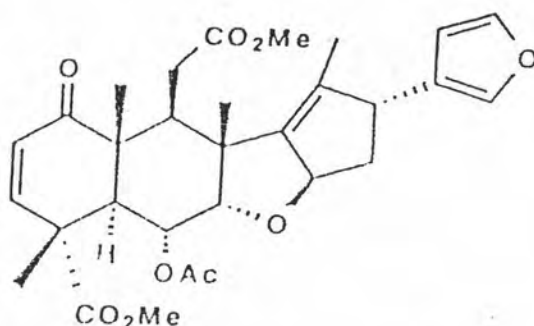
เป็นส่วนที่ได้จากเนื้อในเมล็ดสะเคาวิธีในการนำน้ำมันออกมา ในอดีตนิยมใช้การบีบอัด (cold pressed) เพื่อหีบให้น้ำมันออกมา แต่ในปัจจุบันจะใช้ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วสกัดออกมา เช่น ปิโตรเลียมอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม เฮกเซน เป็นต้น ลักษณะของน้ำมันที่ได้มีสีค่อนข้างคล้ำ ขมและมีกลิ่นโดยมีองค์ประกอบของสารซัลเฟอร์อยู่ด้วย กากที่ทำการสกัดน้ำมันออกแล้วจะถูกนำมาสกัดสารในกลุ่มลิโมนอยด์ (limonoids) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ต่อแมลง

การนำน้ำมันสะเคามาใช้ประโยชน์ สามารถนำมาใช้เป็นสารไล่แมลงหรือใช้ในรูปแบบของการผลิตเป็นไข (waxes) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและใช้เป็นสารหล่อลื่น รวมทั้งใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน สายพันธุ์ ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวรวมทั้งกรรมวิธีในการผลิตเป็นต้น

องค์ประกอบของน้ำมันสะเดาจะคล้ายกับน้ำมันที่ได้จากพืชทั่วไป (Vietmeyer, 1992) ประกอบด้วยองค์ประกอบขั้นพื้นฐานของสารในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในน้ำมันสะเดาอินทรีย์ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระจำพวกกรดโอเลอิก (oleic acid) $C_{18}H_{32}O_2$ (41%), กรดสเตียริก (stearic acid) $C_{18}H_{36}O_2$ (20%), กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) $C_{18}H_{32}O_2$ (18%), กรดปาล์มิติก (palmitic) $C_{16}H_{32}O_2$ (18%) และกรดไลโนเลนิก (linolenic acid) $C_{18}H_{30}O_2$ (1%)

ข. นิมบิโน (nimbin)

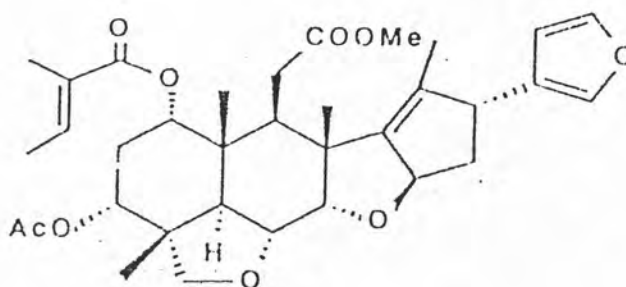
เป็นสารชนิดแรกที่เกิดขึ้นในส่วนของเนื้อในเมล็ดสะเดา มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัสในมันสำปะหลังเช่น ไวรัส-เอกซ์ (virus-x) ไวรัสแวกซ์ซีเนีย (vaccinia virus) สารชนิดนี้พบในปริมาณร้อยละ 2 ของปริมาณสารออกฤทธิ์ทั้งหมด ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของสารนิมบิโน

ค. ซาลานิน (salanin)

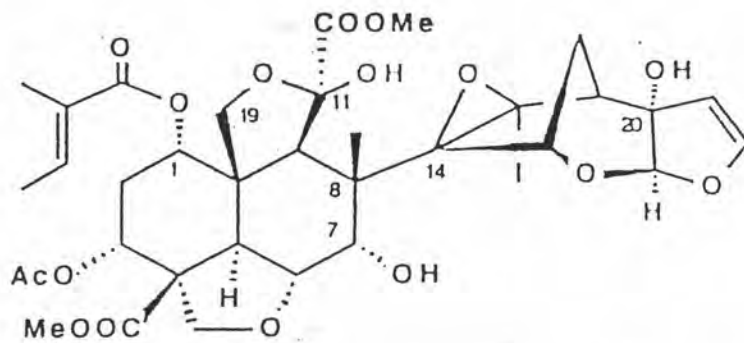
เป็นส่วนที่เกิดจากการออกซิเดชัน (oxidation) ของสารนิมบิโนในผลสะเดาดิบ ในผลสุกปริมาณสารชนิดนี้จะค่อยๆ ลดลงและเป็นสารออกฤทธิ์ที่ยับยั้งการกินอาหารของแมลง สูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของสารซาลานิน

ง. อะซาดีแรคติน (azadirachtin)

เป็นส่วนที่สกัดได้จากเนื้อในเมล็ดสะเดาเช่นกัน พบมากในผลสะเดาสุกโดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสารชาลาโนน อะซาดีแรคตินเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่สุดและใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช สูตรโมเลกุลคือ $C_{35}H_{44}O_{16}$ น้ำหนักโมเลกุล 720.73 และเป็นสารในกลุ่มเตตราเทอร์พีนอยด์ (tetranortriterpenoid) หรือลิโมนอยด์มีทั้งหมด 7 ไอโซเมอร์ (isomer) ได้แก่อะซาดีแรคติน เอ, บี, ซี, ดี, อี, เอฟและจี ซึ่งอะซาดีแรคตินเอเป็นสารที่ตรวจพบได้มากที่สุด ในบรรดา 7 ไอโซเมอร์สูตรโครงสร้างแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของสารอะซาดีแรคติน

พบว่าสารดังกล่าวมีโครงสร้างคล้ายฮอร์โมนเอกซ์ดีโซน (ecdysone hormone) ซึ่งมีหน้าที่คล้ายต่อมพิทูอิทารีของมนุษย์ (pituitary gland) เป็นต่อมควบคุมการหลั่งฮอร์โมน โดยจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวหนอน (growth disruption) มีผลทำให้หนอนไม่ลอกคราบเจริญเติบโตต่อไป มีสมบัติในการเป็นสารฆ่าแมลง (insecticide) สารไล่แมลง (insect repellent) หรือยับยั้งการกินอาหารของแมลง (antifeedant) หนอนจะตายในระยะลอกคราบ เพราะสารออกฤทธิ์มีผลต่อการสร้าง การผลิตไข่และการวางไข่ของตัวเต็มวัย

ปัจจุบันได้มีการสกัดอะซาดีแรคตินและทำการสกัดแยกให้บริสุทธิ์โดย D. Morgan แห่งสหรัฐอเมริกา ในรูปผลึกละเอียดมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 152-158 องศาเซลเซียส ค่าดัชนีหักเหแสง -53 ใช้ชื่อทางการค้าว่า 'margosan - O' และได้รับการรับรองจากองค์การเกษตร สหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Agricultural) หรือ USDA ให้ใช้เป็นสารป้องกันศัตรูพืช

สำหรับในประเทศไทยกองวัตถุมีพิษ กรมวิชาการเกษตร และบริษัทเอกชนหลายแห่งได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ จึงได้มีการผลิตออกจำหน่ายในรูปแบบของผงสะเดาสด โดยการนำมาแช่น้ำค้างคืนไว้หรือแช่ในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ เพื่อใช้ในการ

เกษตรปลูกพืชผักอนามัย ซึ่งการนำสารสกัดจากสะเดามาใช้นั้นควรใช้ให้ถูกกับชนิดของแมลงและใช้ให้ถูกกับพืชผักที่ได้ผ่านการทดลองมาแล้ว ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากสะเดาในโครงการนำร่องพืชผักอนามัย
ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร, 2537

ชนิด	ศัตรูพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์
ข้าวโพด	หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด	<i>Ostrinia furnacalis</i>
	เพลี้ยอ่อนข้าวโพด	<i>Rhopalosiphum maidis</i>
กะหล่ำปลี	หนอนใยผัก	<i>Plutella xylostella</i>
	เพลี้ยอ่อน	<i>Lipaphis erysimi</i>
หอมแดง	หนอนกระทู้หอม	<i>Spodoptera exigua</i>
หน่อไม้ฝรั่ง	หนอนกระทู้ผัก	<i>Spodoptera litura</i>
	หนอนเจาะสมออเมริกัน	<i>Heliothis armigara</i>
ถั่วเหลือง	หนอนเจาะต้นถั่วเหลือง	<i>Ophiomyia phaseoil</i>
ถั่วฝักยาว	เพลี้ยอ่อน	<i>Aphis sp</i>
มะเขือยาว	หนอนเจาะลูกมะเขือ	<i>Leucinocles orbonalis</i>
ผักกาดหัว	ด้วงหมัดผักแถบลาย	<i>Phylloterra sinnata</i>
	ด้วงหมัดผักสีน้ำเงิน	<i>Phylloterra chontanica</i>
ข้าว	เพลี้ยกระโดด	<i>Nilagarcata lugens</i>
	หนอนห่อใบ	<i>Earias insulana</i>
	ด้กแตงข้าว	<i>Taeniopoda eques</i>
ฝ้าย	หนอนเจาะสมอฝ้าย	<i>Heliothis armigara</i>

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย

การสกัดสารด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเทคนิคใหม่ นิยมใช้ในการสกัดสารที่ได้จากธรรมชาติหรือใช้ในทางเภสัชกรรม โดยคาร์บอนไดออกไซด์สามารถนำมาใช้ในสถานะของเหลวและสถานะของไหลวิกฤต โดยทั่วไปคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ ไม่ช่วยในการเผาไหม้แต่ช่วยให้ไฟดับ นหนักกว่าอากาศประมาณ 1.5 เท่า อุณหภูมิวิกฤตอยู่ที่ 31.06 องศาเซลเซียส ความดัน 73.84 บาร์ และความหนาแน่นวิกฤตเท่ากับ 0.468 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

1. การสกัดสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ (Brogle, 1982)

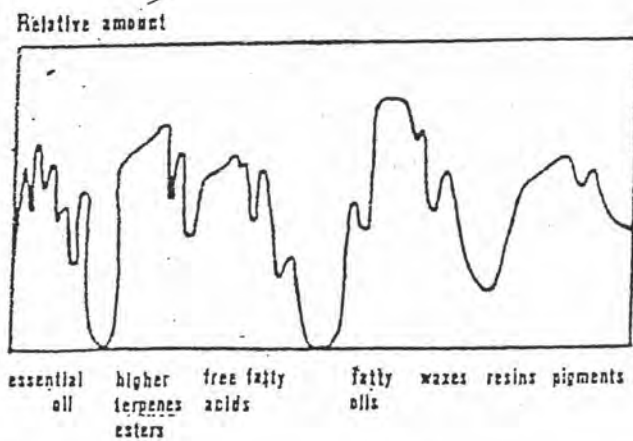
การนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสกัดสารธรรมชาติเนื่องจากสารธรรมชาติส่วนใหญ่ มักประกอบด้วยสารประกอบที่มีความแตกต่างทางเคมี จึงมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายได้ต่างกันในรูปแบบที่ 2.4 แสดงสารที่มีอยู่ในธรรมชาติประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเรียงตามน้ำหนักโมเลกุลของสารจากมากไปหาน้อย หรือความสามารถในการระเหยจากมากไปหาน้อยดังนี้หัวน้ำมัน (essential oil) โมเลกุลใหญ่ของเทอร์ปีนเอสเทอร์ (heavier terpene ester) กรดไขมัน (fatty acid) ขี้ (waxes) เรซิน (resin) และสี (pigment)

การเปรียบเทียบการแยกองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในธรรมชาติด้วยเทคนิคการกลั่นด้วยไอน้ำและการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้ว การสกัดด้วยตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วของเมทิลีนคลอไรด์และคาร์บอนไดออกไซด์ ผลที่ได้แสดงในรูปแบบที่ 2.5 - 2.8 โดยส่วนที่มีการแรงจูงใจของสารที่สกัดได้ จากรูปที่ 2.5 การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) สามารถแยกองค์ประกอบที่เป็นหัวน้ำมันที่ระเหยได้เท่านั้น องค์ประกอบส่วนที่เหลือนั้นไม่สามารถกลั่นออกมาได้

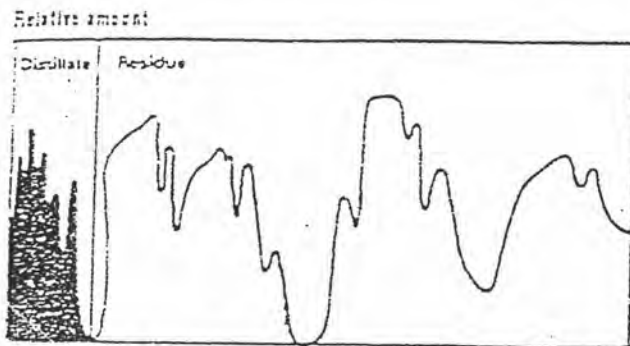
รูปที่ 2.6 การสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้ว (polar solvent extraction) ตัวทำละลายในที่นี้คือสารผสมของน้ำกับเอทานอล พบว่าวิธีนี้ทำให้เกิดการสูญเสียสารที่ระเหยได้ง่าย และสามารถสกัดสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆทางซ้ายมือคือหัวน้ำมันที่ระเหยได้และเทอร์ปีนบางส่วน

รูปที่ 2.7 การสกัดด้วยตัวทำละลายไม่มีขั้วของเมทิลีนคลอไรด์ พบว่าวิธีนี้เกิดการสูญเสียสารที่ระเหยและไม่สามารถสกัดองค์ประกอบที่เป็นโพลีเมอร์ ที่มีโมเลกุลใหญ่

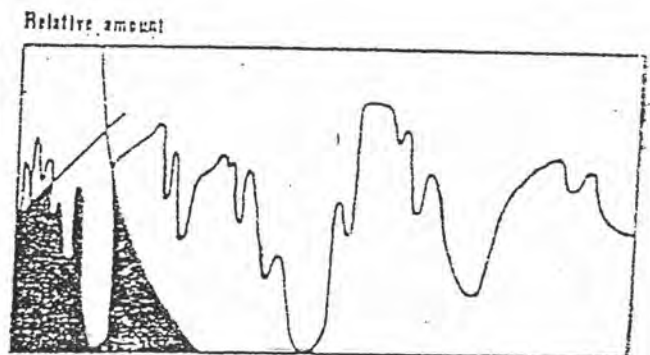
รูปที่ 2.8 การล้างสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าสามารถแยกองค์ประกอบของสารแต่ละชนิดได้ด้วยความดันแตกต่างกัน ไม่เกิดการสูญเสียสารที่ระเหยได้ง่าย เช่น การสกัดสารที่ความดัน 60 บาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถสกัดสารพวกหัวน้ำมัน และ



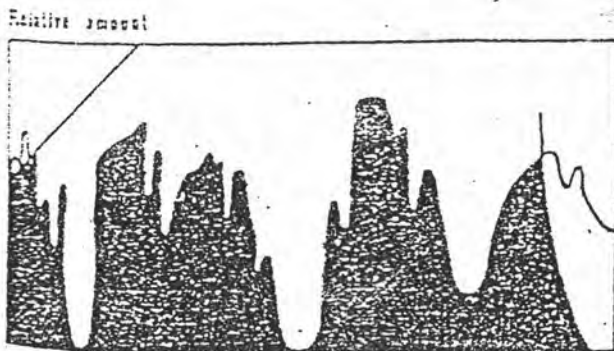
รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในธรรมชาติ



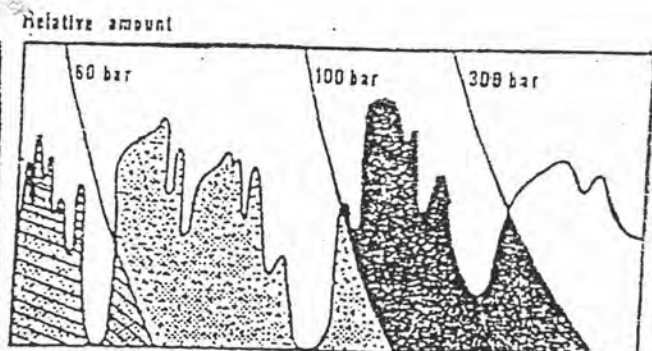
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของสารที่ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำ



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมของเอทานอลกับน้ำ



รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของสารที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วของเมทิลินคลอไรด์



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของสารที่ได้จากการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์

ที่มา : Brogle, 1982 (รูปที่ 2.4 - 2.8)

เทอร์ปีนโมเลกุลใหญ่ได้บางส่วน การสกัดสารที่ความดัน 100 บาร์ สามารถสกัดสารพวกหัวน้ำมันและเทอร์ปีนโมเลกุลใหญ่ทั้งหมดรวมทั้งกรดไขมัน ส่วนการสกัดสารที่ความดัน 300 บาร์สามารถสกัดองค์ประกอบทั้งหมดของสารที่มีอยู่ในธรรมชาติดังนั้นการสกัดสารที่มีอยู่ในธรรมชาติสามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายได้ดีและสกัดสารแต่ละชนิดได้ที่ความดันแตกต่างกัน

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ จึงเป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารที่ให้ผลดีกว่าการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ทั้งนี้เพราะคาร์บอนไดออกไซด์สามารถแยกองค์ประกอบได้ดีกว่าวิธีอื่น และเมื่อใช้ในการสกัดแล้วจะไม่หลงเหลือเป็นสารตกค้างในสารที่สกัดได้ คงไว้ซึ่งกลิ่นธรรมชาติเดิมมากกว่า ไม่ทำให้กลิ่นสูญหายหรือเปลี่ยนแปลง และไม่เกิดการสูญเสียสารที่ระเหยง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดด้วยไอน้ำ ซึ่งมักจะมีการสลายตัวของสารกลุ่มโปรตีน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระหว่างการสกัด ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์เมื่อเวลาผ่านไป 3 - 6 เดือน ซึ่งการใช้คาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ความเหมาะสมของการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้เป็นตัวทำละลายมีดังนี้ :

1. สมดุลวัฏภาค (phase equilibrium)
 - เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับสารอินทรีย์หลายชนิด
 - การละลายซึ่งกันและกันกับน้ำมีค่าน้อย
 - การระเหยสัมพัทธ์ (relative volatility) สูง เมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์ที่สกัดได้ ทำให้สามารถแยกออกจากสารชนิดอื่นได้ง่าย
2. สมบัติการขนถ่าย (transport properties)
 - ค่าความหนืดต่ำ
 - สัมประสิทธิ์การแพร่ (diffusion coefficients) มีค่าสูง ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็ว
3. สมบัติทางเทอร์โมไดนามิก
 - ค่าความร้อนของการระเหยมีค่าต่ำ แสดงในตารางที่ 2.2
4. ความปลอดภัย
 - ไม่เป็นพิษและไม่ติดไฟ
5. ทางเศรษฐศาสตร์
 - มีราคาถูกกว่าตัวทำละลายอื่นๆ และหาได้ง่าย

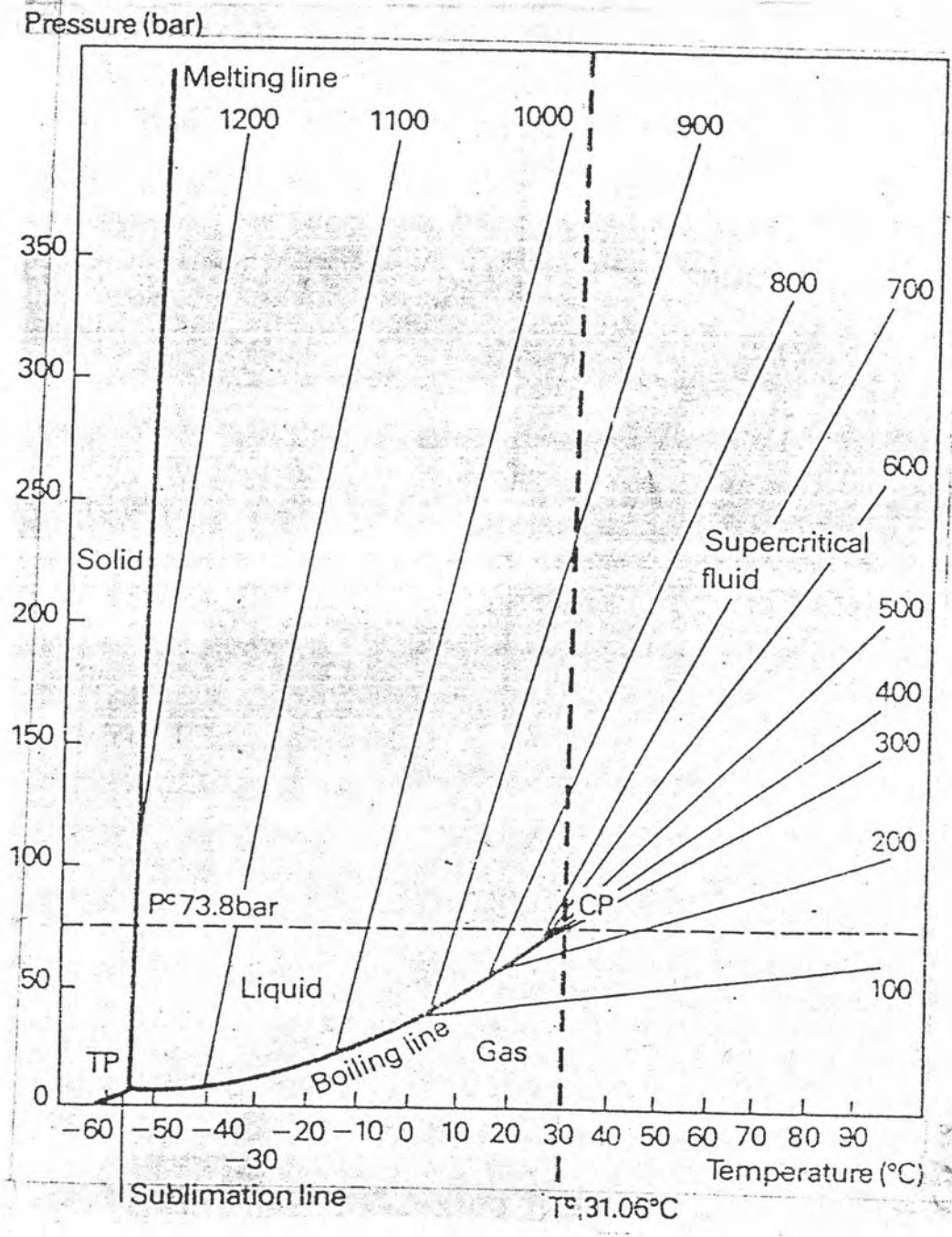
ตารางที่ 2.2 ค่าความหนืด ความร้อนของการระเหยและจุดเดือด
ของคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเทียบกับสารอินทรีย์ต่างๆ

ที่มา : Moyer, 1988

Solvent	Viscosity(cp)		Latent heat of evaporation (cal/g)	Boiling point (°C)
	0 °C	20 °C		
Liquid CO ₂	0.10	0.07	42.4	-
Acetone	0.40	0.33	125.3	56.2
Benzene	0.91	0.65	94.3	80.1
n-Pentane	0.29	0.24	84.0	36.2
n-Hexane	0.40	0.33	82.0	68.7
Toluene	0.77	0.59	86.0	110.6
Methylene chloride	-	0.43	78.7	40.7
Ethanol	1.77	1.20	204.3	78.3
Methanol	0.82	0.60	262.8	64.8
Water	1.80	1.00	540	100.0

2. แผนผังวัฏภาคของคาร์บอนไดออกไซด์

เมื่อพิจารณาแผนผังวัฏภาค (phase diagram) แสดงในรูปที่ 2.9 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของของแข็ง ของเหลวและแก๊สที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ ประกอบด้วยเส้น 3 เส้นที่แบ่งคาร์บอนไดออกไซด์ออกเป็น 3 บริเวณตามสถานะ เส้นดังกล่าวได้แก่ เส้นการเดือด (boiling line) เส้นการหลอม (melting line) และเส้นการระเหิด (sublimation line) บริเวณสามเหลี่ยมที่เป็นของเหลวอยู่ระหว่างเส้นการเดือด เส้นการหลอมและใต้เส้นความดันวิกฤต เรียกว่าคาร์บอนไดออกไซด์เหลวภาวะวิกฤต (subcritical liquid carbon dioxide) เป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงแต่อุณหภูมิต่ำ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว(non polar solvent) สภาพมีขั้วได้ของคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 26.5×10^{-25} ลูกบาศก์เซนติเมตร สภาพมีขั้วมีความใกล้เคียงกับเฮกเซน(hexane) สามารถผสมได้กับตัวทำละลายตั้งแต่เมทานอล (methanol) ไปจนถึงเพนเทน (pentane) รวมทั้งสารในกลุ่มไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ (pure hydrocarbon) โมโนเทอร์ปีน อัลดีไฮด์ริกและคีโตนิกโมโนเทอร์ปีน (aldehydic and ketonic monoterpene) และพวกกรดคาร์บอนิกเหลว (liquid carbonic acid) การละลายของสารต่างๆในคาร์บอนไดออกไซด์เหลวแสดง



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันและความหนาแน่น
ของคาร์บอนไดออกไซด์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ในตารางที่ 2.3 คังนั้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว จึงมีความสามารถในการเป็นตัวละลายแบบปานกลาง โดยมากจะสกัดสารที่อุณหภูมิ 0 ถึง 20 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.3 การละลายของสารประกอบต่างๆในคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

ที่มา : Schultz and Randall ,1970

Fully miscible	Partial (% by wt.)	Insoluble
H ₂ S ,CS ₂ ,CCl ₄ ,SO ₂	Water 0.1	Most inorganic salts
Gasoline	Iodine 0.2	β-Carotene
Limonene	Lubricating oil 0.7	Urea
Benzene	Paraffin wax 1.0	Glycerine
Acetonitrile	o-Nitroanisole 2.0	Phenylacetic acid
Pyridine	Aniline 3.0	Oxalic acid
Acetic acid	o-Nitroanisole 2.0	Succinic acid
Caprylic acid	Oleic acid 2.0	Malic acid
Ethyl lactate	Lactic acid 0.5	Tartaric acid
Amyl acetate	Butyl stearate 3.0	Citric acid
Glycerol triacetate	Ethyl anthranilate 6.0	Ascorbic acid
Ethyl alcohol	Glycerol monoacetate 1.0	Dextrose
Hexyl alcohol	Glycerol 0.05	Sucrose
Benzaldehyde	n-Decyl alcohol 1.0	
Camphor	Aldol 11.0	

บริเวณที่อยู่เหนือจุดวิกฤตเป็นบริเวณที่เรียกว่า บริเวณภาวะวิกฤต (supercritical region) ซึ่งไม่สามารถแยกคาร์บอนไดออกไซด์เป็นของเหลวหรือแก๊สได้ แต่อยู่ในสภาพของไหล (fluid) ในสภาพนี้ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายจะขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ

การสกัดสารในทางปฏิบัตินิยมใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในของไหลเหนือจุดวิกฤตคือ มีความดันรีดิวส์ (reduce pressure, Pr) มากกว่า 1.0 และอุณหภูมิมรีดิวส์ (reduce temperature, Tr) มากกว่า 1.0 นอกจากนี้อาจจะใช้ในสภาพของเหลวที่ใกล้ภาวะวิกฤต (near critical liquid) คือ อุณหภูมิลดทอนอยู่ในช่วง 0.95 - 1.0 เพราะถ้าอุณหภูมิมรีดิวส์ยังสูง ความหนาแน่นยิ่งลดลง ทำให้ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายลดลง และถ้าความดันรีดิวส์สูงกว่า 5 ถึง 6 ซึ่งเป็นการใช้ความดันสูงจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

3. ทฤษฎีการสกัดสารด้วยของไหลภาวะวิกฤต

การสกัดสารด้วยของไหลภาวะวิกฤต เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ความสามารถในการเป็นตัวทำละลาย (solvent power) ของของไหลวิกฤต หลักการของเทคนิคนี้ดีกว่าการกลั่น คือสามารถแยกสารที่มีอุณหภูมิปานกลางได้ พบว่าของไหลวิกฤต มีความสามารถในการแพร่สูง (high diffusivities) ความหนาแน่นเหมือนของเหลว (liquid - like densities) และความหนืดเหมือนแก๊ส (gas - like viscosities) โดยที่ความหนืดต่ำทำให้สกัดสารได้เร็ว และเกิดการแยกสารที่เร็วด้วย การแยกสารละลายออกเป็นวัฏภาคของตัวถูกละลาย (solute-rich phase) กับวัฏภาคของตัวทำละลาย (solvent-rich phase) กระทำโดยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิก่อตัววิกฤต ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาตรอิสระ (free volume) หรือความสามารถในการขยายตัวของตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ดังนั้นจึงสามารถแยกสารละลายเป็นวัฏภาคของตัวถูกละลาย และวัฏภาคของตัวทำละลายได้ พบว่าการใช้ของไหลภาวะวิกฤตที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะทำให้อุณหภูมิจึงการละลายวิกฤตลดลง ดังนั้นจึงสามารถแยกสารละลายได้ที่อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิจึงการละลายของสารละลายขึ้นกับธรรมชาติทางเคมีของส่วนประกอบ (chemical nature of the component) ขนาดของโมเลกุล (molecular size) น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) ของสารและจุดวิกฤตของตัวทำละลายนั้น

การละลายของสารในสารละลายที่เจือจางด้วยของไหลวิกฤต เกิดขึ้นเนื่องจากการที่โมเลกุลของตัวทำละลาย(ของไหลวิกฤต)เข้าล้อมรอบโมเลกุลของสาร (จำนวนโมเลกุลของตัวทำละลายที่ล้อมรอบ 1 โมเลกุลของสารเรียกว่าขนาดกลุ่ม (cluster sizes)) ทำให้โมเลกุลของสารเคลื่อนที่ได้ (mobile) ซึ่งอยู่ในภาวะที่เป็นของเหลวมากกว่าแก๊ส ทั้งนี้เพราะการละลายของสารจะเกิดขึ้นในสารละลาย โมเลกุลของสารที่มีขนาดใหญ่การละลายจะลดลง ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของตัวทำละลายไม่สามารถที่จะทำให้โมเลกุลของสารเกิดการเคลื่อนที่ได้ง่ายซึ่งการละลายของสารนั้นจะแปรตามขนาดกลุ่ม เพราะเมื่อขนาดกลุ่มใหญ่ขึ้นการบีบ (compressibility) ก็เพิ่มขึ้นทำให้การละลายเพิ่มขึ้น

สมการแสดงขนาดของกลุ่มสารมีดังนี้

$$\xi_c = \lim_{x \rightarrow 0} (\langle \delta N_1 \delta N_2 \rangle / \langle N_1 \rangle) \quad (2.1)$$

หรือแสดงได้ด้วยสมการ

$$V_1^\infty d^\circ = d^\circ k T K_T^\circ - \xi_0 \quad (2.2)$$

เทอม 1 เทอม 2 เทอม 3

โดย เทอม 1 แสดง partial molar volume term
 เทอม 2 แสดง compressibility term
 เทอม 3 แสดง cluster sizes term

เมื่อ N_1, N_2 แสดงจำนวนโมเลกุลของตัวถูกละลายและตัวทำละลายตามลำดับ
 d° แสดงความหนาแน่นของตัวทำละลายในสารละลายเจือจาง
 k แสดงค่าคงที่โบลทซ์แมน
 K_T° แสดงค่า isothermal compressibility ของตัวทำละลายในสารละลายที่เจือจาง
 V^∞ แสดงค่า partial molar volume

กรณีที่ตัวถูกละลายสามารถละลายในของไหลวิกฤตได้น้อย การเพิ่มการละลายทำได้โดยการเติมตัวทำละลายร่วม (co-solvent) ปริมาณเล็กน้อยลงในสารละลายที่เจือจางด้วยของไหลวิกฤตจะทำให้การละลายของสารเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดที่แข็งแรงระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายร่วมกับโมเลกุลของสารทำให้อนุภาคกลุ่มเพิ่มขึ้น การละลายของสารจึงเพิ่มขึ้น ตัวแปรที่มีผลต่อการละลายของสารในสารละลายเจือจางด้วยของไหลวิกฤตประกอบด้วย อุณหภูมิ ความดัน ความหนาแน่น และความเข้มข้นของตัวทำละลายร่วม

การละลายของสารกำหนดให้อยู่ในสมการได้ดังนี้

$$Y_1 = E (P_1^s / P) \quad (2.3)$$

เมื่อ Y_1 แสดงความสามารถในการละลายของของแข็งในของไหลภาวะวิกฤต
 (the solubility of the solid in the supercritical fluid)
 E แสดง enhancement factor ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของระบบที่ศึกษา
 P_1^s แสดงความดันไอของของแข็งบริสุทธิ์ที่จะละลาย (vapor pressure of pure solid)
 P แสดงความดันรวม (total pressure)

ค่า E หาได้จากสมการ

$$\ln E = (V_1^s - 2B_{12})/V \quad (2.4)$$

- เมื่อ B_{12} แสดงสัมประสิทธิ์ของครอสไวเรียล (cross virial coefficient)
 V_1^s แสดงปริมาตรของของแข็ง (volume of pure solid)
 V แสดงปริมาตรรวม (total volume)

ค่า B_{12} แสดงแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายและโมเลกุลของสาร (ถ้าแรงดึงดูดมาก B_{12} จะมีค่าเป็นลบมากขึ้นทำให้ค่า E มากขึ้น เพราะฉะนั้นการละลายจึงเพิ่มขึ้น)

การละลายของสารตามสมการ 2.3 และ 2.4 สามารถนำมาสรุปผลได้ 2 ประการคือ

ก. การสกัดสารด้วยของไหลวิกฤต

การสกัดสารที่อุณหภูมิต่ำทำให้ปริมาตรรวม (V) ลดลง ดังนั้น E เพิ่มขึ้น การละลายก็เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันการสกัดสารที่อุณหภูมิต่ำทำให้ P_1^s ลดลงด้วย ดังนั้นการละลายจึงลดลง จากผลของทั้ง 2 กรณี ที่ขัดแย้งกันจึงทำให้การละลายของสารมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature)

ในทำนองเดียวกันความดันก็มีผลต่อการละลายด้วยคือ ถ้าทำการสกัดสารที่ความดันสูงจะให้ผลต่อสมการเหมือนกับการสกัดสารที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการละลายของสารจะมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม (optimum temperature and optimum pressure)

ข. การสกัดสารที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

แก๊สที่มีอุณหภูมิวิกฤตสูงจะทำให้ B_{12} มีค่าเป็นลบมากขึ้น ดังนั้นการละลายจึงเพิ่มขึ้น นั่นคือแก๊สที่มีอุณหภูมิวิกฤตสูงจะมีความสามารถในการเป็นตัวทำละลายที่ดีกว่าแก๊สที่มีอุณหภูมิวิกฤตต่ำ แต่ในทางปฏิบัตินิยมใช้แก๊สที่มีอุณหภูมิวิกฤตใกล้เคียงกับสถานะแวดล้อม ทั้งนี้เพราะคำนึงถึงการปฏิบัติงานและการลงทุนการสกัดสารโดยทั่วไปจึงนิยมใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ตารางที่ 2.4 จุดวิกฤตของตัวทำละลายชนิดต่างๆ

ที่มา : Smith, 1976

compound	Tc (°C)	Pc (atm)	ρ_c (g/cm ³)
Methane	- 82.09	45.44	0.162
Ethane	32.40	48.16	0.203
Propane	96.80	41.94	0.217
n - Butane	152.01	37.70	0.228
n - Pentane	196.34	33.35	0.237
n - Hexane	234.15	29.30	0.233
n - Heptane	267.13	27.00	0.232
n - Octane	295.41	24.54	0.232
n - Nonane	321.44	22.80	-
n - Decane	344.40	-	-
n - Undecane	365.66	-	-
n - Dodecane	385.10	-	-
CS ₂	277.00	73.55	0.441
CO ₂	31.04	72.85	0.468
Methanol	239.43	79.70	0.272
Ethanol	243.10	62.96	0.276
CH ₂ Cl ₂	245.00	99.44	-
Benzene	288.94	48.34	0.302
Toluene	318.57	40.55	0.292
Cyclohexane	280.01	-	-
CCl ₄	283.15	44.97	0.558
CHCl ₃	260.00	53.80	0.486
SO ₂	157.50	77.90	0.524
Acetone	236.00	58.84	0.252

4. ประโยชน์ของการสกัดสารที่ความดันสูง
- กระบวนการสกัดสารที่ความดันสูงมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นในการสกัดดังนี้
1. ไม่เกิดปัญหามลภาวะเป็นพิษ
 2. คาร์บอน ไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายที่เฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี
 3. สามารถทำการสกัดแบบลำดับส่วนได้
 4. คาร์บอน ไดออกไซด์เป็นสารที่มีราคาถูกและไม่เป็นพิษ
 5. ในการสกัดสารภายใต้ความดันสารที่มีจุดเดือดสูง สามารถกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้สามารถสกัดสารที่มีจุดเดือดสูงได้
 6. ไม่เกิดการสูญเสียหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารที่ไม่อยู่ตัวหรือสลายตัวได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิต่ำ
 7. สามารถแยกตัวทำละลายและตัวถูกละลายออกจากกันได้ง่าย ภายหลังจากทำการสกัดแล้ว
 8. ในการสกัดทางค้ำอาหาร ซึ่งคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคสามารถใช้คาร์บอน ไดออกไซด์ในการสกัดสารได้ เพราะคาร์บอน ไดออกไซด์เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ
 9. ในกระบวนการผลิตสามารถหมุนเวียนนำคาร์บอน ไดออกไซด์กลับมาใช้ใหม่ได้ เพราะคาร์บอน ไดออกไซด์ระเหยง่าย
 10. ไม่มีการเหลือคาร์บอน ไดออกไซด์เป็นสารตกค้างในสารที่สกัดได้ เนื่องจากมีการแยกวัฏภาคได้ดี

ข้อเสียเปรียบของกระบวนการดังกล่าวมีดังนี้

1. เป็นการยากที่จะยอมรับการใช้ความดันสูงในทางอุตสาหกรรม ที่ไม่มีการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการใช้ความดันสูง เนื่องจากความไม่เคยชินกับเทคนิคนี้
2. การลงทุนสร้างสูงมากทำให้เสี่ยงต่อการลงทุน
3. ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์สูง

ตัวอย่างของการใช้คาร์บอน ไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายสกัดสารในภาวะวิกฤตที่ความดันสูง แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การสกัดสารด้วยของไหลภาวะวิกฤตในทางอุตสาหกรรม

ที่มา : Filippi, 1982

Charge	Extract	Solvent	Extraction conditions		Recovery condition
			P, atm	T, °C	
Coffe bean	caffeine	CO ₂ , N ₂ O	120-180	40-80	adsorption on activated carbon
Tobacco	nicotine	CO ₂ , N ₂ O, SF ₆	65-1000	35-100	subcritical adsorption
Hops	resins, α and β acid	CO ₂	70-400	45-50	subcritical
Black pepper	piperine, ethereal and fatty oils	CO ₂	<400	40-60	65 bar, 25-60 c stripping with CO ₂
Cloves	eugenol	CO ₂	<400	40-60	"
Cinnamon	cinnamic aldehyde	CO ₂	<400	40-60	"
Vanilla beans	vanilian	CO ₂	<400	40-60	"
Fermented black tea	aromatic substances	CO ₂	<300	-50	50-70 bar

การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

การดูดซับ เป็นปรากฏการณ์ที่โมเลกุลของสารไปเกาะอยู่บนผิวหน้าของของแข็ง หรือของเหลว เรียกสารที่ไปเกาะว่าสารที่ถูกดูดซับ (adsorbate) และเรียกของแข็งหรือของเหลวที่ผิวหน้าถูกสารนั้นไปเกาะว่าสารดูดซับ (adsorbent) การดูดซับมีอยู่ 2 ชนิด

1. การดูดซับทางฟิสิกส์ (physical adsorption) เป็นการดูดซับที่เกิดขึ้นภายในส่วนของรูพรุนภายในของแข็งโดยสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ และมีค่าน้อยมากจึงสามารถนำตัวดูดซับกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

2. การดูดซับทางเคมี (chemical adsorption) เป็นการดูดซับที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างตัวดูดซับและสารที่ถูกดูดซับ แรงในการดูดซับทางเคมีจะมากกว่าการดูดซับทางฟิสิกส์ และจะไม่เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ดังนั้นเมื่อมีการดูดซับแล้วจึงไม่สามารถนำตัวดูดซับมาใช้ใหม่ได้

สำหรับถ่านกัมมันต์เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากหาง่าย ราคาถูก และมีพื้นที่ผิวสูง สามารถแบ่งถ่านกัมมันต์ตามลักษณะรูปร่างได้ 2 พวกคือ

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (powder activated carbon) ทำโดยนำเอาถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาบด รูปร่างจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวิธีการบด ซึ่งจะมีผลทำให้คุณสมบัติในการดูดซับแตกต่างกันไป โดยทั่วไปมีขนาด 5-100 ไมโครเมตร

2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (granular activated carbon) ทำจากการนำวัตถุดิบที่บดเป็นผงมาทำให้เป็นเม็ดโดยเติมตัวประสาน (binding agent) ใช้วัตถุดิบที่ค่อนข้างแข็งนำมาผลิตและมีความหนาแน่นสูง เช่นกะลามะพร้าว เป็นต้น

โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ คือ โครงสร้างแบบแกรไฟต์ (graphite) โดยทั่วไปผิวหน้าของถ่านกัมมันต์นั้นเป็นสารไม่มีขั้วแต่เนื่องจากจะมีการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างออกซิเจน-คาร์บอนที่ผิวหน้าของถ่านกัมมันต์และมีการเรียงตัวในลักษณะเฮกซาโกนอล (hexagonal) จึงทำให้ผิวหน้าของถ่านกัมมันต์มีขั้วเล็กน้อยแต่เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวมากกว่าสารอย่างอื่น จึงมีความสามารถในการดูดซับสารต่างๆ ได้มากกว่า

งานวิจัยในอดีต

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของไหลเหนือจุดวิกฤต มีการศึกษาทางด้านต่างๆ ได้แก่

การชะละลายเอทิลอะซีเตทออกจากถ่านกัมมันต์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์สถานะของไหลวิกฤต โดย Tan and Liou ในปีค.ศ. 1989 เพื่อนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่โดยทำการทดลองที่ความดัน 87.1 - 129.3 ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 300 - 328 องศาเซลวิน สามารถสรุปการทดลองได้ 2 ประเด็นคือที่ความดันต่ำคือ 87.1 ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 300 องศาเซลวิน จะชะละลายเอทิลอะซีเตทออกมาดีเนื่องจากอิทธิพลของความหนาแน่น แต่ที่ความดันสูงๆคือ 129.3 ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการชะละลายเอทิลอะซีเตทคือ 313 องศาเซลวิน การชะละลายขึ้นอยู่กับอิทธิพลของความหนืดและความหนาแน่น

การสกัดสารสำคัญๆ (active substance) ออกจากเมล็ดสะเดาอินเดีย โดยใช้เทคนิคการสกัดสารด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของไหลเหนือจุดวิกฤต โดย Andrea and Femi ในปี 1994 ใช้เครื่องสกัดด้วยของไหลเหนือจุดวิกฤต model DIONEX SFE-703 ขนาด 32 มิลลิลิตร ทำการสกัดเนื้อในเมล็ดสะเดาอินเดียในปริมาณ 3 กรัม ผสมกับสารซีไลท์ (cellite) ศึกษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความดัน 12 - 37.5 เมกกะปาสคาล สารที่สามารถตรวจสอบในเมล็ด

สะเคาได้แก่อะซาดิแรคติน (azadirachtin), นิมบิณ (nimbin) และ 3-ไทโกลอิลอะซาดิแรคทอล (3-tigloylazadirachtol) สารแต่ละชนิดตรวจสอบด้วย HPLC วิธี gradient ที่ค่าการดูดกลืนแสง 215 นาโนเมตรพบว่าที่ความดัน 12 เมกกะปาสกาล อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสหรือที่ความหนาแน่น 0.5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สกัดอะซาดิแรคตินได้ 0.1 มิลลิกรัม/กรัมเมล็ดสะเคาสกัดนิมบิณได้ 0.05 มิลลิกรัม/กรัมเมล็ดสะเคาและสกัด 3-ไทโกลอิลอะซาดิแรคทอลได้ 0.05 มิลลิกรัม/กรัมเมล็ดสะเคา เมื่อเพิ่มความดันสูงๆคือ 37.5 เมกกะปาสกาล อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสหรือความหนาแน่น 0.9 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สกัดอะซาดิแรคตินได้ 0.15 มิลลิกรัม/กรัมเมล็ดสะเคา สกัดนิมบิณและ 3-ไทโกลอิลอะซาดิแรคทอลได้ 0.7 และ 1.1 มิลลิกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ดสะเคา

การสกัดสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษเมื่อถูกแสง (phototoxic agent) ออกจากผิวมะกรูด ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพของไหลเหนือวิกฤตวิฤต โดย Chouchi and Femi ในปี ค.ศ. 1995 เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันมะกรูด โดยการคั่งสารจำพวกไฮโดรคาร์บอนเทอร์ปีนและสารเทอร์ปีนที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ สามารถตรวจสอบสารดังกล่าวได้โดยใช้ GC-MS ภาวะการทดลองความดัน 75 -100 บาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ภาวะที่เหมาะสมคือ 75 บาร์

งานวิจัยเกี่ยวกับสารอะซาดิแรคตินได้แก่

การศึกษาการสกัดอะซาดิแรคติน 3 สายพันธุ์ตามจังหวัดต่างๆในประเทศไทย ทำการศึกษาโดย บงกชรัตน์ ปิทยนต์ และคณะ ในปี 2534 ได้แก่สะเคาอินเดีย สะเคาไทยและสะเคาช้าง โดยการสกัดอะซาดิแรคตินในส่วนต่างๆของสะเคาพบว่าอะซาดิแรคตินสามารถตรวจพบได้ในส่วนที่เป็นเนื้อในเมล็ดสะเคาเท่านั้น ส่วนที่เป็นใบ, เปลือกลำต้นและเปลือกสะเคาจะไม่พบอะซาดิแรคติน สำหรับการตรวจสอบผลสะเคาสุกนำมาสกัดอะซาดิแรคตินออกจากเนื้อในเมล็ดสะเคาพบว่าสะเคาอินเดียมีปริมาณอะซาดิแรคตินมากที่สุด รองลงมาคือสะเคาไทยและสะเคาช้างดังตารางที่ 2.6

การศึกษาวิธีการสกัดอะซาดิแรคตินและการสลายตัวของสารออกฤทธิ์จากเมล็ดสะเคา โดยชัยวัฒน์ จิระธรรมจारीและคณะ ในปี 2535 สกัดอะซาดิแรคตินออกจากเนื้อในเมล็ดสะเคาด้วยเอทานอล พบว่าการสกัดด้วยเอทานอลที่อัตราส่วนเมล็ดสะเคาต่อเอทานอลที่ 1 กรัมต่อ 20 มิลลิลิตรจะสกัดอะซาดิแรคตินได้มากที่สุด และการเก็บรักษาอะซาดิแรคตินนั้นเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (8-11 องศาเซลเซียส) ในระยะ 12 เดือน อะซาดิแรคตินลดลงเพียงร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้นที่มีอยู่ การเก็บที่อุณหภูมิห้องอะซาดิแรคตินจะลดลงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้นที่มีอยู่ และการเก็บที่อุณหภูมิสูง (40 องศาเซลเซียส) อะซาดิแรคตินจะลดลงร้อยละ 64 เมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มต้นที่มีอยู่

ตารางที่ 2.6 ปริมาณอะซาดิแรคตินที่สกัดด้วยเมทานอลตามแหล่งต่างๆ 3 สายพันธุ์

ที่มา : บงกชรัตน์ ปิตยงค์และคณะ, 2534

สะเคา	จังหวัดที่ปลูกสะเคา	ปริมาณอะซาดิแรคติน (มิลลิกรัม/กรัมเนื้อในเมล็ด)
อินเดีย	ระยอง	0.70
	ราชบุรี	0.66
ไทย	นครราชสีมา	0.40
	ขอนแก่น	0.43
	เพชรบูรณ์	0.38
ช้าง	ประจวบคีรีขันธ์	0.33
	นครศรีธรรมราช	0.31
	ตรัง	0.36