บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

<u>คำฝอย</u>

1. ประวัติความเป็นมา (1)

คำฝอยมีชื่อพื้นเมืองอื่นๆ ได้แก่ คำ(ทั่วไป) ดอกคำ (ภาคเหนือ) คำยอง (ลำปาง) ชื่ออังกฤษ ได้แก่ Safflower , American Saffron , False Saffron, Saffron Thistle ชื่อวิทยาศาสตร์ Carthamus tinctorius Linn วงศ์ Compositae คำฝอยเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีถิ่นกำเนิดในแถบภูเขาของประเทศบิสสิเนียและอัฟกานิสถานแต่ได้มีผู้นำไปปลูกในอินเดีย จีน เปอร์เซีย คอเคซัส อียิปต์ อิตาลีและสเปน เมื่อไม่นานมานี้ได้มีผู้นำเข้าไปปลูกในสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ในประเทศไทยมีปลูกมากทางภาคเหนือ ชอบอากาศแห้งดินมีการระบายน้ำดี คำฝอยมีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีปริมาณของสีจากดอกและน้ำมันจากเมล็ดแตกต่างกันไป ปัจจุบันการปลูกต้นคำฝอยก็เพื่อต้องการบีบน้ำมันจากเมล็ด ส่วนความนิยมสีจากดอกเพื่อใช้เป็นสีย้อมได้ลดลง

2. ลักษณะของคำฝอย (1,2)

คำฝอยเป็นพืชล้มลุกในตระกูลเดียวกับเบญจมาศ อายุ 1 ปี สูง 40-130 ซม. ลำต้นเป็นสันเกลี้ยง ใบไม่มีก้านใบหรือก้านใบสั้น รูปขอบขนานหรือรูปหอกขนานแกมรูปไข่หรือรูปรี กว้าง 1-5 ซม. ยาว 3-15 ซม. ปลายใบแหลมหรือมนขอบใบจักเป็นซี่ฟันหรือเรียบเกลี้ยงทั้งสองด้าน เส้นใยเห็นชัด ดอกออกเดี่ยวๆที่ปลายยอดยาว 2.5-4 ซม. ก้านดอกใหญ่สั้น เกลี้ยงหรือค่อนข้างเกลี้ยง ริ้วประดับยาว 2-4 ซม. มีต่อมหนาแน่น ด้านในเป็นมัน วงนอกรูปขอบขนาน ส่วนบนจักเป็นซี่ฟันแหลมหรือเรียบ วงในรูปขอบขนานแกมรูปไข่ปลายเรียวแหลม ดอกยาวพ้นริ้วประดับ กลีบดอกตอนแรกมีสีต่อไปเปลี่ยนเป็นสีแดงอมส้ม ท่อกลีบดอกยาว 1.5 - 2 ซม. มีเส้นกลีบ 5 เส้น ปลายท่อแยกเป็นกลีบ 5 กลีบ ยาว 5-7 ซม. ผลแห้งรูปไข่กลับเบี้ยวๆยาว 6-8 มม. สีขาวงาช้างปลายตัดมี 4 สัน ระยางยาวประมาณ 5 มม. มีเกล็ด

การขยายพันธุ์ (11) โดยการเพาะเมล็ด นำเมล็ดแช่น้ำไว้ 1-2 คืน แล้วหยอดลงในดินลึก 2-3 ซม. ห่างกัน 30-40 ซม. กลบดินให้เรียบรดน้ำให้ชุ่ม ไม่นานก็จะงอก ควรปลูกต้นฤดูหนาว และคอยดูแลกำจัดวัชพืช

3. ประโยชน์ของคำฝอย (2,3)

คำฝอยเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณในการบำบัดโรคต่างๆหลายชนิด โดยเฉพาะสรรพคุณช่วยลดปริมาณไขมันในเส้นเลือดหรือคอเลสเทอรอลได้และลดความอ้วน ส่วนที่ให้ประโยชน์คือ เมล็ดและเกสรดอกซึ่งมีกรดไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูงมากกว่าพืชชนิดใดๆ กรดไลโนเลอิกจะไปเพิ่มฤทธิ์ของเอนไซม์ย่อยไขมันในหลอดโลหิตแดงใหญ่ หัวใจ ตับ เนื้อเยื่อไขมัน เพิ่มการขับถ่ายสเตอรอล และเกลือของน้ำดีทางอุจจาระ ลดปริมาณคอเลสเทอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อเยื่อ และมีรายงานว่าลดการจับตัวของเกล็ดเลือดในแง่การใช้น้ำมันดอกคำฝอยเป็นอาหารแก่คนไข้ที่มีภาวะคอเลสเทอรอลสูง จะช่วยป้องกันและบำบัดอาการของโรคหลอดโลหิตแข็งตัว (Athero sclerosis) รายงานของสารสกัดส่วนดอกด้วยแอลกอฮอล์พบว่า ขยายหลอดโลหิตของสัตว์ทดลองได้

สำหรับในตำรายาไทยหลายเล่มได้กล่าวถึงสรรพคุณของดอกคำฝอยไว้มากมาย คือ

ดอก บำรุงโลหิตระดู แก้น้ำเหลืองเสีย แก้แสบร้อนตามผิวหนัง บำรุงโลหิต บำรุงหัวใจ บำรุงประสาท ขับระดู แก้ดีพิการ โรคผิวหนัง ฟอกโลหิต ลดไขมันในเส้นเลือด (2,4,5) ป้องกันไขมันอุดตัน ยาระบาย (1,5,6) ขับเหงื่อ(7)

เกสร บำรุงโลหิตประจำเดือนของสตรี ลดไขมันในเส้นเลือด

เมล็ด เป็นยาขับถ่ายเสมหะ แก้โรคผิวหนัง ทาแก้บวม ขับโลหิตประจำเดือน ยาระบาย ขับปัสสาวะ บำรุงหัวเหน่า แก้ปวดมดลูกหลังจากการคลอดบุตร แก้อาการเป็นลมเนื่องจากเส้นโลหิตในสมองแตก

น้ำมันจากเมล็ด ลดไขมันในเส้นเลือด (8) ทาแก้ปวดเมื่อยในโรคไขข้ออักเสบ(9) ทาแก้อัมพาต รักษาบาดแผล

กากที่เหลือจากการบีบน้ำมัน ใช้เป็นอาหารของเป็ด ไก่ และทำปุ๋ยหมักได้(1)

ลำต้นอ่อน ใช้เป็นอาหารโดยนำมาหุงต้ม หรือกินสดๆก็ได้

4. ส่วนประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย (2)

ได้มีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าพบสารเคมีในส่วนดอก ดังต่อไปนี้ Arachidic acid , Iso-carthamidin , carthamidin , carthamidin glucoside , carthamone , Isocarthamidin , Interferon inducer , pigment , polysaccharide , Daucosterol , Kaempferol-3-0- -D-g ; icpsu;-(6-1)-rhammoside , Linoleic acid , Linolenic acid , Myristic acid , Safflomin A , Safflor yellow A , Safflor yellow B ,Saffrole yellow , - Sitosterol , Stearic acid , Sucrose , Neo - Carthamin ,

รูปที่ 2.1 คำฝอย Carthamus tinctorius Linn.(1)

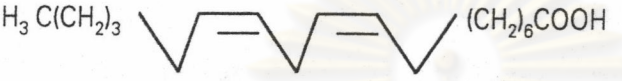
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Resin , Cellulose , Fat , Starch , Protein , - Carotene , Vitamin E , Kaempferol - 3 - rhamno glucoside , Calcium oxalate , Wax และ oil

5. กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) (3)

กรดไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโปลีอีนซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญที่มีอยู่ในดอกคำฝอย มีปริมาณมากที่สุดเท่าที่เคยรายงานไว้ถึงร้อยละ 80 ของน้ำหนักแห้งในน้ำมันจากเมล็ดและร้อยละ 25 ในส่วนเกสรดอก

สูตรโครงสร้าง Linoleic acid , $C_{18}H_{32}O_2$ ($C_{18:2}$)



กลไกการออกฤทธิ์ (10) - กรดไขมันอิ่มตัวไปเร่งการเผาผลาญลิโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein,LDL)

- ตับเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้เป็นคีโตนบอดี แทนที่จะเปลี่ยนเป็นไตรกลีเซอไรด์ของลิโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (very low density lipoprotein,VLDL) ดังนั้นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงถูกนำไปยังเนื้อเยื่อทำการออกซิไดซ์โดยไม่มีลิโปโปรตีนเพิ่มขึ้นในเลือด

6. ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและการทดลองทางคลินิก (2)

ก. ฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย สารสกัดดอกคำฝอยด้วยแอลกอฮอล์ซึ่งสกัดไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์แล้วขนาด 0.5 มก./ disc สามารถฆ่าเชื้อหนอง Staphylococus aureus และ Steptococus pyogenes ซึ่งเป็นสาเหตุของการอักเสบได้ แต่ไม่มีผลต่อ Escherichia coli และ Takahachi พบว่าฆ่าเชื้อทั้งสองชนิดข้างต้นได้เช่นเดียวกัน

ข. ฤทธิ์ต่อระบบประสาท เมื่อคนไข้ที่มีอาการของโปลีโอรับประทานสารสกัดดอกคำฝอยด้วยน้ำคนละ 0.22 กรัม จะมีผลไปกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง และเมื่อฉีดสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ที่กำจัดไขมันด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์เข้าทางช่องท้องหนูขาวขนาด 500 มก./ กก. พบว่ามีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ

ค. ฤทธิ์ยับยั้งไวรัส สารสกัดดอกคำฝอยด้วยน้ำร้อนมีฤทธิ์ยับยั้งไวรัสซึ่งเป็นสาเหตุของโรคโปลีโอ ซึ่งต่อมามีผู้ค้นพบสารซึ่งเหนี่ยวนำให้มีการสร้างอินเทอเฟอโรนในสารสกัดดอกคำฝอยด้วยน้ำร้อน สารนี้เป็นไกลโคโปรตีน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 0.2 - $10x10^6$ ซึ่งเป็นผลให้มีฤทธิ์ยับยั้งไวรัสหรือเนื้องอก

ง. ฤทธิ์ยับยั้งมะเร็ง สารสกัดดอกคำฝอยด้วยน้ำร้อนมีฤทธิ์ทำให้เซลมะเร็งชนิด Ca-Ehrlich Ascites จับตัวเป็นก้อน แต่เมื่อฉีดสารสกัดดอกคำฝอยด้วยแอลกอฮอล์ซึ่งกำจัดไขมันโดยปิโตรเลียมอีเธอร์เข้าช่องท้องหนูถีบจักรในขนาด 500 มก./กก. ไม่มีผลยับยั้งเซลล์มะเร็งชนิด Sarcoma 180(ASC) , Leuts SN36 , CA-Erhlich- Ascites และสารสกัดนี้ 62 ไมโครกรัม/ซีซี. ทำให้มะเร็งชนิด Hela Cell ตายตรึ่งหนึ่ง

จ. ฤทธิ์ลดการอักเสบ สารสกัดดอกคำฝอยด้วยบิวทานอลและอีเธอร์มีฤทธิ์ลดการอักเสบ แต่สารสกัดด้วยน้ำไม่มีผล

ฉ. ฤทธิ์ต่อหลอดเลือด เมื่อให้สารสกัดดอกคำฝอยด้วยแอลกอฮอล์ 95% ทางหูพบว่ามีผลทำให้หลอดเลือดกระต่ายและหนูตะเภาขยายตัว

ช. ฤทธิ์ต้านการขาดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เมื่อฉีดสารสกัดของยาซึ่งดอกคำฝอยผสมเข้าทางหลอดเลือดหนูขาวในขนาด 2.0 ก./กก. พบว่ามีฤทธิ์ต้านฤทธิ์ Pituifrin ซึ่งทำให้เกิดการขาดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ และสารสกัดนี้เมื่อฉีดเข้าหลอดเลือดดำหนูถีบจักรในขนาด 1 ก./กก. หรือให้ผ่านสายยางเข้าทางช่องท้อง 60 ก./กก. จะช่วยป้องกันการขาดออกซิเจนในหนูถีบจักร

ซ. ฤทธิ์ต่อเอนไซม์ สารสกัดดอกคำฝอยด้วยน้ำร้อนขนาด 100 ไมโครกรัม/ซีซี. มีผลยับยั้งเอนไซม์ Cyclicnucleotide phosphodiesterase แต่สารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มให้ผลไม่แน่นอน

ฌ. ฤทธิ์สร้างภูมิต้านทาน สารสกัดดอกคำฝอยด้วยน้ำร้อนมี lewis ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดภูมิต้านทาน สารนี้คงตัวต่อความร้อนและเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน แต่ถูกทำลายโดย periodate

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การสกัด</u> (Extraction) (11,12)

การสกัดเป็นวิธีการแยกส่วนที่ต้องการออกจากส่วนที่ไม่ต้องการโดยใช้ตัวพา (Carrier) และวิธีการที่เหมาะสม การสกัดตัวยาจากสมุนไพรเป็นการสกัดในระบบของเหลว-ของแข็ง (liquid-solid extraction) ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการล้างออก (leaching)

การล้างออก (leaching) เมื่อนำมาใช้ในกระบวนการสกัดตัวยาจากสมุนไพรหมายถึง การแยกเอาสารประกอบที่มีอยู่ในสมุนไพรออกมา โดยใช้ตัวทำละลายและวิธีการที่เหมาะสม โดยทั่วไปการล้างออกจะประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 3 กระบวนการได้แก่ กระบวนการเปลี่ยนสถานะของตัวถูกละลายขณะที่มันละลายในตัวทำละลาย กระบวนการที่สองเป็นการกระจาย

(diffusion) ของตัวถูกละลายในตัวทำละลายที่อยู่ในช่องว่างของพืช และกระบวนการสุดท้ายเป็นกระบวนการถ่ายโอนมวลสารของตัวถูกละลายจากสารละลายที่อยู่ภายในพืชออกสู่สารละลายทั้งหมด

กระบวนการแรกปกติจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจึงไม่ค่อยมีผลต่ออัตราเร็วในการสกัด ถ้ากระบวนการที่สองเป็นกระบวนการควบคุมอัตราการสกัด ขนาดของพืชที่นำมาสกัดจะมีผลต่อการสกัด และถ้ากระบวนการที่สามมีผลต่อการสกัด การกวนขณะทำการสกัดจะช่วยให้การถ่ายโอนมวลสารเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น

1. การถ่ายโอนมวลสารในการสกัด (Mass Transfer in Extraction) (13)

การถ่ายโอนมวลสารในการสกัดเกิดได้ 3 กระบวนการดังได้กล่าวมาแล้ว สำหรับการประเมินค่าการถ่ายโอนมวลสารของกระบวนการแรกคือ กระบวนการถ่ายโอนมวลสารภายในช่องว่างของพืชทำได้ยากเพราะเราไม่สามารถจะคาดคะเนได้ว่าช่องว่างภายในพืชที่เกิดการถ่ายโอนนั้นมีรูปร่างอย่างไร ดังนั้นการพิจารณาการถ่ายโอนมวลสารในการสกัดอาจคาดคะเนได้จากกระบวนการที่สามคือการถ่ายโอนมวลสารจากพืชสู่สารละลายทั้งหมด

สมมติว่าของแข็งอยู่ในรูปทรงกลมแล้วมีของเหลวเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ อยู่รอบๆของแข็ง อัตราการถ่ายโอนเขียนได้เป็นสมการอนุพันธ์ ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = \frac{k\,A(C_s - C)}{b} \qquad (2.1)$$

A = พื้นที่ผิวระหว่างของแข็งและของเหลว

b = effective thickness ของชั้นฟิล์มของของเหลวรอบๆของแข็ง

C = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลาย เมื่อเวลา t

C_s = ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวที่สัมผัสกับของแข็ง

M = มวลของตัวถูกละลายที่ถูกถ่ายโอนไปในเวลา t

k = mass transfer coefficient

พิจารณากระบวนการทำงานเป็นครั้งคราวแบบไม่ต่อเนื่อง(batch) มี V เป็นปริมาตรของสารละลายซึ่งมีค่าคงที่

$$\frac{dM}{dC} = VdC$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{k\,A(C_s - C)}{bV}$$

t เป็นช่วงเวลาที่ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก C_0 ถึง C ให้ b และ A คงที่

$$\frac{dC}{C_s - C} = \frac{k A}{Vb} dt$$

$$\ln \frac{C_s - C_0}{C_s - C} = \frac{k A t}{Vb} \quad (2.2)$$

ถ้าใช้ตัวทำละลายบริสุทธิ์ $C_0 = 0$ และ

$$\frac{C_S}{C_S - C} = e^{(kA/bV)t}$$

$$\frac{C_S - C}{C_S} = e^{-(kA/bV)t}$$

$$1 - \frac{C}{C_s} = e^{-(kA/bV)t}$$

$$C = C_s (1 - e^{-(kA/bV)t}) \quad (2.3)$$

จากสมการ 2.3 จะเห็นได้ว่าการสกัดจะขึ้นอยู่กับเวลาและ mass transfer coefficient ถ้าให้ส่วนที่เหลือคงที่ ค่า mass transfer coefficient โดยปกติจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นในการสกัดบางกรณีจึงใช้ความร้อนเข้าช่วยเพื่อเพิ่มค่า mass transfer coefficient ให้อัตราการสกัดสูงขึ้น สำหรับการสกัดตัวยาจากสมุนไพรมีข้อจำกัดอยู่บ้างตรงที่ตัวยาในสมุนไพรโดยส่วนใหญ่จะถูกทำลายได้ง่ายที่อุณหภูมิสูงจึงไม่นิยมทำการสกัดที่อุณหภูมิสูงนัก

2. วิธีการดำเนินการ (Method of Operation) (14)

การดำเนินการในกระบวนการล้างออกกระทำได้หลายวิธีอาทิแบบไม่ต่อเนื่อง แบบกึ่งต่อเนื่อง และแบบต่อเนื่อง การสกัดแบบไม่ต่อเนื่องเป็นวิธีการที่ของเหลวและของแข็งสัมผัสกันเป็นพักๆไม่ต่อเนื่อง และได้ผลิตภัณฑ์ออกมา 1 ชุด การสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องเป็นลักษณะของของแข็งชุดเดียวถูกสกัดโดยของเหลวที่ไหลผ่านเข้ามาอย่างต่อเนื่องได้ผลิตภัณฑ์ออกมาอย่างต่อเนื่องด้วย สำหรับการสกัดแบบต่อเนื่องสม่ำเสมอเป็นการสกัดที่ทั้งของแข็งและของเหลวได้สัมผัสกันอย่างต่อเนื่องได้ผลิตภัณฑ์ออกมาอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

ก. การสกัดแบบไหลซึมผ่าน (Percolation)

การสกัดแบบไหลซึมผ่านเป็นวิธีการสกัดที่ปล่อยให้ตัวทำละลายไหลซึมผ่านชั้นของพืชหรือของแข็งที่บรรจุไว้อย่างดีในเครื่องมือที่มีตะแกรงรูพรุนรองรับอยู่ สารละลายจะไหลออกมาตามรูพรุนของตะแกรง การปล่อยตัวทำละลายอาจใช้วิธีพ่นตัวทำละลายเป็นฝอย (spray) การ

กระจายบนชั้นของพืชหรือเทตัวทำละลายให้ค่อยๆซึมผ่านลงไปก็ได้ สมุนไพรที่นำมาสกัดด้วยวิธีนี้จะถูกบดให้มีขนาดปานกลางคือ 100 ถึง 200 mesh ก่อนนำมาบรรจุลงในเครื่องมือ หลักการทำงานของวิธีการสกัดนี้สามารถเขียนแสดงเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (13)

แรงที่ใช้ในการดึงลง = น้ำหนักของตัวทำละลาย + น้ำหนักของพืช - แรงในท่อรูเข็ม (capillary force)

เทคนิคการไหลซึมผ่านนี้สามารถดัดแปลงการใช้งานได้หลายวิธีได้แก่

ข. การไหลซึมผ่านโดยใช้ความร้อนเข้าช่วย (13,15) การทำงานเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง เครื่องมือประกอบด้วยเครื่องกลั่น ส่วนชั้นของแข็งและเครื่องควบแน่น ตัวทำละลายจะผ่านชั้นของพืชไหลออกมายังเครื่องกลั่นและถูกทำให้เดือดด้วยความร้อน ไอของตัวทำละลายจะผ่านไปยังเครื่องควบแน่นแล้วควบแน่นเป็นของเหลวถูกส่งไปทำการสกัดใหม่ ส่วนสารละลายสกัดเข้มข้นจะถูกแยกออกนำไปใช้งานต่อไป

ค. การสกัดในถังกวน (Agitated Vessel) เป็นวิธีการสกัดแบบจุ่มในสารละลายโดยใช้การกวนเข้าช่วยให้ตัวถูกละลายสัมผัสกับตัวทำละลายอย่างทั่วถึง การกวนทำได้ 2 ลักษณะ (13) คือ ใช้เครื่องมือทางกลศาสตร์เช่น ใบพัด (paddle) และใช้แรงดันอากาศ (compressed air) บางกรณีสามารถใช้งานร่วมกับขดลวดความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ตัวทำละลาย ทำให้การสกัดเกิดได้ดีขึ้นหลังจากที่การกวนสิ้นสุดลง สารละลายและสลัดจ์ (sludge) ซึ่งเป็นส่วนของพืชที่ปนอยู่กับของเหลวจะถูกส่งไปแยกจากกัน โดยการตกตะกอนในเครื่องทำให้ข้น (thickener) และสลัดจ์จะถูกส่งไปกรอง (filtration) เพื่อแยกเอาของเหลวออกจากกากพืช โดยทั่วไปการกวนในถังจะกระทำกันเป็นครั้งคราวไม่ต่อเนื่อง

ง. การสกัดในเครื่องสกัดแบบนำร่อง การสกัดในเครื่องมือสกัดแบบให้ตัวถูกละลายสัมผัสตัวทำละลายโดยตรง จะให้ผลการสกัดของเครื่องสกัดขนาดเล็กและเครื่องสกัดขนาดใหญ่ที่เหมือนกัน การสกัดเป็นแบบไม่ต่อเนื่องในถังสกัดที่มีฝาปิดสนิท ถ้าการสกัดมีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศใช้ถังสกัดแบบ Autoclave เมื่อต้องการสกัดที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องอาจต้องหุ้มถังนี้ด้วยเป็น Kettle with Jacket เพื่อให้ไอน้ำสามารถไหลผ่านไปได้ทั่วถึง สำหรับตัวทำละลายที่ระเหยง่าย ควรมีเครื่องควบแน่นเพื่อ reflux ตัวทำละลายกลับมาให้ปริมาตรตัวทำละลายคงที่

3. ปัจจัยที่สำคัญในการเลือกตัวทำละลาย (11)

การเลือกตัวทำละลายในการสกัดตัวยาจากสมุนไพร มีปัจจัยที่สำคัญดังนี้

- ความสามารถในการละลายสารที่มีสมบัติเป็นยา

- ความปลอดภัย ต้องไม่เป็นพิษและไม่เป็นอันตรายเช่น ไม่ติดไฟง่าย ไม่ระเบิดง่าย

- ราคา ตัวทำละลายที่ใช้ไม่ควรมีราคาแพงเกินไป ที่สำคัญควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตขึ้นได้ในประเทศ

- ความสะดวกและความปลอดภัยในการแปรรูปสารละลายสกัดที่ได้ โดยทั่วไปสารละลายสกัดจากสมุนไพรจะได้รับการแปรรูปก่อนนำไปใช้ เช่น ทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้แห้งเป็นผง แล้วนำไปบรรจุแคปซูล หรืออัดเป็นเม็ดยาต่อไป ในกระบวนการเหล่านี้ต้องใช้ความร้อนได้ไม่เกิดอันตรายเมื่อได้รับความร้อนและสะดวกในการทำให้แห้ง

ก. สมบัติแอลกอฮอล์

มีช่วงของการละลายไม่กว้างเท่าน้ำ แต่แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายที่ดีของพวก alkaloids , glycosides , resin และ essential oils แต่ไม่ละลายพวก gums , sugars หรือ albumins นอกจากนี้แอลกอฮอล์ยังช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของพวก yeasts , molds , fungi และ bacteria

ข้อดี - ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดโดยแอลกอฮอล์มักคงตัวไม่เกิด hydrolysis

- ป้องกันการเกิด yeasts , molds และ bacteria ได้

- ผสมกับน้ำได้ทุกสัดส่วน จึงสามารถใช้ได้ในรูป hydroalcoholic solvent

ข้อเสีย - ราคาแพง

- ระเหยง่ายและไวไฟ

- อาจเกิด toxic ได้

<u>การอบแห้ง</u> (Drying) (12,15)

การอบแห้งหมายถึง การแยกเอาน้ำหรือของเหลวชนิดอื่นที่ระเหยได้ ออกจากสารประกอบซึ่งอาจจะเป็นของแข็ง , กึ่งของแข็ง (paste) หรือสารละลาย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นหรือของเหลวในระดับที่ยอมรับได้ (16)

การอบแห้งประกอบด้วย กระบวนการถ่ายโอนความร้อนเพื่อทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะและกระบวนการถ่ายโอนมวลสารของของเหลวและไอ

กลไกในการถ่ายโอนความร้อน (mechanism of heat transfer) ประกอบด้วย

ก. การพาความร้อน (convection) จากแก๊สร้อนมายังสาร

ข. การนำความร้อน (conduction) จากผิวของสารประกอบที่ร้อนเข้าไปในเนื้อของสารประกอบ

ค. การแผ่รังสีความร้อน (radiation) จากแก๊สร้อน จากผนังหรือแผ่นความร้อนไปยังสารประกอบนั้น หรือสารประกอบมองเห็นแหล่งกำเนิดความร้อน

1. ปริมาณความชื้นสมดุล (Equilibruim Moisture Content) (17)

ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในสารประกอบ ซึ่งอาจเป็นน้ำหรือสารประกอบที่เป็นของเหลวจะให้ค่าความดันไอ (Vapor pressure) ออกมาค่าหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของความชื้นและอุณหภูมิของสารประกอบนั้น และถ้าให้แก๊สซึ่งมีค่าความดันย่อย (partial pressure) อยู่ค่าหนึ่งเช่นกันไหลผ่านสารประกอบนั้นอย่างสม่ำเสมอที่อุณหภูมิและค่าความชื้น (humidity) คงที่ จะเกิดการถ่ายโอนความชื้นระหว่างสารประกอบและแก๊ส โดยการระเหยหรือการดูดซึม (absorption) จนกระทั่งความดันไอของสารประกอบมีค่าเท่ากับความดันย่อยของแก๊ส เราเรียกภาวะนี้ว่า ภาวะสมดุลของแก๊สและสารประกอบ และเรียกปริมาณความชื้นของสารประกอบที่ภาวะนั้นว่า ปริมาณความชื้นสมดุล ภาวะสมดุลนี้ไม่ขึ้นกับอัตราการอบแห้ง หรือวิธีการอบแห้ง แต่ขึ้นอยู่กับสมบัติในการรับความชื้นของสารประกอบนั้นๆ (16)

2. Hysteresis (17)

สารประกอบที่เป็นของแข็งบางชนิดจะแสดงลักษณะความชื้นสมดุล(equilibrium moisture characteristics) แตกต่างจากสารประกอบอื่น ขึ้นอยู่กับการเข้าสู่ภาวะสมดุลว่า เกิดจากการดูดซับ (adsorption) หรือการคายความชื้น (desorption) เมื่อนำสารประกอบนี้ไปอบแห้งจะเกิดสมดุลการคายความชื้น (desorption equilibrium) และถ้านำสารประกอบที่แห้งนี้ไปวางทิ้งไว้ในอากาศซึ่งมีปริมาณความชื้นสูงกว่าจะเกิดสมดุลการดูดซับ (adsorption equilibrium) การเกิดสมดุลทั้ง 2 ชนิด เรียกว่า ปรากฏการณ์ Hysteresis สารประกอบพวกนี้ได้แก่ สารที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนหรือมีช่องเปิดเป็นหลอดยาว (capillaries) เช่น ยางไม้ (gum) เป็นต้น โดยปกติการอบแห้งสารประกอบพวกนี้จะไม่ค่อยทำกัน แต่ถ้าจำเป็นควรเก็บสารที่อบแห้งแล้วในภาชนะที่มีความชื้นต่ำกว่า และปิดไว้อย่างดี

3. วิธีดำเนินการอบแห้ง (Drying Operation) (17)

วิธีดำเนินการอบแห้งสามารถแบ่งอย่างกว้างๆได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ แบบไม่ต่อเนื่อง(batch) และแบบต่อเนื่อง (continuous) การอบแห้งแบบไม่ต่อเนื่อง ในทางปฏิบัติก็คือกระบวนการกึ่งต่อเนื่อง (semibatch process) มีการให้ความร้อนแก่สารอย่างต่อเนื่องภายใต้ภาวะ

การทำงานแบบไม่สม่ำเสมอ (unsteady state) เมื่อสารนั้นแห้งแล้ว จะถูกนำออกจากเครื่อง เริ่มกระบวนการใหม่เมื่อใส่สารชุดใหม่เข้าเครื่องอบ ส่วนการอบแห้งแบบต่อเนื่อง มีการทำงานอย่างสม่ำเสมอ (steady state) ของการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบมีการป้อนวัตถุดิบเข้าและได้ผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ

การแบ่งชนิดของการอบแห้งอาจพิจารณาได้อีกลักษณะหนึ่งจากวิธีการใช้ความร้อนในการระเหยน้ำหรือของเหลว ซึ่งแยกได้ 2 วิธีได้แก่ การให้ความร้อนโดยตรง (direct heat) และการให้ความร้อนผ่านตัวกลาง(indirect heat) วิธีแรก แหล่งความร้อนเช่นแก๊สร้อนจะสัมผัสโดยตรงกับสาร ส่วนวิธีหลัง ความร้อนจะถูกส่งผ่านตัวกลางมายังสารเช่น การนำความร้อนผ่านผนังโลหะมายังสาร หรือการแผ่รังสีความร้อนผ่านอากาศ เป็นต้น

4. การอบแห้งสารละลายสกัด

สารละลายสกัดที่ได้จากการสกัดสมุนไพรบางชนิด เช่นสารละลายสกัดจากมะขามแขก สารละลายสกัดจากพันธุ์ไม้พวกมะเขือพวง (belladonna) เป็นต้น มีสมบัติที่ไม่ทนต่อความร้อน เนื่องจากตัวยาที่สกัดได้ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน ดังนั้นในการอบแห้งสารละลายสกัดจากสมุนไพรเหล่านี้ จึงต้องพิจารณาเลือกใช้เครื่องอบแห้งที่สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำ และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีพอ

เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องที่ใช้อบแห้งสารละลายสกัด ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีด กระจายให้เป็นผงแห้ง (spray dryer) และเครื่องอบแห้งแบบไม่ต่อเนื่องที่ใช้อบแห้งสารสะลายสกัด ได้แก่ เครื่องอบแห้งในสภาพเยือกแข็ง (freeze dryer)

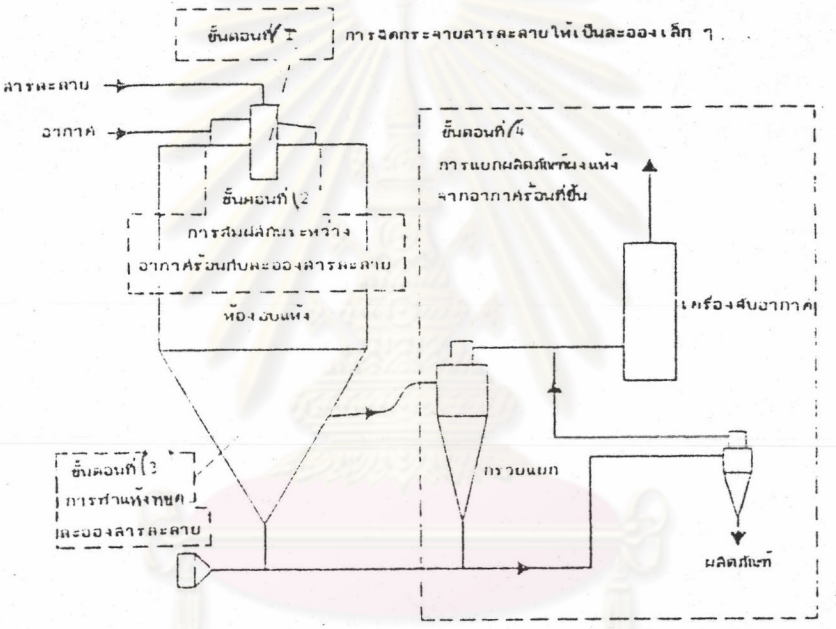
5. เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง(spray dryer)

เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้สำหรับทำแห้งสารละลาย, สารละลายเข้มข้น (slurries) และสารละลายเข้มข้นกึ่งของแข็ง (paste) โดยให้สารละลายผ่านหัวฉีด กระจายเป็นละอองเล็กๆในกระแสอากาศร้อนที่ไหลผ่านเครื่องอบแห้ง หยดสารละลายจะระเหยอย่างรวดเร็วและแห้งก่อนถึงผนังเครื่องอบแห้ง และตกลงสู่ส่วนล่างของเครื่องอบ ซึ่งมีรูปร่างเป็นกรวย (conical bottom) ออกไปตามท่อเข้าเครื่องแยก (separator) แยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศชื้น

ก. การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง

การอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง ประกอบด้วยการทำงานที่สำคัญ 4 ขั้นตอน (18) (ดูรูปที่ 2.2 ประกอบ) คือ

1. การฉีดกระจายสารละลายให้เป็นละอองเล็กๆ
2. การสัมผัสระหว่างอากาศร้อนกับละอองสารละลาย
3. การทำแห้งหยดละอองสารละลาย
4. การแยกผลิตภัณฑ์ผงแห้งจากอากาศร้อนที่ชื้น



รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง(18)

1. การฉีดกระจายสารละลายให้เป็นละอองเล็กๆ (atomization) (13,18,19) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก จุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวกับมวล ทำให้อัตราการระเหยของสารละลายสูงขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่มีลักษณะเฉพาะตามต้องการ ส่วนประกอบสำคัญของขั้นตอนนี้คือ เครื่องฉีด (atomizer) ซึ่งมีลักษณะต่างกันหลายชนิดที่สำคัญได้แก่

ก. เครื่องฉีดแบบหัวฉีดแรงดัน (pressure nozzles) เครื่องฉีดนี้เป็นชนิดหัวฉีด (nozzle) ใช้พลังงานแรงดันในการฉีดกระจายสารละลายให้เป็นละออง โดยสูบสารละลายด้วยแรงดันสูงผ่านท่อเล็กๆ (orifice) สารละลายจะหมุนอยู่ภายในหัวฉีดและถูกดันออกจากท่อเล็กๆในรูปของฟิล์มที่มีความเร็วสูง แตกตัวออกเป็นละอองเล็กๆ เครื่องฉีดแบบนี้ให้อัตราการป้อนสาร

ละลายไม่ค่อยสม่ำเสมอ หยดสารละลายมีขนาดใหญ่กว่าแบบอื่นคือ ประมาณ 120-125 ไมครอน เหมาะสำหรับใช้งานกับสารละลายที่มีค่าความหนืด (viscosity) ต่ำ

ข. เครื่องฉีดแบบหัวฉีดของไหลสองชนิด (two-fluid nozzles) หลักการทำงานคือ การใช้กระแสอากาศความเร็วสูงทำให้สารละลายแตกออกเป็นละอองเล็กๆ โดยทำให้สารละลายและอากาศไหลผ่านหัวฉีด ของไหลทั้งสองจะปะทะกัน แรงดันของอากาศจะทำให้สารละลายแตกตัวออก ละอองสารละลายที่ได้มีขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน

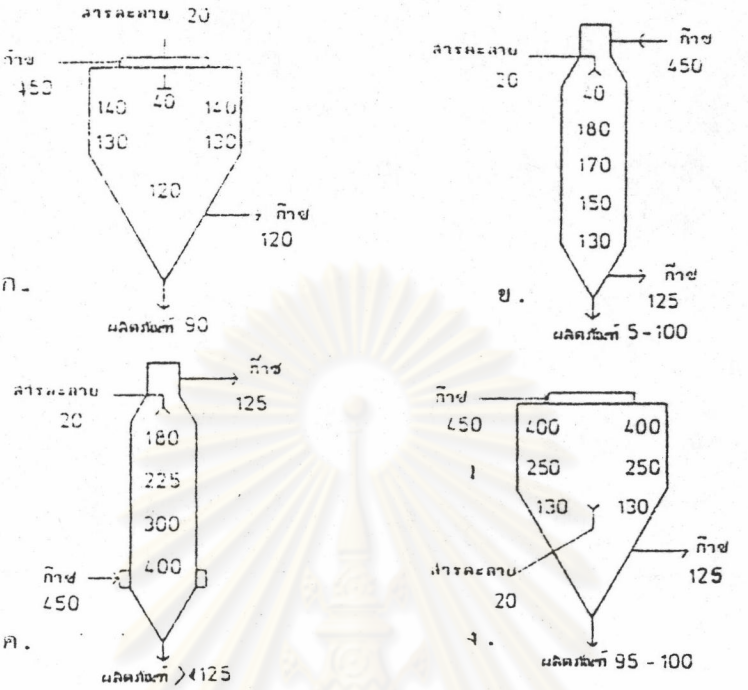
ค. เครื่องฉีดแบบหมุน (rotary atomizers) ใช้พลังงานจากการเหวี่ยงทำให้สารละลายแตกตัวออก โดยให้สารละลายไหลเข้าตรงจุดศูนย์กลางของจาน (disc) ซึ่งกำลังหมุน สารละลายจะถูกเหวี่ยงไปยังบริเวณขอบของจานด้วยความเร่งและแตกออกเป็นละอองเล็กๆหลุดออกจากขอบจาน จานที่ใช้มีหลายแบบ เช่น รูปถ้วยหรือใบพัด เป็นต้น ขนาดของละอองสารละลายประมาณ 20 - 120 ไมครอน เหมาะสำหรับใช้งานกับสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง

2. การสัมผัสระหว่างอากาศร้อนกับละอองสารละลาย แบ่งตามลักษณะการไหลและผสมกันได้ 3 แบบ (16) ได้แก่

ก. การไหลไปทางเดียวกัน (cocurrent flow) สารละลายและอากาศร้อนไหลเข้าทางเดียวกัน (ดูรูป 2.3ก 2.3ข ประกอบ) วิธีนี้เหมาะสำหรับสารละลายที่ไวต่อความร้อน เช่น สารละลายจากการสกัดจากสมุนไพร นม กาแฟ เป็นต้น การระเหยเกิดขึ้นเร็วและใช้เวลาสั้นมาก อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ไหลออก การไหลแบบนี้ใช้ได้กับเครื่องหัวฉีดทั้ง 3 แบบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ (low bulk density)

ข. การไหลสวนทางกัน (countercurrent flow) สารละลายและอากาศร้อนไหลเข้าทิศทางตรงข้าม(ดูรูป 2.3ค ประกอบ) วิธีนี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ไม่เหมาะสำหรับสารละลายที่ไวต่อความร้อน ใช้ได้กับเครื่องฉีดที่มีหัวฉีดเท่านั้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่าความหนาแน่นรวมสูง (high bulk density)

ค. การไหลแบบผสมกัน (mixed flow) สารละลายและอากาศร้อนไหลเข้าทิศทางเดียวและสวนทางกันพร้อมๆกัน(ดูรูป 2.3ง ประกอบ) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีขนาดใหญ่



รูปที่ 2.3 การกระจายอุณหภูมิ ในการสัมผัสระหว่างอากาศร้อนกับละอองสารละลาย (16)

ก. การไหลไปทางเดียวกันโดยใช้เครื่องฉีดแบบหมุน

ข. การไหลไปทางเดียวกันโดยใช้เครื่องฉีดแบบหัวฉีด

ค. การไหลสวนทางกันโดยใช้เครื่องฉีดแบบหัวฉีด

ง. การไหลสวนทางกันโดยใช้เครื่องฉีดแบบหัวฉีด

การเลือกใช้ลักษณะการไหลและผสมกันของอากาศร้อนกับสารละลายขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น ขนาด ค่าความหนาแน่นและที่สำคัญคือ อุณหภูมิที่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ได้โดยไม่ทำให้คุณภาพสูญเสียไป

อากาศร้อนที่ใช้ในเครื่องอบแห้งได้จากเครื่องทำความร้อน 2 แบบ คือแบบทำความร้อนโดยตรง และโดยอ้อม แบบแรกได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้แก๊สร้อนนำไปใช้โดยตรงหรือเป็นขดลวดความร้อนไฟฟ้า ให้ความร้อนแก่ระบบ เครื่องอบแบบนี้มีข้อดีที่มีการสูญเสียความร้อนน้อย ส่วนแบบหลังได้จากการให้อากาศไหลผ่านเครื่องทำความร้อน ซึ่งอาจผลิตความร้อนจากไอน้ำหรือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงก็ได้ แบบนี้ได้อากาศร้อนที่สะอาดกว่าแบบแรก ไม่มีอันตรายและสะดวกในการใช้งาน

3. การทำแห้งหยดละอองสารละลาย เมื่อหยดสารละลายสัมผัสกับอากาศร้อน จะเกิดการระเหยที่ผิวของหยดสารละลายเกิดเป็นแผ่นไอน้ำอิ่มตัว มีอุณหภูมิประมาณเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet-bulb temperature) ของอากาศร้อน การระเหยของหยดสารละลายเกิดเป็น 2 ขั้นตอน คืออัตราการระเหยคงที่และไม่คงที่ ขั้นตอนแรก ความชื้นภายในหยดสารละลายมีอยู่มากพอที่จะแพร่กระจายไปที่ผิวจนอิ่มตัว อัตราการระเหยที่ผิวจึงคงที่ ในขั้นตอนที่ 2 เมื่อปริมาณความชื้นลดต่ำลงกว่าภาวะอิ่มตัว จะเข้าสู่จุดวิกฤต (critical point) ผิวของสารละลายเริ่มแห้ง อัตราการระเหยในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายความชื้นผ่านผิวนอกที่แห้ง ความหนาของชั้นผิวนอกที่แห้งจะมากขึ้นตามเวลา อัตราการระเหยจึงมีค่าลดลง

เนื่องจากอัตราการแพร่กระจายของส่วนที่แห้งของสารละลายกลับเข้าสู่ภายในหยดสารละลายเกิดขึ้นช้ากว่าการแพร่กระจายของความชื้นออกสู่ผิว ปริมาณของแข็งที่แห้งส่วนใหญ่จึงสะสมอยู่ที่ผิว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกรวงและรูพรุน

การคำนวณหาอัตราการทำแห้งหยดสารละลายและปริมาณความร้อนที่ใช้จึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (18,20)

4. การแยกผลิตภัณฑ์ผงแห้งจากอากาศร้อน (18,19,21)

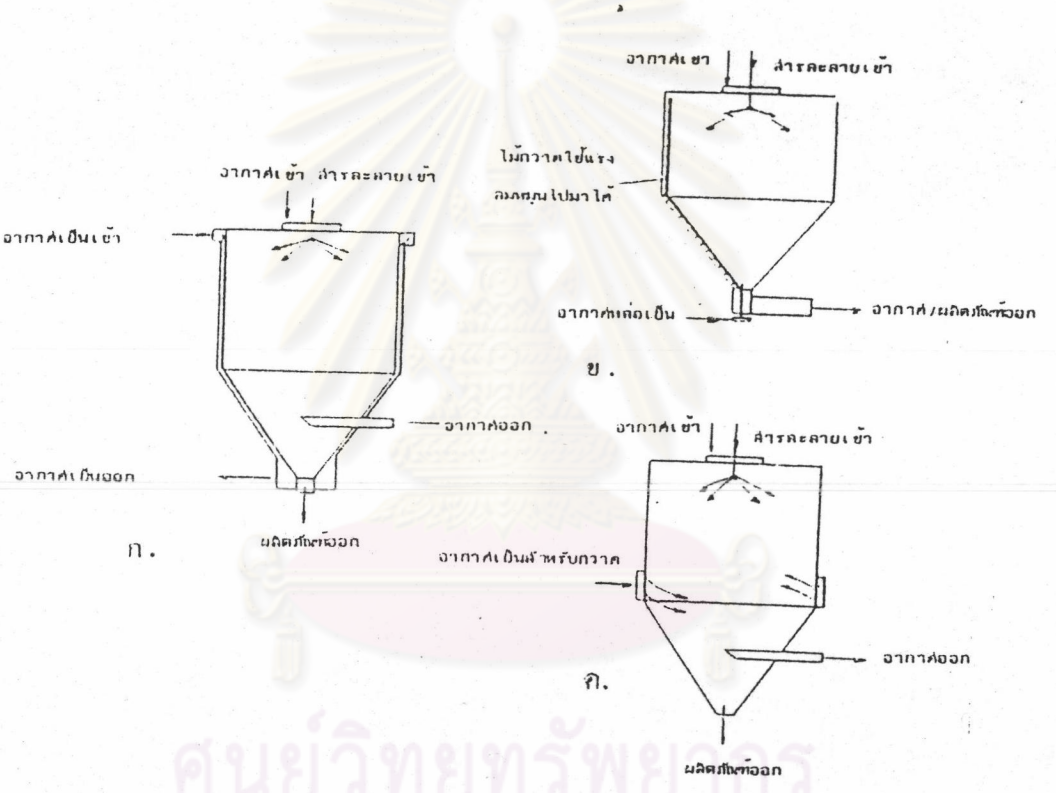
ก. การแยกภายในเครื่องอบแห้ง เป็นการแยกผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่ออกจากอากาศร้อน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กจะไหลออกจากเครื่องพร้อมกับอากาศและถูกแยกจากกันอีกครั้งด้วย เครื่องเก็บอนุภาคแบบลมหมุน (cyclone collector), เครื่องกรองแบบถุง (bag filter) หรือเครื่องจับอนุภาคแบบเปียก (wet scrubber) การแยกภายในเครื่องอบใช้หลักแรงโน้มถ่วงของโลก หรือใช้เครื่องมือกลศาสตร์เข้าช่วย เช่น สายพาน (conveyor) คราดหรือไม้กวาดติด ตั้งบริเวณส่วนล่างของเครื่อง หรือใช้อากาศเป็นแปรง (air brush) เป่าผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่อง

ข. การแยกภายนอกเครื่องอบแห้ง ผลิตภัณฑ์และอากาศจะไหลออกจากเครื่องอบพร้อมกัน มาทำการแยกภายนอกด้วยเครื่องเก็บอนุภาคแบบลมหมุน หรือเครื่องกรองแบบถุง เป็นต้น

5. เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้งและระบบหล่อเย็น (18)

สารละลายสกัดจากสมุนไพรที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย จะมีสารประกอบพวกยางไม้ละลายปนอยู่ด้วย สารประกอบพวกนี้มีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี (hygroscopic) เมื่อนำสารละลายสกัดมาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง จะทำให้เกิดปัญหาในการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ตามผนังเครื่อง ทำให้ผลิตภัณฑ์ใช้เวลาอยู่ในเครื่องนานเกินไป

สารที่เป็นยาในผลิตภัณฑ์จึงถูกความร้อนทำลายไป การแก้ปัญหานี้ อาจทำได้โดยการเพิ่มระบบหล่อเย็นที่ผนังเครื่อง ทำให้อุณหภูมิที่ผนังเครื่องอบไม่สูงเกินไป รายละเอียดของเครื่องมือดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.4 โดยตัวห้องอบเป็นรูปกรวย มีอากาศเย็นไหลผ่านบริเวณผนังเครื่อง การสัมผัสระหว่างอากาศร้อนกับสารละลายเป็นแบบไหลไปทางเดียวกัน การแยกผลิตภัณฑ์จากอากาศชื้น จะกระทำภายนอกเครื่องอบเพื่อให้เวลาที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในเครื่องอบน้อยที่สุด เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้งและระบบหล่อเย็นจึงเหมาะสำหรับการทำแห้งสารละลายสกัดจากสมุนไพรที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 2.4 ห้องอบแห้งผนังหล่อเย็น (18)

ก. แบบผนัง 2 ชั้น โดยให้อากาศเย็นไหลระหว่างผนังทั้งสอง

ข. แบบไม้กวาดใช้แปรงลมกวาดไปรอบ ๆ ผนังอบแห้ง

ค. แบบใช้อากาศเป่าในแนวสัมผัสกับผนังห้องอบแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย