

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

เครื่องดื่มชนิดหนึ่งของชาวจีนทางตอนใต้คือ น้ำดื่มดั้นเฉาก๊วยผสมกับน้ำข้าว และเมื่อนำน้ำดื่มดั้นเฉาก๊วยมาผสมกับแป้งจะเกิดเป็นเจลขึ้น ซึ่งคนไทยเรียกว่าเฉาก๊วย มีรสจืด และเย็นชุ่มคอ เดิมทีเฉาก๊วยเป็นที่รู้จักเฉพาะในถิ่นคนจีน เช่น ยาวราช ลำเพ็ง ต่อมาได้แพร่หลายมีผู้ทำขายกันอย่างกว้างขวางจนเป็นที่รู้จักของคนไทยทั่วประเทศ⁽¹⁾ เฉาก๊วยที่รับประทานเป็นขนมหวานมี 2 ชนิด คือ ชนิดอ่อนที่มีลักษณะนุ่มเป็นเจล รับประทานโดยดักเป็นแผ่นๆ ใส่ด้วยโรยน้ำตาลทราย นิยมรับประทานกันในหมู่ชาวจีนสูงอายุ และชนิดแข็งซึ่งมีความแข็งและความกรอบมากกว่า เวลารับประทานจะซุดเป็นเส้นๆ หรือหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในน้ำเชื่อมและน้ำแข็ง นิยมรับประทานกันแพร่หลายโดยเฉพาะเวลาอากาศร้อนหรือเมื่อกระหายน้ำ⁽²⁾ เฉาก๊วยมีสรรพคุณทางยาซึ่งรับรองโดยกองวิจัยสมุนไพรแห่งชาติของกรุงปักกิ่งว่าสามารถใช้แก้ร้อนใน กระหายน้ำ ไข้หวัด ความดันโลหิตสูง กล้ามเนื้อข้อพับอักเสบ เบาหวาน และตับอักเสบ เป็นที่ยอมรับในวงการแพทย์จีนทั่วไป^(2,3)

ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคเฉาก๊วยกันมาก แต่การทำเฉาก๊วยเพื่อรับประทานเองต้องใช้เวลาและวิธีที่ยาก ผู้บริโภคจึงนิยมซื้อเฉาก๊วยสำเร็จรูปมารับประทาน เฉาก๊วยที่ขายในท้องตลาดมีทั้งแบบเป็นก้อน เวลารับประทานจะหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับน้ำเชื่อม น้ำเฉาก๊วยบรรจุถุงพลาสติก น้ำเฉาก๊วยบรรจุขวด น้ำเฉาก๊วยบรรจุแก้ว และน้ำเฉาก๊วยบรรจุกระป๋อง ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าว(ยกเว้นน้ำเฉาก๊วยบรรจุกระป๋อง)มีอายุการเก็บรักษาสั้น และควรเก็บไว้ในที่เย็นเพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาจึงได้มีผู้วิจัยผลิตเฉาก๊วยผงขึ้น โดยมีขั้นตอนการผลิตคร่าวๆดังนี้ บดดั้นเฉาก๊วยแห้งให้ละเอียด นำมาต้มกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 0.45% (w/v) ในปริมาตร 24 เท่าของน้ำหนักของดั้นเฉาก๊วยแห้งบด ใช้เวลาดมนาน 3 ชั่วโมง กรองเอาของเหลวออกไปอบหรือตากแห้ง แล้วบดให้ละเอียด^(4,5) หรือนำเอาน้ำเฉาก๊วยที่ได้ไปทำแห้งแบบพ่นฝอย⁽⁶⁾ แต่ยังไม่ทราบว่าเฉาก๊วยผงที่ได้ยังคงมีสรรพคุณทางยาและสารประกอบต่างๆเหมือนเดิมหรือไม่ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาหาสารให้กลิ่นและสารประกอบหลักในน้ำสกัดจากดั้นเฉาก๊วย เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบให้กลิ่นและสารประกอบหลักในน้ำสกัดจากดั้นเฉาก๊วยก่อนและหลังแปรรูป และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เฉาก๊วยแปรรูปให้มีกลิ่นรสและสรรพคุณทางยาเหมือนเดิม

1.2 วิธีการผลิตเฉาก๊วย

ต้นเฉาก๊วยที่มีอยู่ในท้องตลาดทั้งหมดอยู่ในสภาพแห้ง การสกัดจึงต้องใช้เวลานานมาก วิธีการทำเฉาก๊วยโดยทั่วไปคือ นำต้นเฉาก๊วยแห้งมาล้างน้ำให้สะอาดเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ออก แล้วนำไปต้มในน้ำโดยมีสัดส่วนเฉาก๊วยแห้ง 1 ส่วน ต่อน้ำ 20-80 ส่วน ต้มด้วยไฟปานกลาง ใช้เวลาต้วยประมาณ 3-6 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำเฉาก๊วยที่มีลักษณะเป็นเมือกข้น สีดำใสและเข้มข้นได้ที่ นวดต้นเฉาก๊วยหลายๆ ครั้ง เพื่อให้เมือกข้นๆ หลุดจากต้นให้มากที่สุด จึงคั้นเอากากออก ในขั้นตอนนี้ต้องพยายามคั้นให้น้ำออกมามากที่สุดเพื่อจะได้มีความเข้มข้นและความเหนียวมากๆ แล้วกรองซ้ำด้วยผ้าขาวบาง ตักใส่ภาชนะทิ้งไว้ให้เย็น จะได้เฉาก๊วยที่เหนียวนุ่ม⁽⁷⁾ แต่ถ้าต้องการให้เฉาก๊วยมีสีดำเข้มและมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นต้องเติมโซเดียมไบคาร์บอเนตปริมาณเล็กน้อยลงไปในน้ำที่ใช้ต้ม และถ้าต้องการให้เฉาก๊วยแข็งยิ่งขึ้นต้องใส่แป้งท้าวยายม่อม⁽⁸⁾ หรือแป้งมันสำปะหลังลงไปเมื่อต้มต้นเฉาก๊วยเสร็จแล้ว⁽⁴⁾ ทำให้ได้โดยนำน้ำเฉาก๊วยที่สกัดได้มาต้มพอร้อนได้ที่ จึงเทแป้งที่ละลายน้ำลงไปกวนต่ออีกประมาณ 15 นาที จนขึ้นเงา แป้งไม่เป็นลูกและไม่ติดพาย นานาเทใส่พิมพ์ทิ้งไว้ให้เย็น

ในการเคี้ยวบางตำรับจะมีการทุบต้นเฉาก๊วยให้กิ่งแตกก่อนนำไปต้ม ทำให้ใช้เวลาต้วน้อยลง การเคี้ยวใช้ไฟปานกลางค่อนข้างอ่อน เป็นเวลา 6 – 12 ชั่วโมง ต้องการขายแค่ไหนก็ดักแบ่งมาทำให้เกิดเจลแค่นั้น ที่เหลือเคี้ยวต่อไป ภาชนะที่ใช้ในการสกัดถ้าเป็นพวกอลูมิเนียมและสังกะสีจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างอลูมิเนียมและสังกะสีกับด่างในสารละลายด่างร้อน ได้ตะกอนของอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และซิงค์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งสามารถดูดสีดำจากน้ำเฉาก๊วย ทำให้ภาชนะมีสีดำดังกล่าว⁽⁴⁾

น้ำ เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารต่างๆ ออกจากต้นเฉาก๊วย ปริมาณที่ใช้อยู่ระหว่าง 20 – 80 เท่าของปริมาณต้นเฉาก๊วยแห้ง อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำจะลดลง กล่าวคือปริมาณน้ำที่เหลือในน้ำเฉาก๊วก่อนนำไปทำให้เกิดเจลมีประมาณร้อยละ 25 – 75 ของน้ำที่ใช้สกัดซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของต้นเฉาก๊วยแห้ง ความร้อนและเวลาในการเคี้ยวต้นเฉาก๊วย⁽⁴⁾

ด่าง เมื่อนำต้นเฉาก๊วยแห้งไปต้มด้วยด่างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นมากมาย เนื่องจากต้นเฉาก๊วยมีส่วนประกอบหลายชนิด การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้ส่วนใหญ่ยังไม่ทราบแน่ชัด ส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงและมีผลต่อการเกิดเจลคือ เพคติน เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน น้ำตาล โปรตีน แป้ง กัม เกลือแร่และสารให้สีต่างๆ พวกน้ำตาล โปรตีน กัม และเกลือแร่จะละลายออกมาอย่างอิสระ สำหรับเพคตินอิสระการละลายจะดีมากเมื่อสัมผัสกับด่างร้อน ส่วนสีดำที่เกิดขึ้นเมื่อต้นเฉาก๊วยสัมผัสกับด่างนั้นเกิดจากสารหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งแทนนินส่วนที่ละลายน้ำได้ แทนนินชนิดนี้จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแก่จนถึงดำขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่ การเลือกใช้ตัวทำละลาย

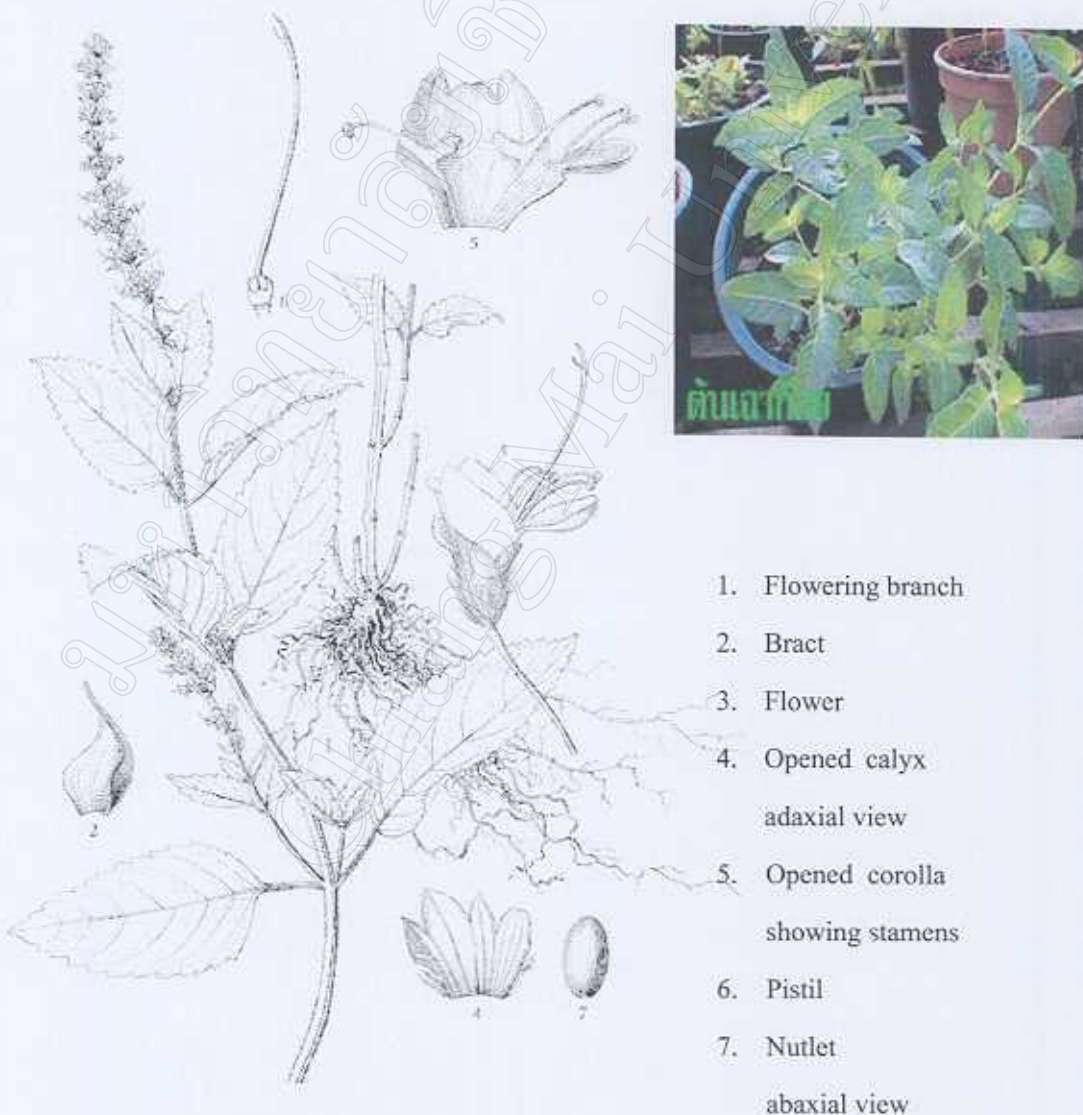
ในการสกัดมีปัจจัยที่ควรพิจารณาคือ ความสามารถในการละลายสารที่ต้องการสกัด มีความปลอดภัยไม่เป็นพิษหรืออันตราย ราคาไม่แพง หาได้ง่าย และสะดวกในการนำสารสกัดมาทำแห้ง สำหรับการสกัดต้นเผือกด้วยแห้งที่ปฏิบัติกันอยู่จะใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.045 – 0.25 โซเดียมไบคาร์บอเนตเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนไปเป็นสารโซเดียมคาร์บอเนต คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ สารโซเดียมคาร์บอเนตเป็นด่างอ่อน และไม่เป็นพิษถ้าปริมาณที่ใช้ไม่เกินร้อยละ 4.5⁽⁴⁾

สารช่วยให้เกิดเจล เนื่องจากการสกัดสารเฮมิเซลลูโลสด้วยด่าง ใช้น้ำปริมาณมาก สารละลายที่ได้จึงมีความเข้มข้นต่ำมาก จึงไม่สามารถเกิดเจลได้ การใส่สารบางชนิดลงไปเพื่อเป็นโครงสร้างของเจลจึงมีความสำคัญมาก สารที่ใช้ส่วนใหญ่ก็เป็นพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น แป้งและวุ้น ปริมาณที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามความแข็งแรงของเจลที่ต้องการ โดยทั่วไปปริมาณการใช้จะอยู่ระหว่างร้อยละ 1 – 6.7 ของปริมาณน้ำเผือก ในการทำให้เกิดเจลปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงคือ ความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ และความเข้มข้นของสารละลายน้ำเผือกที่สกัดได้ เพราะถ้าใช้สารละลายน้ำเผือกที่มีความเข้มข้นสูงมากวนกับแป้งมันสำปะหลัง เจลที่ได้จะอยู่ตัวดีกว่าเจลที่ใช้สารละลายน้ำเผือกที่มีความเข้มข้นต่ำมากวนกับแป้งในปริมาณที่เท่ากัน คือถ้าใช้สารละลายน้ำเผือกที่มีความเข้มข้นต่ำจะได้เจลที่อ่อน และถ้าใช้สารละลายน้ำเผือกที่มีความเข้มข้นสูงจะได้เจลที่แข็ง และเมื่อใช้น้ำเผือกที่มีความเข้มข้นเท่ากัน แต่ใช้ปริมาณแป้งต่างกัน ในการทำให้เกิดเจล จะได้เจลที่แข็งขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมากขึ้น⁽⁴⁾

1.3 ลักษณะของต้นเผือก

ต้นเผือกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mesona chinensis* Benth^(1,2,9) หรือ *M. elegans* Hayata หรือ *M. procumbens* Hemsley อยู่ในวงศ์ Labiatae^(10,11) พืชในวงศ์นี้ที่รู้จักกันดีคือ สะระแหน่ โหระพา แมงลัก กระเพรา และหญ้าหนวดแมว เป็นต้น ต้นเผือกเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งของประเทศจีน มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน เช่น มณฑลกวางตุ้ง กวางสี ยูนาน และมีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นหลายชื่อ เช่น เหยียนผ่นฉาว เหยียนฉาว เหยียนหยันตั้ง เผือกเป็นพืชล้มลุก เป็นไม้พุ่มกึ่งเลื้อยขนาดเล็ก(ภาพ 1.1) ทรงพุ่มเตี้ยมีลำต้นนอนทอดบนดินคล้ายสะระแหน่ แต่ทรงพุ่มใหญ่กว่า ส่วนยอดตั้งตรงยาว 15 – 100 ซม. ลำต้นสีเขียวและเมื่อแก่จัดจะเป็นสีน้ำตาล ช่วงห่างระหว่างข้อประมาณ 3 – 5 ซม. ใบเป็นใบเดี่ยว มี 2 ใบต่อ 1 ข้อ และออกตรงข้ามกันเป็นคู่ ใบสีเขียวอ่อนและเขียวเข้มเมื่อแก่ ใบเป็นรูปไข่ปลายใบแหลมขอบใบหยักเหมือนฟันเลื่อยยาว 2 – 5 ซม. กว้าง 0.8 - 2.8 ซม. มีขนละเอียดขาวโอบขึ้นอยู่ทั่วไปทั้งใบและลำต้นเมื่อจับดูจะรู้สึกสากมือ เมื่อนำใบมาขยี้จะมีเมือกกลิ่นๆ สุกมีออกดอกเป็นช่อแบบเชิงกลยาวประมาณ 5 – 10 ซม.

แต่ละช่อประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมากลักษณะคล้ายดอกแมงลัก หรือกระเพรา คือมีดอกขนาดเล็ก ก้านดอกยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร กลีบดอกสองกลีบ สีม่วงอ่อนยาว 2.5 มิลลิเมตร มี 4 เกสรตัวผู้ และ 1 เกสรตัวเมีย ออกดอกปลายกิ่งใบไม้ร่วง ผลมีลักษณะเป็นรูปไข่ป่องได้ดีตามเชิงเขา ริมห้วย หนอง คลอง บึง ชอบอากาศค่อนข้างชื้น อยู่ได้ในที่กลางแจ้งและที่มีแดดรำไร ขยายพันธุ์ได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถเก็บเกี่ยวมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งต้น โดยนำมาต้มน้ำจืดหรือน้ำมีสีออกดำ ซึ่งจะมีรสจืดๆ และเย็นชุ่มคอ^(2,3,10,12,13) แก้วร้อนใน ไข้หวัด เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และตับอักเสบ ในแง่กัญยมีสารที่สำคัญคือ แทนนินและเฮมิเซลลูโลส แทนนินทำให้เกิดสีดำซึ่งเป็นลักษณะของเถาวัลย์ ส่วนเฮมิเซลลูโลสทำให้เกิดเจลขึ้น^(14,15,16)



ภาพ 1.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของต้นเถาวัลย์^(10,11)

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lin, Yun – Lian และคณะ⁽¹⁷⁾ ได้นำต้นเงาะก้วยแห้งมาสกัดด้วย 95% เอทานอล และแยกสารสกัดที่ได้ด้วยวิธีการคอลัมน์โครมาโทกราฟี พบว่าในสารสกัดประกอบด้วย β -sitosterol, stigmasterol และ β -sitosterol glycoside

Sheu, shio Yunn และคณะ⁽¹⁸⁾ รายงานว่าต้นเงาะก้วยเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่ชาวไต้หวันใช้รักษาโรคเบาหวาน และพบว่าในต้นเงาะก้วยมี ursolic acid ซึ่งเป็นสารช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (hypoglycemic principle) ส่วนสารอื่นๆที่พบได้แก่ β -sitosterol, stigmasterol, α และ β -amyrin, oleanolic acid, maslinic acid และ β -sitosterol glycoside

Lin, Shaoqin และคณะ⁽¹⁹⁾ ศึกษาโพลีแซคคาไรด์ในเงาะก้วย โดยคัมต้นเงาะก้วยในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5% และใช้เอทานอลตกตะกอนโพลีแซคคาไรด์ หลังจากนั้นฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แล้วทำให้บริสุทธิ์ด้วย Sephadex G-75 คอลัมน์โครมาโทกราฟี TLC agarose gel electrophoresis และ cellulose acetate film electrophoresis พบว่าโพลีแซคคาไรด์ที่ได้มีมวลโมเลกุล 43,000 มีองค์ประกอบเป็น D-glucose, D-galactose, L-arabinose, xylose, rhamnose, galacturonic acid และ unknown sugar

G.C. Yen และคณะ⁽²⁰⁾ รายงานว่าสารสกัดน้ำจากต้นเงาะก้วยสามารถป้องกันไม่ให้ DNA (human lymphocyte) ถูกทำลายโดยรังสีอัลตราไวโอเลต-ซี และ/หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต-ซีได้มากกว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งความสามารถนี้เกิดเนื่องจากในสารสกัดจากน้ำมีสารประกอบฟีนอลิก และ/หรือสารอื่นๆ

G.C. Yen และคณะ⁽²¹⁾ ศึกษาผลกระทบของกระบวนการผลิตต่อความสามารถในการป้องกัน การเกิดออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำเงาะก้วย ซึ่งเตรียมโดยคัมต้นเงาะก้วยในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต 0 – 1.5 % เป็นเวลา 0.5 – 3 ชั่วโมง พบว่าน้ำเงาะก้วยที่ได้จากการคัมต้นเงาะก้วยกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.1 – 0.3 % และใช้เวลาคัมน้อยกว่า 2 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันสูง และสรุปว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (scavenging activity on α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl radical and superoxide anion) จะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของด่างและเวลาในการให้ความร้อน และความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำเงาะก้วย

Lih – Shih Lai และคณะ⁽²²⁾ ศึกษาความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกัมจากต้นเงาะก้วย โดยศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (radical – scavenging effect) ความสามารถในการจับเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+} chelating ability) reducing power และ inhibition of

$\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ induced malondialdehyde formation ในเนื้อเยื่อหนูทดลอง(in vitro) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกัมความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันก็เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระในท้องตลาดพบว่า กัมจากต้นเงาะก้วยมีความสามารถในการกำจัด α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl radical และ reducing power น้อยกว่า α - tocopherol และ butylated hydroxytoluene (BHT) แต่มีความสามารถในการจับเฟอร์รัสไอออนและกำจัด superoxide มากกว่า

Chien – Ya Hung และคณะ⁽²³⁾ ศึกษาความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันจากสารสกัดต่างๆที่ได้จากต้นเงาะก้วย จากการทดลองพบว่าสารสกัดเอทิลอาซิเตต สามารถป้องกันการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของกรดคลิโนลิคได้ 93% ซึ่งมากกว่า BHT และ α - tocopherol เมื่อแยกสารสกัดเอทิลอาซิเตตโดยซิลิกาเจลคอลัมน์โครมาโทกราฟี แล้วนำ fraction ที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันมากที่สุดมาแยกอีกครั้งโดย preparative HPLC สามารถแยกสารได้ 4 ชนิด และบ่งชี้ชนิดของสารด้วย UV, EI – MS, ^1H และ ^{13}C NMR พบว่าเป็น stigmasterol, β -sitosterol, oleanolic acid และ ursolic acid และความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยคือ สารสกัดจากเอทิลอาซิเตต butylated hydroxyanisole(BHA), α - tocopherol, ursolic acid, oleanolic acid, β -sitosterol และ stigmasterol

Gow – Chin Yen และคณะ⁽²⁴⁾ ศึกษาความสามารถในการป้องกันการกลายพันธุ์ของสารสกัดจากต้นเงาะก้วยโดยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ(ต้มต้นเงาะก้วยกับน้ำ 30 นาที) เมธานอล และเอทิลอาซิเตต พบว่าสารสกัดทั้ง 3 ชนิด สามารถป้องกันการกลายพันธุ์ของ Samonella สายพันธุ์TA98 และTA100 จาก benzo[a]pyrene (B[a]P) และ 2-amino-3-methylimidazo(4,5-f)quinoline (IQ) ซึ่งเป็น indirect mutagen สารสกัดจากน้ำมีความสามารถป้องกันการกลายพันธุ์ต่ำกว่าสารสกัดจากเมธานอล และเอทิลอาซิเตต แต่สารสกัดจากน้ำไม่เป็นพิษ มีความปลอดภัย และสามารถใช้ได้เป็นยาได้ Gow – Chin Yen และคณะจึงได้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก คลอโรฟิลล์ เบต้า-แคโรทีน และ tocopherol ในสารสกัดจากน้ำ และในต้นเงาะก้วยที่มาจากแหล่งต่างๆ พบว่าสารสกัดน้ำจากต้นเงาะก้วยที่มาจากแหล่งต่างๆสามารถป้องกันการการกลายพันธุ์ของSamonella จาก IQ ได้ เหมือนกัน และสรุปว่าความสามารถในการป้องกันการกลายพันธุ์นี้อาจจะมาจากสารประกอบฟีนอลิก และวิตามินซีที่มีอยู่ในสารสกัดจากน้ำ

Chien – Ya Hung และคณะ⁽²⁵⁾ ศึกษาความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกจากต้นเงาะก้วย โดยใช้ตัวทำละลายต่างๆสกัดสารจากต้นเงาะก้วย พบว่า fraction ที่สกัดด้วยเอทิลอาซิเตต pH2 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันสูง ความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (inhibition of

peroxidation, IP%) ของสารสกัดจากต้นเงาะก๊วยโดยเอทิลอะซิเตต pH2 50 ไมโครกรัม/มล.(98.9%) สูงกว่า α - tocopherol 50 ไมโครกรัม/มล.(78%) และ BHA 10 ไมโครกรัม/มล.(90%) เมื่อนำสารสกัดที่ได้มาแยกโดยคอลัมน์โครมาโทกราฟี สามารถแยกได้ 4 fraction และเมื่อนำ fraction ที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันสูงที่สุดมาแยกอีกครั้งและทำให้บริสุทธิ์ แล้วบ่งชี้ชนิดของสารที่แยกได้ด้วย UV, EI - MS, ^1H และ ^{13}C NMR พบว่าประกอบด้วย protocatechuic acid , β -hydroxybenzoic acid, vanillic acid, caffeic acid และ syringic acid ดังนั้น Chien - Ya Hung และ Gow - Chin Yen จึงสรุปว่าในต้นเงาะก๊วยมีกรดฟีนอลิกที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และกรดฟีนอลิกที่สำคัญที่สุดในต้นเงาะก๊วยคือ caffeic acid เพราะมีความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้สูงที่สุด

สุวรรณี สีนไสวงศ์⁽⁴⁾ วิจัยพบว่าการสกัดสารเกิดเจลจะให้ผลดีที่สุดเมื่อใช้ต้นเงาะก๊วยบดคั้นกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.45 โดยสารละลายมีปริมาณ 24 เท่าของต้นเงาะก๊วย และใช้เวลาในการคั้น 3 ชั่วโมง วิธีการทำเงาะก๊วยผงที่ดีที่สุดได้จากการทำแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ $55 \pm 2^\circ\text{C}$ ซึ่งละลายได้ดีในน้ำเดือด และการแช่เงาะก๊วยผงในน้ำเย็นก่อนคั้นให้เคี้ยวไม่ทำให้การละลายเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มปริมาณเงาะก๊วยผงและปริมาณแป้งมันสำปะหลังจะทำให้เจลที่เตรียมได้มีความแข็งแรงมากขึ้น เจลที่ได้จากการเตรียมโดยใช้เงาะก๊วยผงร้อยละ 0.75 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3 เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมาก เจลมีลักษณะหยุ่นตัวสูงและมีกลิ่นเงาะก๊วยเล็กน้อย มีค่าความหยุ่นแข็งเท่ากับ 2.78 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลการวิเคราะห์เงาะก๊วยผงปรากฏว่า มีความชื้นร้อยละ 8.99 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 44.95 โปรตีนร้อยละ 8.33 ไขมันร้อยละ 0.39 เถ้าร้อยละ 37.34 และสารใยร้อยละ 24.06

จารุวรรณ ไผ่ทอง และคณะ⁽⁶⁾ ศึกษาการผลิตเงาะก๊วยชนิดผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคือ อุณหภูมิลมเข้า 200°C และอัตราการไหลของน้ำเงาะก๊วย 13 มล./นาที่ อัตราส่วนของน้ำต่อเงาะก๊วยชนิดผงที่เหมาะสมในการเพิ่มความสามารถในการละลายของเงาะก๊วยชนิดผงคือ 1:1.43 มล./กรัม โดยเงาะก๊วยชนิดผงที่ได้จะมีดัชนีการละลายน้ำเท่ากับ 85 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.70 ส่วนการเตรียมเจลเงาะก๊วยจากเงาะก๊วยชนิดผงเจลที่ได้จากการใช้อัตราส่วนของ ผง : น้ำ : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 0.75 : 150 : 5 กรัม/มล./กรัม จะให้ค่าการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวมมากที่สุด

1.5 ความสำคัญของกลิ่นในอาหาร และการจับกลิ่นโดยมอลโทเดกซ์ทริน

ในทางด้านอาหาร⁽²⁶⁾ ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใดชนิดหนึ่งจะเรียกว่ามีคุณภาพก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์นั้นมีลักษณะที่ทำให้ผู้บริโภคเห็นว่าเหมาะสมที่จะนำไปบริโภค และบริโภคแล้วจะมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ปัจจัยที่ผู้บริโภคจะคำนึงถึงเมื่อเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารคือ

- 1.5.1 ปัจจัยด้านสุขอนามัย ความสะอาดถูกหลักอนามัย ไม่มีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย
- 1.5.2 ปัจจัยด้านคุณค่าทางอาหาร อาหารนั้นมีประโยชน์ต่อร่างกายหรือไม่ และมีมากน้อยเพียงใด
- 1.5.3 ปัจจัยด้านความสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นสามารถบริโภคได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอื่นๆอีก หรือแม้จะต้องเตรียมก็เป็นการเตรียมง่ายๆ เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เครื่องดื่มผงพร้อมชง เป็นต้น
- 1.5.4 ปัจจัยด้านความรู้สึก ขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภคแต่ละคนซึ่งได้แก่ รูปร่างลักษณะ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส
- 1.5.5 ปัจจัยด้านราคา

จะเห็นว่าทุกปัจจัยมีความสำคัญ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วปัจจัยที่จะเป็นตัวกำหนดว่าผู้บริโภคจะยอมรับ หรือเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ก็คือปัจจัยด้านความรู้สึก ซึ่งกลิ่นก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากในปัจจัยด้านความรู้สึก

กลิ่น หมายถึง สิ่งที่รับความรู้สึกทางจมูกโดยตรง กลิ่นเป็นสารเคมีที่ระเหยง่าย เพราะมีจุดเดือดต่ำ ดังนั้นอาหารที่ผ่านการแปรรูปโดยใช้ความร้อนสูงจึงสูญเสียกลิ่นไปมาก ทำให้ต้องแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการเติมกลิ่นลงในผลิตภัณฑ์ หรือหาวิธีการที่จะรักษากลิ่นให้คงอยู่มากที่สุด เช่น เติมสารบางชนิดที่ช่วยในการจับกลิ่น สารจับกลิ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น แป้งเดกซ์ทริน(dextrin)ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรสต่างๆ คอร์นซีรัปโซลิด(corn syrup solid) แป้งที่ผ่านกระบวนการดัดแปลง(modified starch) และสารพวกกัม(gum)

มอลโทเดกซ์ทริน(maltodextrin)⁽²⁷⁾ เป็นของผสมของโพลิเมอร์ของน้ำตาลที่รับประทานได้ ไม่มีความหวาน ประกอบด้วยหน่วยย่อยของดี-กลูโคส (D-glucose) ที่เชื่อมกันด้วยพันธะ α -(1,4) มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (DE) น้อยกว่า 20 มอลโทเดกซ์ทรินมีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 900-9000 มักเตรียมโดยการย่อยสลายเป็นบางส่วนของแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์ที่เหมาะสมและปลอดภัย มอลโทเดกซ์ทรินในทางการค้าจะถูกเตรียมขึ้นมาในลักษณะของซีรัปหรือในลักษณะของแป้งที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย นำมาใช้ประโยชน์ในด้านการจับกลิ่น ใช้เป็นตัวพา (carrier) เป็นสารเพิ่มปริมาตร ใช้ในด้านการแพทย์และโภชนาการ ใช้เป็นสารแทนไขมัน ใช้เป็นสารที่ให้ความชุ่มชื้นแก่อาหาร ใช้ในขนมหวานแช่แข็งเพื่อป้องกันการตกผลึก เป็นต้น มอลโทเดกซ์ทรินถูกนำมาใช้เป็นสารช่วยในการทำแห้งแบบพ่นฝอยในการจับกลิ่น (flavor encapsulation) มากที่สุด

ซึ่งจุดประสงค์เพื่อเตรียมกลิ่นที่มีลักษณะแห้ง (dried flavor) ในการจับกลิ่นโดยมอลโทเดกซ์ทริน อาจใช้เฉพาะมอลโทเดกซ์ทรินหรือใช้ร่วมกับสารอื่น เช่น กัมอะราบิก (gum arabic)

วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย(spray drying) ⁽²⁹⁾ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดใน การเตรียมผลิตภัณฑ์กลิ่นที่มีลักษณะเป็นผงแป้ง (powder flavor products) จากกลิ่นที่เป็นของเหลวและ เพื่อการจับกลิ่นโดยมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมการปล่อยออกมา (release) ของกลิ่น วิธีนี้เกี่ยวข้องกับ ขั้นตอนพื้นฐานคือ 1. เตรียมสารละลายของตัวพาหรือ protective matrix 2. ผสมกลิ่นเข้ากับสารละลายของตัวพาและทำให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อให้เป็นอิมัลชัน 3. ทำอิมัลชันที่ได้ให้เป็นละออง ภายในห้องที่ทำให้แห้ง (drying chamber) เพื่อระเหยน้ำออกจากเฟสของน้ำในหยดอิมัลชัน ปัจจัยที่มีความสำคัญในการผลิตในอุตสาหกรรมคือ ปริมาณของกลิ่นที่เป็นน้ำมันที่ต้องใช้ การคงอยู่และความเสถียรของน้ำมันให้กลิ่นและอัตราการละลายของผลิตภัณฑ์จับกลิ่นในน้ำ โดยทั่วไปปริมาณของน้ำมันที่ใช้ และความเสถียรของกลิ่นในผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์อย่างมากกับคุณสมบัติและปริมาณของน้ำมันให้กลิ่นต่อปริมาณอิมัลชันของตัวพา ประโยชน์ของวิธีนี้คือ สามารถปรับอัตราการระเหยของน้ำจนทำให้แห้งให้ลดลงได้อย่างน่าพอใจเมื่อใช้กับสารที่ไวต่อความร้อน ข้อดีของวิธีนี้คือ กลิ่นจะถูกกักอยู่ในอนุภาค ป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียกลิ่น และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะที่แห้งเป็นผงแป้ง ไม่ดูดความชื้น ไม่จับเป็นก้อน หรือจับเป็นก้อน สามารถรวมกับส่วนผสมของอาหารได้เป็นเนื้อเดียวกัน ความเข้มของกลิ่นและคุณภาพของกลิ่นจะยังคงถูกรักษาไว้ในระหว่างการเก็บ แม้ที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาานเมื่อนำมาผสมน้ำกลิ่นจะถูกปล่อยออกมา

1.6 เครื่องต้มผง ⁽²⁹⁾

ปัจจุบันเครื่องต้มผงเป็นเครื่องต้มอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับการนิยมนำมาใช้จากผู้บริโภค เนื่องจากมีความสะดวกต่อการใช้ การขนส่งและการเก็บรักษา เครื่องต้มผงนี้มักจะทำให้อยู่ในสภาพเข้มข้นและละลายได้ดี ตัวอย่างเช่น นมผง กาแฟผง จิงผง เก็กฮวยผง เป็นต้น สามารถแบ่งประเภทของเครื่องต้มผงตามกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.6.1 เครื่องต้มน้ำผลไม้แห้ง ผลิตโดยการสกัดน้ำผลไม้แท้ แล้วนำไปทำแห้งโดยวิธีการต่างๆ เช่น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย หรือใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นต้น วิธีนี้มีการลงทุนค่อนข้างสูง และมักพบปัญหาในเรื่องการสูญเสียกลิ่นรสเมื่อนำมาคั้นรูป

1.6.2 เครื่องต้มผงคัดแปลง เครื่องต้มประเภทนี้ได้จากการเคลือบสารให้กลิ่นรสลงไปในสารที่เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งนิยมใช้น้ำตาล แป้ง หรือนมผง ส่วนที่นำมาเคลือบเพื่อให้กลิ่นรส

จะต้องมีความเข้มข้นสูง อาจเป็นสารสังเคราะห์หรือสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ เช่น น้ำมันผิวส้ม สารสกัดจากขิง หัวน้ำเชื้อของเครื่องคั่ว เป็นต้น การเคลือบสารให้กลั่นรสลงบนส่วนประกอบหลัก ทำได้โดยการฉีดสารเคลือบเป็นฝอยลงบนส่วนประกอบหลักที่อยู่บนถาด แล้วทำให้แห้งในตู้อบ ซึ่งในขั้นตอนการเคลือบนี้อาจต้องทำซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้กลิ่นรสของเครื่องคั่วตามต้องการ

1.6.3 เครื่องคั่วผงอัดก๊าซ เป็นเครื่องคั่วผงอีกชนิดหนึ่งประกอบด้วยไซเคิลัมไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความรู้สึกซ่า และเมื่อสารนี้ทำปฏิกิริยากับกรดจะสลายตัวเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น การผลิตเครื่องคั่วผงอัดก๊าซเริ่มจากการเคลือบสารไซเคิลัมไบคาร์บอเนตด้วยกัม เพื่อป้องกันไม่ให้ไซเคิลัมไบคาร์บอเนตเกิดปฏิกิริยากับกรด หรือสลายตัวไปเสียก่อน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 120°F บดและร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดตามต้องการ แล้วจึงผสมส่วนประกอบอื่นๆลงไป เช่น กลิ่นรส สารให้ความหวาน กรดซิตริก เป็นต้น เก็บรักษาในภาชนะที่ป้องกันความชื้นและอากาศ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไซเคิลัมไบคาร์บอเนตกับกรด และป้องกันการจับตัวเป็นก้อน

1.7 การทำแห้ง

การทำแห้ง⁽³⁰⁾ คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70

ประโยชน์ของการทำแห้ง

- ก. ป้องกันการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
- ข. ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูการผลิตหรือในแหล่งห่างไกล
- ค. เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็น ทำให้ลดค่าใช้จ่าย
- ง. ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่ง
- จ. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกดจากการทำแห้งองุ่น
- ฉ. ให้ความสะดวกในการใช้งาน เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

1.7.1 การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)^(31,32,33)

ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของเหลวที่ผ่านการทำให้ข้นมาแล้วจะถูกทำให้เป็นละอองหรือหยดน้ำขนาดเล็ก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 – 200 ไมโครเมตร แล้วถูกพ่นเข้าไปในกระแสน้ำร้อนอุณหภูมิ $150 - 300^{\circ}\text{C}$ ในถังขนาดใหญ่ ทำให้ละอองฝอยของของเหลวสัมผัสกับลมร้อน และทำให้เกิดการระเหยน้ำออกจากละอองฝอย หยดของของเหลวจึงแห้งอย่างรวดเร็ว

เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก มีการควบคุมอัตราการส่งของเหลวเพื่อให้อุณหภูมิของอากาศที่จุดทางออกเท่ากับ $90 - 100^{\circ}\text{C}$ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะยังคงอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแห้ง จึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนน้อยที่สุด การไหลของอากาศอาจจะเป็นแบบขนานหรือแบบสวนทางก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นผงขนาด $50 - 500\ \mu\text{m}$ ผลิตภัณฑ์ที่แห้งจะเคลื่อนที่มารวมอยู่ที่ด้านล่างของเครื่องและถูกเคลื่อนย้ายโดยเครื่องลำเรียงแบบเกลียว(screw conveyor) หรือโดยระบบนิวเมติกส์โดยใช้ไซโคลน(ภาพ1.2) มีการออกแบบเครื่องทำแห้งโดยใช้เครื่องอะตอมไมเซอร์ ระบบการให้ความร้อน และระบบการเก็บผลิตภัณฑ์แบบต่างๆ เนื่องจากความต้องการอาหารจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความหลากหลายมาก เช่น นม ไข่ กาแฟ โกโก้ น้ำผลไม้ สารสกัดจากเนื้อและยีสต์ เป็นต้น นอกจากผลิตภัณฑ์อาหารแล้วยังใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอก ยางสังเคราะห์(synthetic resin) และวัตถุดิบของเซรามิก เป็นต้น เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้อยแต่มูลค่าสูง เช่น เอนไซม์และกลั่น จนถึงขนาดอุตสาหกรรมซึ่งสามารถผลิตนมผงได้ถึง 80,000 กิโลกรัมต่อวัน

ข้อดีของการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือ

- ก. เนื่องจากของเหลวถูกพ่นฝอยให้เป็นละอองขนาดเล็กก่อนทำแห้ง จึงทำให้มีพื้นที่ผิวในการสัมผัสความร้อนมาก ดังนั้นอัตราการแห้งจึงมีความเร็วสูง และเวลาที่ต้องใช้ทำแห้งก็สั้น (ประมาณ 5 – 30 วินาที) จึงสามารถทำแห้งวัสดุที่เสื่อมเสียง่ายโดยความร้อนได้
- ข. สามารถผลิตอาหารแบบต่อเนื่องในปริมาณมากได้
- ค. ใช้แรงงานน้อย การใช้และดูแลรักษาง่าย

ข้อจำกัดของการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือ

- ก. ใช้เงินลงทุนสูง
- ข. อาหารที่จะทำแห้งต้องเป็นของเหลว

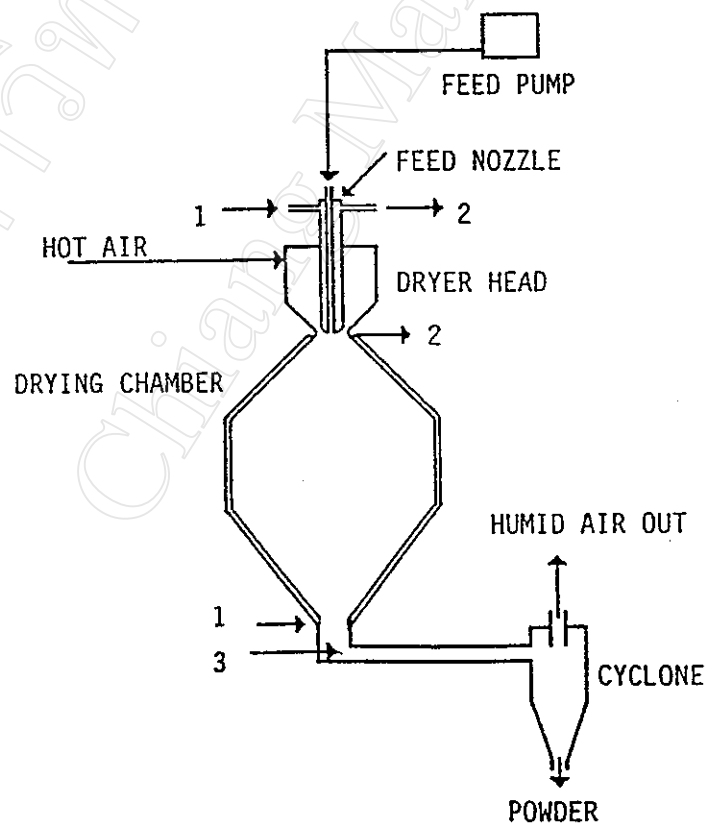
1.7.2 การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryers หรือ roller dryers)^(31,32)

มีการให้ความร้อนลูกกลิ้งที่ทำจากโลหะเหล็กปลอดสนิมทรงกระบอกกลวงซึ่งหมุนอย่างช้าๆ โดยใช้ไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ $120 - 170^{\circ}\text{C}$ (ภาพ1.3) อาหารจะแผ่เป็นชั้นบางๆ อย่างสม่ำเสมอบนผิวของลูกกลิ้งโดยการจุ่ม หรือการฉีดพ่น ความร้อนจะถ่ายเทจากลูกกลิ้งไปยังอาหารทำให้น้ำระเหยออกไป อาหารแห้งนี้จะถูกขูดออกโดยใบมีดซึ่งจะสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอก่อนที่จะถูกกลิ้งจะหมุนครบ 1 รอบ เครื่องทำแห้งนี้อาจประกอบด้วยลูกกลิ้ง 1 หรือ 2 ลูกก็ได้ แต่นิยมใช้ลูกกลิ้งเดี่ยวมากกว่าเพราะมีความยืดหยุ่นในการใช้มากกว่าแบบ 2 ลูก เนื่องจาก

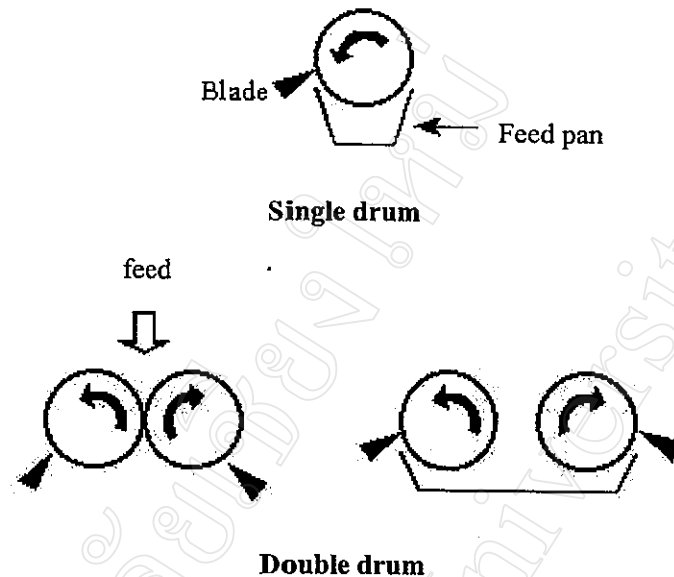
มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวของลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งสูงกว่า ลูกแครง่ายๆ ไม่มีความเสียหายเนื่องจากวัตถุต่างๆ หล่นลงไประหว่างลูกกลิ้ง

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งในอัตราการอบแห้งและประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง เหมาะกับอาหารเหลวที่มีขนาดของอนุภาคใหญ่เกินกว่าจะใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย อย่างไรก็ตามต้องใช้เงินลงทุนสูงและอาหารที่ไวต่อความร้อนอาจเกิดความเสียหายได้ มีการใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งในการทำแห้งอาหารชนิดต่างๆ เช่น มันฝรั่งแผ่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้สุกแล้วจากรั้วพืช กากน้ำตาล ซุปแห้งและเนื้อผลไม้บางชนิด โปรตีน และหางนม เป็นต้น

มีการพัฒนาการออกแบบลูกกลิ้งเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งการใช้ลูกกลิ้งเสริมเพื่อแยกและเติมอาหารใหม่ระหว่างการทำแห้ง หรือการใช้ความเร็วลมสูงเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้งหรือการใช้อากาศเย็นเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง มีการใช้ลูกกลิ้งในระบบสุญญากาศเพื่อทำแห้งอาหารที่อุณหภูมิต่ำลง แต่ทั้งนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงและจำกัดการใช้ระบบดังกล่าวกับอาหารที่ไวต่อความร้อนที่มีคุณค่าสูงเท่านั้น

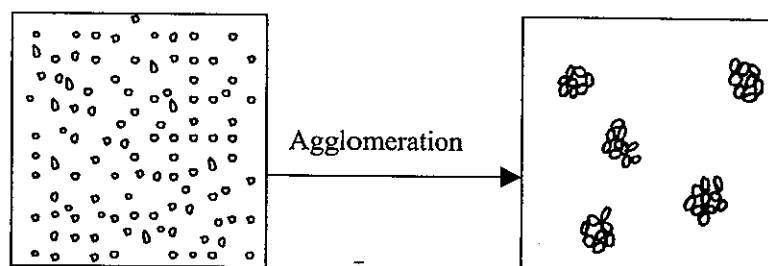


ภาพ 1.2 ส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบพ่นแบบพ่นฝอยอย่างง่าย⁽³⁴⁾

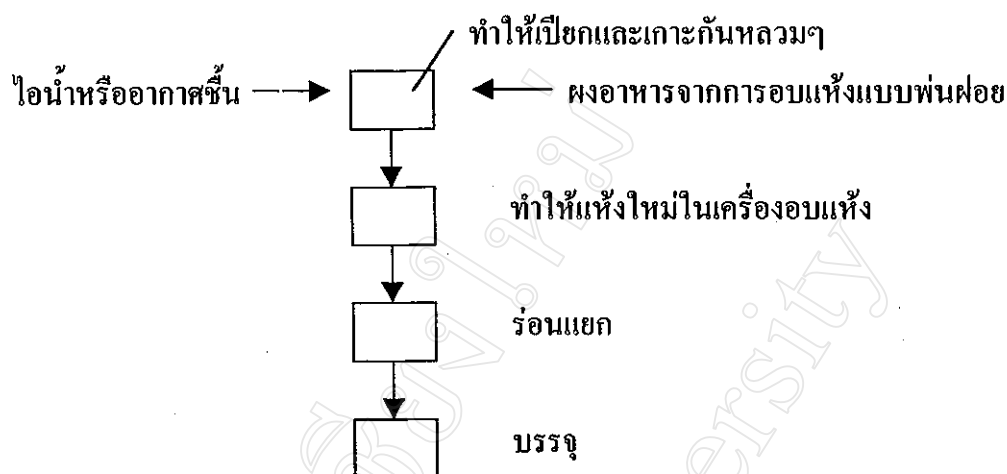


ภาพ 1.3 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง^(31,32)

การทำให้ผงแห้งสามารถละลายได้ทันทีทำได้โดยการทำให้ผลิตภัณฑ์รวมกลุ่มเป็นก้อนที่มีลักษณะรูพรุน(agglomerate)^(31,32) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของแต่ละอนุภาคที่มีขนาดเล็กละเอียดเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น การจับตัวของแต่ละอนุภาคนั้นจะมีจุดสัมผัสกันน้อยมาก (ภาพ 1.4) ผิวของแต่ละอนุภาคจึงเปียกง่ายเมื่อมีการเติมน้ำใหม่ ผงเหล่านี้จะจมลงใต้ผิวน้ำ และอนุภาคจะแตกตัวออกจากกันหลังจากแต่ละอนุภาคได้ดูดซับน้ำอย่างทั่วถึงแล้ว ลักษณะดังกล่าวเรียกว่าความสามารถในการเปียก(wettability) ความสามารถในการจม(sinkability) ความสามารถในการกระจาย(dispersibility) และความสามารถในการละลาย(solubility) ตามลำดับ สำหรับผงละลายทันที(instant) ต้องใช้เวลาสำหรับขั้นตอนทั้ง 4 เป็นเวลาไม่กี่วินาที ขั้นตอนพื้นฐานของการทำให้เกิดการรวมกลุ่มของผลิตภัณฑ์ผงมี 4 ขั้นตอน คือ การทำให้ผิวนอกของอนุภาคผงแห้งเปียกโดยใช้ไอน้ำ ละอองน้ำ หรือทั้งสองอย่าง การทำให้อนุภาคผลิตภัณฑ์ผงจับหรือรวมกลุ่มกันเป็นก้อน แล้วทำให้แห้งอีกครั้ง และการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เย็นลงพร้อมที่จะบรรจุต่อไป



ภาพ 1.4 ลักษณะของผงอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ทันที



ภาพ 1.5 ขั้นตอนในการทำให้ผงอาหารเกาะกันเป็นก้อนหลวมๆ⁽³¹⁾

1.8 แก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมตรี (Gas Chromatography – Mass Spectrometry)

แก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมตรี⁽³⁵⁾ หรือที่นิยมเรียกโดยย่อว่า GC-MS เป็นเทคนิคที่รวมแก๊สโครมาโทกราฟีเข้ากับแมสสเปกโตรเมตรี ทำให้สามารถแยกและบอกเอกลักษณ์ (identity) ของสารประกอบถึง 200 – 300 ชนิด จากการฉีดสารตัวอย่างเพียงครั้งเดียว GC-MS เป็นเทคนิคมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบสารพิษตกค้างในพืช ผัก ผลไม้ และตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ นอกจากนี้ GC-MS ยังเป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบควบคุมคุณภาพอาหาร ยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี ในทางการแพทย์ก็มีการใช้เทคนิค GC-MS ตรวจสอบสารประกอบอินทรีย์บางอย่างที่บ่งบอกสัญญาณของโรค นอกจากนี้ในวงการกีฬาก็ได้มีการใช้เทคนิค GC-MS ในการตรวจสอบสารกระตุ้นต้องห้ามจากปัสสาวะของนักกีฬา เป็นต้น

1.8.1 แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography)^(35,36)

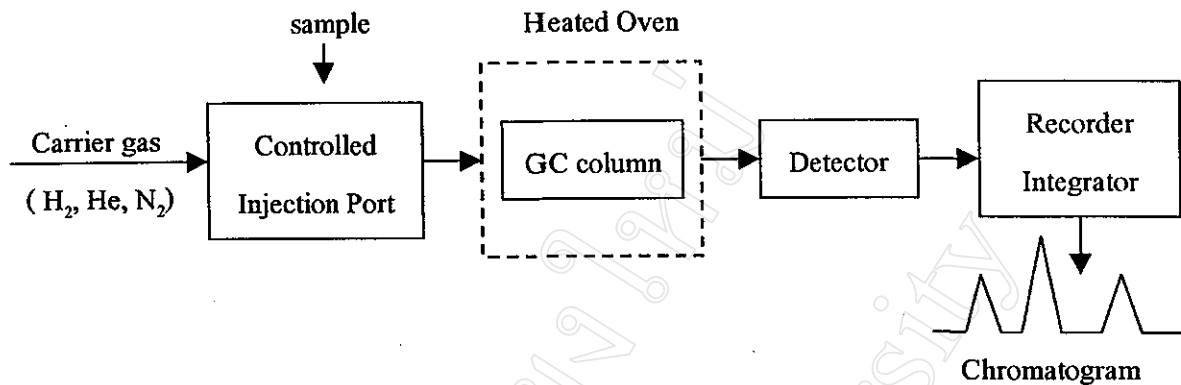
ในปี ค.ศ. 1906 Michael Tswelf นักพฤกษศาสตร์ชาวรัสเซียได้ค้นพบวิธีการทางโครมาโทกราฟี เมื่อเขาพยายามที่จะแยกสีจากใบของพืช โดยผ่านสารละลายที่ได้จากการสกัดใบไม้ลงไปในคอลัมน์ซึ่งบรรจุด้วยอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต สีแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของใบไม้จะเคลื่อนที่ผ่านไปตามคอลัมน์ด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน และผลสุดท้ายจะแยกออกจากกัน เกิดเป็นแถบสีแตกต่างกันเป็นชั้นๆ ดังนั้นคำว่า “Chromatography” มาจากคำว่า “chroma” แปลว่า สี และคำว่า “graphy” แปลว่า การเขียน

โครมาโทกราฟี เป็นวิธีการแยกสารผสมที่อาศัยความสามารถในการกระจายตัวที่ต่างกันของสารแต่ละชนิดในวัฏภาค 2 วัฏภาค คือวัฏภาคคงที่ (stationary phase) และวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) เมื่อสารประกอบในของผสมเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคคงที่ โดยมีวัฏภาคเคลื่อนที่นำไป สารจะถูกเห็นขั้วร้งมากน้อยแตกต่างกันไป เนื่องจากความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน และจะถูกแยกออกจากกัน สารที่มีความสามารถในการละลายในวัฏภาคคงที่มากกว่า ก็จะใช้เวลามากกว่าในการเคลื่อนที่ออกมาจากคอลัมน์ ทำให้สารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดกระบวนการแยกชั้น และการที่สารจะแยกจากกันได้นั้นจะต้องเลือกวัฏภาคทั้งสองของระบบให้เหมาะสม

แก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography) หรือที่นิยมเรียกชื่อย่อกันว่า GC เป็นรูปแบบหนึ่งของกระบวนการแยกสารทางโครมาโทกราฟี James และ Martin ผู้ให้กำเนิด GC ได้เป็นผู้เริ่มใช้แก๊สเฉื่อยเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่หรือแก๊สพา (carrier gas) ในปี ค.ศ. 1952 วัฏภาคคงที่เป็นของเหลวที่มีมวลโมเลกุลสูง ซึ่งอยู่ที่พื้นที่ผิวละเอียดของอนุภาคของสารแข็งรองรับ (solid support) แต่ในปัจจุบันนิยมเคลือบของเหลวที่เป็นวัฏภาคคงที่ไว้บนผนังด้านในของท่อคาปิลลารี (capillary tube) ที่มีขนาดเล็กยาว

เงื่อนไขที่สำคัญที่สุดสำหรับสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์โดย GC ได้ก็คือ สารตัวอย่างจะต้องอยู่ในสถานะที่เป็นไอ ขณะที่อยู่ภายในระบบการวิเคราะห์ สารตัวอย่างจึงเป็นไปได้อย่างทั่วถึงของเหลว และในบางกรณีอาจจะเป็นของแข็งก็ได้

เครื่อง GC (gas chromatograph) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ไม่ซับซ้อนมากนัก (ภาพ 1.6) โดยปกติมักจะใช้แก๊สฮีเลียม ไฮโดรเจน หรือไนโตรเจนที่อัดอยู่ในถังเป็นแก๊สพา การไหลของแก๊สพาเข้าสู่ตำแหน่งฉีดสารสามารถควบคุมได้โดยใช้มาตรปรับความดัน (pressure regulators) คอลัมน์ GC อยู่ต่อกันกับตำแหน่งฉีดสาร (injector) และสารตัวอย่างมีการนำเข้าสู่แก๊สพาที่อุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้องค์ประกอบของสารตัวอย่างทั้งหมดกลายเป็นไอ ดีเทคเตอร์ (detector) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากทางออกของคอลัมน์ ทำหน้าที่ตรวจวัดองค์ประกอบต่างๆ ของสารตัวอย่าง ดีเทคเตอร์จะต้องไม่ไวต่อแก๊สพาในขณะที่สามารถตรวจวัดองค์ประกอบที่ออกมา การบันทึกการตอบสนองของดีเทคเตอร์เทียบกับเวลาทำให้ได้สิ่งที่เรียกว่า โครมาโทแกรม (chromatogram)



ภาพ 1.6 แผนภาพแสดงอุปกรณ์เครื่อง GC (Gas Chromatograph)

การฉีดสารตัวอย่าง (sample injection) ในการวิเคราะห์โดย GC มีความสำคัญอย่างมาก เทคนิคการฉีดที่ไม่ดีทำให้ความสามารถในการแยกของคอลัมน์ลดลงได้ และมีผลต่อคุณภาพของผลการทดลองในเชิงปริมาณไปด้วย สารตัวอย่างจะต้องมีองค์ประกอบที่เป็นตัวแทนของของผสมที่ต้องการวิเคราะห์อย่างแท้จริง ปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีดก็ต้องไม่มากเกินไปที่วิญญาคงที่จะรับได้ มิฉะนั้นจะทำให้สมรรถนะของคอลัมน์ลดลงได้ มีการพัฒนาวิธีการหลากหลายวิธีที่จะนำสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ วิธีปกติในการนำสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ คือ การฉีดสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวเข้าสู่คอลัมน์โดยผ่านเซพตัม (Septum) เข้าสู่พอร์ตฉีดสารที่ร้อน (heated injection port) ที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ $200 - 300^{\circ}\text{C}$ ดังนั้นของเหลวที่ถูกฉีดจึงผ่านกระบวนการทำให้กลายเป็นไออย่างรวดเร็ว แล้วแก๊สพวจะนำสารตัวอย่างที่กลายเป็นไอแล้วผ่านเข้าสู่คอลัมน์

คอลัมน์ GC ที่ใช้กันโดยทั่วไปจัดได้เป็นสองประเภท คือ แพ็คคอลัมน์ (packed column) และ คอลัมน์ประเภท WCOT (wall - coated open tubular column) หรือ คาปิลลารีคอลัมน์ (capillary column) คุณลักษณะที่สำคัญสองอย่างของคอลัมน์จะต้องมี คือ วิญญาคงที่จะต้องสร้างขึ้นในลักษณะที่ควบคุมความหนาของฟิล์ม ให้สม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ โดยปกคลุมผิวของสารรองรับ ซึ่งควรที่จะมีความเฉื่อยทางเคมีให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ฟิล์มของของเหลวที่เป็นวิญญาคงที่จะต้องเสถียรต่อความร้อน (thermally stable) โดยไม่สลายตัว หรือกลายเป็นไอที่อุณหภูมิที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์

แพ็คคอลัมน์ มีความสามารถในการแยกต่ำกว่าคอลัมน์แบบ WCOT แต่เป็นคอลัมน์ที่มีความจุมากกว่า ซึ่งทำให้การนำสารเข้าสู่คอลัมน์ง่ายขึ้น ทั้งยังมีองค์ประกอบของสารตัวอย่างในปริมาณมากขึ้นสำหรับการนำเข้าสู่ดีเทคเตอร์ แพ็คคอลัมน์สำหรับงานวิเคราะห์โดยทั่วไปมีความยาว 2-5 ม. และ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2 มม. เป็นคอลัมน์ที่ใช้อัตราการใช้ของแก๊สพาประมาณ 20-50 มล./นาที

คอลัมน์แบบ WCOT ทำจากโลหะ แก้ว หรือฟิวส์ซิลิกา (fused silica) คอลัมน์แบบ WCOT ที่ทำจากฟิวส์ซิลิกาที่บริสุทธิ์และแข็งแรงทนทานเป็นพิเศษ มีความยืดหยุ่นพอที่จะขดเป็นวงได้โดยไม่แตกหัก ทั้งชนิดวัฏภาคคงที่มีหัวและไม่มีหัวที่จำหน่ายกันมีประสิทธิภาพสูงและให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีเยี่ยม คอลัมน์ที่ผลิตกันในลักษณะนี้มีความยาว 10-100 ม. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.20-0.35 มม. และใช้อัตราการไหลของแก๊สพา 2-5 มม./นาที่

ในแก๊สโครมาโทกราฟี ปัญหาสำคัญของการตรวจวัดอยู่ที่การรับรู้ปริมาณน้อยๆ ของสารประกอบอินทรีย์ในแก๊สพาที่เจือ ปริมาณเหล่านี้สามารถที่จะเป็นตั้งแต่ 10^{-3} กรัม ในแก๊ส 10 มม. ไปจนถึง 10^{-12} กรัมในแก๊ส 0.05 มม. ในการที่จะตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ ภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่แตกต่างกัน จึงได้มีการพัฒนาดีเทคเตอร์ขึ้นมามากมาย ดีเทคเตอร์ที่มีใช้กันมาก ได้แก่ ดีเทคเตอร์แบบเทอร์มัลคอนดักทิวิตี (thermal conductivity) แบบเปลวไอออนไนเซชัน (flame ionization) และแบบอิเล็กตรอนแคปเจอร์ (electron capture detector)

เทคนิคสำคัญอย่างหนึ่งในแก๊สโครมาโทกราฟี ก็คือ การโปรแกรมอุณหภูมิ หรือที่มักจะเรียกกันโดยย่อว่า PTGG (programmed temperature gas chromatography) เทคนิคนี้ใช้เพื่อช่วยให้การแยกดีขึ้นและลดเวลาในการวิเคราะห์ โดยเฉพาะสำหรับสารตัวอย่างที่ซับซ้อนซึ่งมีสารประกอบมากและมีช่วงจุดเดือดแตกต่างกันมาก เทคนิคนี้กระทำโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิของ GC คอลัมน์ด้วยอัตราที่แน่นอนอันหนึ่งในขณะที่การวิเคราะห์กำลังดำเนินอยู่ องค์ประกอบของสารตัวอย่างก็จะออกมาจากคอลัมน์ก่อนเวลารีเทนชันของกรณีที่ใช้ภาวะคอลัมน์ที่อุณหภูมิคงที่

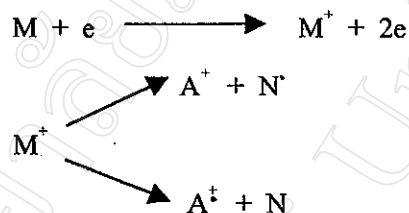
ถ้าหากภาวะการทดลองทั้งหมดสามารถกำหนดให้คงที่ได้ เวลารีเทนชันของสารประกอบทั้งหลายก็จะเป็นค่าคงที่สำหรับคอลัมน์หนึ่งๆ คอลัมน์ที่มีลักษณะจำเพาะไม่เปลี่ยนไปกับเวลาและสามารถแยกสารประกอบทั่วไปได้ ก็จะสามารถใช้สำหรับการบ่งบอกชนิดของสาร โดยอาศัยแค่เพียงพฤติกรรมรีเทนชันได้ซึ่งในความเป็นจริงแล้วไม่สามารถจะหาคอลัมน์แบบนี้ได้ แต่โดยการวิเคราะห์สารโดยใช้คอลัมน์สองคอลัมน์ หรือมากกว่าโดยมีวัฏภาคคงที่ที่แตกต่างกัน ก็สามารถใช้เวลารีเทนชันที่ได้จากแต่ละคอลัมน์ มาใช้บ่งบอกชนิดของสารโดยอาศัยข้อมูลจากเทคนิคอื่นๆ ประกอบด้วย ภาวะการทดลองที่แตกต่างกันไปเพียงเล็กน้อย มีผลทำให้เวลารีเทนชันเปลี่ยน ซึ่งทำให้การบ่งบอกผิดพลาดมากขึ้น

1.8.2 หลักการและทฤษฎีทางแมสสเปกโตรเมตรี^(35,36)

แมสสเปกโตรเมตรีเป็นเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์อีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและมวลโมเลกุลของสาร โดยอาศัยการทำให้โมเลกุลของสารแตกตัวเป็นไอออนด้วยการให้โมเลกุลรับพลังงานที่มากพอจนทำให้โมเลกุลนั้นเกิดการแตกตัวเป็น

ไอออน ซึ่งโดยทั่วไปพลังงานที่ใช้จะอยู่ในช่วง 5 – 7 eV (1 eV = 23.06 Kcal/mole) จากนั้นทำการแยกและตรวจสอบไอออนที่เกิดขึ้นนั้นอีกครั้งหนึ่ง ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ สารตัวอย่างต้องเสียไป แต่นับว่าโชคดีที่เทคนิคทางแมสสเปกโตรเมตรีนี้ใช้สารตัวอย่างน้อยมาก ส่วนข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวกับโครงสร้างมีมากมาย จึงทำให้เทคนิคนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง

เมื่อทำให้โมเลกุลของสารเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน โมเลกุลนั้นจะกลายเป็นไอออนและมีประจุบวก(molecular ion, M^+) โมเลกุลที่มีประจุบวกนี้ถ้ามีพลังงานมากพออาจเกิดการแตกตัวออกเป็นส่วนตัวๆ ซึ่งส่วนตัวๆ เหล่านี้อาจเป็นอนุภาคที่เป็นกลาง(neutral) หรืออาจเป็นไอออนย่อย(fragment ion) นั่นคือเป็นแคตไอออนแรดิคัล($A^\cdot$) หรือเป็นแคตไอออน(A^+) หรือเป็นอนุภาคที่เป็นกลาง(N) เช่น



ในทำนองเดียวกัน ถ้าไอออนย่อย ($A^\cdot$ หรือ A^+) ยังมีพลังงานมากพอก็จะแตกตัวต่อไป เกิดเป็นไอออนย่อยอันใหม่ต่อไปเรื่อยๆ จนในที่สุดเหลือพลังงานน้อยลงจนไม่พอจะแตกตัวต่อไปได้อีก เช่น



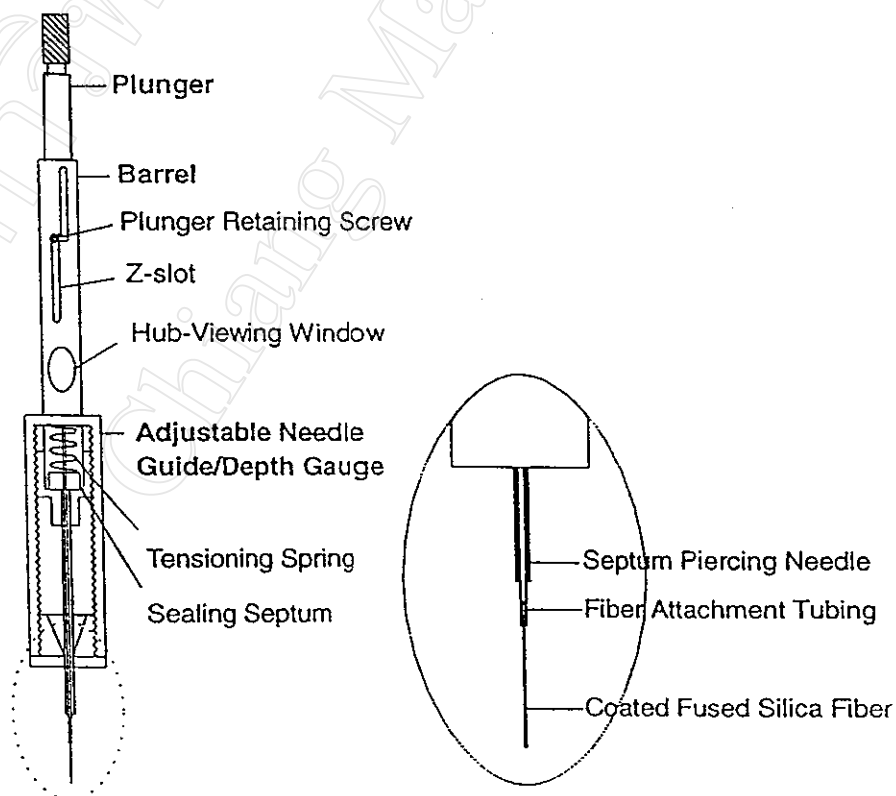
เมื่อพิจารณาจากแมสสเปกตรัม จะบ่งบอกถึงลักษณะการแตกตัวของโมเลกุลไอออน หรือรวมรูปแบบของการแตกตัวของแต่ละไอออนทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้ว ก็จะได้รูปแบบการแตกตัว(fragmentation pattern) ของโมเลกุล ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารประกอบแต่ละชนิด รูปแบบการแตกตัวนี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับสารแต่ละชนิดแล้วยังขึ้นอยู่กับพลังงานที่ใช้ โครงสร้างของโมเลกุล เวลาระหว่างการเกิดและการตรวจพบไอออนด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแมสสเปกตรัมที่ได้ไม่ใช่เพียงเป็นรูปแบบของการแตกตัวธรรมดาของสาร แต่เป็นรูปแบบของการแตกตัวของสารที่อยู่ในสถานะมีพลังงานและช่วงเวลาที่กำหนด

1.8.3 Solid Phase Micro Extraction (SPME)^(37,38,39,40)

ในการวิเคราะห์เพื่อแยกชนิดและหาปริมาณสารด้วยเทคนิคทางด้าน GC และ HPLC เพื่อให้ได้ผลที่ดีจำเป็นต้องมีสารตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง และมีสารอื่นๆ ที่เจือปนอยู่ด้วยน้อยที่สุด วิธีการเตรียมสารตัวอย่างดังกล่าวจะมีหลายขั้นตอน เสียค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากการสิ้นเปลืองสารเคมี และต้อง

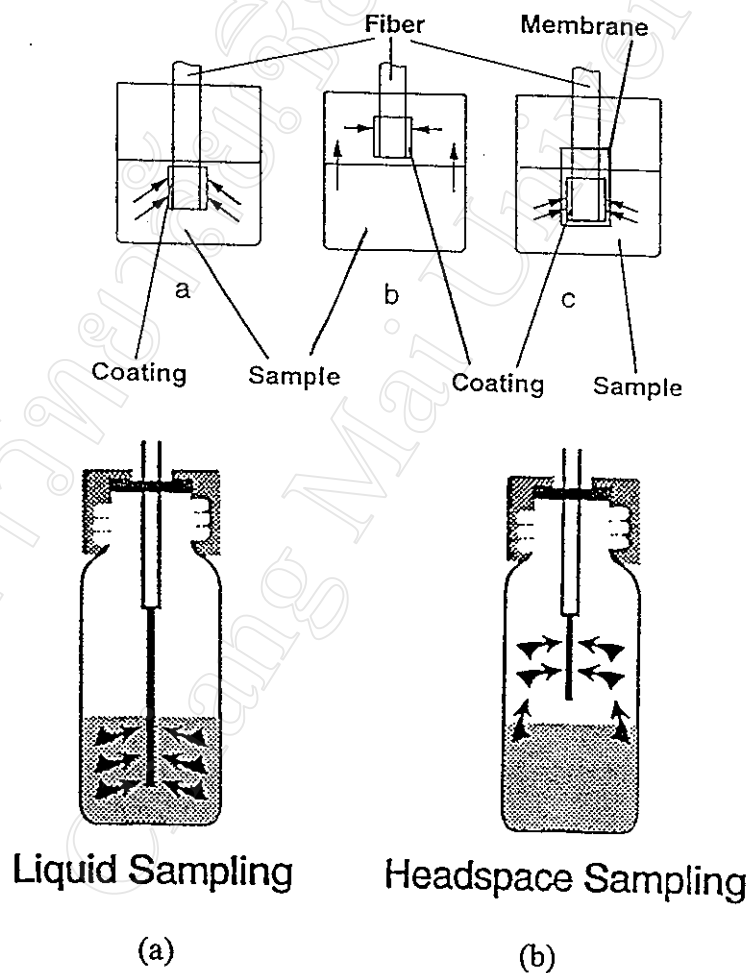
ใช้เวลามากในการเตรียมตัวอย่างแต่ละครั้ง ดังนั้นวิธีการในการสกัดสารตัวอย่างจึงถูกพัฒนาขึ้นหลากหลายวิธี เช่น สารที่สามารถเป็นไอได้ (Volatile) จะตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคของ Head Space หรือ Purge & Trap และสารที่ไม่สามารถเป็นไอได้ (Non volatile) จะตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคของ Liquid-Liquid Extraction หรือวิธี Solid Phase Extraction แต่เทคนิคดังกล่าวเป็นวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูง คุณสมบัติของเครื่องมือและเทคนิคการสกัดสารตัวอย่างในจินตนาการ คือ ใช้เวลาในการสกัดเร็ว มีประสิทธิภาพ มีความเฉพาะเจาะจง มีราคาถูก ไม่ต้องใช้ตัวทำละลายในการสกัด สามารถใช้ได้กับเครื่องมือวิเคราะห์หลายชนิด

จากปัญหาดังกล่าว นักวิเคราะห์ได้พยายามคิดค้นหาวิธีหรือเทคนิคใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้แทนวิธีการที่ใช้กันมาแต่เดิม ในปี ค.ศ. 1994 ที่มหาวิทยาลัยแห่งวอเตอร์ลู (Waterloo) ประเทศแคนาดา ได้พบเทคนิคการเตรียมตัวอย่างให้ได้สารที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วย GC และ HPLC โดยเรียกเทคนิคดังกล่าวว่า SPME (Solid Phase Micro Extraction)(ภาพ1.7) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายในขั้นตอนการสกัด ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน เทคนิคนี้สามารถนำไปใช้ได้กับสารตัวอย่างทั้งชนิดที่สามารถเป็นไอได้ และเป็นไอไม่ได้



ภาพ 1.7 ส่วนประกอบของ SPME

SPME ประกอบด้วยส่วนที่เป็นแท่งไฟเบอร์เล็ก ๆ (fused silica fiber) มีเส้นผ่านศูนย์กลางกลางขนาดใกล้เคียงกับเข็มหมุด ที่บริเวณส่วนปลายจะเคลือบด้วยสารโพลิเมอร์ เช่น Carbowax, polyacrylate หรือ polydimethylsiloxane ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของ SPME เนื่องจากสารโพลิเมอร์ดังกล่าวทำหน้าที่คอยดูดซับสารที่ต้องการแยกออกมาจากสารละลายตัวอย่างให้มาเกาะติดอยู่ที่แท่งไฟเบอร์ โดยที่แท่งไฟเบอร์นี้มีคุณสมบัติทนต่อสภาวะต่างๆ เช่น ทนต่ออุณหภูมิสูง ทนต่อการกัดกร่อนทำลายจากสารเคมี เป็นต้น และแท่งไฟเบอร์นี้จะต่อกับแท่ง stainless steel แล้วต่อเข้ากับ holder อีกชั้นหนึ่ง เพื่อความสะดวกในการใช้งานและการเก็บรักษาแท่งไฟเบอร์



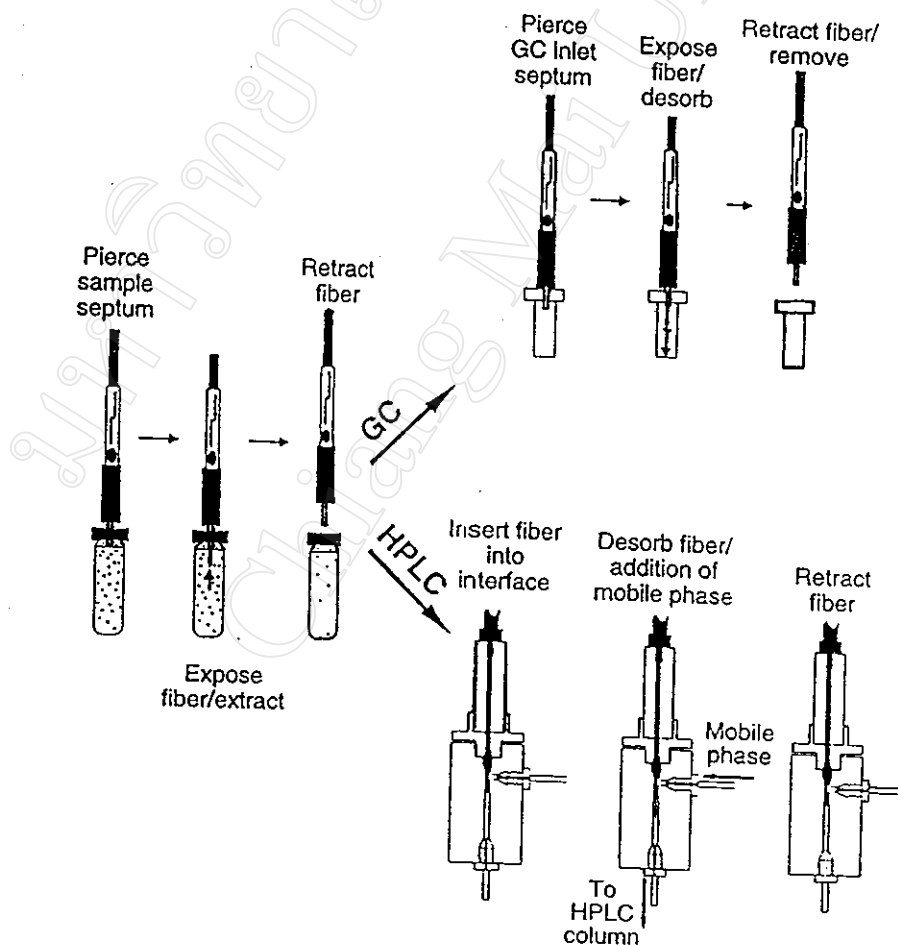
ภาพ 1.8 การสกัดสารตัวอย่างโดย SPME ไฟเบอร์

- a การสกัดโดยตรง
- b การสกัดจาก headspace
- c การสกัดโดยทางอ้อม

การสกัดสารตัวอย่างโดยใช้ SPME มีวิธีการพื้นฐาน 3 วิธี (ภาพ1.8) คือ

- ก. การสกัดโดยตรง คือ การใช้ SPME ไฟเบอร์โดยให้ส่วนที่เคลือบด้วยสารโพลิเมอร์จุ่มลงในสารละลายตัวอย่างโดยตรง
- ข. การสกัดจาก headspace คือ SPME ไฟเบอร์จะอยู่เหนือตัวอย่าง วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีเนื่องจากสามารถป้องกันการเสียหายของ SPME ไฟเบอร์จากสารที่มีมวลโมเลกุลสูง และสารปนเปื้อนที่ไม่ระเหยในตัวอย่าง
- ค. การสกัดโดยทางอ้อม เป็นการใช้ SPME ไฟเบอร์ร่วมกับเมมเบรน เพื่อป้องกันไม่ให้ SPME ไฟเบอร์เสียหายเนื่องจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์สกปรกมาก

หลักการทำงานของ SPME ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแพร่ของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์จากตัวอย่างสู่ SPME ไฟเบอร์บริเวณที่เคลือบด้วยสารโพลิเมอร์ และการปล่อยสารที่ดูดซับไว้เข้าสู่เครื่องมือวิเคราะห์ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งกับเครื่อง GC และ HPLC (ภาพ1.9)



ภาพ1.9 วิธีการใช้งาน SPME ไฟเบอร์

1.8.4 การทำอนุพันธ์⁽⁴¹⁾

เทคนิคการวิเคราะห์ของ GC เป็นเทคนิคของการแยกสารที่สามารถกลายเป็นไอได้เมื่อให้ความร้อน (ในส่วนของช่องฉีดสาร ส่วนที่เกิดการแยก และส่วนตรวจวัด) แต่เทคนิคนี้ยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์สารบางชนิด เช่น ไม่สามารถวิเคราะห์สารที่มีคุณสมบัติความเป็นขั้วหรือมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เนื่องจากสารเหล่านี้ไม่สามารถถูกทำให้กลายเป็นไอได้หมด หรือสารบางชนิดสามารถจับกับวฏภาคคงที่แน่นเกินไป รวมทั้งบางกรณีอุณหภูมิที่ใช้งานทำให้สารเหล่านี้เสื่อมสลายได้ ดังนั้นการที่จะวิเคราะห์สารเหล่านี้จึงต้องนำเทคนิคบางอย่างเข้ามาช่วยเพื่อให้สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC ได้

การทำอนุพันธ์ (derivatization) ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของสารให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ หรือทำให้การวิเคราะห์ดีขึ้น โดยอาจมีวัตถุประสงค์ หรือวิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่น เป็นการเพิ่มการกลายเป็นไอของสาร ลดความเป็นขั้วของสาร (เช่น กรดฟีนอล รวมทั้งแอลกอฮอล์และเอมีนบางตัว) ช่วยให้แยกสารได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ลดการเสื่อมสลายด้วยความร้อน (thermal degradation) ของสารตัวอย่างด้วยการทำให้มีค่าความร้อนเสถียร (thermal stability) เพิ่มการตอบสนองของตัวตรวจวัดด้วยการทำอนุพันธ์หมู่ฟังก์ชันแล้วทำให้มีความไวต่อตัวตรวจวัดเฉพาะ เพิ่มประสิทธิภาพในการแยกและลดการเกิด tailing เพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดออกจากตัวกลางเหลว แต่ใช้ว่าการเลือกทำอนุพันธ์จะมีข้อดีดังข้างต้นเพียงอย่างเดียวยังต้องคำนึงถึงข้อเสียด้วย กล่าวคือการขจัดสารหลังการทำอนุพันธ์ออกไปไม่หมดกลายเป็นสารรบกวนต่อการวิเคราะห์ได้ และเงื่อนไขในการทำอนุพันธ์อาจทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ไม่ต้องการได้ นอกจากนี้ขั้นตอนในการทำอนุพันธ์ยังเพิ่มเวลาในการวิเคราะห์อีกด้วย

ชนิดของปฏิกิริยาอนุพันธ์มีหลายแบบ แต่โดยปกติทั่วไปแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามสารที่ใช้และปฏิกิริยาที่ทำ คือ

ก. แบบ Silylation

ค. แบบ Esterification

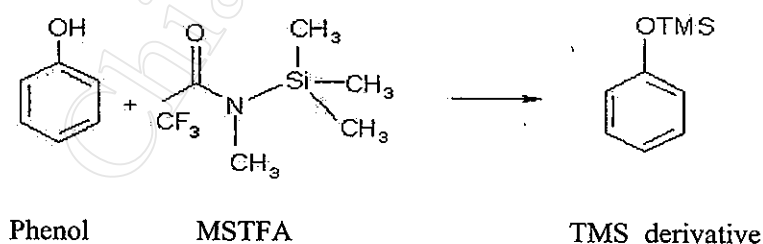
ข. แบบ Acylation

ง. แบบ Alkylation

ซึ่งในการเกิดอนุพันธ์ทุกตัวเป็นปฏิกิริยาแทนที่อะตอมไฮโดรเจนที่แอ็คทีฟของสารประกอบมีขั้ว เช่น หมู่NH หมู่OH หมู่SH ด้วยขั้นตอนทางเคมี ในบางกรณีปฏิกิริยาอนุพันธ์มักเกิดขึ้นทันทีเมื่อมีการผสมสารที่ทำอนุพันธ์กับตัวอย่างในตัวทำละลาย เช่น ปฏิกิริยา acylation แต่ในหลายปฏิกิริยาก็เกิดช้าจำเป็นต้องใช้ความร้อนเข้าช่วย ดังนั้นการทำอนุพันธ์แต่ละชนิดจึงใช้เวลาต่างกัน สารที่นำมาทำอนุพันธ์มัก reactive สูงเมื่อสัมผัสกับอากาศและความชื้น ดังนั้นจึงควรเก็บโดยป้องกันให้มีอากาศและความชื้นน้อยที่สุด เนื่องจากในการทำอนุพันธ์จะใช้สารที่ทำอนุพันธ์ปริมาณน้อยระดับไมโครลิตร ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณจึงต้องมีความแม่นยำ

และถูกต้อง (เมื่อมีการทำซ้ำ) ส่วนการทำความสะอาดอุปกรณ์ควรใช้สารทำความสะอาดที่แรง ตามด้วยน้ำ และเมธานอล อนุพันธ์ที่ได้มักมีค่าความร้อนเสถียรแทบทั้งสิ้น แม้ว่าอนุพันธ์บางชนิด เช่น trimethylsilyl (TMS) อาจเกิดการเสื่อมสลายบนวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม เช่นที่ช่องฉีดสารที่อุณหภูมิสูงกว่า 210°C ก็ตาม สำหรับตัวทำละลายในการทำปฏิกิริยามักใช้ไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากมีความเหมาะสมและสามารถใช้เป็นตัวล้างกรด และคะตาลีสต์เบสได้ นอกจากนี้ยังมี โทลูอีน เมธานอล โดยตัวทำละลายเหล่านี้ต้องมีความบริสุทธิ์สูง และเก็บภายใต้แก๊สไนโตรเจน ส่วนตัวทำละลาย เช่น น้ำ ไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากมีอะตอมของไฮโดรเจนที่แอ็คทีฟ ส่วนตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน จะไม่นิยมใช้ เนื่องจากมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาซ้ำ

การทำปฏิกิริยาอนุพันธ์แบบ Silylation (ภาพ 1.10) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการแยกหมู่ฟังก์ชันที่มีปัญหาในการแยกด้วยวิธีทาง GC อาทิ หมู่ไฮดรอกซิล กรดคาร์บอกซิลิก เอมีน ไธอัล ฟอสเฟต โดยใช้หมู่ alkylsilyl เช่น $-\text{SiMe}_3$ มาแทนที่ไฮโดรเจนที่แสดงความเป็นกรด อนุพันธ์ที่ได้นี้มักมีความเป็นขั้วต่ำ ระเหยง่าย และมีค่าความร้อนเสถียร สารก่ออนุพันธ์ที่ใช้กันคือ trimethylsilyl (TMS) ปฏิกิริยา Silylation นี้มักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (ภายใน 5 นาที) โดยมีไพรีดีนเป็นตัวทำละลาย สารที่นิยมใช้ทำอนุพันธ์ TMS คือ Trimethylchlorosilane(TMCS), Hexamethyldisilazane(HMDS), N-methyl-N-(trimethylsilyl)acetamide(MSTA), N-methyl-N-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide(MSTFA), N,O-bis-(trimethylsilyl)acetamide(BSA), N,O-bis-(trimethylsilyl)trifluoroacetamide(BSTFA), N-trimethylsilyldiethylamine(TMSDEA) และ N-trimethylsilylimidazole(TMSIM) เป็นต้น



ภาพ 1.10 ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยา Trimethylsilylation ของฟีนอล

1.9 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาและเปรียบเทียบสารให้กลิ่นและสารประกอบหลักในน้ำฉะก๊วย และน้ำฉะก๊วยทำแห้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการผลิตฉะก๊วยผง และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชนิดใหม่ที่สามารถปรุงรับประทานง่าย เก็บรักษาได้นานและสะดวก โดยมีคุณภาพใกล้เคียงกับฉะก๊วยสด