

บทที่ 3

ระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ด

การพัฒนาระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดนี้ได้ทำการรวบรวมแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดจากเอกสารวิชาการ และอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการซักถามผู้เชี่ยวชาญจากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีประสบการณ์ และความรู้ทางด้านการผลิตยาเม็ดโดยตรง แล้วผู้ทำการศึกษาได้นำมาทำการจัดเรียงความรู้ใหม่ในรูปแบบฐานกฎป้อนลงในเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้ทำการศึกษาได้เลือกใช้โปรแกรมช็อคลิปส์ เป็นเครื่องวินิจฉัย และมีแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ด โดยมีรายละเอียดดังนี้

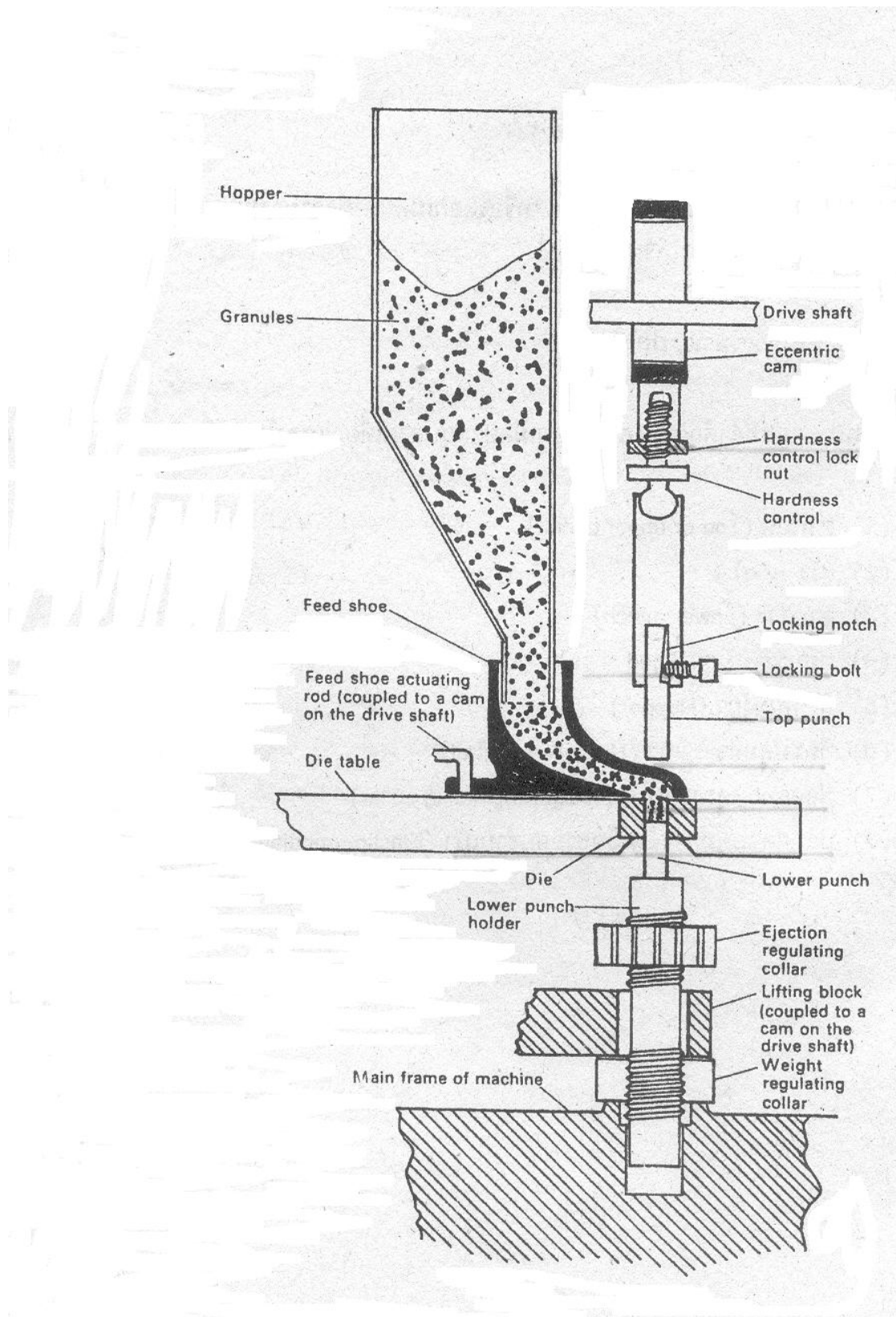
3.1 เครื่องตอกยาเม็ด

เครื่องมือที่ใช้ในการอัดยาเม็ดเรียกว่า เครื่องตอกยาเม็ด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะโครงสร้างของเครื่องมือดังนี้

3.1.1 เครื่องตอกยาเม็ดแบบสากเดี่ยว

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องตอกยาเม็ดแบบสากเดี่ยวแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งได้แก่

1. สากบน(Top or upper punch)
2. เป้า (Die)
3. สากล่าง (Lower punch)
4. ท่อบรรจุผงยา (Feed shoe)
5. ถังเก็บผงยา (Hopper)
6. ที่ควบคุมความแข็ง(Hardness control)
7. ปลอกควบคุมน้ำหนัก (Weight regulating collar)
8. ปลอกควบคุมการดันเม็ดยาออกจากเป้า(Ejection regulating collar)



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องตอกยาเม็ดแบบสากลเดียว

การทำงานของเครื่องตอกแบบสากลเดี่ยว แสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การบรรจุผงยาหรือแกรนูล

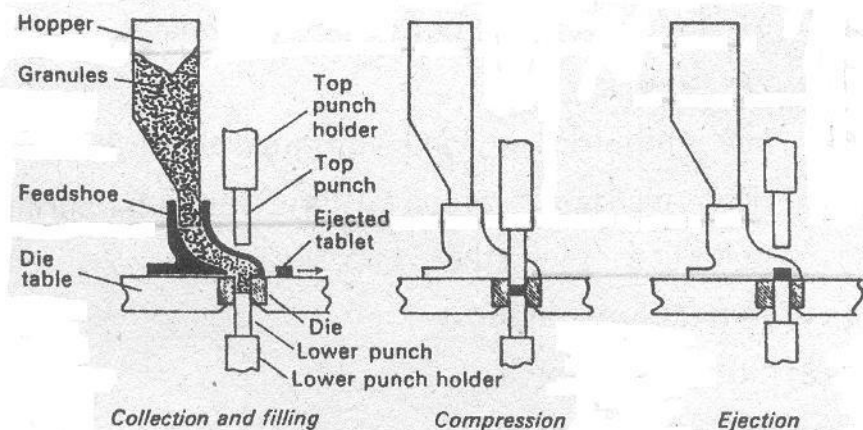
ผงยาจะไหลจากถังเก็บโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ผ่านท่อบรรจุไปยังเป้า ซึ่ง
 สากล่างจะอยู่ในระดับต่ำสุด

2. การอัด

หลังจากการบรรจุแล้ว ท่อบรรจุก็จะถอยออกไป แล้วสากบนจะเคลื่อนที่ลงมา
 อัดผงยาที่อยู่ในเป้าจนถึงระดับต่ำสุด

3. การดันเม็ดยาออกจากเป้า

เมื่อสากบนยกขึ้นสากลล่างก็จะเคลื่อนที่ขกสูงเช่นกัน เพื่อดันยาเม็ดที่เกิดจากการอัด
 ขึ้นไปจนพ้นเป้า และท่อบรรจุก็เคลื่อนที่มาปิดเม็ดยาออกไป และเป็นการกลับสู่
 ขั้นตอนที่ 1 ใหม่



รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของเครื่องตอกยาเม็ดชนิดสากลเดี่ยว

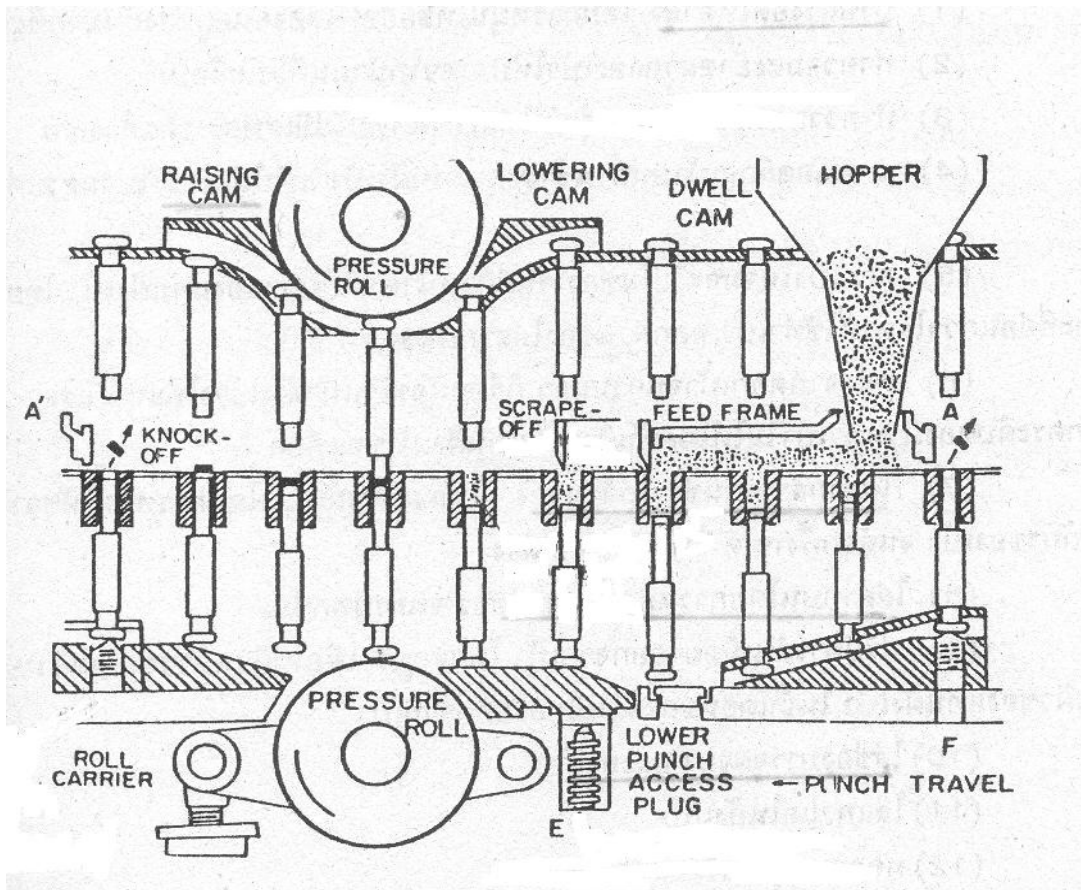
3.1.2 เครื่องตอกยาเม็ดแบบหมุนรอบ

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องตอกยาเม็ดแบบหมุนรอบ แสดงในรูปที่ 3.3

ซึ่งได้แก่

1. สากบน(Top or upper punch)
2. เป้า (Die)
3. สากล่าง (Lower punch)
4. ช่องบรรจุผงยา (Feed frame)

5. แผ่นฝังเบ้า (Die plate)
6. ถังเก็บผงยา
7. ล้ออัด(Pressure wheel)



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องตอกยาเม็ดแบบหมุนรอบ

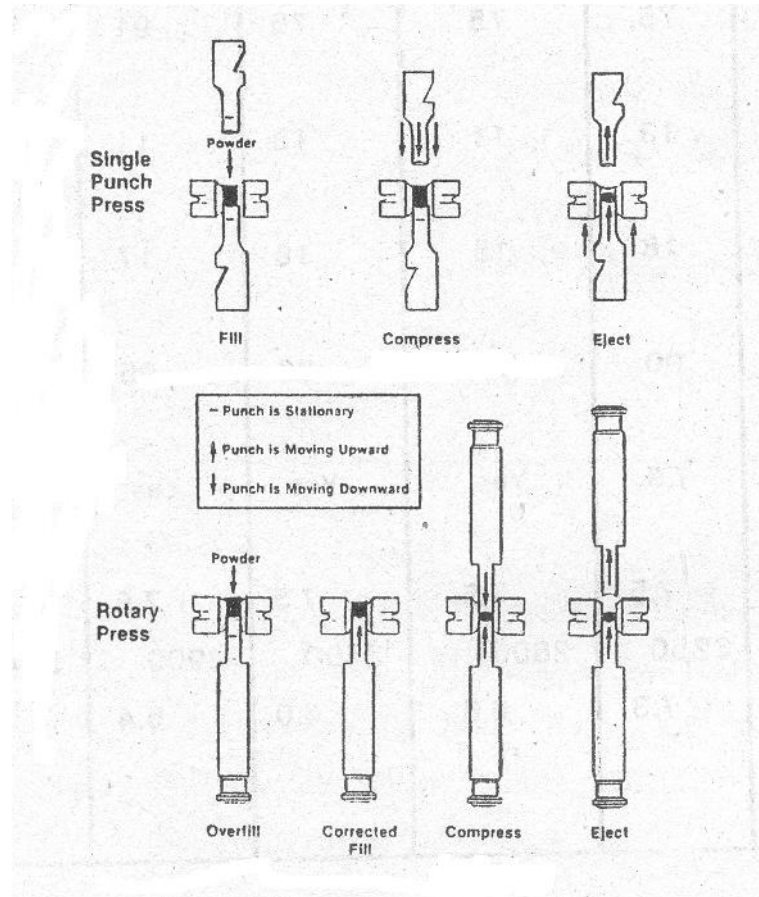
การทำงานของเครื่องตอกเม็ดยาแบบหมุนรอบ

เริ่มจากจุด A ดังในรูปที่ 3.3 เมื่อผงยาหรือแกรนูลจากถังเก็บไหลลงช่องบรรจุผงยาแผ่นฝังเบ้าก็จะหมุนนำเข้ามารับผงยา จนเต็มเบ้าจากนั้นสากล่างจะยกตัวสูงขึ้น ให้ผงยาส่วนเกินถูกปาดออกไปโดยแผ่นกวาดที่ติดกับส่วนปลายสุดของช่องบรรจุ ซึ่งน้ำหนักของผงยาจะขึ้นกับการปรับระดับของสากล่างที่จุดนี้

เมื่อแผ่นฝังเบ้าหมุนต่อไป สากล่างจะลดระดับลงเล็กน้อย ระดับของผงยาที่จะยุบตัวตามลงมาด้วย โดยไม่มีการเพิ่มของผงยา เพราะเหตุการณ์เกิดขึ้นที่จุดเลยจากช่องบรรจุมาแล้ว ทั้งนี้เป็นการป้องกันการฟุ้งกระจายของผงยา เมื่อสากบนเคลื่อนที่ลงมาอัดผงยาในขั้นตอนต่อไป

ต่อมาเมื่อแผ่นฝังเบ้าหมุนมาถึงล้ออัดทั้งสองล้อที่อยู่ในแนวแกนเดียวกัน สากล่างจะยกตัวสูงขึ้น ขณะเดียวกันสากบนก็จะเคลื่อนที่ลงมาตามร่องที่กำหนด ผงยาที่จะถูกอัดเป็นเม็ด โดยการ

เคลื่อนที่ของทั้งสากบนและสากล่าง ซึ่งจะต่างจากการอัดโดยใช้เครื่องตอกแบบสากเดี่ยวดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องตอกยาเม็ดชนิดสากเดี่ยวและเครื่องตอกยาเม็ดแบบหมุนรอบ

3.2 ปัญหาการผลิตยาเม็ดและแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ด

ปัญหาในการผลิตยาเม็ดจะเกิดขึ้นเสมอทั้งในการผลิตยาเม็ดซึ่งทำอยู่เป็นประจำ และในการพัฒนาตำรับยาเม็ด ดังนั้นการศึกษาถึงสาเหตุซึ่งอาจเกิดจากตำรับยาเม็ดหรือเครื่องมือในการผลิตยาเม็ดหรือหลายๆ สาเหตุรวมกัน เพื่อที่จะแก้ไขได้อย่างถูกต้องจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยได้รวมปัญหาและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะการแก้ปัญหาค้ำยคลึงกันมารวมอยู่ในกลุ่มปัญหาเดียวกัน ซึ่งในที่นี้ได้จัดชนิดของปัญหาออกมาเป็น 8 กลุ่มดังต่อไปนี้

1. การแยกฝ้า(Capping) และการแยกชั้น(Laminating)

การแยกฝ้า(Capping) หมายถึงการแยกตัวของฝ้าออกจากตัวยามีด จะเป็นการแยกตัวโดยเด็ดขาดหรือบางส่วนก็ได้

การแยกชั้น(Laminating) หมายถึงการแยกตัวออกเป็น 2 ชั้นหรือมากกว่านั้นของยาเม็ด การแยกตัวจะเป็นไปโดยเด็ดขาดหรือเพียงบางส่วนก็ได้เช่นกัน ซึ่งการแยกฝ้าเป็นแบบหนึ่งของการแยกชั้นของยาเม็ด แต่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยกว่า

ระบบค้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการแยกฝ้า(Capping) การแยกชั้น(Laminating)และการบิ่น(Chipping) สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.5 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการแยกฝ้า(Capping) และการแยกชั้น(Laminating) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.2

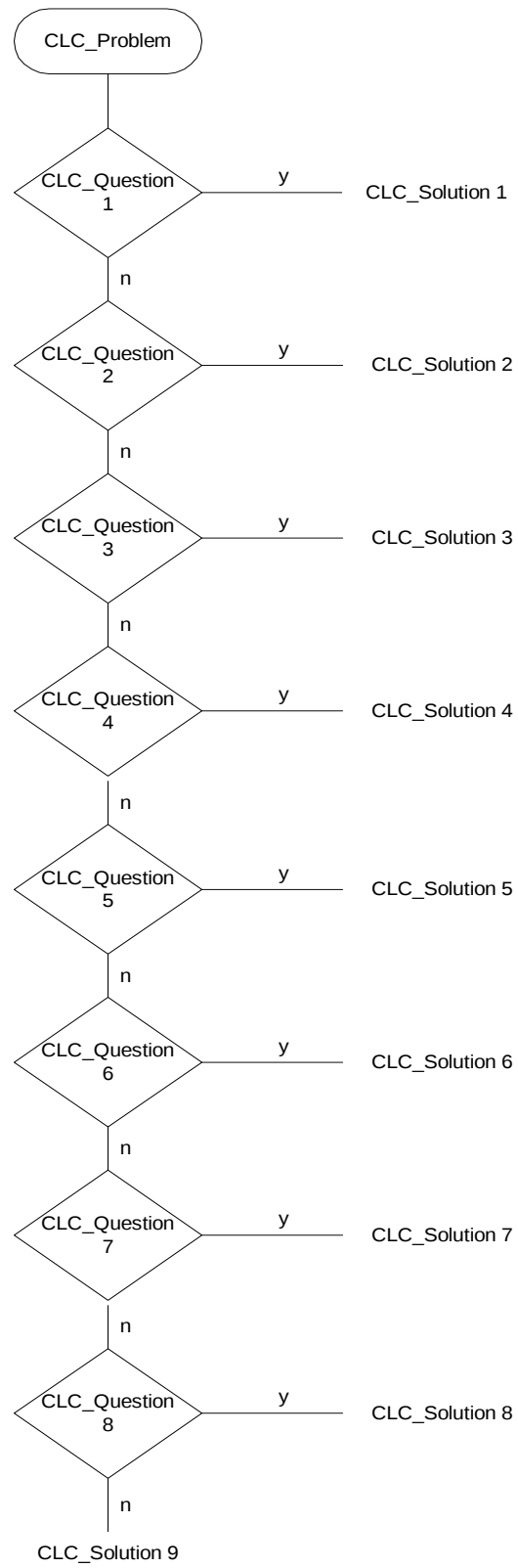
ตาราง 3.1 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดชนิดการแยกฝ้า(Capping)

การแยกชั้น (Laminating) และการบิ่น (Chipping)

ชื่อ	คำถาม
CLC-Question 1	เบ้าที่ใช้ในการผลิตยาเม็ดมีรอยลึกเป็นวงหรือไม่?
CLC-Question 2	ความเร็วที่ใช้ในการตอกเร็วเกินไปหรือไม่ ?
CLC-Question 3	มีผงละเอียดปนอยู่กับแกรนูล (granule) มากเกินไปหรือไม่?
CLC-Question 4	สากตัวบนที่สวมเข้าไปในช่องของเบ้าแน่นเกินไปหรือไม่?
CLC-Question 5	ใช้สากที่โค้งหรือหักมุมมากเกินไปหรือไม่?
CLC-Question 6	ใช้แรงในการตอกมากเกินไปหรือไม่?
CLC-Question 7	สารยึดเกาะในตำรับเหมาะสมหรือไม่?
CLC-Question 8	ปริมาณความชื้นในแกรนูลเหมาะสมหรือไม่?

ตาราง 3.2 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการแยกฝา(Capping)
การแยกชั้น (Laminating) และการบิ่น (Chipping)

ชื่อ	ข้อเสนอแนะ
CLC-Solution 1	- ถ้าวอยลิกไม่ลิก ให้ขัดเบ้าให้เรียบ - กลับด้านของเบ้าเพื่อใช้อีกด้านหนึ่ง - เปลี่ยนเบ้าใหม่ทดแทน - เลือกใช้เบ้าที่มีหุ้มด้วย tungsten carbide
CLC- Solution 2	ลดความเร็วในการตอกลง
CLC- Solution 3	แรงเอาผงละเอียดออก
CLC- Solution 4	ลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสากตัวบน
CLC- Solution 5	เปลี่ยนมาใช้สากที่โค้งหรือหักมนน้อยลง
CLC- Solution 6	ปรับขนาดของแรงตอกให้พอดี โดยสังเกตจากยาเม็ดที่ได้มีความแข็งพอเหมาะ
CLC- Solution 7	เพิ่มปริมาณของสารยึดเกาะให้พอดี หรือเปลี่ยนชนิดของสารยึดเกาะให้เหมาะสมกับการตอก
CLC- Solution 8	ปรับปริมาณความชื้นในแกรนูลให้เหมาะสม โดยการทำให้แห้งหรือเติมสารที่ทำให้ชื้น เช่น sorbitol, methylcellulose, polyethylene glycol 4000
CLC- Solution 9	ควรเพิ่มฐานความรู้ใหม่



รูป 3.5 แสดงฟังก์ชันของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการแยกฝา การแยกชั้นและการบด

2. การติดหน้าสาก(Sticking)

การติดหน้าสาก(Sticking) หมายถึงการที่สารจากผิวหน้าของยาเม็ดบางส่วนเหลือติดอยู่ที่ผิวหน้าของสาก หลังจากยาเม็ดถูกป้อนออกจากบ้ำ ยาเม็ดที่ได้จะมีผิวเป็นฝ้าหรือเป็นหลุมเป็นร่อง (Pitting Tablet) ถ้าสารจากผิวหน้าของยาเม็ดเหลือติดอยู่ที่ผิวหน้าของสาก ในลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เรียกว่า Filming แต่ถ้าสารจากผิวหน้าของยาเม็ดเหลือติดอยู่ที่ผิวหน้าของสาก ในลักษณะเป็นจุดๆเรียกว่า Picking

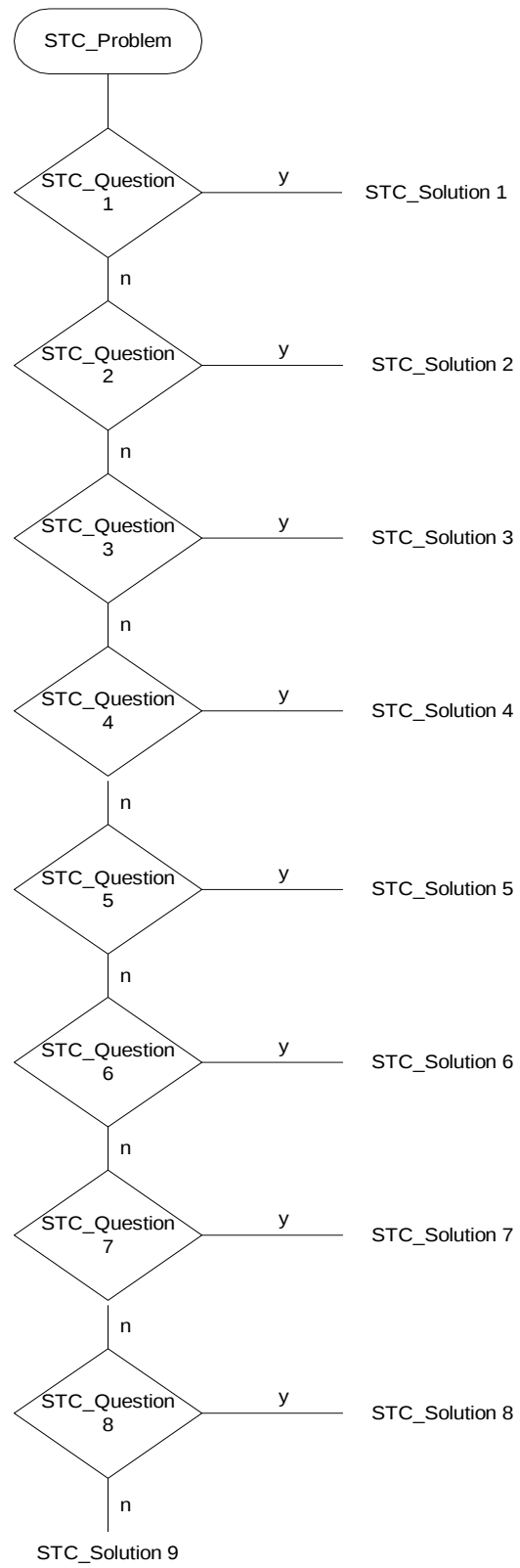
ระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการติดหน้าสาก(Sticking)สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.6 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการติดหน้าสาก(Sticking) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.3 และ ตารางที่ 3.4

ตาราง 3.3 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการติดหน้าสาก(Sticking)

ชื่อ	คำถาม
STC-Question 1	แกรนูลมีความชื้นมากเกินไปหรือไม่? โดยปกติความชื้นแกรนูล 3-10% Lose on drying
STC -Question 2	มีเสียงการเสียดสีของการดันยาเม็ดออกหรือไม่?
STC -Question 3	มีสารที่เอิ่มได้เมื่อถูกความชื้น (Deliquescent material) หรือสารพวกที่มีลักษณะเป็นน้ำมันหรือเป็นขี้ผึ้งอยู่ในตำรับหรือไม่?
STC -Question 4	แกรนูลนิ่มหรืออ่อนเกินไปหรือไม่?
STC -Question 5	ผิวหน้าสากมีรอยขีดข่วนหรือไม่เรียบเป็นเงาหรือไม่?
STC -Question 6	มีรอยบากหรือเส้นแบ่งหรือตัวอักษรหรือรูปสลักใดๆบนเม็ดยาที่เล็ก ลึก หรือคมเกินไปหรือไม่?
STC -Question 7	ผิวหน้าสากมีความโค้งมากเกินไปหรือไม่?
STC -Question 8	แกรนูลไหลลงช่องบ้ำสม่ำเสมอหรือไม่?

ตาราง 3.4 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการติดหน้าสาก(Sticking)

ชื่อ	ข้อเสนอแนะ
STC - Solution 1	นำแกรนูลไปทำให้แห้งใหม่และด็อกยาเม็ดในที่ที่มีความชื้นต่ำ
STC - Solution 2	เปลี่ยนหรือเพิ่มปริมาณสารหล่อลื่นหรือสารขัดมัน เช่น Colloidal silica ลงไปใน ตำรับยาหรือนำสารมาผสมใหม่หรือลดขนาดแกรนูล แต่ถ้าการใช้สารหล่อลื่นเป็นข้อห้าม แก้ไขโดยใช้เบ้าที่ทำจาก non-ferrous metal เช่น phosphor bronze
STC - Solution 3	เติม Absorbent เช่น lactose หรือ starch และทำการด็อกยาเม็ดในที่ที่มีความชื้นต่ำ
STC - Solution 4	เปลี่ยนชนิดหรือเพิ่มปริมาณของสารยึดเกาะ อาจทำให้แกรนูลเกาะกันได้ดีขึ้น และไปติดที่หน้าสากน้อยลง
STC - Solution 5	ขัดผิวหน้าสากให้เรียบและมันขึ้น หรือฉาบหน้าสากด้วย Chromium ซึ่งจะช่วยให้ผิวหน้าสากเรียบและลื่น
STC - Solution 6	- ลดความลึกและความคมของรอยหรือรูบนนั้นลงและหากเป็นไปได้ให้ขยายขนาดของรอยหรือรูบนนั้นด้วย - ลดขนาดของแกรนูล หรือเพิ่มจำนวนผงละเอียดลงไป - เพิ่มปริมาณสารยึดเกาะ - เพิ่มปริมาณสารหล่อลื่น
STC - Solution 7	ลดความโค้งของหน้าสากลงหรือปรับปรุงแกรนูลใหม่
STC - Solution 8	ปรับปรุงแกรนูลให้มีคุณสมบัติในการไหลที่ดีและสม่ำเสมอ
STC - Solution 9	ควรเพิ่มฐานความรู้ใหม่

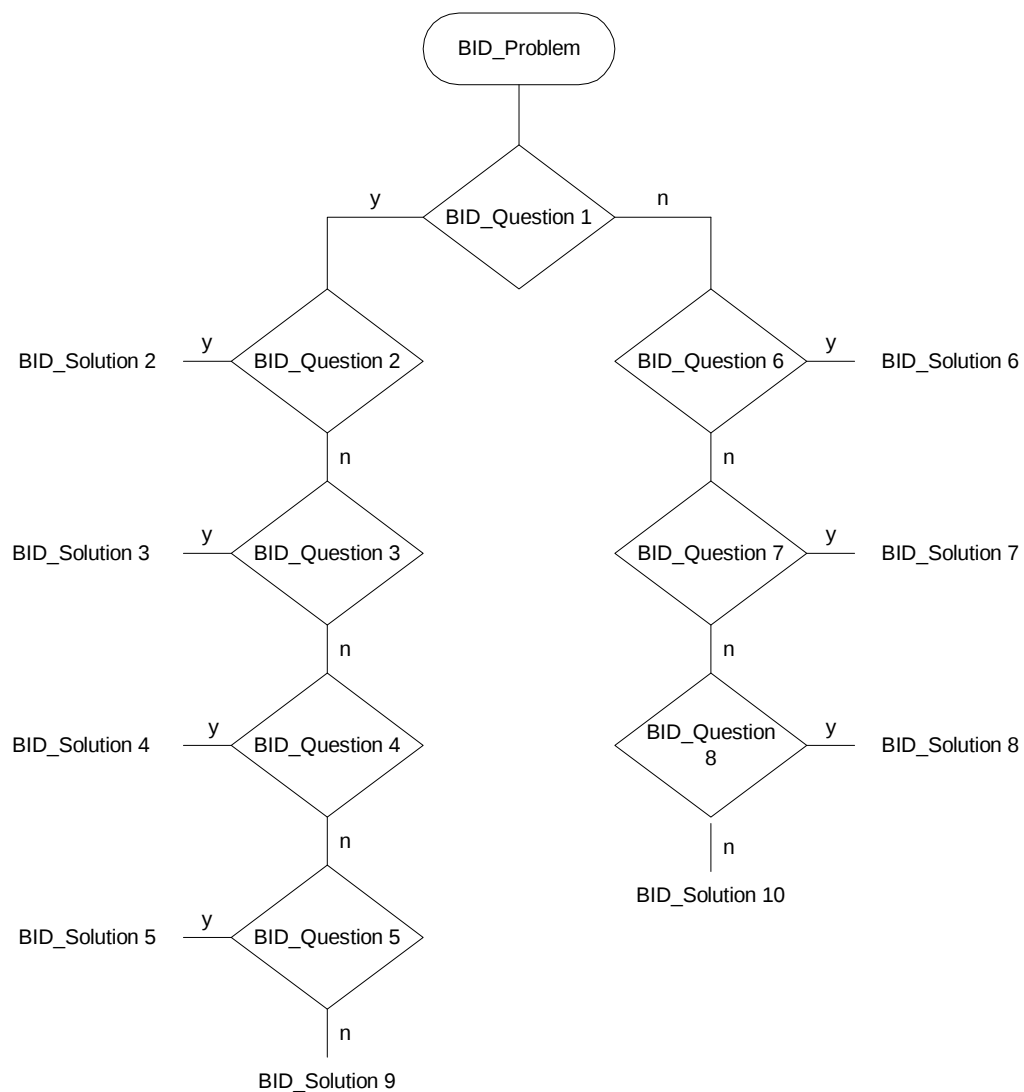


รูป 3.6 แสดงฟังก์ชันของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการติดหน้าสาท(Sticking)

3. การที่สากดติดเป้า(Binding)

การที่สากดติดเป้า(Binding) หมายถึงการที่สากดตัวล่างไม่สามารถเคลื่อนที่ในเป้าได้อย่างเป็นอิสระ

ระบบค้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการที่สากดติดเป้า(Binding)สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.7 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการที่สากดติดเป้า(Binding) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.5 และ ตารางที่ 3.6



รูป 3.7 แสดงผังงานของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการที่สากดติดเป้า (Binding)

ตาราง 3.5 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการที่สาคติดเบ้า(Binding)

ชื่อ	คำถาม
BID -Question 1	ในการแยกสาคออกจากเบ้า สาคตัวล่างติดแน่นอยู่กับเบ้าหรือมีสารติดอยู่ในช่องของเบ้าหรือไม่?
BID -Question 2	แกรนูลมีความชื้นมากเกินไปหรือไม่?
BID -Question 3	การใช้สารหล่อลื่นเป็นข้อห้ามในตำรับหรือไม่?
BID -Question 4	แกรนูลได้รับการหล่อลื่นไม่เพียงพอหรือสม่ำเสมอหรือไม่?
BID -Question 5	มีผงละเอียดปนอยู่กับแกรนูลปริมาณมากหรือไม่?
BID -Question 6	การสวมใส่สาคและเบ้าเข้าไปในเครื่องไม่ถูกต้องใช่หรือไม่?
BID -Question 7	ด้านข้างของสาคตัวล่างและด้านในของเบ้ามีรอยขีดข่วนหรือไม่?
BID -Question 8	ขอบของสาคบานออกหรือไม่?

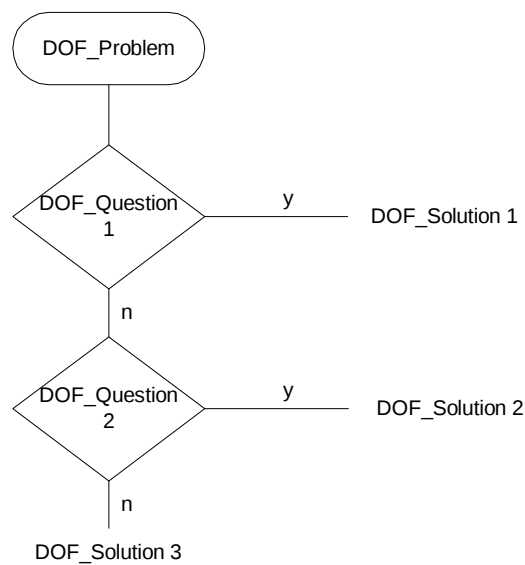
ตาราง 3.6 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการที่สาคติดเบ้า (Binding)

ชื่อ	ข้อเสนอแนะ
BID - Solution 2	นำแกรนูลไปทำให้แห้งใหม่และตอกยาเม็ดในที่ที่มีความชื้นต่ำ
BID - Solution 3	แก้ไขที่เครื่องมือ - ใช้สาคและเบ้าที่ทำจาก non-ferrous metal - ใช้เบ้าที่มีช่องด้านบนใหญ่กว่าด้านล่างเล็กน้อย - กลึงบางส่วนของสาคตัวล่างแล้วหุ้มด้วยไหมพรมหรือผ้าเนื้อละเอียดซึ่งอาจจะชุบด้วย liquid paraffin หรือน้ำมัน
BID - Solution 4	ผสมแกรนูลใหม่หรือเพิ่มหรือเปลี่ยนสารหล่อลื่น
BID - Solution 5	ลดปริมาณผงละเอียดโดยการเร่งแยกขนาด
BID - Solution 6	ทำความสะอาดเบ้าและใส่สาคและเบ้าเข้าไปในเครื่องให้ถูกต้อง
BID - Solution 7	นำสาคและเบ้าไปกลึงให้เรียบใหม่
BID - Solution 8	นำสาคไปซ่อม
BID - Solution 9	ควรเพิ่มฐานความรู้ใหม่
BID - Solution 10	ควรเพิ่มฐานความรู้ใหม่

4. การป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed)

การป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed) หมายถึงการป้อนผงยาซ้ำสองครั้งในการตอกยาเม็ดหนึ่งเม็ด

ระบบค้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed)สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.8 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.7 และตารางที่ 3.8



รูป 3.8 แสดงผังงานของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed)

ตาราง 3.7 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed)

ชื่อ	คำถาม
DOF -Question 1	การหมุน wheel ของเครื่องตอกยาเม็ดเป็นไปในทิศทางที่ไม่ถูกต้องหรือเกิดการถอยหลังกลับหรือไม่?
DOF -Question 2	มียาเม็ดถูกปัดออกจากปากไม่หมดหรือยาเม็ดตกกลับลงไปในเบ้าอีกหรือไม่?

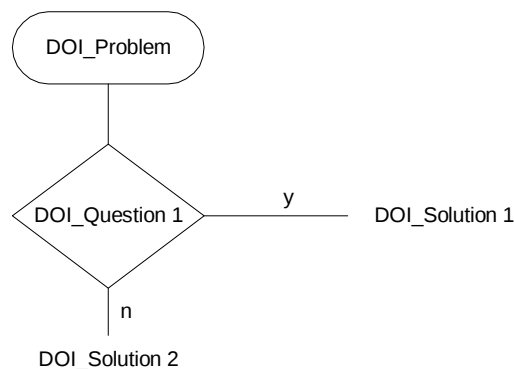
ตาราง 3.8 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed)

ชื่อ	ข้อเสนอแนะ
DOF - Solution 1	เอา Feed shoe และยาเม็ดออก แล้วประกอบ Feed shoe เข้ากับเครื่องตอกยาเม็ดใหม่
DOF - Solution 2	เอา Feed shoe และยาเม็ดออก แล้วประกอบ Feed shoe เข้ากับเครื่องตอกยาเม็ดใหม่
DOF - Solution 3	ควรเพิ่มฐานความรู้ใหม่

5. การพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)

การพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression) หมายถึง การพิมพ์หรือรูปหรืออักษรสองครั้งในการตอกยาเม็ดหนึ่งเม็ด

ระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.9 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.9 และตารางที่ 3.10



รูป 3.9 แสดงผังงานของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)

ตาราง 3.9 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)

ชื่อคำถาม	คำถาม
DOI -Question 1	รอย รูปหรืออักษรบนยาเม็ดอยู่ที่ซากตัวล่างใช่หรือไม่ ?

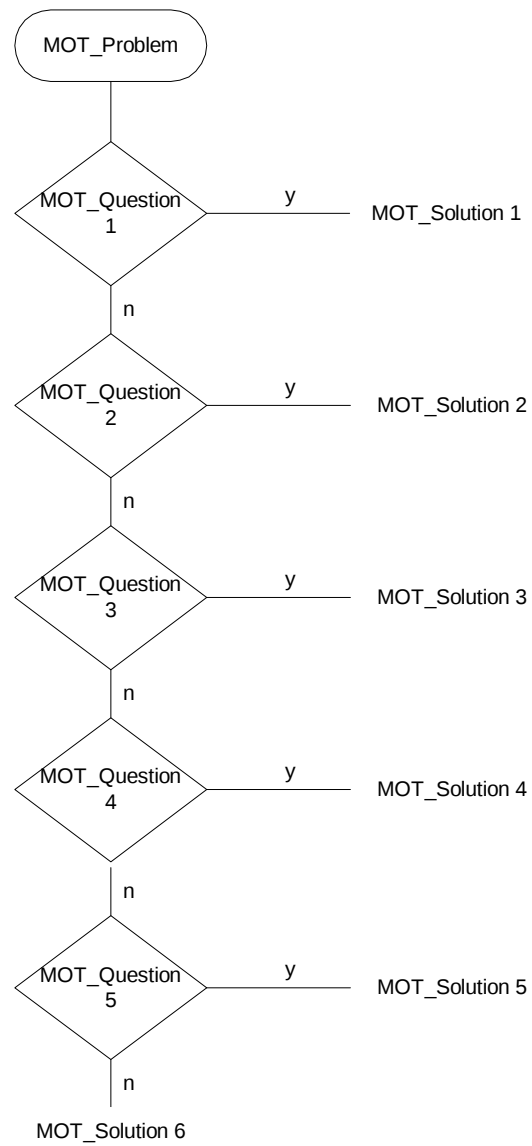
ตาราง 3.10 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)

ชื่อข้อเสนอแนะ	ข้อเสนอแนะ
DOI - Solution 1	ใช้สปริงกันการหมุนติดกับซากตัวล่าง สปริงนี้จะป้องกันไม่ให้ซากหมุนไปรอบตัว แต่จะปล่อยให้ซากเคลื่อนที่ขึ้นลงได้สะดวก
DOI - Solution 2	ปรับให้รอย รูปหรืออักษรบนยาเม็ดอยู่ที่ซากตัวบน

6. การด่างสี (Mottling)

การด่างสี (Mottling) หมายถึง การที่สีผิวของยาเม็ดไม่สม่ำเสมอ เห็นเป็นบริเวณสีเข้มหรือสีอ่อนอยู่ท่ามกลางผิวหน้าที่มีสีสม่ำเสมอ

ระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการด่างสี (Mottling)สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.10 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการด่างสี (Mottling) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.11 และตารางที่ 3.12



รูป 3.10 แสดงผังงานของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการด่างสี (Mottling)

ตาราง 3.11 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการค้ำสี (Mottling)

ชื่อคำถาม	คำถาม
MOT -Question 1	ใช้สีประเภท Dyes ในตำรับหรือไม่?
MOT -Question 2	ทำแกรนูลให้แห้งด้วยวิธี Tray dryer ใช่หรือไม่?
MOT -Question 3	สารอื่นที่เติมลงในแกรนูลหลังจากทำให้แห้งแล้ว มีสีเดียวกับแกรนูลหรือไม่?
MOT -Question 4	แรงตอกยาเม็ดสูงเกินไปหรือไม่?
MOT -Question 5	มีสารช่วย(Diluent) ที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยไม่แตกหัก(Plastic deformation) เมื่อได้รับแรงตอกเช่น lactose, starch, manitol อยู่ในตำรับหรือไม่?

ตาราง 3.12 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการค้ำสี (Mottling)

ชื่อข้อเสนอแนะ	ข้อเสนอแนะ
MOT - Solution 1	เปลี่ยนมาใช้สีประเภท lakes
MOT - Solution 2	เปลี่ยนวิธีการทำแกรนูลให้แห้ง เช่น Fluid bed dryer
MOT - Solution 3	สารอื่นที่เติมลงในแกรนูลหลังจากทำให้แห้งแล้ว ต้องเติมสีเข้าไปเพื่อให้มีสีเท่ากับแกรนูล
MOT - Solution 4	ลดแรงตอกลง เนื่องจากแรงตอกสูงมากจะทำให้แกรนูลแตกได้มาก ทำให้เห็นสีต่างมากขึ้นและความเข้มสีแตกต่างกันเห็นชัดมากขึ้นด้วย
MOT - Solution 5	เติมสารช่วย(Diluent) ที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยไม่แตกหัก (Plastic deformation) เมื่อได้รับแรงตอกเช่น lactose, starch, manitol ในตำรับ
MOT - Solution 6	เติมสารที่ช่วยยับยั้งการเคลื่อนย้ายสีในตำรับยาเม็ดเช่น tragacanth, acacia, attapulgate, talcum, Solka-Floc., PVP

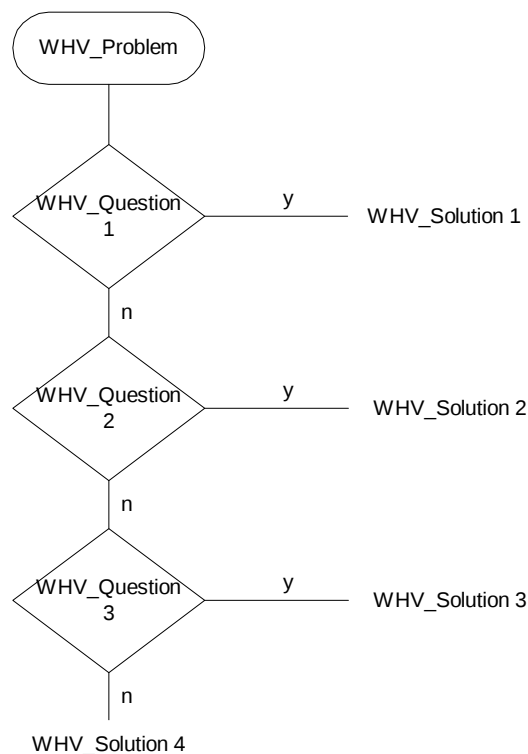
7. น้ำหนักไม่สม่ำเสมอ (Weight Variation)

น้ำหนักไม่สม่ำเสมอ (Weight Variation) หมายถึงน้ำหนักยาเม็ดที่ตอกได้ในแต่ละ Batch หรือ Lot มีน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ

8. ความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation)

ความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation) หมายถึงความแข็งยาเม็ดที่ตอกได้ในแต่ละ Batch หรือ Lot มีความแข็งไม่สม่ำเสมอ

ระบบค้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหการผลิตยาเม็ดหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ (Weight Variation)และความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation) สามารถแสดงเป็นผังงานได้ดังรูป 3.11 โดยคำถามที่ใช้ถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหการผลิตยาเม็ดชนิดน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ (Weight Variation)และความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.13 และตารางที่ 3.14



รูป 3.11 แสดงผังงานของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ(Weight Variation) และความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation)

ตาราง 3.13 แสดงคำถามของปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ(Weight Variation) และความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation)

ชื่อคำถาม	คำถาม
WHV -Question 1	การไหลของแกรนูลไม่ดีใช่หรือไม่?
WHV -Question 2	เกิดปัญหาสารตัวล่างเคลื่อนที่ในเบ้าอย่างไม่อิสระใช่หรือไม่?
WHV -Question 3	สารตัวล่างมีขนาดไม่เท่ากันสำหรับเครื่องตอกยาแบบ rotary ใช่หรือไม่?

ตาราง 3.14 แสดงข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดน้ำหนักไม่สม่ำเสมอ(Weight Variation)และความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation)

ชื่อข้อเสนอแนะ	ข้อเสนอแนะ
WHV - Solution 1	เพิ่มหรือเปลี่ยนปริมาณของสารช่วยไหล
WHV - Solution 2	เลือกปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการที่สารติดเบ้า (Binding)
WHV - Solution 3	ปรับสารให้มีขนาดสม่ำเสมอ
WHV - Solution 4	ควรเพิ่มฐานความรู้ใหม่

3.3 เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์

การพัฒนาระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดนี้ได้เลือกใช้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์ มาใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงรายละเอียดการทำงานของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์พอสังเขปดังนี้

เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์มีทั้งแบบที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบดอสและแบบที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดวส์ การสั่งให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปส์ทำงานสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ

แบบที่ 1 การป้อนคำสั่งให้ คลิปส์ ทำงานทีละคำสั่งจากที่oplevel (top level) โดย

- เริ่มต้นการทำงาน คลิปส์ โดยการเรียกใช้คำสั่งให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์ ทำงาน

A:\> clipsdos กด Enter

- คลิปส์จะให้ command prompt รอรับคำสั่งที่ผู้ใช้งาน ป้อนคำสั่งที่ต้องการลงไป

CLIPS>

- เมื่อต้องการออกจาก คลิปส์ใช้คำสั่ง exit

CLIPS> (exit)

แบบที่ 2 การบรรจุชุดคำสั่งเก็บไว้เป็นไฟล์นามสกุล clp หรือแบทไฟล์ นามสกุล bat สามารถเรียกใช้ได้โดยใช้คำสั่ง load ตัวอย่างเช่น

CLIPS> (load "a:\txmenu.clp")

การแทนความรู้ใน คลิปส์ ทำได้ 3 วิธีคือ

- 1) การเขียนแบบกฎ (Rule – Based) โดยการเขียนแบบกฎ นี้ คลิปส์ จะสนับสนุนเฉพาะการอนุมานแบบเดินหน้า(Forward chaining)
- 2) การเขียนแบบโปรแกรมเชิงวัตถุ (Objected Oriented)
- 3) การเขียนแบบเป็นลำดับขั้นตอน (Procedural)

โดยการพัฒนาสามารถใช้วิธีการแทนค่าความรู้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว หรือหลายวิธีผสมกันก็ได้ แต่ในที่นี้จะขออธิบายรายละเอียดของการเขียนโปรแกรมแบบกฎเท่านั้น

การเขียนโปรแกรมแบบกฎมีองค์ประกอบพื้นฐาน 3 อย่างคือ

- 1) รายการข้อเท็จจริง (Fact list) ประกอบด้วยข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความทรงจำ ซึ่งจะถูกนำไปใช้โดยกลไกการอนุมาน(Inference engine) และมีคำสั่งที่ใช้บ่อยๆเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ดังนี้คือ

- การกำหนดโครงสร้างของข้อเท็จจริงให้โปรแกรมรู้จักโดยคำสั่งนี้สามารถกำหนดรายละเอียดของข้อเท็จจริง ดังนี้

```
(deftemplate <relation-name> [<optional-comment>]
  <slot-definition>*)
```

ตัวอย่างการกำหนดโครงสร้างของข้อเท็จจริง

```
(deftemplate person "An example deftemplate"
  (slot name)
  (slot age)
  (slot eye-color)
  (slot hair-color))
```

- การเพิ่มข้อเท็จจริงเข้าไปในระบบ(Adding) โดยใช้คำสั่ง assert ซึ่งมีโครงสร้างการใช้คำสั่งดังนี้

```
(assert <fact>+)
```

ตัวอย่างการเพิ่มข้อเท็จจริงเข้าไปในระบบ

```
(assert (person (name "John Q. Public")
  (age 23)
  (eye-color blue)
  (hair-color black)))
```

สามารถเพิ่มข้อเท็จจริงจำนวนมากๆเข้าไปในระบบ โดยใช้คำสั่ง deffacts ซึ่งมีโครงสร้างการใช้คำสั่งดังนี้

```
(deffacts <deffacts-name> [<optional comment>]
  <facts>*)
```

ตัวอย่างการเพิ่มข้อเท็จจริงจำนวนมากๆเข้าไปในระบบ

```
(defact people "Some people we know"
  (person (name "John Q. Public") (age 23)
    (eye-color blue) (hair-color black))
  (person (name "Jack S. Public") (age 24)
    (eye-color blue) (hair-color black))
  (person (name "Jane Q. Public") (age 36)
    (eye-color green) (hair-color red)))
```

- การลบข้อเท็จจริงออกจากระบบ(Removing) โดยใช้คำสั่ง retract ซึ่งมีโครงสร้างการใช้คำสั่งดังนี้

```
(retract <fact-index>+)
```

ตัวอย่างการเพิ่มข้อเท็จจริงเข้าไปในระบบ

```
(retract 0)
```

- การแก้ไขข้อเท็จจริง(Modifying) โดยใช้คำสั่ง modify ซึ่งมีโครงสร้างการใช้คำสั่งดังนี้

```
(modify <fact-index> <slot-modifier>+)
```

ตัวอย่างแก้ไขข้อเท็จจริง โดยต้องการแก้อายุของ John Q. Public จาก 23 เป็น 24 ปี

```
(modify 0 (age 24))
```

- การแก้ไขข้อเท็จจริง(Modifying) โดยใช้คำสั่ง modify ซึ่งมีโครงสร้างการใช้คำสั่งดังนี้

```
(modify <fact-index> <slot-modifier>+)
```

ตัวอย่างแก้ไขข้อเท็จจริง โดยต้องการแก้อายุของ John Q. Public จาก 23 เป็น 24 ปี

```
(modify 0 (age 24))
```

เมื่อใส่ข้อเท็จจริงเข้าไปในคลิปล์ข้อเท็จจริงแต่ละอันจะมีหมายเลขกำกับเพื่อใช้อ้างอิงในโปรแกรมเรียกว่าดัชนีข้อเท็จจริง (fact index) หรืออาจอ้างอิงจากที่อยู่ของข้อเท็จจริง (fact address) หรืออ้างอิงจากชื่อของข้อเท็จจริงที่เรียกว่ารีชันเนม (relation name) ก็ได้ กลุ่มข้อเท็จจริงเหล่านี้มีทั้งเป็นแบบมีชื่อหรือไม่มีชื่อ แบบมีสล็อต (slot) เดียวหรือมีหลายสล็อต และใน สล็อต จะมีข้อมูลเพียงค่าเดียว (single-field slot) หลายค่า (multifield slot) หรือไม่มีค่าอะไรเลยก็ได้ โดยชนิดของข้อมูลในสล็อต เป็นได้ทั้ง float, integer, symbol, string, external address, instance name และ instance address การป้อนข้อเท็จจริงให้กับคลิปล์สามารถใช้วิธีป้อนเข้าโดยตรงโดยคำสั่ง assert หรือ deffact ที่ท็อปเลเวล (top level) หรือจะใช้วิธีเรียกไฟล์ (file) จากภายนอกเข้ามาซึ่งมีนามสกุล bat หรือ clp โดยใช้คำสั่ง load ในกรณีที่ต้องการใช้ข้อเท็จจริงที่เหมือนกันหลายๆครั้งที่สั่งให้โปรแกรมทำงาน

- 2) ฐานความรู้ (Knowledge base) ประกอบด้วยกฎต่างๆ กฎเหล่านี้สามารถป้อนเข้าไปในคลิปล์โดยใช้คำสั่ง defrule ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

```
(defrule <rule-name> [<comment>]
  <pattern>* ; Left-Hand Side (LHS) of the rule
  =>
```

```
<action>* ; Right-Hand Side (RHS) of the rule
```

ตัวอย่างการใช้คำสั่ง defrule

```
(defrule fire-emergency "An example rule"
  (emergency (type fire))
  =>
  (assert (response
    (action activate-spinkler-system))))
```

โดยถ้ารูปแบบ (Pattern) ทั้งหมดสอดคล้องกับกลุ่มข้อเท็จจริง กฎนั้นก็จะอยู่ในสภาพถูกกระตุ้น (activated) คือส่วนที่เป็นการกระทำ (action) จะถูกนำไปปฏิบัติ (fires) คลิปล์สามารถใช้ตัวแปรในการเขียนกฎได้ ความสามารถในการใช้ตัวแปรนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเขียนระบบผู้เชี่ยวชาญให้ทำงานได้ตามต้องการได้ง่าย โดยใน คลิปล์ ตัวแปรจะขึ้นต้นด้วยเครื่องหมายคำถาม (?) วิธีการใส่ค่าให้ตัวแปรทำได้โดยใช้ตรรกะ (Logic) คือ ถ้ามีข้อเท็จจริงที่ทำให้รูปแบบในกฎเป็นจริงได้ ตัวแปรจะมีค่าเท่ากับค่าที่อยู่ใน ข้อเท็จจริง เรียกว่า

การเบานด์ (bound) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดค่าที่เป็นที่อยู่ของข้อเท็จจริงให้กับตัวแปรได้ โดยใช้เครื่องหมาย pattern binding operator (<-)

3) กลไกการอนุมาน(Inference engine) ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมด เครื่องอนุมานจะเป็นตัวตัดสินใจว่ากฎข้อใดจะถูกนำมาใช้และปฏิบัติ โดยใช้วิธีการค้นหากฎที่มีความสอดคล้องกับข้อเท็จจริงมาปฏิบัติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ป้อนคำสั่ง รัน (run) สั่งให้เปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญ คลิปส์ นำระบบผู้เชี่ยวชาญมาเริ่มทำงานแล้ว
- จากนั้นป้อน (input) กลุ่มข้อเท็จจริง เข้าระบบ
- ถ้าข้อเท็จจริงที่เราป้อนให้ระบบตรงกับทุกรูปแบบในกฎ(Left hand side: LHS) กฎจะถูกกระตุ้นแล้วส่วนที่เป็นการกระทำของกฎ(Right hand side: RHS) จะถูกนำไปเก็บเรียงไว้ในอะเจนด้า (agenda) แบบสแตค (stack) คือ LIFO (last in first out) นั่นคือ การกระทำใดถูกนำไปเก็บทีหลังก็จะถูกนำมาปฏิบัติก่อนแต่หากกฎเหล่านั้นมีการกำหนดความสำคัญที่เรียกว่า เซเลียนท (salience) การกระทำในอะเจนด้า(agenda) ก็จะถูกนำมาปฏิบัติ ตามค่าของเซเลียนท(salience) จากมากไปหาน้อยจนหมดหรือจนกว่าจะได้รับคำสั่งหยุดการทำงาน

แต่เนื่องจากลักษณะการทำงานของ คลิปส์ จะต่างจากโปรแกรมแบบลำดับขั้นตอน (Procedural Language) ตัวอย่างเช่น ทุกครั้งที่สั่งให้โปรแกรม โปรแกรมแบบลำดับขั้นตอนก็จะเริ่มทำงานใหม่ทุกครั้ง แต่ในคลิปส์หากมีการสั่งให้โปรแกรมทำงานอีก จะไม่เกิดการกระทำใดๆทั้งสิ้น ถึงแม้ว่าเงื่อนไขจะเป็นจริงก็ตาม ทั้งนี้เพราะว่าไม่มีกฎที่อยู่ในสถานะถูกกระตุ้นอยู่ในอะเจนด้า (agenda) เลยเพราะในคลิปส์กฎจะอยู่ในสถานะถูกกระตุ้นก็ต่อเมื่อ

- รูปแบบในกฎนั้นเป็นรูปแบบใหม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่งเกิดขึ้น
- รูปแบบนั้นเคยเกิดขึ้นมาก่อนแต่ได้ถูกลบออกแล้วเพิ่มเข้ามาใหม่

ดังนั้นในการเขียนระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้หลักการเหล่านี้ช่วยในการควบคุมการทำงานของโปรแกรมได้โดยการควบคุมการเข้าคู่กัน(Match) ระหว่างกลุ่มข้อเท็จจริงกับรูปแบบของกฎ

3.4 การรวบรวมความรู้

ความรู้เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดถูกรวบรวมจากแหล่งความรู้ต่างๆ คือ

- 1) จากเอกสารวิชาการ
- 2) จากการซักถามผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความรู้ทางด้านการผลิตยาและยังเป็นอาจารย์ผู้สอนการผลิตยาเม็ดโดยตรงของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.5 การออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ

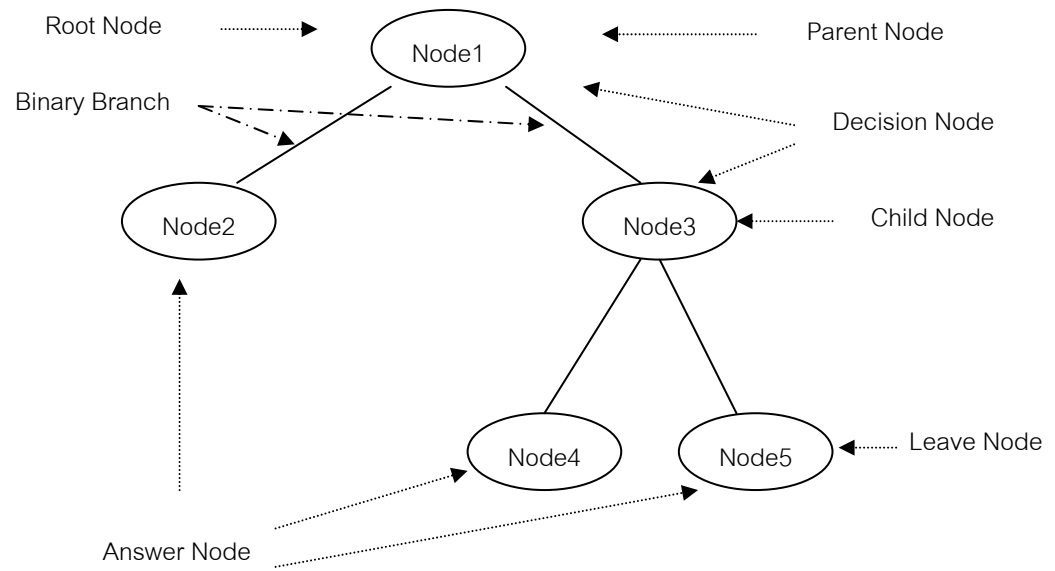
1) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm)

เปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญคลิป์ที่มีขั้นตอนวิธี หลายแบบที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบระบบผู้เชี่ยวชาญ แต่เนื่องจากลักษณะของปัญหาที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็นปัญหาในการหาคำตอบจากกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้(ซึ่งถูกเตรียมไว้) โดยการตั้งคำถามให้ตอบ หรือการตัดสินใจเป็นลำดับเพื่อลดกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้ลงจนเหลือเพียงคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) ในการออกแบบฐานความรู้

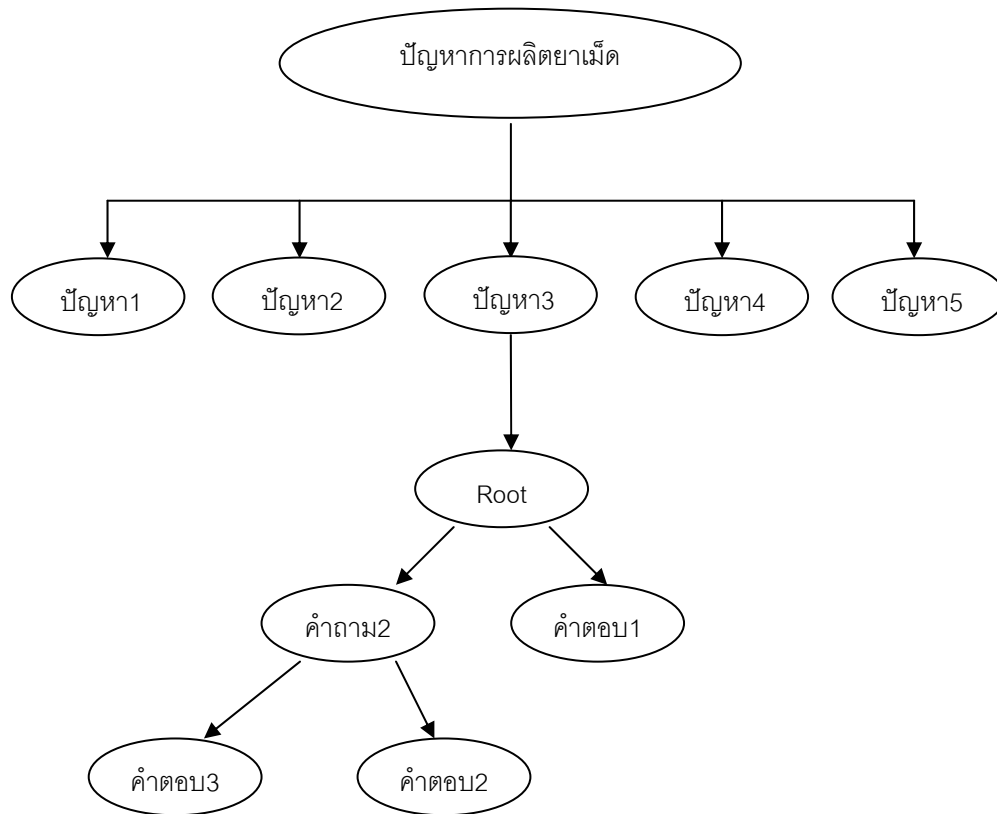
การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) ประกอบด้วยโหนด (Node) และเส้นเชื่อม (Branches) โหนดจะแทนตำแหน่งในต้นไม้ ตำแหน่งเหล่านั้นจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือโหนดตัดสินใจ (Decision node) และโหนดคำตอบ (Answer node) เส้นเชื่อมจะเชื่อมระหว่างโหนดพ่อ (Parent node) และโหนดลูก (Child node) โหนดที่อยู่บนสุดของต้นไม้ ซึ่งไม่มีโหนดพ่อ (Parent node) จะถูกเรียกว่าโหนดราก (Root node) โหนดที่ไม่มีลูก (Child node) เรียกว่าโหนดปลาย (Leave Node) ซึ่งจะเป็นโหนดคำตอบ (Answer node) ในขณะที่โหนดที่มีลูก (Child node) จะเป็นโหนดตัดสินใจ (Decision node) ดังแสดงในรูปที่ 3.12

โหนดที่เป็นโหนดตัดสินใจ (Decision node) จะมีคำถามให้ตอบจากคำตอบสามารถแบ่ง การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) ได้ 2 แบบคือแบบเส้นเชื่อม 2 เส้น (Binary Branches) และแบบเส้นเชื่อมมากกว่า 2 เส้น (Multiple Branches) โดยแบบเส้นเชื่อม 2 เส้นจะเป็นต้นไม้การตัดสินใจ โดยคำถามจะเป็นประเภทปลายปิดซึ่งคำตอบจะมีเพียง 2 คำตอบคือ ใช่ (Yes) หรือ ไม่ใช่ (No) ในขณะที่แบบเส้นเชื่อมมากกว่า 2 เส้นจะเป็นคำถามประเภทปลายเปิด มีคำตอบให้ตอบมากกว่า 2 คำตอบ

ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) จึงต้องเขียนให้ระบบประกอบด้วย โหนด 3 แบบคือ โหนดราก โหนดตัดสินใจ และโหนดคำตอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่3.12 แสดงโครงสร้างต้นไม้การตัดสินใจ



รูปที่ 3.13 แสดงโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ของระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ด

รูปที่ 3.13 จะแสดงให้เห็นถึงการออกแบบโครงสร้างรวมว่าออกแบบให้เลือกชนิดของปัญหาการผลิตยาเม็ด จากนั้นออกแบบให้โครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ตัดสินใจในส่วนของปัญหาการผลิตยาเม็ดแต่ละชนิดเป็นโหนดตัดสินใจแบบเส้นเชื่อม 2 เส้น โดยการตั้งคำถามเพื่อสอบถามหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ด

2) การออกแบบฐานความรู้

การนำเสนอความรู้ในฐานความรู้ เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิป์สามารถนำเสนอได้ทั้งในรูปแบบกฎ หรือรูปแบบข้อเท็จจริงก็ได้ แต่ด้วยเหตุผลที่ว่าความรู้ที่อยู่ในรูปข้อเท็จจริงจะถูกแก้ไขปรับปรุงเพิ่ม หรือลดความรู้ได้ง่าย และขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงความรู้ไม่ควรจะมีผลกระทบต่อ Source code ระบบผู้เชี่ยวชาญ หรือถ้ามีก็ควรจะออกแบบให้มีน้อยที่สุด จึงเป็นการเหมาะสมที่การศึกษาครั้งนี้จะออกแบบให้การนำเสนอความรู้อยู่ในรูปแบบของกลุ่มข้อเท็จจริงมากกว่าในรูปแบบของกฎ ดังนั้นทุกโหนดวิธีการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision Tree) ไม่ว่าจะเป็นโหนด

ตัดสินใจหรือโหนดคำตอบจะถูกออกแบบให้นำเสนอในรูปของข้อเท็จจริงซึ่งกำหนดโครงสร้างไว้ดังนี้

(deftemplate node

(slot name)

(slot type)

(slot question)

(slot yes-node)

(slot no-node)

(slot answer))

โดย	name	คือชื่อของโหนด ซึ่งแต่ละโหนดมีชื่อเฉพาะไม่ซ้ำกัน
	type	คือประเภทของโหนด ว่าเป็นโหนดคำตอบ (Answer node) หรือ โหนดตัดสินใจ (Decision node)
	question	คือคำถามที่จะใช้ถามผู้ใช้งานเพื่อหาสาเหตุการเกิดปัญหาการผลิตยาเม็ด
	yes-node	คือชื่อโหนดที่จะถูกกำหนดเป็นตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป ถ้าตอบ ใช่ (y)
	no-node	คือชื่อโหนดที่จะถูกกำหนดเป็นตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป ถ้าตอบ ไม่ใช่ (n)
	answer	คือคำตอบที่จะใช้ตอบผู้ใช้งาน

ค่าที่อยู่ใน สล็อตคำถาม (slot question) สล็อตใช่โหนด (slot yes-node) และ สล็อตโนโหนด (slot no-node) จะถูกกำหนดค่าเฉพาะ โหนดตัดสินใจ ส่วนค่าที่อยู่ใน สล็อตคำตอบ (slot answer) จะถูกกำหนดค่าเฉพาะ โหนดคำตอบ และแยกกลุ่มข้อเท็จจริงนี้ออกจากไฟล์ คลิปส์ ชื่อ txmenu.clp มาแยกเก็บไว้ต่างหากเป็นไฟล์ประเภทข้อความชื่อต่างกันตามชนิดของปัญหาดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 แสดงชนิดของปัญหาการผลิตยาเม็ดและชื่อไฟล์ที่ใช้ในการเก็บข้อเท็จจริง

ชนิดของปัญหาการผลิตยาเม็ด	ชื่อไฟล์ที่ใช้ในการเก็บข้อเท็จจริง
การแยกฝา(Capping) การแยกชั้น(Laminating)และการบิ่น (Chipping)	clc.dat
การติดหน้าสาร(Sticking)	stc.dat
การที่สารติดเป้า(Binding)	bid.dat
การป้อนผงยาซ้ำ(Double Feed)	dof.dat
การพิมพ์รอยซ้ำ (Double Impression)	doi.dat
การด่างสี (Mottling)	mot.dat
น้ำหนักไม่สม่ำเสมอ (Weight Variation)	whv.dat
ความแข็งไม่สม่ำเสมอ(Hardness Variation)	whv.dat

3) การออกแบบกระบวนการวินิจฉัย (Inference process)

สำหรับกระบวนการวินิจฉัยได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานให้มีรายละเอียดดังนี้

- เริ่มที่ขั้นตอนแรกผู้ใช้ระบบจะทำการเลือกชนิดของปัญหาซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการผลิตยาเม็ด
- หลังจากเลือกชนิดของปัญหาแล้ว จะทำการกำหนดให้ตำแหน่งปัจจุบัน (Current location) อยู่ที่โหนดราก(Root node) ของแต่ละชนิดของปัญหาและอ่านความรู้จากไฟล์ข้อเท็จจริงของแต่ละชนิดของปัญหามาป้อนเข้าระบบโดยอยู่ในชนิดไฟล์นามสกุล dat
- ต่อมาระบบจะตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันว่าเป็น โหนดตัดสินใจ(Decision node) หรือโหนดคำตอบ(Answer node) ถ้าเป็นโหนดตัดสินใจ(Decision node) โปรแกรมจะอ่านข้อเท็จจริง(fact) ที่อยู่ในสล็อตชื่อ (slot name) ตรงกับ ชื่อของตำแหน่งปัจจุบัน แล้วนำข้อความที่ สล็อตคำถาม(slot question) มาแสดงให้ผู้ที่ใช้ระบบตอบคำถามของปัญหาที่เกิดขึ้น
- จากคำตอบ โปรแกรมจะนำไปใช้ในการกำหนด ตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป โดยระบบจะนำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับถ้าคำตอบเป็นแบบนี้ โหนดลูก(Child node) ที่เชื่อมกับตำแหน่งปัจจุบันด้วย เส้นเชื่อมของคำตอบนั้นเป็นจุดใด กำหนดให้โหนด

นั้นเป็นตำแหน่งปัจจุบันตำแหน่งต่อไป เช่นถ้าคำตอบเป็น ใช่ ระบบจะกำหนดตำแหน่งปัจจุบันเป็น โหนดลูก(Child node) ที่เชื่อมกับ โหนดตัดสินใจ(Decision node) โดยเส้นเชื่อม ใช่ (yes branch) แต่ถ้าคำตอบเป็น ไม่ใช่(no branch) จะกำหนดตำแหน่งปัจจุบัน เป็น โหนดลูก(Child node) ที่เชื่อมกับ โหนดตัดสินใจ(Decision node) โดยเส้นเชื่อม ไม่ใช่ (no branch)

- จากนั้น ขั้นตอนที่ 2 และ 3 จะถูกทำซ้ำจนค้นพบ โหนดคำตอบ(Answer node) และระบบจะนำคำตอบนั้นมาแสดง

จากการออกแบบข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นกฎได้ดังต่อไปนี้

กฎที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นเป็นให้ผู้ใช้ระบบเลือกชนิดของปัญหา

```
(defrule main-menu
  (declare (salience 500))
  (troubleshoot-mode type)
  ?ml <- (menu-level type main)
  =>
  (retract ?ml)
  (printout t "ชนิดของปัญหาเพื่อให้เลือก")
  (bind ?response (read))
  (assert (problem-response type ?response))
  (printout t crlf))
```

กฎที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นเป็นโหนดรากในวิธีการตัดสินใจแบบต้นไม้

(Decision Tree) และอ่านความรู้จากไฟล์ข้อเท็จจริงของแต่ละประเภทปัญหาการผลิตยาเม็ดมาป้อนเข้าระบบ ตัวอย่างปัญหาการผลิตยาเม็ดประเภทการแยกฝา(Capping)และการแยกชั้น(Laminating)

```
(defrule capping-laminating-chipping
  (troubleshoot-mode type)
  ?pr <- (problem-response type 1)
  =>
```

```

(retract ?pr)

(assert (menu-level type possible-causes-1))

(assert (problem type capping-laminating-chipping))

(printout t "ความหมายของปัญหาการผลิตยาเม็ดประเภทการแยกฝา
(Capping) การแยกชั้น (Laminating) และการบิ่น(Chipping)" crlf)

(load-facts "clc.dat")

(assert (current-node root-clc)))

```

กฎที่ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าตำแหน่งปัจจุบันเป็นโหนดตัดสินใจและนำคำถามซึ่งเป็นของโหนดตำแหน่งปัจจุบันของแต่ละประเภทปัญหาการผลิตยาเม็ดนั้นขึ้นมามีถามผู้ใช้งาน ตัวอย่างปัญหาการผลิตยาเม็ดประเภทการแยกฝา(Capping)และการแยกชั้น (Laminating)

```

(defrule ask-decision-node-question-CLC

  ?node <- (current-node ?name)

  (node (name ?name)

    (type decision)

    (question ?question))

  (not (answer ?))

  (menu-level type possible-causes-1)

  (problem type capping-laminating-chipping)

=>

  (printout t crlf)

  (printout t ?question " (y or n) ")

  (assert (answer (read)))))

```

กฎที่ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้รับต้องเป็น “y” หรือ “n” เท่านั้นคือ

```

(defrule bad-answer-CLC

  ?answer <- (answer ~y&~n)

=>

  (retract ?answer))

```

และเมื่อผู้ใช้งานป้อนคำตอบกระบวนการวินิจฉัย(Inference process) จะเลือกใช้กฎต่อไปนี้ในการกำหนดตำแหน่งปัจจุบันลำดับถัดไป

```
(defrule proceed-to-yes-branch
  ?node <- ( current-node ?name )
  (node ( name ?name )
    ( type decision )
    ( yes-node ?yes-branch))
  ?answer <- ( answer yes )
  =>
  ( retract ?node ?answer )
  ( assert ( current-node ?yes-branch )))
```

```
(defrule proceed-to-no-branch
  ?node <- ( current-node ?name )
  (node ( name ?name )
    ( type decision )
    ( no-node ?no-branch ))
  ?answer <- ( answer no )
  =>
  ( retract ?node ?answer )
  (assert (current-node ?no-branch )))
```

เมื่อ ตำแหน่งปัจจุบันเป็นโหนดคำตอบระบบผู้เชี่ยวชาญจะใช้กฎต่อไปนี้ในการส่งคำตอบที่ต้องการให้แก่ผู้ใช้ระบบ

```
(defrule answer
  ?node <- ( current-node ?name )
  (node ( name ?name )
    ( type answer )
    ( answer ?value ))
```

```
(not ( answer ? ))
```

```
=>
```

```
( printout t " ข้อเสนอแนะ แนวทางในการแก้ปัญหาคือ " ?value crlf)
```

```
(printout t crlf crlf))
```

3.6 การแทนความรู้

วิศวกรความรู้จะนำความรู้ที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์แยกความรู้ออกเป็นกลุ่มๆ โดยยึดเอาชนิดของปัญหาการผลิตยาเม็ดขึ้นเป็นเกณฑ์ และนำความรู้นั้นมาเรียบเรียงนำเสนอในรูปแบบแสดงแทนความรู้เพื่อให้เข้าใจง่าย สะดวกต่อการนำไปสร้างฐานความรู้และการตรวจสอบการศึกษาครั้งนี้วิศวกรความรู้จะทำการแยกชนิดของปัญหาการผลิตยาเม็ดและแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดมาเรียบเรียงนำเสนอในรูปแบบโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision tree) โดยแต่ละโหนดของโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้จะเป็นคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบวินิจฉัยหาสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ดหรือเป็นคำตอบที่เป็นสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ด สรุปได้ว่าชนิดปัญหาการผลิตยาเม็ดสามารถแยกออกเป็น 8 ปัญหา ปัญหาการผลิตยาเม็ดแต่ละปัญหาก็จะถูกระบุสาเหตุของปัญหาการผลิตยาเม็ด แต่ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างขึ้นมาอธิบายให้เป็นที่น่าสนใจ 1 ตัวอย่างคือปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดการด่างสี (Mottling) โดยมีผังงานดังรูปที่ 3.10

```
(node (name root-mot) (type decision) (question "ใช้สีประเภท Dyes ในตำรับหรือไม่?"))
```

```
(yes-node node1-mot) (no-node node2-mot) (answer nil))
```

```
(node (name node1-mot) (type answer) (question nil))
```

```
(yes-node nil) (no-node nil) (answer "เปลี่ยนมาใช้สีประเภท lakes"))
```

```
(node (name node2-mot) (type decision) (question "ทำแกรนูลให้แห้งด้วยวิธี Tray dryer ใช่หรือไม่?")) (yes-node node3-mot) (no-node node4-mot) (answer nil))
```

```
(node (name node3-mot) (type answer) (question nil))
```

```
(yes-node nil) (no-node nil) (answer "เปลี่ยนวิธีการทำแกรนูลให้แห้ง เช่น Fluid bed dryer"))
```

```
(node (name node4-mot) (type decision) (question "สารอื่นที่เติมลงในแกรนูลหลังจากทำให้แห้งแล้ว มีสีเดียวกับแกรนูลหรือไม่?")) (yes-node node5-mot) (no-node node6-mot) (answer nil))
```

```
(node (name node5-mot) (type answer) (question nil))
```

(yes-node nil) (no-node nil) (answer "สารอื่นที่เติมลงในแกรนูลหลังจากทำให้แห้งแล้ว ต้องเติมสีเข้าไปเพื่อให้มีสีเท่ากับแกรนูล"))

(node (name node6-mot) (type decision) (question "แรงตอกยาเม็ดสูงเกินไปหรือไม่?"))

(yes-node node7-mot) (no-node node8-mot) (answer nil))

(node (name node7-mot) (type answer) (question nil))

(yes-node nil) (no-node nil) (answer "ลดแรงตอกลง เนื่องจากแรงตอกสูงมากจะทำให้แกรนูลแตกได้มาก ทำให้เห็นสีต่างมากขึ้นและความแข็งแตกต่างกันเห็นชัดมากขึ้นด้วย"))

(node (name node8-mot) (type decision) (question "มีสารช่วย(Diluent) ที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยไม่แตกหัก(Plastic deformation) เมื่อได้รับแรงตอกเช่น lactose, starch, manitol อยู่ในตำรับหรือไม่?")) (yes-node node9-mot) (no-node node10-mot) (answer nil))

(node (name node9-mot) (type answer) (question nil))

(yes-node nil) (no-node nil) (answer "เติมสารช่วย(Diluent) ที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยไม่แตกหัก(Plastic deformation) เมื่อได้รับแรงตอกเช่น lactose, starch, manitol ในตำรับ"))

(node (name node10-mot) (type answer) (question nil))

(yes-node nil) (no-node nil) (answer "เติมสารที่ช่วยยับยั้งการเคลื่อนย้ายสีในตำรับยาเม็ดเช่น tragacanth, acacia, attapulgate, talcum, Solka-Floc., PVP "))

3.7 การติดต่อกับผู้ใช้ระบบ

การนำเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปล์ไปใช้งานในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ทั้งนี้ขึ้นกับระบบปฏิบัติการ(Operating System) ดังนี้

- (1) ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบดอส (DOS)
- (2) ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดวส์ (WINDOWS)
- (3) ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบยูนิกซ์ (UNIX)

ในการศึกษาครั้งนี้ ภาษาที่ใช้สื่อสารระหว่างผู้ใช้ระบบกับระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ด เป็นสิ่งสำคัญ ผู้ค้นคว้าจึงได้เลือกกระบบปฏิบัติการแบบดอส (DOS) ในการรันเปลือกกระบบผู้เชี่ยวชาญคลิปล์ เพราะสามารถประยุกต์ใช้ภาษาไทยในระบบได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ระบบปฏิบัติการแบบวินโดวส์ (WINDOWS) และระบบปฏิบัติการแบบยูนิกซ์ (UNIX) ยังมีปัญหาในการใช้ภาษาไทยอยู่ ซึ่งยังเป็นปัญหาในเรื่องของสระลอย

การสั่งให้เปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญคลิป์ทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบดอส (DOS) สามารถทำได้โดยการป้อนคำสั่งให้เปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญคลิป์ทำงานจากที่อ็อปเลเวล (top level)

3.8 การปรับปรุงแก้ไขฐานความรู้

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ระบบผู้เชี่ยวชาญได้รับการออกแบบให้นำเสนอความรู้ในรูปแบบของข้อเท็จจริงที่ถูกแยกไว้ต่างหากในแบบไฟล์ตามตารางที่ 3.15 ดังนั้นวิธีการปรับปรุงฐานความรู้จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีตามขอบเขตของการปรับปรุงดังนี้

1) กรณีปรับปรุงความรู้เดิม

ลักษณะนี้จะเป็นการปรับปรุงความรู้เกี่ยวกับคำถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดที่มีอยู่แล้วในฐานความรู้ให้มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น การปรับปรุงแก้ไขข้อความคำถามที่อยู่ในสล็อตคำถามหรือคำตอบที่อยู่ในสล็อตคำตอบหรือจะเป็นการแก้ไขโครงสร้างการตัดสินใจแบบต้นไม้ โดยการแก้ไขชื่อของโหนดในสล็อตเซสโหนดและสล็อตโหนดหรือการเพิ่มโหนดตัดสินใจและโหนดคำตอบ ก็สามารถทำได้ง่ายๆ โดยการใช้โปรแกรม Text Editor ทั่วไป เช่น โปรแกรม Notepad , Wordpad และ Microsoft Word เรียกไฟล์ข้อมูลตามชนิดของปัญหาการผลิตยาเม็ดดังกล่าวมาแก้ไข โดยคู่ฟังก์ชันของชนิดปัญหาการผลิตยาเม็ด ตารางคำถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดชนิดนั้นๆ ซึ่งจะไม่กระทบถึง Source Code ของระบบผู้เชี่ยวชาญเลยเพราะทั้ง 2 ส่วนไม่ได้เก็บไว้ในไฟล์เดียวกัน และผู้ที่ทำการแก้ไขปรับปรุงฐานความรู้ก็ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของคลิป์เลย เพียงแต่เข้าใจโครงสร้างของปัญหาในรูปแบบต้นไม้การตัดสินใจก็พอ

2) กรณีเพิ่มความรู้ใหม่

ลักษณะนี้จะเป็นการเพิ่มความรู้เกี่ยวกับคำถามและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหยาเม็ดที่มีอยู่แล้วในฐานความรู้ให้มากยิ่งขึ้นโดยระบบต้นแบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อแก้ปัญหยาเม็ดจะให้กรอกคำถามและข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหยาเม็ด โดยใช้กฎต่อไปนี้ในการส่งคำตอบที่ต้องการให้แก่ผู้ใช้ระบบ

```
(defrule replace-answer-node
  ?phase <- (replace-answer-node ?name)
  ?data <- (node (name ?name)
    (type answer)
    (answer ?value))
```

=>

`(retract ?phase)``(printout t crlf)``(printout t "แนวทางอื่นในการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดที่ต้องการ
เสนอแนะให้กับระบบ ? ")``(bind ?new-solution (readline))``(printout t crlf)``(printout t "กรุณารอกคำถามที่ใช้แยกแนวทางการแก้ปัญหาการผลิต
ยาเม็ดที่เสนอแนะจากแนวทางการแก้ปัญหาการผลิตยาเม็ดแบบเดิม")``(printout t crlf)``(printout t crlf)``(bind ?question (readline))``(printout t crlf)``(printout t "ปัจจุบันระบบได้เรียนรู้แนวทางการแก้ปัญหาการผลิต
ที่เพิ่มเติมเรียบร้อยแล้ว " crlf)``; Create the new learned nodes``(bind ?newnode1 (gensym*))``(bind ?newnode2 (gensym*))``(modify ?data (type decision)``(question ?question)``(yes-node ?newnode1)``(no-node ?newnode2))``(assert (node (name ?newnode1)``(type answer)``(answer ?new-solution)))``(assert (node (name ?newnode2)``(type answer)``(answer ?value)))``; Determine if the player wants to try again``(assert (ask-try-again)))`