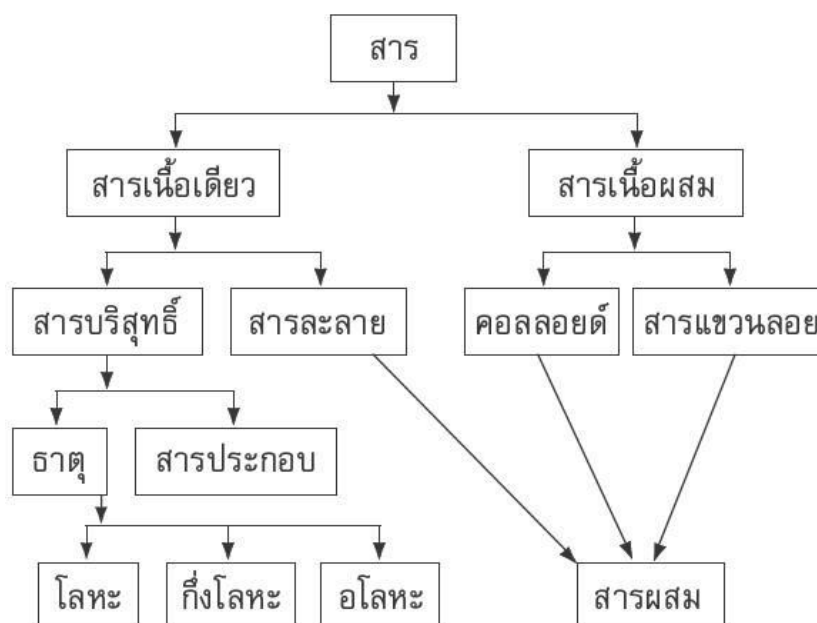




## หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การแยกสาร วิทยาศาสตร์ 4 ว 22102 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

### สาระสำคัญ/แนวความคิดหลัก

ในชีวิตประจำวันนักเรียนพบว่า สารส่วนใหญ่อยู่รวมกันในรูปของสารผสม ซึ่งอาจเป็นสารเนื้อเดียวหรือสารเนื้อผสม ถ้าต้องการแยกสารผสมให้ได้สารเพียงชนิดเดียวเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ อาจทำได้โดยอาศัยสมบัติเฉพาะตัวของสารนั้น เช่น การแยกสารเนื้อผสมที่มีลักษณะหรือขนาดแตกต่างกันอาจทำได้โดยการหยิบออกหรือการร่อนด้วยตะแกรง การแยกโลหะออกจากสารเนื้อผสมโดยการใช้แม่เหล็กดูด ส่วนสารเนื้อเดียว เช่น น้ำเกลือ อาจใช้วิธีระเหยแห้ง เพื่อให้ได้เกลือมาใช้ประโยชน์ สารบางชนิดอาจแยกโดยการสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งเป็นวิธีการจำแนกสารที่อาศัยหลักการเกี่ยวกับการละลายของสาร เนื่องจากสารแต่ละชนิดจะละลายได้ไม่เท่ากันในตัวทำละลายที่ต่างกัน สำหรับสารที่มีจุดเดือดต่ำ ระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายและไม่ละลายน้ำ สามารถแยกได้โดยใช้ไอน้ำ สารผสมบางชนิดที่เป็นของเหลวกับของเหลว หรือของแข็งกับของเหลว ที่มีจุดเดือดต่างกันมากๆ สามารถแยกออกจากกันได้โดยการกลั่น ส่วนสารผสมที่ประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ ที่เคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับได้ต่างกัน และละลายในตัวทำละลายที่เป็นตัวพาได้ไม่เท่ากัน อาจใช้หลักการทางโครมาโทกราฟีแยกสารออกจากกันได้ โดยสารในชีวิตประจำวันสามารถจำแนกได้ ดังรูป



ภาพที่ 1 สารและการจำแนกสาร

โดยการแยกสารผสมด้วยวิธีการต่างๆ จนสารเพียงชนิดเดียวหรือที่เรียกว่า “สารบริสุทธิ์” สารบริสุทธิ์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ธาตุและสารประกอบ ธาตุ คือ สารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว เช่น แก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) แก๊สนีออน (Ne) ทองคำ (Au) เงิน (Ag) ทองแดง (Cu) ส่วนสารประกอบเป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุมากกว่า 1 ชนิด เช่น น้ำ ( $H_2O$ ) เกลือแกง (NaCl) เป็นต้น

## กระบวนการแยกสาร (Purification Methods)

1) การแยกสาร คือ การทำให้องค์ประกอบของสารละลายแยกตัวออกจากกันกลับมาเป็นสารบริสุทธิ์อีกครั้ง

2) การแยกสารละลายใดๆ อาจทำได้หลายวิธี แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ “**ต้องเลือกวิธีที่ง่ายและเหมาะสมที่สุด**” โดยกระบวนการแยกสารสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

### 1. การแยกสารเนื้อผสม

ในการแยกสารเนื้อผสมต้องวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของสารเนื้อผสม ได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำ การเป็นสารแม่เหล็ก การระเหิด ขนาด ความหนาแน่น และสี นำมาเป็นเกณฑ์กำหนดวิธีแยกสารออกจากกัน เช่น การกรอง การระเหิด การใช้แม่เหล็กดูด การใช้กรวยแยก การหยิบออก การสกัดด้วยตัวทำละลาย

### 2. การแยกสารเนื้อเดียว

สารเนื้อเดียวที่พบเห็นโดยทั่วไปอาจประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ การแยกสารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบของสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปออกจากกัน โดยการใช้สมบัติทางกายภาพของสารแต่ละชนิดได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การระเหย การตกผลึก การกลั่น การกลั่นแบบธรรมดา การกลั่นลำดับส่วน และโครมาโทกราฟี

กระบวนการแยกสารในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย 8 วิธีการ ดังนี้

**1. การกรอง (filtration) :** ใช้แยกของผสมที่เกิดจาก **ของแข็ง+ของแข็ง** ที่มีขนาดอนุภาคต่างกันมาก หรือ **ของแข็ง+ของเหลว** ซึ่งของแข็งไม่ละลายในของเหลว

เช่น ทราย+น้ำ , ผงเหล็ก+น้ำ , เม็ดทรายที่มีขนาดไม่เท่ากัน , คัดกรองขนาดของผลไม้

**2. การตกผลึก (crystallization) :** ใช้แยกสารละลายที่เกิดจาก **ของแข็ง+ของเหลว** และของแข็งละลายอยู่ในอิมิตัว

เช่น การทำนาเกลือ , การตกผลึกของสารละลายจุนสี , การตกผลึกสารส้ม

**3. การกลั่นแบบธรรมดา (distillation) :** ใช้แยกสารละลายที่เกิดจาก **ของแข็ง+ของเหลว** และเป็นเนื้อเดียวกัน

เช่น เกลือ+น้ำ , น้ำตาล+น้ำ , ไอโอดีน+คาร์บอนไดซัลไฟด์ , น้ำทะเล , โปแทสเซียมไอโอไดด์+น้ำ ฯลฯ

**4. การกลั่นแยกลำดับส่วน (fractional distillation) :** ใช้แยกสารละลายที่เกิดจาก **ของเหลว+ของเหลว** และเป็นเนื้อเดียว

เช่น การกลั่นน้ำมันดิบ , น้ำหอม , น้ำส้มสายชู , น้ำ+แอลกอฮอล์ , น้ำ+เอทิลีน

**5. การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) :** ใช้แยกสารที่มีจุดเดือดต่ำและไม่ละลายน้ำออกจากของผสม

เช่น การสกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากพืช เช่น มะกรูด , ตะไคร้ , มะนาว , ส้ม , ใบเตย , มะลิ

**6. การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) :** ใช้แยกของผสมที่มีความสามารถในการละลายไม่เท่ากัน

เช่น ทราย+น้ำตาล ใช้น้ำเป็นตัวสกัด , ผงกำมะถัน+ผงทราย ใช้  $CS_2$  เป็นตัวสกัด

**7. การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี (chromatography) :** ใช้แยกของผสมที่มีปริมาณน้อยมากๆ (ไม่ถึง 1 ml ก็สามารแยกได้)

เช่น การทำโครมาโทกราฟีกระดาษของหยดหมึก

**8. การแยกสารโดยวิธีอย่างง่าย** เช่น การระเหย การใช้กรวยแยก การระเหิด วิธีหีบออก และการใช้แม่เหล็กดูด

การใช้กรวยแยก : ใช้แยกของผสมที่เกิดจาก **ของเหลว+ของเหลว** ซึ่งแยกชั้นจากกันอย่างชัดเจน

เช่น น้ำ+น้ำมัน , อะซิโตน+น้ำ



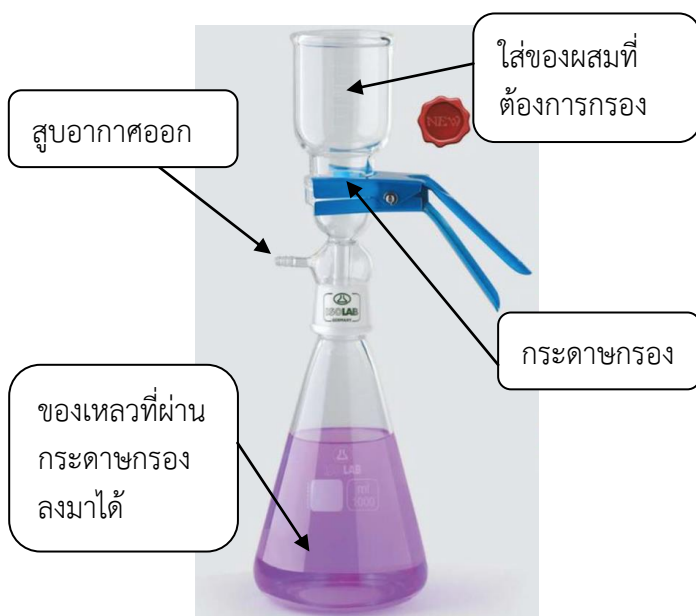
## เรื่องที่ 1 การกรอง (filtration)

### 1.1 หลักการ

**การกรอง (filtration)** : เป็นวิธีการแยกสารผสมที่มีสมบัติการละลายในตัวทำละลาย และมีขนาดอนุภาคของสารต่างกัน โดยของผสม ของแข็ง+ของเหลว เกิดได้ 2 กรณี คือ สารละลายและสารแขวนลอย ถ้าอยู่ในรูปสารละลาย การแยกสารสามารถทำได้โดยการกลั่นตามหัวข้อที่ผ่านมา แต่ถ้าของแข็งไม่ละลายในของเหลว จะเกิดเป็นสารแขวนลอย ซึ่งการแยกสารแขวนลอยสามารถทำได้ด้วยวิธีการกรอง

**1.2 ความเหมาะสม** : ใช้แยกของผสมที่อยู่ในรูปของสารแขวนลอย โดยของแข็งจะไม่สามารถผ่านกระดาษกรองไปได้

**1.3 เงื่อนไข** : นักเรียนต้องทราบเองว่าของแข็งที่นำมาผสมกับของเหลว นั้น สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้หรือไม่ ถ้าละลายใช้การกลั่น ถ้าไม่ละลายใช้การกรอง



**จากภาพด้านซ้าย** : แสดงเครื่องมือที่ใช้สำหรับการกรองของผสมที่อยู่ในรูปสารแขวนลอย สารที่เป็นของเหลว จะสามารถไหลผ่านรูพรุนของกระดาษกรองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนที่  $10^{-4}$  เซนติเมตร ลงไปอยู่ในขวดรูปชมพู่ด้านล่างได้ ส่วนสารที่เป็นของแข็ง จะไม่สามารถผ่านรูพรุนของกระดาษกรองได้ และจะติดค้างอยู่บนกระดาษกรอง

ภาพที่ 2 เครื่องมือที่ได้สำหรับการกรอง

### 1.4 สารซึ่งไม่ละลายน้ำ (ใช้สำหรับทำโจทย์)

#### 1. สารประกอบที่ละลายน้ำ

- สารประกอบของธาตุหมู่ IA ทุกตัว เช่น  $\text{NaCl}$  ,  $\text{LiOH}$  ,  $\text{KF}$  ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- สารประกอบของ  $\text{NH}_4^+$  ทุกตัว เช่น  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ,  $\text{NH}_4\text{OH}$
- สารประกอบของ  $\text{NO}_3^-$  ทุกตัว เช่น  $\text{LiNO}_3$  ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ,  $\text{AgNO}_3$
- สารประกอบของ  $\text{ClO}^-$  ,  $\text{ClO}_2^-$  ,  $\text{ClO}_3^-$  ,  $\text{ClO}_4^-$  ทุกตัว เช่น  $\text{KClO}$  ,  $\text{LiClO}_2$  ,  $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
- สารประกอบของ  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ทุกตัว เช่น  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ,  $\text{CH}_3\text{COOAg}$

- สารประกอบของธาตุหมู่ VIA ได้แก่  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  โดยปกติละลายน้ำ ยกเว้นเมื่อรวมกับ  $Ag^+$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  ไม่ละลาย (ยกเว้น  $AgF$  ละลาย ต้องจำด้วย)
- สารประกอบของ  $SO_4^{2-}$  โดยปกติละลายน้ำ ยกเว้นรวมกับ  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Ra^{2+}$  ไม่ละลาย

## 2. สารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (ยกเว้นเมื่อรวมกับ IA, $NH_4^+$ )

- สารประกอบของ  $O^{2-}$ ,  $S^{2-}$  ทุกตัว เช่น  $MgO$ ,  $CaS$ ,  $Al_2O_3$
- สารประกอบของ  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $CrO_4^{2-}$  ทุกตัว เช่น  $CaCO_3$ ,  $Mg_3(PO_4)_2$

ในการแยกของผสมระหว่างเกลือกับลูกเหม็น เราใช้น้ำละลายเกลือแกลง ส่วนลูกเหม็นไม่สามารถละลายในน้ำได้จึงปนอยู่ในสารละลายเกลือแกลง ทำให้สารละลายมีลักษณะขุ่น เมื่อนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ลูกเหม็นซึ่งไม่ละลายน้ำในน้ำและมีขนาดของอนุภาคใหญ่กว่ารูเล็กๆ ของกระดาษกรองจึงค้างอยู่บนกระดาษกรอง ส่วนเกลือแกลงละลายน้ำได้และมีขนาดของอนุภาคเล็กกว่ารูเล็กๆ ของกระดาษกรอง จึงผ่านกระดาษกรองลงสู่ภาชนะรองรับถ้าต้องการเกลือแกลงต้องนำสารละลายไประเหยแห้งจนได้เกลือแกลงในภาชนะ

ลูกเหม็น เป็นของแข็งสีขาว ไม่ละลายน้ำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า “แนฟทาลิน” มีสูตร  $C_{10}H_8$  ใช้สำหรับป้องกันแมลงสาบไม่ให้มารบกวน ใส่ไว้ในตู้เสื้อผ้าหรือกล่องที่เก็บกระดาษ นอกจากนี้ยังใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำ ซึ่งอาจใส่สีทำให้มีสีต่างๆ



## เรื่องที่ 2 การตกผลึก (crystallization)

### 2.1 หลักการ

**การตกผลึก (crystallization)** : เป็นการแยกตัวละลายออกจากสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง เมื่ออุณหภูมิลดลงความสามารถในการละลายจะลดลง โดยตัวละลายที่มีอยู่มากเกินพอจะแยกตัวออกจากสารละลายเป็นของแข็งที่มีรูปร่างเรขาคณิต เรียกว่า **ผลึก (crystal)** เมื่อเกิดการตกผลึก ในภาชนะจะประกอบไปด้วยสารละลายอิ่มตัวและผลึก

โดยของผสมที่เกิดจาก **ของแข็ง+ของเหลว** ซึ่งของแข็งละลายในของเหลวได้ อาจจะใช้วิธีการเผาจนแห้ง (การกลั่นธรรมดา) ในการแยกสารก็ได้ หรืออาจจะใช้วิธีการตกผลึกได้ ซึ่งการตกผลึก คือ การทำให้ตัวถูกละลาย (ของแข็ง) ที่ละลายในของเหลว อิ่มตัวที่อุณหภูมิสูงและค่อยๆ ลดอุณหภูมิลง ทำให้ของแข็งที่ละลายเกินความสามารถในการละลายนั้นตกผลึกออกมาเป็นของแข็งรูปร่างเรขาคณิต

### 2.2 ความเหมาะสม

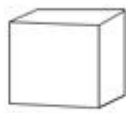
ใช้แยกของผสมของแข็งละลายในของเหลว ซึ่งโดยทั่วไปการตกผลึกไม่ค่อยจะนำมาใช้แยกสารเท่าไร



ผลึกโกเมน



ผลึกเพชร



ผลึกเกลือแกลง



ผลึกกำมะถัน



ผลึกหินอ่อน



ผลึกจนลี

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะผลึกที่สมบูรณ์ของสารบางชนิด

### 2.3 คำศัพท์เกี่ยวกับการตกผลึก

1) ความสามารถในการละลาย (Solubility) คือ ความสามารถของของแข็งที่สามารถละลายได้สูงสุดในของเหลวชนิดหนึ่งๆ ที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง มีหน่วยเป็น g/L เช่น ของแข็ง A ละลายในน้ำ 1 ลิตร ได้ 300 g ที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้น ของเหลว A มีความสามารถในการละลาย 300 g/L

2) สารละลายไม่อิ่มตัว (Unsaturated Solution) คือ สารละลายที่มีตัวถูกละลาย ละลายอยู่น้อยกว่าค่าความสามารถในการละลายของของแข็งในของเหลวนั้น ที่อุณหภูมิที่กำหนด

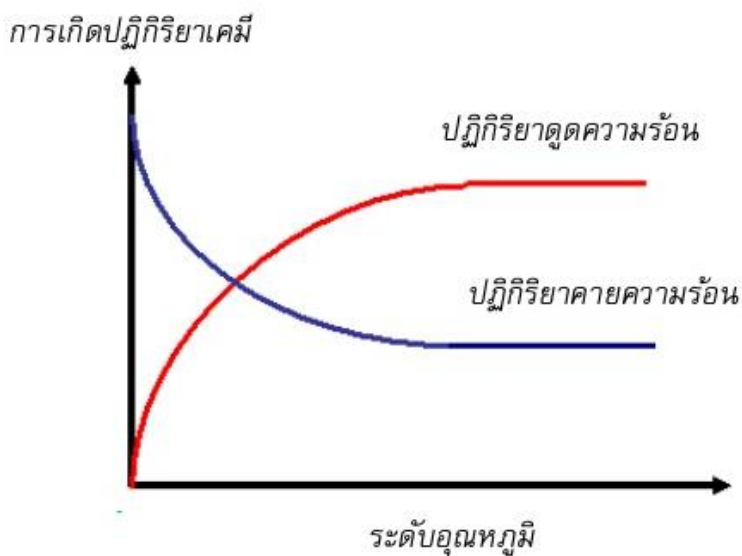
3) สารละลายอิ่มตัว (Saturated Solution) คือ สารละลายที่มีตัวถูกละลาย ละลายอยู่เต็มความสามารถในการละลายของของแข็งในของเหลวนั้น ที่อุณหภูมิที่กำหนด

4) สารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด (Supersaturated Solution) คือ สารละลายที่มีตัวถูกละลาย ละลายอยู่มากกว่าความสามารถในการละลายของของแข็งในของเหลวนั้น ที่อุณหภูมิที่กำหนด โดยไม่มีการตกผลึกออกมา

### 2.4 ความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสารละลาย แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) การละลายแบบดูดความร้อน หมายถึง กระบวนการละลายที่ต้องอาศัยความร้อนช่วยในการละลาย อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะต่ำลงเมื่อเกิดการละลาย และเมื่อให้ความร้อนแก่ระบบ จะละลายได้ดี

2) การละลายแบบคายความร้อน หมายถึง กระบวนการละลายที่คายความร้อนเมื่อเกิดการละลาย อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมจะสูงขึ้นเกิดการละลาย และเมื่อให้ความร้อนแก่ระบบจะละลายได้น้อยลง



ภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี



## ใบงานที่ 1 เรื่อง การกรอง (filtration) และการตกผลึก (filtration)

### ตอนที่ 1

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนใช้ความรู้ที่เรียนมาตอบคำถาม

- อธิบายหลักการของการกรอง

-----  
 -----  
 -----

- อธิบายหลักการของการตกผลึก

-----  
 -----  
 -----

- ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารในชีวิตประจำวัน ที่ใช้วิธีการแยกด้วยการกรอง

-----  
 -----  
 -----

- ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารในชีวิตประจำวัน ที่ใช้วิธีการแยกด้วยการตกผลึก

-----  
 -----  
 -----

- จงอธิบายลักษณะของสารที่ใช้ในการกรอง

-----  
 -----  
 -----

### ตอนที่ 2

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนใช้ความรู้ที่เรียนมาตอบคำถามต่อไปนี้

| สาร              | สูตรเคมี          | ปริมาณสารที่ละลายได้ (g) ในน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ (°C) |       |        |
|------------------|-------------------|--|-------|--------|
|                  |                   | 20 °C  | 60 °C | 100 °C |
| เกลือแกง         | NaCl              | 36.0   | 37.3  | 39.8   |
| จุนสี            | CuSO <sub>4</sub> | 77.0   | 91.2  | 107.2  |
| โพแทสเซียมไนเตรต | KNO <sub>3</sub>  | 31.6   | 110.0 | 246.0  |

ตารางที่ 1 แสดงความสามารถในการละลายของสารบางชนิด

จากตารางให้นักเรียนอธิบายการแยกสารโดยการตกผลึก

ถ้านำของเหลวที่มีเกลือแกง 20 กรัม จุนสี 90 กรัม ไปละลายในน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ของผสมนี้จะ..... แต่เมื่อลดอุณหภูมิลงเหลือ 20 องศาเซลเซียส จุนสีจะ.....

ส่วนเกลือแกง 20 กรัม จะ..... เนื่องจากน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เกลือแกงละลายได้ถึง 36 กรัม ดังนั้นจึงไม่ตกผลึก