

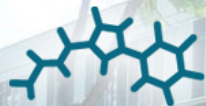
# La Ciència de la Xocolata

# El Cristalls de la Xocolata

**Dra. Marta Martínez Belmonte**

Tècnic de laboratori de Difracció de raig-X

25 d'Abril 2017



**ICIQ** <sup>R</sup>

Institut Català  
d'Investigació Química



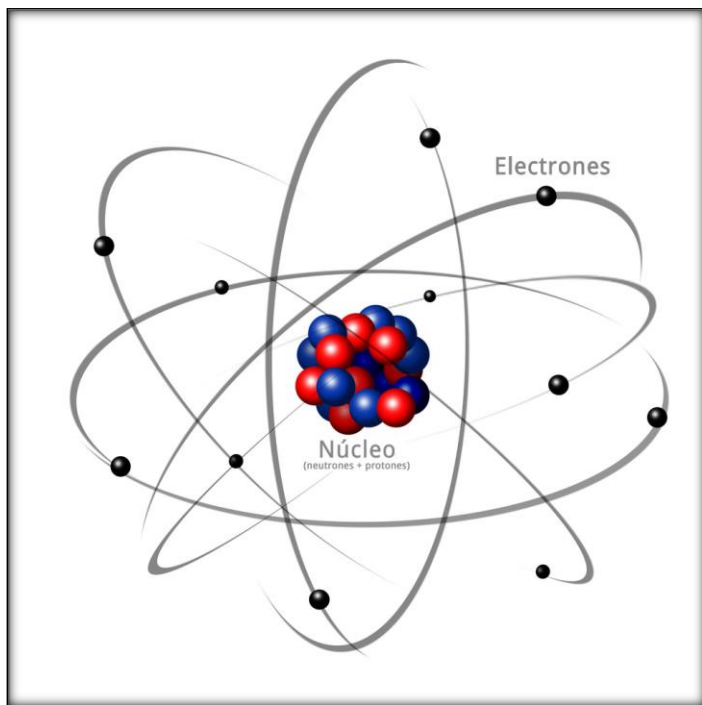
Barcelona Institute of  
Science and Technology



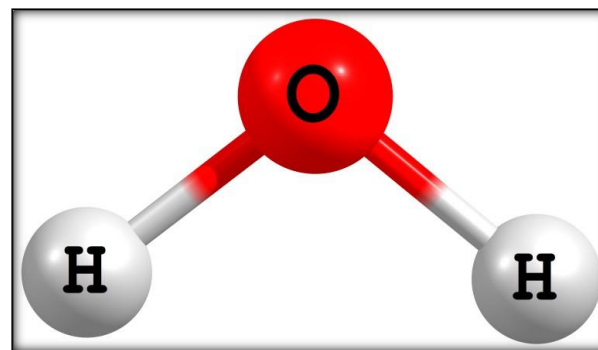
# Els cristalls

# Què són els cristalls?

- La **matèria** està formada per **àtoms i molècules**



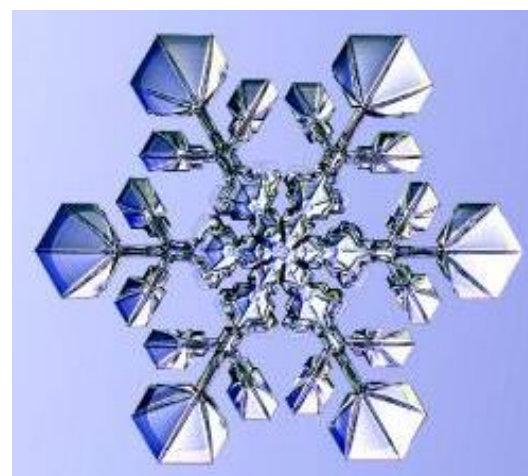
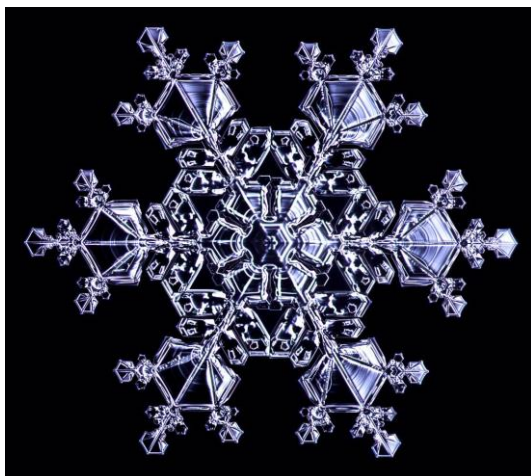
Àtom



Molècula d'aigua

- Els **cristalls** estan formats per un apilament ordenat d'àtoms i molècules en **estat sòlid**

# On podem trobar cristalls?



# On podem trobar cristalls?



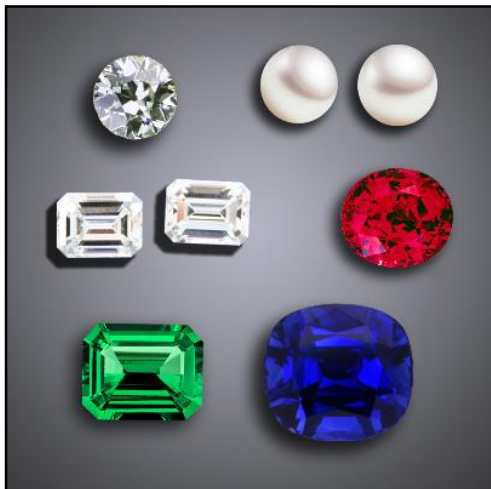
# On podem trobar cristalls?



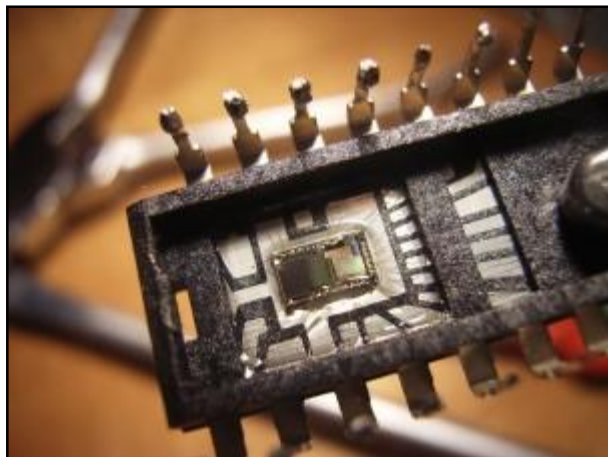
# On podem trobar cristalls?



# On podem trobar cristalls?

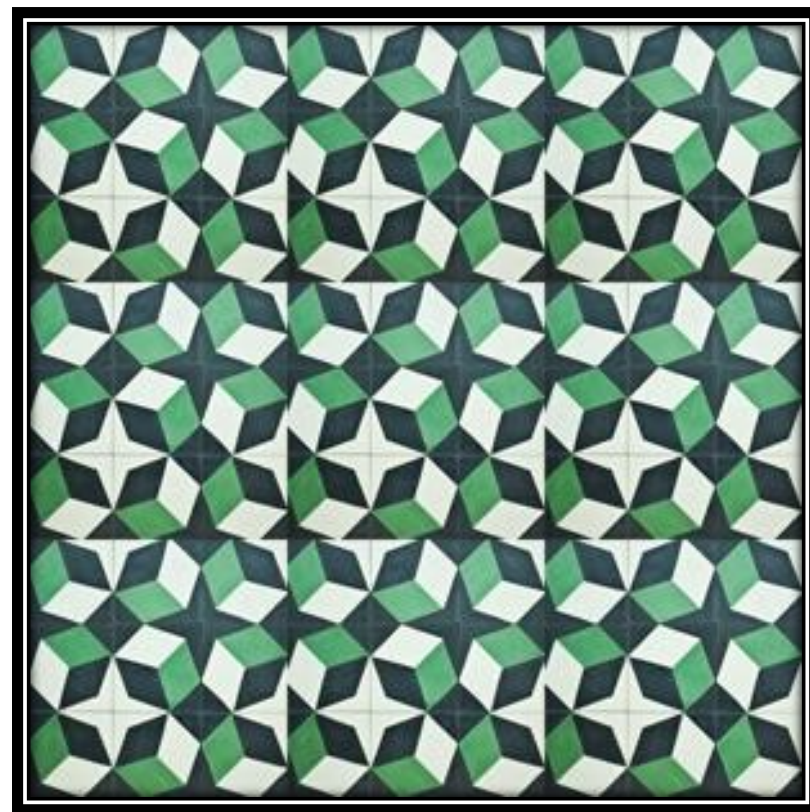


# On podem trobar cristalls?



# Què són els cristalls? Periodicitat i ordre

- Són matèria ordenada
- Àtoms i molècules **ordenades** en l'espai i de manera **periòdica**

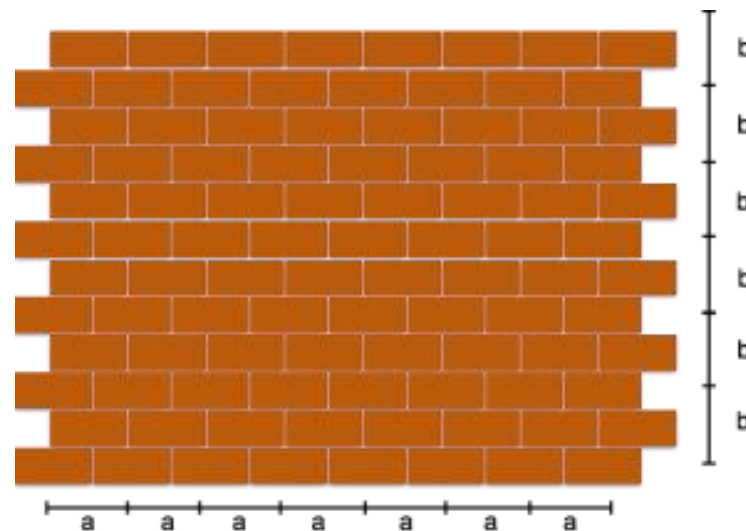
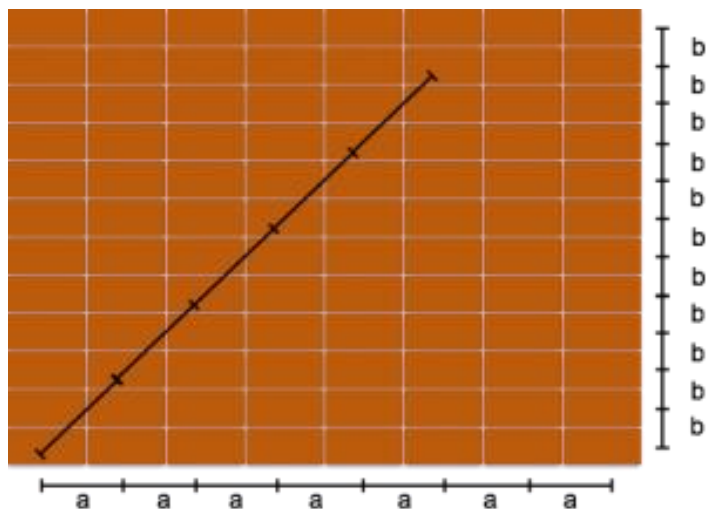


# Què són els cristalls? Periodicitat i ordre

- Són matèria ordenada en estat sòlid
- Àtoms i molècules **ordenades** en l'espai i de manera **periòdica**



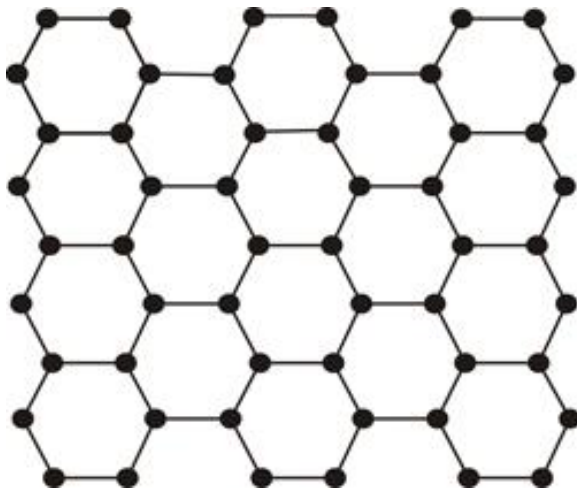
# Què són els cristalls? La periodicitat



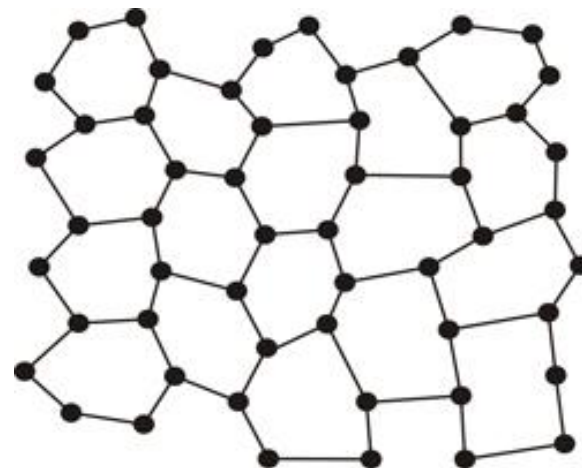
# On podem trobar cristalls? L'ordre



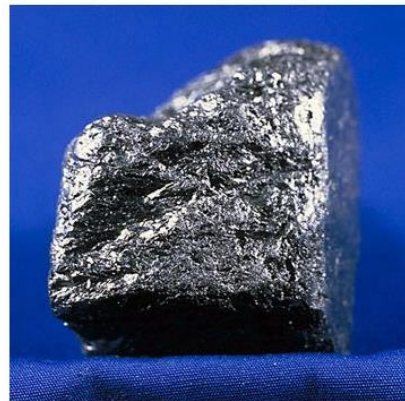
Matèria ordenada  
Cristal·lina  
Dura



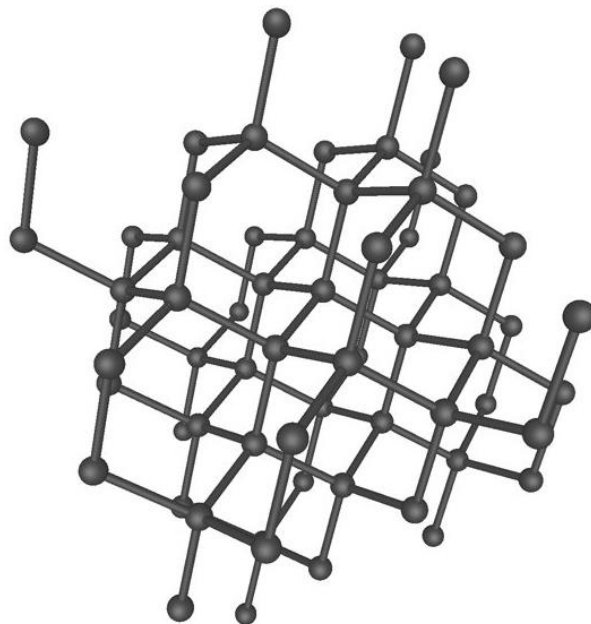
Matèria desordenada  
Amorfa  
Fràgil



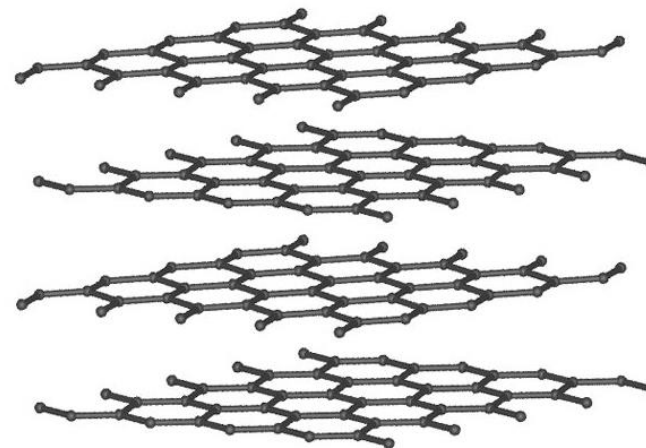
# Què són els cristalls? L'ordre



Matèria molt ordenada  
Cristal·lina  
Dur



Matèria parcialment ordenada  
Parcialment cristal·lina  
Fràgil



# La xocolata

# Què es la xocolata?

- La xocolata és un aliment que s'obté barrejant dos **derivats de la llavors de l'arbre del cacau**: la mantega de cacau i la massa del cacau, i amb el **sucres**
- És **sòlid a temperatura ambient i líquid a temperatura del cos humà** → es desfà quan ens el posem a la boca

- **Anàlisis visual**
  - ▣ Color marró fosc, brillant i uniforme
- **Anàlisis tàctil**
  - ▣ Ferm i textura fina
  - ▣ No enganxifós, no s'ha de desfer a les mans però ha de ser fàcil de trencar
- **Anàlisis auditiu**
  - ▣ Ha de fer “crec” al partir-lo
- **Anàlisis olfactiu**
  - ▣ Aroma a xocolata i altres, segons els gustos i del fabricant
- **Anàlisis gustatiu**
  - ▣ S'ha de desfer a la boca, no a les mans, i ha de donar una sensació refrescant

# De que està feta la xocolata?

## ■ Xocolata negra

- Pasta de cacau (> 50%)
- Mantega de cacau
- Sucre

} derivats del cacau

## ■ Xocolata amb llet

- Pasta de cacau (25 - 40%)
- Mantega de cacau
- Sucre
- Llet en pols o llet condensada

} derivats del cacau

## ■ Xocolata blanca

- Mantega de cacau (~ 20%)
- Sucre
- Llet en pols o llet condensada

# La elaboració de la xocolata

- Els fruits del cacau són collits i s'extreuen les llavors



# Elaboració de la xocolata

- Els fruits són collits i s'extreuen les llavors



- Les llavors es fermenten i després s'assequen al sol



# Elaboració de la xocolata

- Els fruits són collits i s'extreuen les llavors
- Les llavors es fermenten i després s'assequen al sol



- Es torren, es trituren i s'eliminen les closques → *nibs o puntes de cacau*



# Elaboració de la xocolata

- Els fruits són collits i s'extreuen les llavors
- Les llavors es fermenten i després s'assequen al sol
- Es torren, es trituren i s'eliminen les closques → **nibs o puntes de cacau**
- Els nibs es molen i es fa la **pasta o massa de cacau**



- Aquesta pasta de cacau es premsa i s'extreu *la mantega de cacau*



# Elaboració de la xocolata

- Aquesta pasta de cacau es premsa i s'extreu ***la mantega de cacau***.
- La pasta de cacau que queda s'esmicola i s'obté el ***pols de cacau***



# Elaboració de la xocolata

- Aquesta pasta de cacau es premsa i s'extreu la ***mantega de cacau***
- La pasta de cacau que queda s'esmicola i s'obté el ***pols de cacau***
- Després es fa el ***“conchado”***
  - es barregen la massa de cacau amb la mantega de cacau
  - s'enriqueix el gust de la xocolata i s'aconsegueix una millor textura
  - s'afegeixen també altres ingredients (espècies, etc.)



- El **Temperament**. La xocolata es col·loca en olles on es remou i es refreda i calenta a unes determinades temperatures i mentrestant la xocolata es manté líquida
- Finalment, **Emmotllar**. A la xocolata líquida es dóna forma, a vegades es farceix, i solidifica

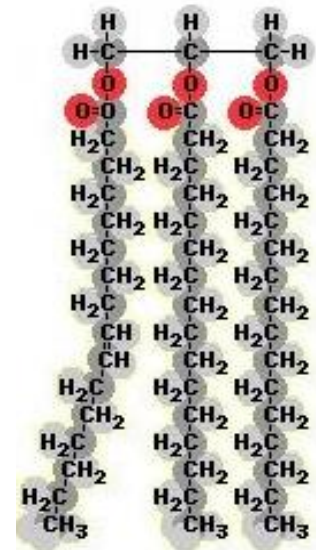
# La mantega de cacau

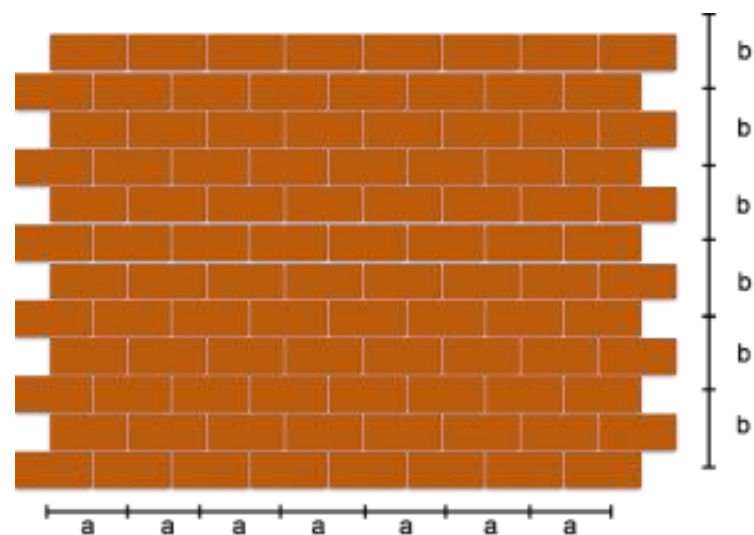
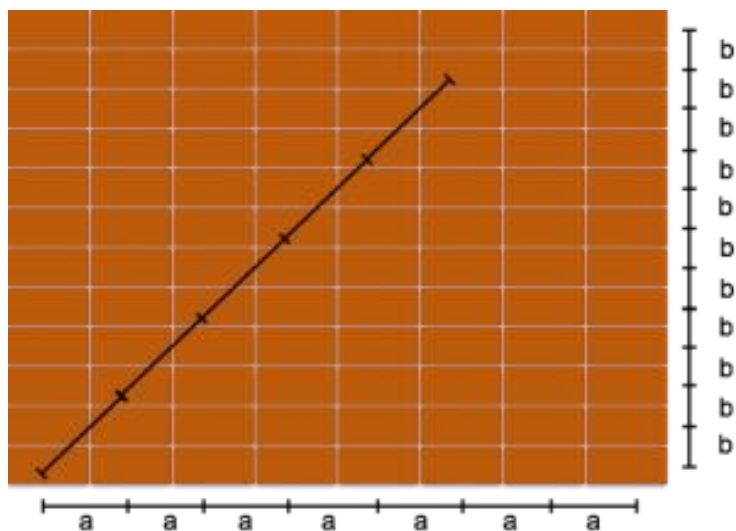
# La mantega de cacau



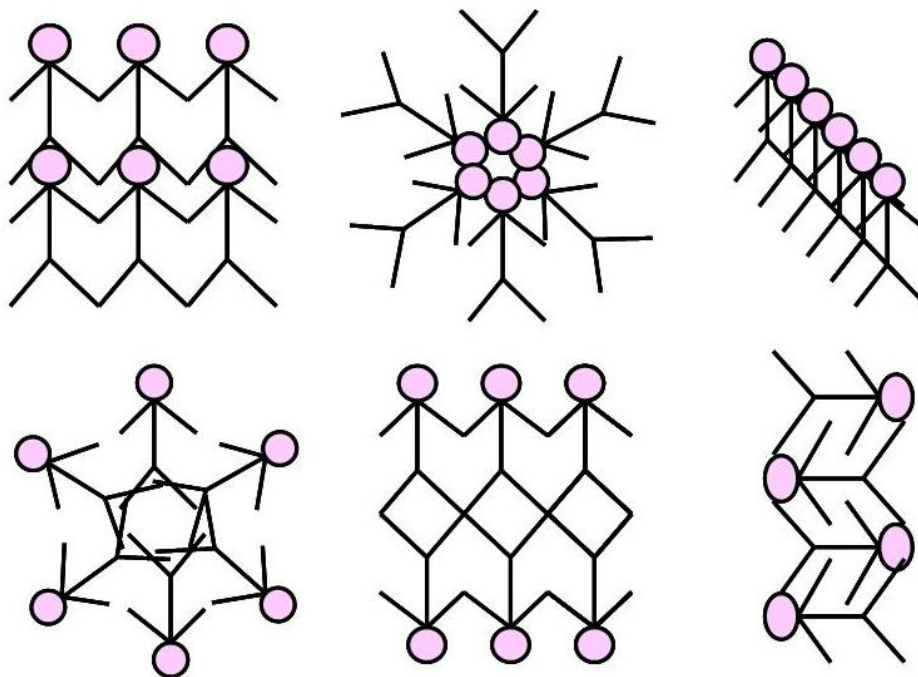
# La mantega de cacau

- És la fracció greixosa de la xocolata
- Greix vegetal procedent de la llavor del cacau
- Es separa de la llavor mitjançant un procediment mecànic, pressió
- Té un aroma suau i gust a xocolata
- És el greix vegetal més car
- Els greixos que conté són els **àcids triglicèrids** (àcid oleic, àcid palmític i àcid esteàric)
- Aquests àcids triglicèrids poden ***crystal·litzar*** sis maneres diferents.
  - ▣ Es poden ordenar en l'espai de sis maneres diferents





- Habilitat d'una substància de formar diferents formes cristal·lines
- Diferents maneres d'ordenar-se en l'espai: d'agrupar-se i empaquetar-se
- Cada una forma tindrà unes propietats diferents



# Polimorfs de la mantega de cacau



| Forma | T de fusió | Propietats                                                                                               | Obtenció                                                                                |
|-------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| I     | 16-18 °C   | Suau i molt trencadissa<br>Molt inestable, fon fàcilment<br>Cobertura dels gelats                        | Refredar ràpidament la xocolata fosa                                                    |
| II    | 22-24 °C   | Suau i trencadissa<br>Molt inestable, fon fàcilment                                                      | Refredar a 2°C ràpidament                                                               |
| III   | 24-26 °C   | Ferma però trencadissa<br>Fon fàcilment                                                                  | Refredar a 5-10°C<br>Emmagatzemar II a 5-10°C                                           |
| IV    | 26-28 °C   |                                                                                                          | Refredar a 16-21°C<br>Emmagatzemar III a 16-21°C                                        |
| V     | 32-34 °C   | Brillant i dura<br>Textura suau i llisa<br>Es fon a la boca ràpidament<br>Sensació refrescant            | Cristal·lització molt lenta<br>(0,01°C/min)<br>Procès de Temperament<br>Emmagatzemar IV |
| VI    | 34-36 °C   | Dura i amb textura suau<br>Es fon a la boca lentament<br>És aspre i té sensació rugosa<br>La més estable | Transformació a partir de la fase V amb el temps, no a partir de la xocolata fosa       |

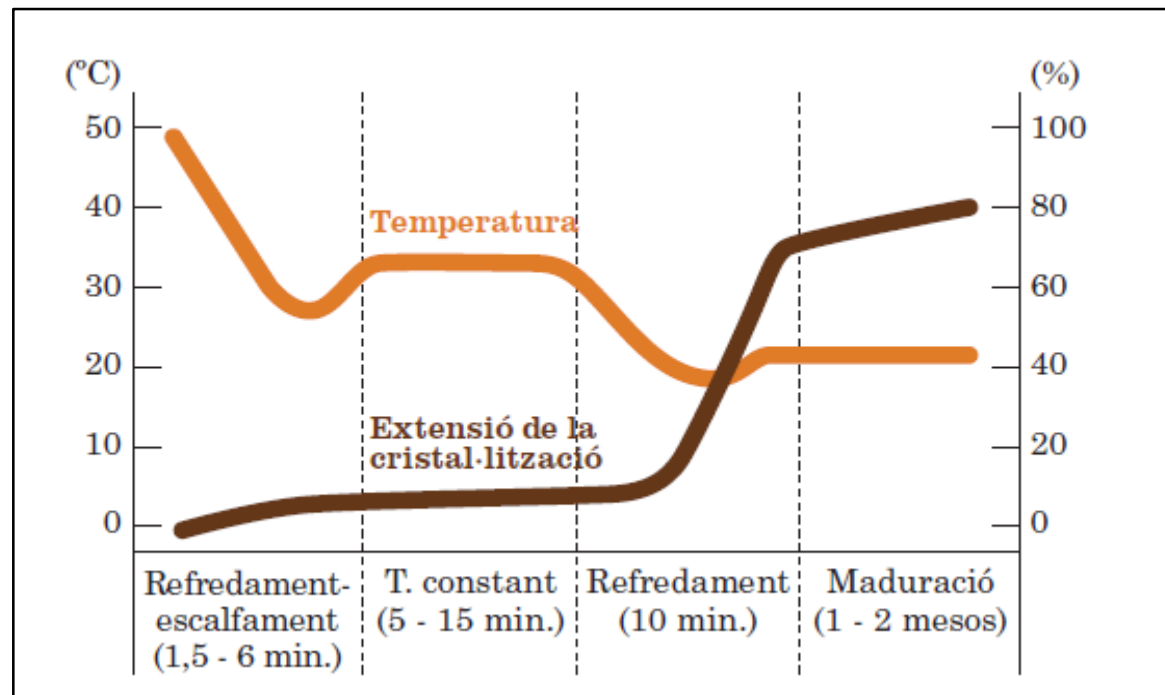
# Polimorfs de la mantega de cacau



| Forma | T de fusió | Propietats                                                                                                                | Obtenció                                                                                                  |
|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I     | 16-18 °C   | Suau i molt trencadissa<br>Molt inestable, fon fàcilment<br>Cobertura dels gelats                                         | Refredar ràpidament la xocolata fosa                                                                      |
| II    | 22-24 °C   | Suau i trencadissa<br>Molt inestable, fon fàcilment                                                                       | Refredar a 2°C ràpidament                                                                                 |
| III   | 24-26 °C   | Ferma però trencadissa<br>Fon fàcilment                                                                                   | Refredar a 5-10°C<br>Emmagatzemar II a 5-10°C                                                             |
| IV    | 26-28 °C   |                                                                                                                           | Refredar a 16-21°C<br>Emmagatzemar III a 16-21°C                                                          |
| V     | 32-34 °C   | <b>Brillant i dura</b><br><b>Textura suau i llisa</b><br><b>Es fon a la boca ràpidament</b><br><b>Sensació refrescant</b> | <b>Cristal·lització molt lenta (0,01°C/min)</b><br><b>Procès de Temperament</b><br><b>Emmagatzemar IV</b> |
| VI    | 34-36 °C   | Dura i amb textura suau<br>Es fon a la boca lentament<br>És aspre i té sensació rugosa<br>La més estable                  | Transformació a partir de la fase V amb el temps, no a partir de la xocolata fosa                         |

# Procès de Temperament de la xocolata

- Procés per obtenir només la forma cristal·lina V
- Consisteix en aplicar agitació constant a unes temperatures concretes



Evolució de la formació de cristalls durant el procés de temperament de la xocolata

# Procès de Temperament de la xocolata

- Consisteix en aplicar agitació constant a unes temperatures concretes
- Cada tipus de xocolata té unes temperatures

| El temperado del chocolate                                                          |                                                                                               |                                                                                                |                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | <i>fundir el chocolate</i>                                                                    | <i>pre-cristalización</i>                                                                      | <i>cristalización</i>                                                                           |
|   | <br>50-55 °C | <br>28-29 °C | <br>31-32 °C |
|  | 45-50 °C                                                                                      | 27-28 °C                                                                                       | 30-31 °C                                                                                        |
|  | 40 °C                                                                                         | 26-27 °C                                                                                       | 27-29 °C                                                                                        |

## Fat Bloom (emanació de greix)

- Capa blanquinosa i rugosa que apareix a la superfície de la xocolata, sobretot a l'estiu
- La xocolata no ha estat emmagatzemada en bones condicions
- És la forma cristal·lina VI: Canvia el gust de la xocolata
- Pèrdues per les empreses xocolateres



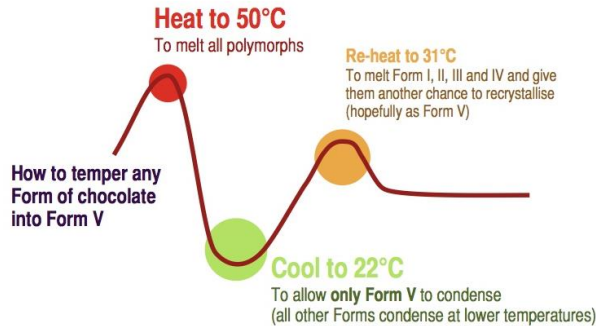
# Polimorfs del xocolata

## Polymorphs of Chocolate

Keep Form V chocolate above 10°C...

To prevent "chocolate blooming" on the surface  
...and below 28°C

To prevent accelerated transition into Form VI



Form number:

|                                      | I                                                                 | II                                    | III                                                                   | IV                                            | V                                                   | VI                                                 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Frozen melted chocolate starts here: | Contains all 5 polymorphs of cocoa butter                         | Contains 4 polymorphs of cocoa butter | Contains 3 polymorphs of cocoa butter                                 | Contains 2 polymorphs of cocoa butter         | Contains 1 polymorph of cocoa butter: Polymorph V   | Contains 1 polymorph of cocoa butter: Polymorph VI |
| How to make it:                      | Put melted chocolate in the freezer                               | Heat Form I to 1°C for 1 hour         | Heat Form II to 8°C for 2 hours                                       | Heat Form III at room temperature for 6 hours | Temper it patiently                                 | Store Form V for 4 months at room temperature      |
| Where it melts:                      | MELTS ON YOUR DESK (17°C)                                         | MELTS IN THE KITCHEN (23°C)           | MELTS IN YOUR HAND (26°C)                                             | MELTS IN YOUR HAND (27°C)                     | MELTS IN YOUR MOUTH (34°C)                          | MELTS IN YOUR MOUTH — SLOWLY (36°C)                |
| Connoisseurs' tasting notes:         | Forms I and II are too soft and crumbly, and they melt too easily |                                       | Forms III and IV are firm but with a poor 'snap', and melt too easily |                                               | Glossy, firm, best 'snap' and perfect melting point | Hard and powdery. Melts too slowly on the tongue.  |
| Star rating:                         | ★                                                                 | ★                                     | ★★                                                                    | ★★                                            | ★★★★★                                               | ★★★★★                                              |

## What is tempering?

Melt chocolate to 50°C

Cool it to 22°C so that **only Form V** is allowed to condense (all the other forms condense at lower temperatures)

Notice that Forms III, IV and V have similar melting points. Therefore, for best results, heat again to 31°C, which is warm enough to melt forms I, II, III and IV, then re-cool to 22°C to allow them to re-crystallise as Form V. Repeat again if greater Form V purity is desired.

# Els cristalls dels gelats



