

Food Dehydration

蔡敏郎

tsai5122@gmail.com

02-2462-2192 ext.5122

食品脫水乾燥

- ◎ 食品乾燥的定義與目的
- ◎ 水活性(water activity)在食品乾燥的應用
- ◎ 食品乾燥機構
- ◎ 影響食品乾燥速率因素
- ◎ 乾燥前處理
- ◎ 乾燥方法與設備
- ◎ 乾燥食品之品質變化
- ◎ 乾燥食品的貯存
- ◎ 乾製品各論

市售乾燥食品

- 農產品：穀類、金針、香菇、蜜餞、粉料、調味料、果汁粉、米粉
- 乳製品：奶粉、起司粉
- 畜產品：肉鬆、肉乾
- 水產品：蝦米、魚干、海苔、海菜
- 休閒食品：米果、蝦餅、乖乖、早餐穀類食品、餅乾、爆米花、茶、咖啡
- 保健食品：靈芝、樟芝、冬蟲夏草膠囊
- 泡麵

故乾燥為食品工業中應用最廣的單元操作



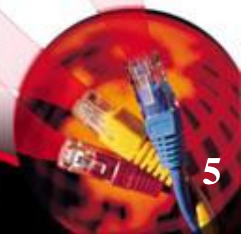
食品乾燥的定義與目的

(一) 定義

- Artificial drying under controlled conditions
- Not refer to all processes that remove water from foods not refer to concentration
- Strict sense – the **nearly complete removal of water** from foods under controlled conditions that cause minimum or ideally no other changes in the food properties.
- Optimization of variables
 - (1) maximum drying rate
 - (2) minimum product damage
 - (3) most economical drying cost

(二)目的

延長貯存期限	水果→蜜餞
減少重量與體積	牛奶→奶粉
方便性	麵粉→即食麵
增加風味	鱈魚→柴魚
增加質感	馬鈴薯→薯條
製造新型食品	豬肉→肉乾、肉紙



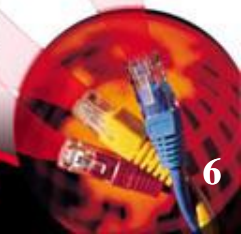
水活性在食品乾燥的應用

食品中水分的存在狀態，可將食品中的水分為自由水和結合水。

水活性(water activity)

1. 定義

Available water (A_w , a_w), a measure of unbound, free water in a system available to support biological and chemical reaction.



2. Determination of A_w

$$(1) A_w = ERH / 100 = P / P_0$$

P 是某種食品在密閉容器中達到平衡狀態時的水蒸氣分壓；

P_0 是相同溫度下純水的蒸汽壓

ERH (equilibrium relative humidity)是樣品周圍的空氣平衡相對濕度

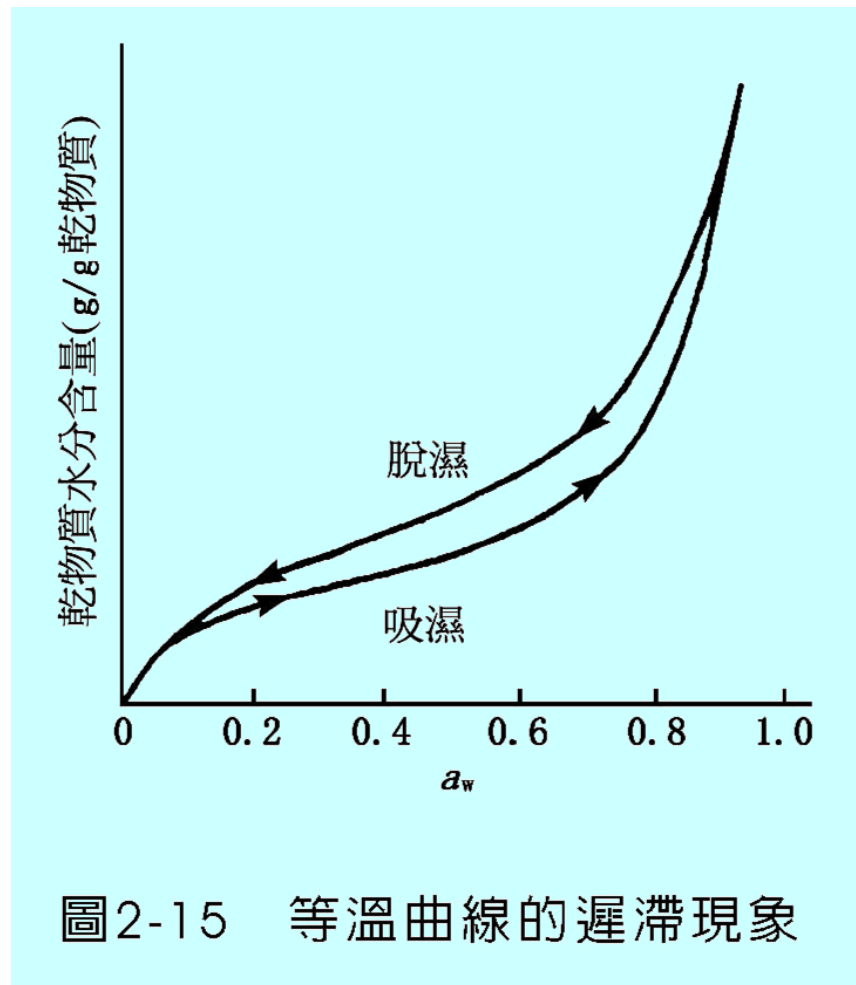
$$(2) \text{Raoult's law } A_w = N = N_w / (N_w + N_s)$$

N 是溶劑莫耳分數， N_w 為溶劑莫耳數， N_s 為溶質莫耳數。



遲滯現象(hysteresis)

- 如果在乾燥樣品中以添加水(吸濕作用)的方法繪製等溫吸濕曲線和依照脫濕過程繪製的等溫脫濕曲線並不完全重疊，這種不重疊性稱為遲滯現象。
- 很多食品的遲滯作用的大小、曲線的開端和遲滯回線的起始點和終點都不相同，取決於食品的性質、脫水復水時的物理變化、溫度、脫水程度和速度等因素。



引起食品脫濕與吸濕出現遲滯現象的原因可能是：

- 脫濕過程中一些水分與非水溶液成分作用而無法釋出水分子。
- 不規則形狀產生毛細管現象的部位，欲填滿或抽空水分需不同蒸氣壓(要抽出需 $p_{內} > p_{外}$ ，要填滿即吸著時則需 $p_{外} > p_{內}$)。
- 脫濕作用時，因組織改變，當再吸水時無法緊密結合水分，由此可導致吸濕相同水分含量時處於較高的水活性。



A_w 低時，水會與氫過氧化物形成氫鍵，保護過氧化物進一步氧化反應。微量金屬可催化氧化反應，但形成金屬水合物後，降低催化活性

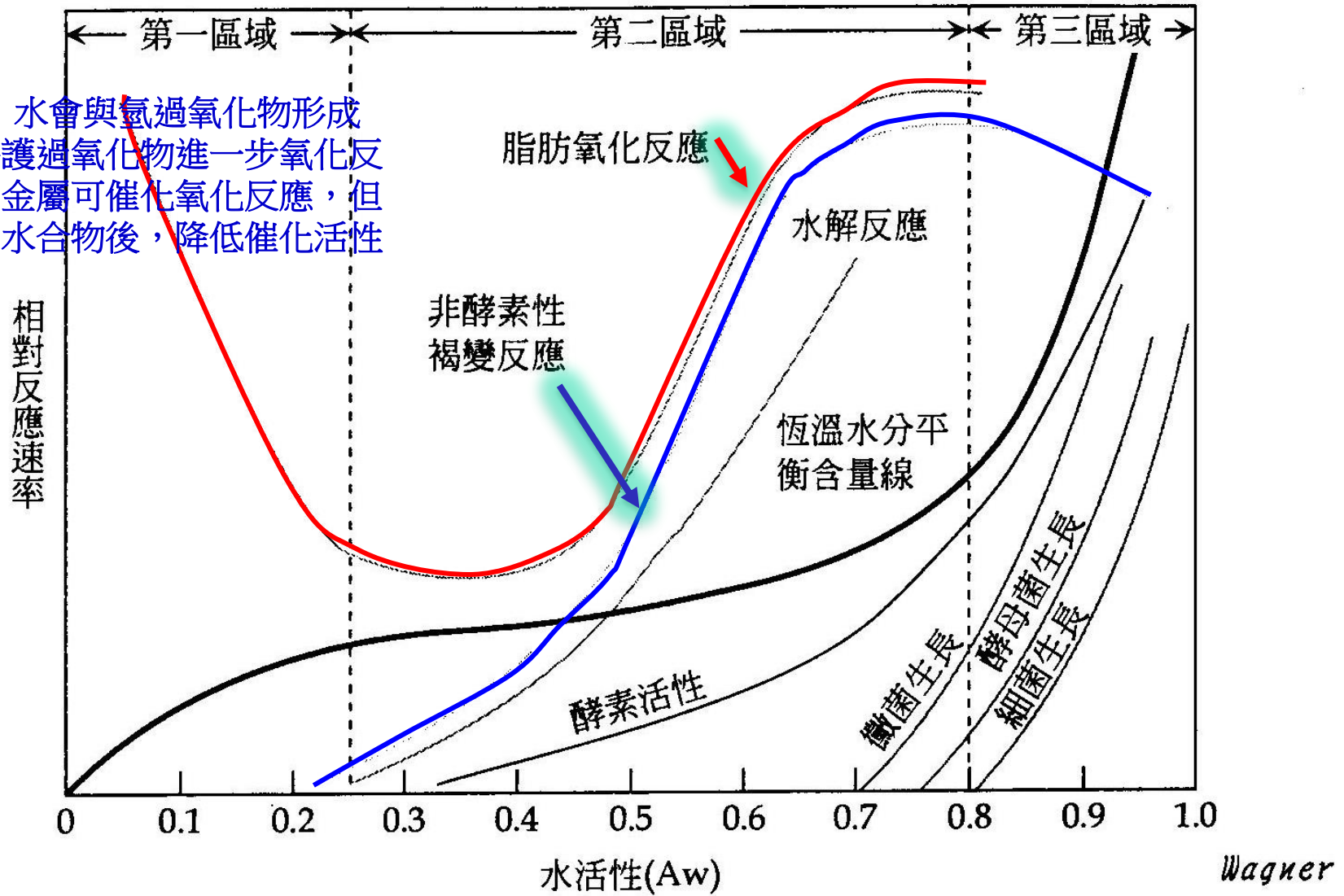


圖 1-10 水活性與各種食品品質劣變反應之關係

資料來源：孫朝棟（1990）· 食品工程學（修訂版，306-311頁）· 台北：藝軒

降低 A_w 可以提高食品的安定性，其機制：

- 降低水活性，能使食品中許多可能發生的化學反應、酵素性反應受到抑制。
- 很多化學反應是屬於離子反應，該反應發生的條件是反應物首先必須進行離子化或水合作用，而發生離子化或水合作用的條件必須有足夠的自由水才能進行。
- 很多化學反應和生物化學反應都必須有水分子參加才能進行(如水解反應)。
- 許多以酶為催化劑的酵素性反應中，水除了具有作為反應物的功能外，還能作為受質在酶擴散作用中的輸送介質，並且透過水合促使酶和受質活化。



中度水分食品 (Intermediate moisture foods, IMF; Semimoist foods)

1. 原理

- 1) Moisture content 20-50%, A_w 0.60-0.85
- 2) 高濃度潤濕劑(humectant)，如糖、鹽、glycerol等增加滲透壓，降低 A_w
- 3) 潤濕劑本身之殺菌效果
- 4) 防腐劑作用(防黴，如己二烯酸鈉)

2. 產品種類：

蜂蜜、果醬、果凍、蜜餞、義大利香腸(salami sausage)、貓狗食品、太空食品

*狗漢堡食品配方：

碎肉(加工廠副產品)、糖、鹽、己二烯酸鉀(potassium sorbate)、丙二醇(propylene glycol, 降低 A_w ; antimycotics; 嚼感)、其他營養劑

3. 中度水分食品優缺點

優點

- 不須冷藏冷凍
- 不用加水復元
- 高熱量高密度
- 包裝要求較不嚴格

缺點

- 無法抑制酵素作用
- 無法抑制非酵素褐變
- 無法抑制油脂氧化作用
- 所加溶質往往無法被消費者接受
- 溶質會與水分離
- 營養問題

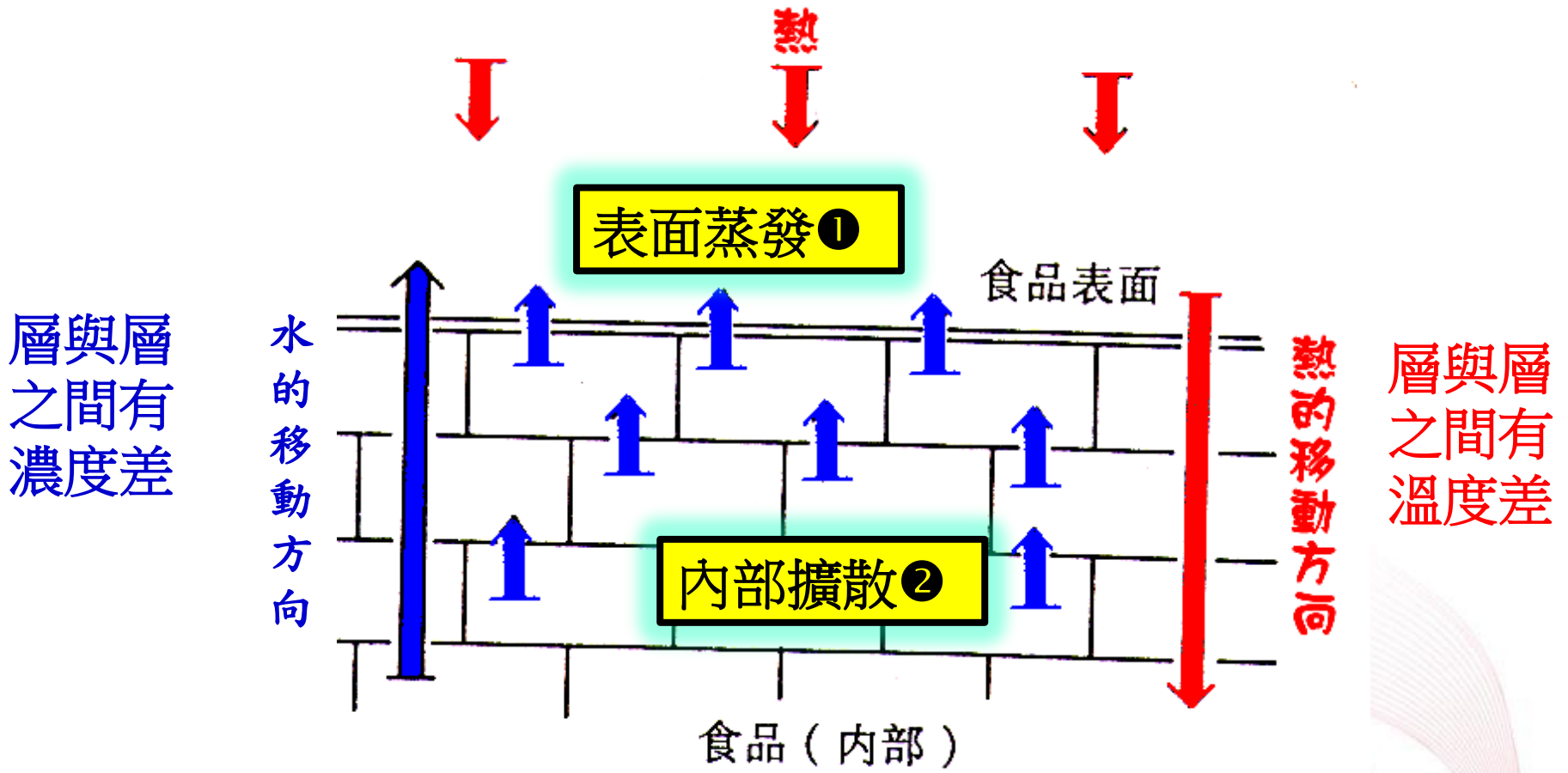
欄柵技術(Hurdle Technology)：利用多種技術或方法對微生物進行控制，達到食品保存之目的。

- 水活性
- pH值
- 加熱
- 抑菌劑(添加物)
- 包裝
- 儲藏溫度

食品乾燥機構

- 熱能與質量之傳遞(Heat and mass transfer)
- 表面蒸發(Surface evaporation)與內部擴散(Internal diffusion)
- 恆率乾燥(Constant rate drying)
表面蒸發Rate \leq 內部擴散Rate
(表面自由水蒸發)

食品乾燥機制-----加熱乾燥之原理



http://content.edu.tw/vocation/food_production/tn_ag/dry/dry-4.htm



(四)減率乾燥 (Falling rate drying)

表面蒸發Rate > 內部擴散Rate

1. 第一減率乾燥....B - C

表面自由水蒸發減少

2. 第二減率乾燥....C - D

表面自由水蒸發殆盡

(五)臨界水含量(Critical moisture content)

恆率期結束要進入減率期時之食品水分含量。

* 臨界水分量的影響因素？

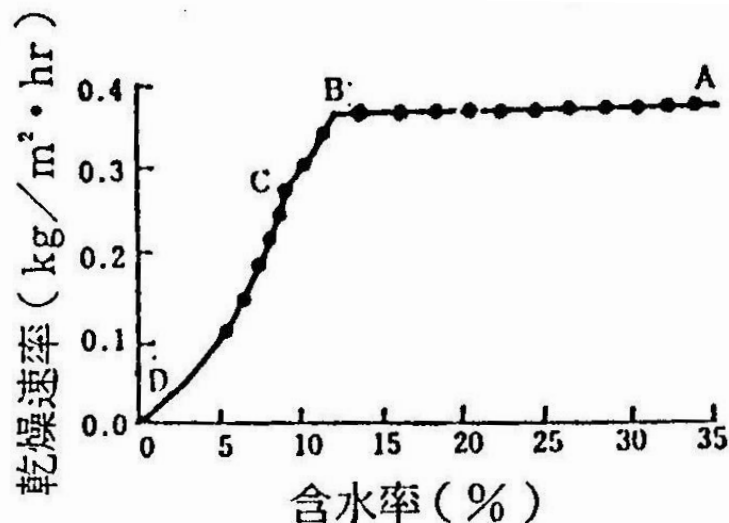
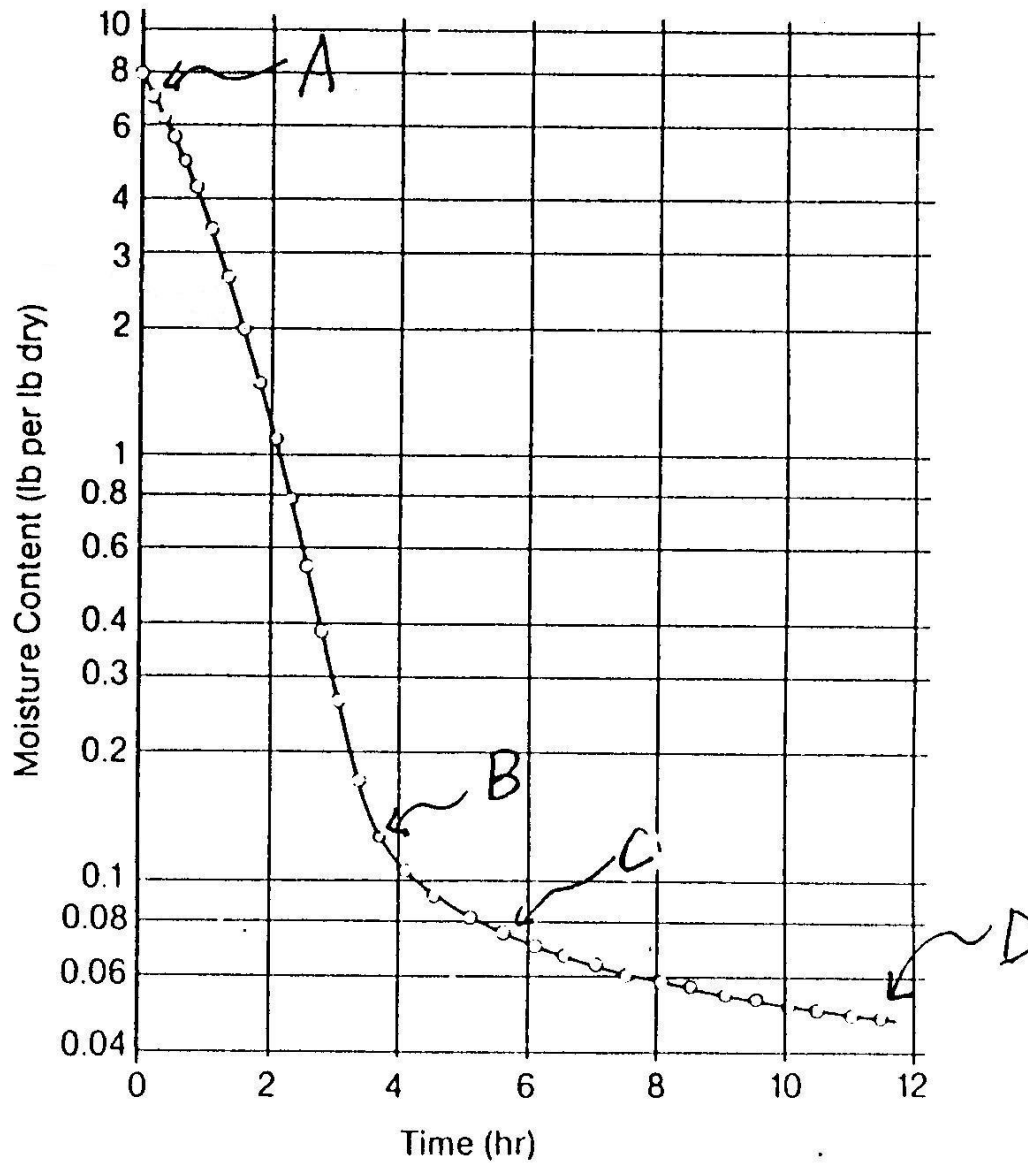


圖 乾燥速率曲線



Changes in moisture content of carrot dice during dehydration. Courtesy of Arsdel et al. (1973).



影響食品乾燥速率因素

(一)物理(乾燥條件)因素

1. 溫度(temperature)：食品、熱媒或空氣溫度 \uparrow ，rate \uparrow (須考量風速)
2. 風速(air velocity)：流速 \uparrow ，rate \uparrow
3. 濕度(humidity)：濕度 \downarrow ，rate \uparrow
4. 氣壓(atmospheric pressure and vacuum)：氣壓 \uparrow ，rate \downarrow
5. 時間與溫度(time and temperature)：HTST與LTLT

(二)食品本身特性與組成成分因素

1. 表面積(surface area)：表面積 \uparrow ，rate \uparrow
2. 組成成分之方向(constituent orientation)：組成成分排列與熱源平行，rate \uparrow
3. 溶質濃度(solute concentration)：濃度 \uparrow ，rate \downarrow
4. 水結合狀態(binding of water)：自由水多，rate \uparrow
5. 細胞構造(cellular structure)：活細胞，rate \downarrow
6. 多孔結構(porosity)：結構緻密，rate \downarrow

乾燥前處理

1. Blanching
2. Treated with NaCl
3. Sulfur dioxide
4. Treated with enzymes (e.g. glucose oxidase or catalase)
5. Predipping in dilute lye solution
6. Addition of **preservatives** (e.g. sorbates or benzoates) and **antioxidants** (e.g. BHA, BHT, TBQH or propyl gallate, ascorbic acid, tocopherol)
7. Addition of humectants
8. Others (e.g. bleeding, hair or scale removing)

食品添加物使用範圍及用量標準

己二烯酸鹽

苯甲酸鹽

沒食子酸丙酯

放血

去鱗

前處理必要性

- 因被乾燥食品含有容易變質的不安定化學成分時，故在進行乾燥前，需經某些前處理以防止乾燥進行中的熱變性和貯藏所發生的品質變化。
- 乾燥食品的製造的流程為洗淨、調整被乾燥食品→**前處理**→置於乾燥裝置中→控制乾燥溫濕度→取出乾燥製品、選別和檢查→包裝

前處理的目的

- 為防止乾燥過程中酵素性及非酵素性的品質變質
- 促進乾燥效果
- 並防止貯存時的變質
- 提高乾燥食品的還原性(復水性)
- 改善食品的物理性質

前處理可分為四大類

- 抑制**酵素**活性的**前處理**
- 防止**乾燥**中**非酵素**的變色和**貯藏**中變質的**前處理**
- 促進**乾燥**效率的**前處理**
- 其他**前處理**

抑制酵素活性的前處理

● 殺菁(blanching)

- 殺菁的主要目的為酵素不活性，組織軟化，除去澀味和蠟質、洗滌，易會使維生素C流失。
- 方法有三：熱水殺菁(90-100°C煮2-10分)、蒸氣處理或微波瞬間加熱使酵素不活性化再將食品移入冷水槽中迅速冷卻。
- 維生素C流失率為熱水殺菁>蒸氣殺菁>微波瞬間加熱殺菁
- 可在熱水中加入氯化鈣和重合磷酸鹽，調整原料的硬度和咀嚼性。

● 加硫處理(sulfuring)

- 被乾燥食品放入密閉的燻硫蒸氣中，燃以為乾燥食品重量的0.1%-0.4%的硫黃使SO₂充滿密閉室中30分至5小時。
- 或浸漬於0.2%-0.6%的亞硫酸鹽溶液數小時。



加硫處理防止褐變的機制

- 因為二氧化硫的作用為溶於食品的水中形成亞硫酸
- 具有強還原力可阻止酵素性和非酵素性褐變作用
- 可使細胞內的原形質分離，以增進細胞膜的水分滲透性而易乾燥
- 可防止維生素的損失
- 防止腐敗和蟲害

金針的製造及二氧化硫殘留量

- 金針乾製品的製作：新鮮金針→亞硫酸鹽浸泡→日曬→燻硫→熱風乾燥→包裝→儲藏(溫度、光照、密閉)
- 一般乾燥食品的二氧化硫殘留量標準為500 ppm 以下，金針為4000 ppm 以下



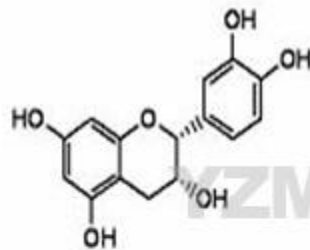
食品添加物使用範圍及用量標準

第四類：漂白劑(硫酸鹽類)

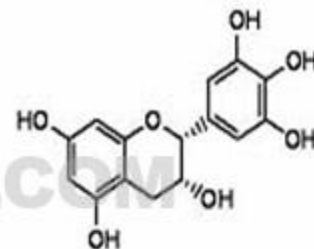
- 金針乾製品，SO₂殘留量計為4.0 g/kg以下。即4000 ppm
- 杏乾，SO₂殘留量計為2.0 g/kg以下。
- 白葡萄乾，SO₂殘留量計為1.5 g/kg以下。
- 動物膠、脫水蔬菜及其他脫水水果，SO₂殘留量計為0.5 g/kg以下。
- 糖蜜及糖飴，SO₂殘留量計為0.3 g/kg以下。
- 糖漬果實類、蝦類及貝類，SO₂殘留量計為0.1 g/kg以下。
- 水果酒類，SO₂殘留量計為0.25 g/kg以下。
- 其他食品，SO₂殘留量計為0.03 g/kg以下。即30 ppm
- 但飲料(不包括果汁)、麵粉及其製品(不包括烘焙食品)不得使用。

避免食品酵素性褐變的方法

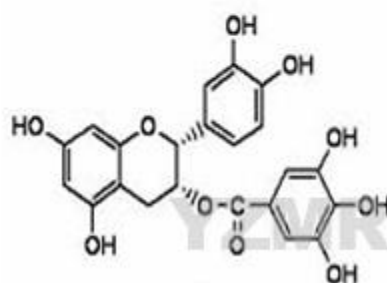
- 破壞酵素作用，如：殺菁，置於鹽水。
- 隔絕或去除氧氣，如：置於水，維生素C溶液，塗糖液，利用惰性氣體、脫氧劑。
- 添加還原劑，如：亞硫酸溶液，維生素C。
- 調整酸度。



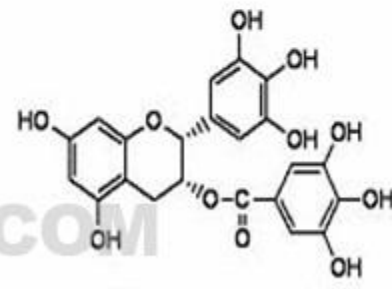
(-)-Epicatechin
(-)表儿茶素 EC



(-)-Epicatechin-3-gallate
(-)表儿茶素没食子酸酯 EGC

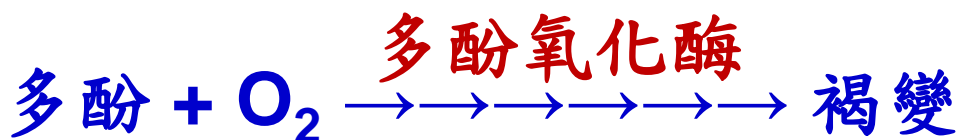


(-)-Epigallocatechin
(-)表没食子儿茶素 EOG



(-)-Epigallocatechin-3-gallate
(-)表没食子儿茶素没食子酸酯 EGOG

中国药妆美容网 www.yzmr.com



茶多酚

防止乾燥中非酵素的變色和貯藏中變質的前處理

- 添加亞硫酸鹽以防止梅納反應
- 添加抗壞血酸、異抗壞血酸或食鹽
- 添加0.01%-0.05%氯化鋁溶液
- 添加半胱氨酸的鹽酸鹽(cysteine HCl)可防止蘋果、香蕉的褐變
- 添加5%-10%酵母或葡萄糖氧化酵素以除去魚肉及蛋類中0.5%-2%碳水化合物(肝糖)所引起的褐變。

Treated with enzymes

Glucose



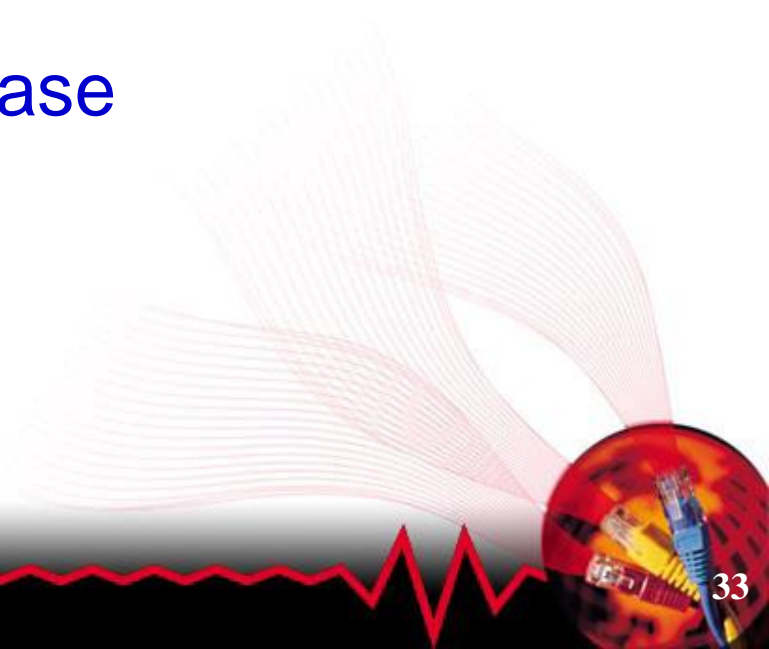
Glucose oxidase

Gluconic acid + H_2O_2



Catalase

$\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$



防止油脂和脂溶性成分氧化

- 熱風乾燥、滾筒乾燥、噴霧乾燥和油炸乾燥在高溫進行會擴大氧化表面積造成脂肪氧化和維生素A氧化。
- 真空乾燥和冷凍乾燥雖然乾燥溫度低，但乾燥製品多為多孔質，會使氧化表面積擴大，造成貯藏時脂溶性成分氧化。
- 防止油脂氧化的方法可添加**抗氧化劑**(浸漬0.1%-0.5% BHA、BHT)、添加**抗壞血酸、異抗壞血酸、維生素E或重合磷酸鹽**會有相乘作用。

促進乾燥效率的前處理(1)

- 利用0.5%-1% **氫氧化鈉或碳酸鈉**將水果浸漬5-20秒，再水洗可破壞果皮組織，加速乾燥速度，例如除去李子、櫻桃、葡萄的果皮的蠟質和角質層。
- 將蘋果、桃子等多孔質水果浸漬於**單甘油酯的界面活性劑**，會加速乾燥。
- 可用**針戳**豌豆、櫻桃、金棗蜜餞，針孔可加速乾燥。

促進乾燥效率的前處理(2)

- 在果汁中加入**氫氧化鈣**和**碳酸鈣**使其充分起泡以縮短乾燥時間。
- 將液狀食品如果汁、咖啡、豆漿等食品先採**真空濃縮**或**冷凍濃縮**。
- 將柑橘、香辛料抽出液等物質粉末化，要先添加**澱粉**、**植物膠**、**CMC**、**酪蛋白**等**增黏劑**和**單甘油酯**的**界面活性劑**，再進行噴霧乾燥。
- 果汁、咖啡抽出液在真空乾燥可加入**增黏劑**或**界面活性劑**，並壓入壓縮空氣、氮氣、二氧化碳使被乾燥濃縮液和微細氣泡均勻混合。



其他的前處理

- 為避免乾燥肉品時因乾燥所引起的蛋白質變性，故在乾燥前用**木瓜酵素**處理分解蛋白質或浸漬**重合磷酸鹽**，可使乾燥後復水的肉質柔軟。
- 為避免真空乾燥、冷凍乾燥食品因水分少、孔隙大、質地脆弱、易碎，故可於乾燥前添加**甘油、丙二醇、山梨醇(sorbitol)**浸漬液，並可和抗氧化劑併用，可使製品柔軟且強化抗氧化效果。