

# 以玉米澱粉與海藻酸鈉混合模式評估糊化及品質特性

施韋慈<sup>[1]</sup> 江伯源<sup>[1]\*</sup>

**摘要** 澱粉/膠體混合物具有黏著、包覆、成膜、保水及減少硬化之效果，其具有生物分解性、透氣性及伸展彈性，近年常被應用於環保包材及食品可食膜加工技術上。本實驗以玉米澱粉及海藻酸鈉為材料，利用不同混合比例探討混合物之糊化特性及貯存品質。實驗結果如下：隨海藻酸鈉添加比例增加及加熱處理溫度提高，混合物之膨潤力呈減少、溶解度呈增加之變化；另海藻酸鈉添加會提高糊化物之尖峰黏度及最終黏度，降低糊化起始溫度；在糊化性質項目亦提高糊化初溫( $T_0$ )、尖峰溫度( $T_p$ )，降低熱焓值( $\Delta H$ )。添加海藻酸鈉可增加微細構造之緻密性及黏著性，在貯存期間可減少硬度值提高、增加沾黏性，有助於混合物之質地不易變硬。希盼未來如應用於可食膜製備、可減少回凝硬度及增加彈性、延展性。

**關鍵詞**：玉米澱粉、海藻酸鈉、膨潤力、糊化、回凝

## Study on The Evaluation of Gelatinization and Quality Property with Blending Mode of Corn Starch and Sodium Alginate

Wei-Tzu Shih<sup>[1]</sup> Po-Yuan Chiang<sup>[1]\*</sup>

**ABSTRACT** Starch/gel blending has the effect of adhesive, coating, film forming, water holding and reducing hardening. And it has biodegradability, permeability and stretching elasticity. Recently, it was applied to environmental packaging materials and food processing technique of edible film. In this experiment, we used corn starch and sodium alginate as material, and blended different ratio to evaluate the gelatinization properties and storage quality. The experimental results were as follow: as sodium alginate addition ratio and heating temperature increasing, it showed that swelling power of blending was decreased and solubility was increased. Further it showed that peak viscosity and final viscosity of the blending increased and pasting temperature decreased by addition of sodium alginate. It also showed that onset temperature ( $T_0$ ) and peak temperature ( $T_p$ ) increased and enthalpy ( $\Delta H$ ) decreased. Addition of sodium alginate can increase the densified and sticky of microstructure, and it can reduce hardness increasing and increase stickiness to help the property of blending not harden during storage. It can apply to edible film preparation to reduce the hardness of retrogradation and increase elasticity and stretching in the future.

**Key Words:** Corn starch, sodium alginate, swelling power, gelatinization, retrogradation.

### 一、前言

可食膜(edible film)是近年十分熱門之澱粉/膠體組合加工技術與應用，其具有生物可分解性及透氣性，伸縮彈性，是重要之環保包材及食品加工技術<sup>[7,8,28,29,32]</sup>。澱粉的結構主

體由直鏈澱粉(amylose)及支鏈澱粉(amylopectin)組成；澱粉在充分的水分下澱粉顆粒會因加熱、膨潤(swelling)、水合(hydration)、黏度上升，成為一可溶狀態<sup>[41]</sup>，此時直鏈澱粉會自澱粉顆粒中釋出，膨潤顆粒與釋出之直鏈澱粉共同形成具黏彈性的澱粉糊(Viscoelastic paste)，當澱粉糊冷卻後，

[1] 國立中興大學食品暨應用生物科技學系

Dept. of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University, Taichung 40227, Taiwan.

\* Corresponding Author. E-mail: pychiang@nchu.edu.tw

直鏈澱粉會形成三度空間之網狀構造(network)之膠體<sup>[35]</sup>。糊化澱粉(膠體)具有黏性、包覆、成膜之效果。但其易在貯存過程中產生回凝(retrogradation)形成固化、離水(syneresis)、乾燥脫水、質地硬、脆<sup>[13]</sup>。致使品質劣化。使用上受到限制。水合膠(hydrocolloids; gum)常被應用於澱粉基質產品(starch-based products)。提高穩定性。修飾質地。利於加工。降低成本。控制水分<sup>[11,20,38,39,40]</sup>。水膠體加入澱粉糊液中會增加黏度、分散性<sup>[6,25]</sup>。另澱粉和水膠體的混合物亦常用來修飾和控制流變學特性和結構特性。提高保濕性、控制水分的流動性<sup>[11]</sup>。Chen 等<sup>[12]</sup>及 Lai 等<sup>[21]</sup>曾利用澱粉與仙草膠製備抗菌膜。並應用截切胡蘿蔔。增加包覆膜之成型性及柔軟性。如何增加外層膜之包覆性及減少硬、脆化是重要研究主題及待突破之核心技術。

製造可食膜的主要材料大都為生物性高分子如碳水化合物(包括澱粉及多醣類)、蛋白質、脂質或混合使用形成的複合膜;玉米澱粉為穀類產品常使用之原料。具有價格便宜、糊化、增黏、黏著、成膜等特性;海藻酸鈉(sodium alginate)之組成分為 D-甘露醣醛酸(D-mannuronic acid)及 L-古羅醣醛酸(L-guluronic acid)所組合之高分子醣類聚合物<sup>[15]</sup>。海藻酸鈉為一水溶性膠。會產生高黏度。與鈣離子會形成蛋盒模型(egg-box model)<sup>[14,33]</sup>。常被應用於微膠囊化之載體材料。有關可食膜之原料理化特性及應用研究較少。本實驗以玉米澱粉與海藻酸鈉為材料。利用不同混合比例。探討混合物之糊化及回凝特性;膨潤力、溶解度、十字偏光、快速黏度測定儀分析(RVA)、糊化性質及貯存時間硬度、沾黏性及微細構造觀察。希盼未來可供可食膜相關成膜性及品質改善之參考。

## 二、材料方法

### (一) 實驗材料：

1. 玉米澱粉：2013。美國進口。購自台榮股份有限公司。台灣。
2. 海藻酸鈉：2013。購自振芳公司。台灣。

### (二) 樣品處理：

玉米澱粉和海藻酸鈉依(10:0、9:1、7:3、5:5、3:7、1:9、0:10)比例混合均勻後。分裝於三層 PE 夾鏈袋中。放置 4°C 冷藏庫備用。進行相關實驗。文中 CS10 代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 10:0、CS91 代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 9:1、CS73

代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 7:3、CS55 代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 5:5、CS37 代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 3:7、CS19 代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 1:9、CS01 代表玉米澱粉:海藻酸鈉為 0:10。

### (三) 實驗方法：

#### 1. 膨潤力與溶解度(swelling power and solubility)

依 Leach<sup>[22]</sup>及 Lii 等<sup>[23]</sup>之方法加以改良。精秤乾重 1.2g 充分混合之特定比例之玉米澱粉和海藻酸鈉粉末。於已恆重的離心瓶中連瓶秤重(W1)。加入 15 mL 之去離子水震盪均勻混合。分別置於 55°C、75°C、95°C 水浴中加熱 30 min。水浴期間每 10 min 震盪一次使其混和均勻。後離心 30 min。沉澱部分連瓶秤重(W2)。將上層液體倒出置於已恆重(W3)之燒杯中。於 105°C 烘箱烘乾至恆重(W4)。

膨潤力為總吸水量除以不可溶沉澱物重量。溶解度則為可溶物的乾重與樣品重量之比。

溶解度(%) = (W4 - W3)/sample 重 × 100

膨潤力(g/g) = [(W2 - W1)/樣品乾重 × (1 - 溶解度/100)]

#### 2. 快速黏度測定儀分析(rapid viscosity analyzer, RVA)

參考 Ross 等<sup>[36]</sup>之方法並加以修改。依總重為 28 g 溶液換算不同濃度之乾重粉未置於鋁製測定杯中。再加入去離子水至 28 g。攪拌均勻後靜置 30 min。放入攪拌槳後以快速黏度儀(Ezi, rapid viscosity analyzer, RVA, Australia)測定。條件如下：

- a. 初始溫度設定 35°C (設備降溫極限)。
  - b. 槳葉攪拌速度 960 rpm 維持 10 秒。使樣品均勻分散。
  - c. 槳葉攪拌速度降為 160 rpm 直到結束。
  - d. 維持 35°C 下恆溫 3 min。
  - e. 以 10°C/min 升溫速度到 95°C。
  - f. 於 95°C 維持 3 min。
  - g. 以 10°C/min 降溫速度到 35°C。
  - h. 於 35°C 下維持 12 min。全程 30 min。
3. 澱粉膠之糊化性質分析

秤取 10 mg 混合膠體至 40 μl 一般鋁製坩鍋中。並將蓋緣與坩鍋密封。通入氮氣 80 mL/min、空氣 200 mL/min。以示差掃描熱分析儀(DSC 822, Mettler-Toledo Gmdh, Analytical, Switzerland)進行測定。並以 STARe Evaluation Software 軟體進行數據分析。條件如下：

膠體以升溫速率 10°C/min 從 25°C 加熱至 95°C。以空坩鍋(crucible)作為對照組。測定澱粉混和物糊化所需之初始

溫度(onset temperature,  $T_0$ )、尖峰溫度(peak temperature,  $T_p$ )及其熱焓值(enthalpy of gelatinization,  $\Delta H_{gel}$ )。

#### 4. 十字偏光(birefringence)觀察

參考陳<sup>[1]</sup>將不同比例之澱粉膠加入些許甘油：20%酒精1:1的混合液，取微量於載玻片上並蓋上蓋玻片以去除氣泡，放置於穿透式光學顯微鏡(Eclipse E400, Nikon, Japan)之下觀測，藉以觀測澱粉的微細構造，在光源處放置偏光鏡，可以藉此觀測其十字偏光。

#### 5. 硬度與沾附性(hardness and stickiness)

將經過快速黏度測定儀糊化的樣品 28 g 倒至 9 cm 培養皿上，以物性測定儀(Model TA-XT2, Stable microsystems, London, England)進行 5 重複之物性分析，測定參數設定如下：

Probe: 35mm perspex cylinder probe (P/35P)

Mode: Return to Start

Distance Format: strain : 50%

Pre- Test Speed: 0.5 mm/sec

Test Speed: 1.0 mm/sec

Post- Test Speed: 1.0 mm/sec

Trigger Force: Auto~5 g

探頭(P/35P)下壓樣品後，觸碰到樣品所產生的阻力參數為硬度(Hardness)，而探頭沾附膠體後離開液面所產生的拉力參數即為沾附性(stickiness)。

#### 6. 微細構造(Scanning electron microscope, SEM)

將乾燥後之樣品以雙面碳膠帶黏於鋁檯(aluminum stab, Topon corp, Japan)上，再於真空狀態下鍍上金膜(gold coating) 90 秒，然後以掃描式電子顯微鏡(ABT-150S, Topon corp., Japan)觀察樣品並照相。

#### 7. 統計分析(statistical analysis)

將實驗數據，藉由統計分析軟體 SAS(statistical analysis system)，進行變異數分析(analysis of variance)和 Duncan 多變域分析(Duncan's Multiple Range Test, DMRT)，比較其差異顯著性，顯著水準為  $\alpha=0.05$ 。數據圖均以 Sigmaplot 10.0 版繪製，黏著劑特性及糊化特性相關性以統計分析軟體 Statistic 10.0 版進行分析簡單相關性分析(Simple correlation matrices)。

## 三、結果與討論

### (一) 玉米澱粉及海藻酸鈉(粉)之外觀觀察

澱粉(Starch)是穀物、根莖類作物之主要成分，其形狀及理化特性常受到品種、種植、貯存等因素影響產生不同差異性。直鏈澱粉(amylose)及支鏈澱粉(amylopectin)為其主要成分，其構造成結晶區及非結晶區，形成 A、B、C 三種類型及理化、加工特性之澱粉<sup>[28,43]</sup>。由圖 1 A、B 可發現，玉米澱粉外觀有圓形及多角形之顆粒，其粒徑約 3~12 $\mu$ m；圖 1 C、D 為海藻酸鈉粉粒之外觀，由於其加工過程中，先配成溶(膠)液經噴霧乾燥製備成粉末，由於其具黏性在乾燥過程中容易產生大小、形狀不一之粉粒，內部甚至含有孔洞、凹陷之構造，其顆粒有多角形、長條形或片狀物。許多植物用其物種及品種之差異，其含有不同之外觀、粉粒<sup>[4]</sup>，另組成成分亦會影響其理化特性<sup>[3]</sup>。

### (二) 膨潤力及溶解度分析

水及加熱是穀類、澱粉加工之重要因素，膨潤力(Swelling power)及溶解度(solubility)是影響澱粉理化、加工特性及產品品質之判斷指標之一<sup>[18,19]</sup>。100%玉米澱粉膨潤力隨加熱處理溫度呈增加變化，55 $^{\circ}$ C, 2.37 g/g，75 $^{\circ}$ C, 7.12 g/g，95 $^{\circ}$ C, 11.74 g/g (表 1)，100%海藻酸鈉 55 $^{\circ}$ C膨潤力 0.11 g/g，當溫度提高至 75、95 $^{\circ}$ C時，由於本身為一多醣膠體，容易吸水膨潤，溶解成黏著液，以致離心實驗時易分離，造成膨潤力呈負值，在混合膠中，澱粉含量較高時如 CS91、CS73，由於澱粉含量較高，在加熱過程中仍顯出近似 100%澱粉的膨潤力特性，隨溫度提高呈增加變化，但當海藻酸鈉含量大於玉米澱粉比例時，易受到膠體溶出影響呈下降變化。

在溶解度項目中，隨海藻混合比例提高，其溶解度易呈增加變化，100%玉米澱粉 55 $^{\circ}$ C加熱處理時，溶解度 1.76%·CS91, 7.54%·CS55, 35.64%·CS19, 49.33%·CS01, 53.36% (表 2)；另混合物之溶解度隨加熱溫度提高呈增加趨勢，CS10, 75、95 $^{\circ}$ C, 6.23、18.41%·CS55 提高至 40.01、50.01%·CS19, 67.41、77.35%，其造成之原因主要因海藻酸鈉易吸水、加熱呈融溶液體，以致溶解度增加。陳等<sup>[3]</sup>研究指出紫米澱粉因蛋白質、脂質含量少，其膨潤力、溶解度較紫米澱粉高，另穀物之直鏈澱粉含量較高，會造成膨潤力及溶解度減少<sup>[16]</sup>，另澱粉與水合膠混合物會改變糊化物及膠體特性<sup>[11]</sup>。本實驗中可初步發現可增加溶解度，其乾燥後可增加混合物之保水力及柔軟性。

### (三) 成糊特性分析

天然澱粉具水溶性，隨加熱溫度提高、時間延長，澱粉

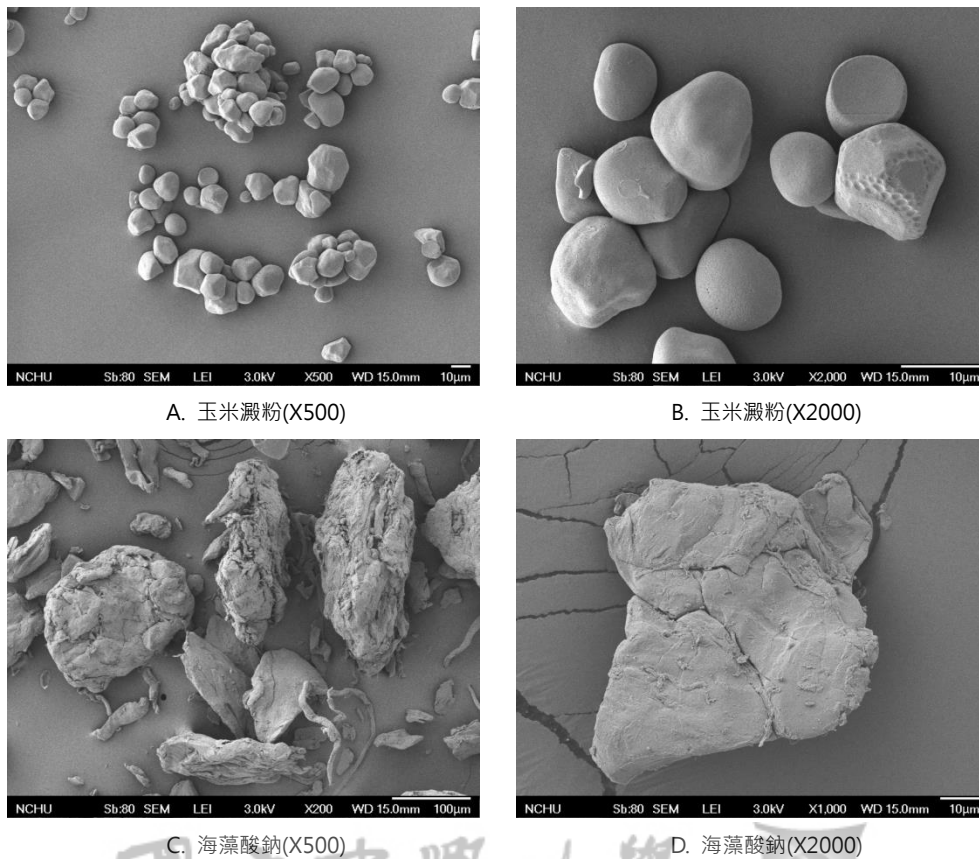


圖 1 玉米澱粉與海藻酸鈉之外觀(SEM)

Fig. 1 The appearance (SEM) of corn starch and sodium alginate

表 1 玉米澱粉及海藻酸鈉混合物之膨潤力分析

Table 1 Swelling power of the blend of corn starch and sodium alginate

treatment	Swelling power (g/g)		
	55°C	75°C	95°C
CS10	2.37±0.16	7.12±0.63	11.74±0.43
CS91	2.18±0.06	6.32±0.41	10.70±0.11
CS73	1.78±0.32	5.64±0.71	7.14±0.32
CS55	1.55±0.18	3.71±0.12	3.32±0.32
CS37	1.33±0.31	1.47±0.47	0.87±0.10
CS19	0.96±0.11	0.13±0.06	-0.21±0.03
CS01	0.11±0.03	-0.14±0.05	-0.89±0.14

<sup>1</sup> Each value is expressed as mean±standard deviation (n = 3)

<sup>2</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0

<sup>3</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1

<sup>4</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3

<sup>5</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5

<sup>6</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7

<sup>7</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9

<sup>8</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

表 2 玉米澱粉及海藻酸鈉混合物之溶解度分析

Table 2 Solubility of the blend of corn starch and sodium alginate

treatment	Solubility (%)		
	55°C	75°C	95°C
CS10	1.76±0.03	6.23±0.04	18.41±0.43
CS91	7.54±0.10	12.05±0.24	25.21±0.14
CS73	23.39±4.17	30.55±0.22	40.34±0.03
CS55	35.64±1.18	40.01±0.01	50.01±0.01
CS37	39.17±1.21	57.47±0.03	66.68±0.17
CS19	49.33±1.22	67.41±0.02	77.35±0.05
CS01	53.36±1.36	77.34±0.13	87.09±0.09

<sup>1</sup> Each value is expressed as mean±standard deviation (n = 3)

<sup>2</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0

<sup>3</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1

<sup>4</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3

<sup>5</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5

<sup>6</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7

<sup>7</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9

<sup>8</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

顆粒會發生吸水、膨潤、糊化形成凝膠(gel)之特性，並會影響加工技術及成品質地<sup>[22,24]</sup>。本實驗利用快速黏度測定儀(RVA)測定玉米澱粉與海藻酸鈉混合物之成糊特性。CS10 糊化起始溫度(pasting temperature)80.35°C、尖峰黏度(peak viscosity)1964 cP、最終黏度(final viscosity)2900 cP (表 3)。添加海藻酸鈉濃度提高，其造成降低糊化起始溫度，提高尖峰黏度及最終黏度效果。CS91, 77.14°C, 3608cP, 4306 cP; CS73, 76.05°C, 5104cP 及 8067cP。由於海藻酸鈉為水溶性、高黏度之膠體，當添加比例 50%以上時，由於黏度過高，無法利用 RVA 分析，由表 3 可得到海藻酸鈉混合澱粉時，濃度不可過高，以免妨礙儀器分析。糊化尖峰黏度、最終黏度及回凝黏度是判斷糊化特性之指標因子之一，其變化常與直鏈澱粉和蛋白質含量相關<sup>[3,6]</sup>。另膠體之添加會改變其黏度、回凝及透氣性<sup>[12,21]</sup>，本實驗可初步評估海藻酸鈉添加會影響玉米澱粉糊化及回凝特性。

#### (四) 糊化性質分析

比較玉米澱粉與海藻酸鈉混合物之糊化性質(圖 2 及表 4)。糊化初溫及尖峰溫度隨玉米澱粉添加比例提高呈下降變化。CS10 之糊化初溫( $T_0$ )為 65.95°C，尖峰溫度( $T_p$ )69.5°C，熱焓值( $\Delta H$ )1.63 MJ/mg。隨海藻酸鈉添加比例增加，其  $T_0$ 、

$T_p$  均呈提高。CS91, 65.88 及 70.09°C。CS55, 67.58 及 72.44°C。當添加達 90%以上時，其吸熱超出試驗低壓坩鍋之承受度，亦有洩壓(氣)。在分析無法判讀，在圖 2 即呈平滑之曲線。本實驗由混合物之糊化熱性質變化，可評估出加熱過程之可能熱量及可能流變特性，Burt<sup>[9]</sup>亦有相似之研究結果。

#### (五) 十字偏光分析

天然(生)澱粉大都具十字偏光特性，由圖 3 A1 可觀察玉米澱粉呈近似圓形及多角形之外觀，並具有十字偏光之效果。澱粉顆粒之結晶構造中，非結晶區主要由直鏈澱粉所組成，結晶區由高度分布之支鏈澱粉所組成，兩者會形成不同結晶度之構造，在十字偏光鏡中可觀察有十字偏光呈現，不同澱粉並有不同圖像顯示<sup>[4]</sup>。在加熱過程中，澱粉顆粒因為水分較低，易發生吸水、膨潤，甚至糊化成融溶膠體，發生原有結晶構造被破壞，而失去十字偏光特性由圖 3 B1 可發現玉米澱粉顆粒在 75°C 加熱處理時，體積發生膨大，B2 圖中失去十字偏光。另由 C1、D1 觀察添加 50%、100%海藻酸鈉易發生液體包覆情形，澱粉顆粒較模糊，同時無法觀察到十字偏光。許多研究指出澱粉或添加膠體應用大都經混合及加熱糊化處理，以達到糊化、凝膠之效果，並評估其混合物是否已熟化，可供食用<sup>[3,9]</sup>。

表 3 玉米澱粉與海藻酸鈉混合物之成糊特性(RVA)

Table 3 Gelatinization property (RVA) of the blend of corn starch and sodium alginate

treatment	Peak Viscosity (cP)	Breakdown (cP)	Final viscosity (cP)	Setback Viscosity (cP)	Pasting Temperature (°C)
CS10	1964±63.1	629±47.2	2900±103.4	1587±43.8	80.35±1.25
CS91	3608±103.4	677±14.8	4306±88.6	1399±53.4	77.14±2.83
CS73	5104±86.3	100±12.4	8067±108.4	3063±60.8	76.05±1.89
CS55	-	-	-	-	-
CS37	-	-	-	-	-
CS19	-	-	-	-	-
CS01	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Each value is expressed as mean±standard deviation (n=3)

<sup>2</sup> " - " is expressed as "not detect"

<sup>3</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0

<sup>4</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1

<sup>5</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3

<sup>6</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5

<sup>7</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7

<sup>8</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9

<sup>9</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

### (六) 微細構造觀察

澱粉糊化過程中，澱粉顆粒會吸水膨潤造成體積膨脹，顆粒間彼此摩擦產生黏度，當達到最高黏度後因澱粉顆粒崩解致使黏度下降，其中直鏈澱粉會溶出形成網狀結構，在回凝過程中，直鏈澱粉會迅速與氫鍵結合形成再結晶，而支鏈澱粉則呈緩慢再結晶特徵<sup>[17,32]</sup>。由圖 4 A 為玉米澱粉為糊化物呈多角形之網狀結構，在 4°C 貯存 3 天可觀察到其網狀邊緣較硬化，7 天其構造孔洞有擴大情形；添加 50% 海藻酸鈉混合糊化物，由於海藻酸鈉之黏著效應，在貯存後仍呈多角形之構造圖 4 E、F。100% 海藻酸鈉之構造較有彈性、較稠性，在貯存 3,7 天仍呈孔洞較小之構造。從糊化物外觀觀察有柔軟之質地，有助於研究於可食膜、包覆及延展性修飾之應證及參考。

### (七) 貯存期間之硬度及沾黏性分析

糊化澱粉液及其分子在貯存過程中，會發生氫鍵再結合、形成網狀的凝膠(gel)，膠體脫水(蒸發)，高度結晶物形成使得質地產生變硬、離水<sup>[5,13]</sup>。由表 5 可觀察到 CS10 糊化物冷卻後會形成白濁狀之固化物，其 0 天硬度值 274.12g，於 4°C 貯存時隨貯存時間延長其硬度會呈上升，於第 3 天達到 570.32g 是較高值，21 天達 632.31g，外表有少許龜裂現象。添加海藻酸鈉之混合物硬度值隨貯存時間延長並呈提高，但添加比例愈高之糊化物硬度值提高趨勢較低。CS91 糊化物貯存 21 天，542.16g，CS73, 352.72g，CS55, 240.36g，其硬度值提高較少與膠體之保水性有關，另澱粉中之直鏈澱粉是引起回凝、糊液變混濁、變硬的主因<sup>[26,37]</sup>，當膠體多，澱粉減少其硬化現象可減少，另在 CS37、CS19 糊化物由於在貯存前三天，由於糊化物仍呈濃稠物狀測不出硬度，當貯存 7 天以上，才有硬度分析值，其與糊化物水分蒸發、氫鍵再結合較慢有關，CS01 要到 21 天才有硬度值 3.12g。

在糊化物貯存期間沾黏性項目中，CS10 糊化物由於受

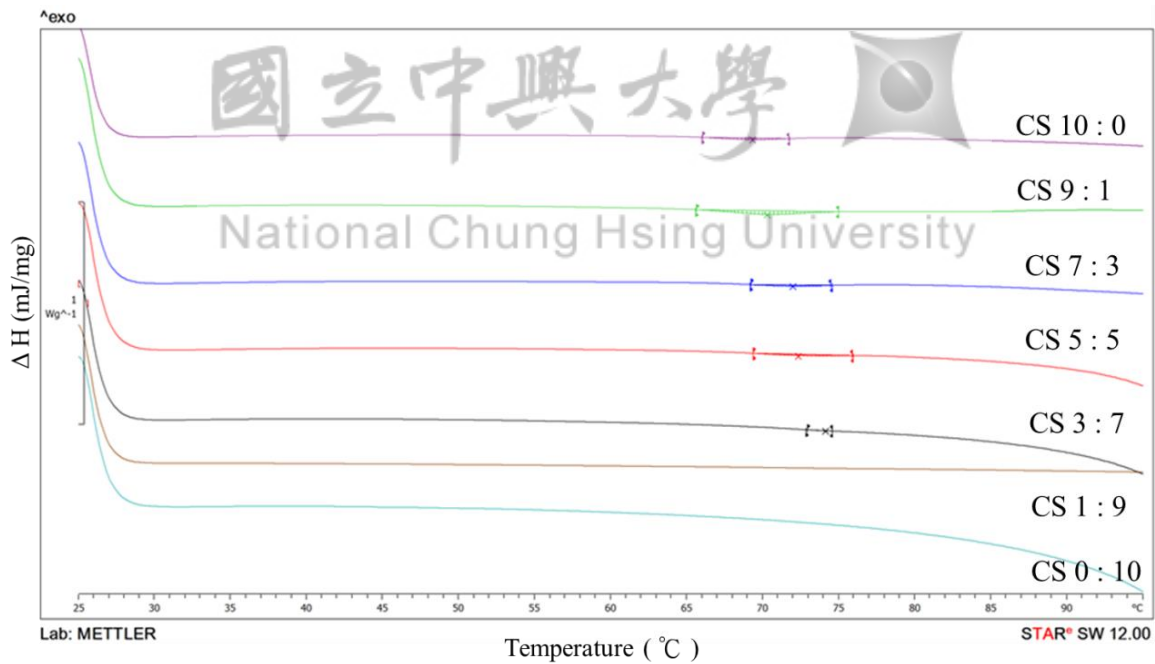


圖 2 玉米澱粉及海藻酸鈉混合物之 DSC 圖

Fig 2 The DSC figure of the blend of corn starch and sodium alginate

- <sup>1</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0
- <sup>2</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1
- <sup>3</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3
- <sup>4</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5
- <sup>5</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7
- <sup>6</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9
- <sup>7</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

到回凝現象影響，有較低之沾黏性 0 天 68.42g，1 天 32.14g，3 天 16.32g，第 7 天以上易發生硬化破碎情形，無法測得 (表 6)。其它糊化物沾黏性隨海藻酸鈉添加量提高及貯存時間延長呈增加變化，其可能與海藻酸鈉膠體保水性佳、回凝硬化少，以致沾黏性呈增加，100%海藻酸鈉糊化物貯存 21 天外觀、質地亦呈半凝固之膠體，結果與糊化物貯存時微細構造呈多孔、較小、較黏稠之構造可得到輔助證明。本實驗另在塗佈、成膜試驗，初步發現，經乾燥之糊化物膜之完整性、乾燥硬化、脆裂性均是影響成膜及包覆性之重要因子，由其貯存試驗數據中，可得知添加海藻酸鈉是可修飾澱粉之糊化、凝膠及回凝特性。

#### 四、結論

澱粉與食用膠混合利用是近年十分熱門的加工技術，其可利用澱粉之黏性、凝膠、包覆、成膜等特性，除供食品主原料，亦常作品質修飾劑；配合膠體之吸水、保水及少回凝、凝膠 (凍) 等特性，可做多衍生利用。本實驗以玉米澱粉與

海藻酸鈉為原料，探討不同混合比例混合物之糊化、回凝特性，利用膨潤力、溶解度、微細構造作學理與應用性評估，未來可供塗佈、成膜之應用及質地改善之參考。

#### 謝誌

感謝行政院科技部 NSC 102-2221-E-005-042-MY2 經費支持。

#### 參考文獻

- [1] 陳琇瑜 (2013)。「熱處理與包圍造粒對米糠機能成分保護及降低吸濕性之探討」，國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文，台中，台灣。
- [2] 楊孟婷、江伯源 (2011)。「滾筒乾燥處理對小麥麵粉理話性質及沖泡特性之探討」，農林學報 60(3): 181-198。
- [3] 陳琇瑜、蔡侑志、江伯源 (2010)。「國產紫米穀粉與澱粉理化性質之探討」，農林學報 59(3): 295-299。
- [4] 林靜慧、巫秉修、江伯源 (2009)。「二刺菱角粉及澱粉之理化性質與糊化特性之研究」，農林學報 58(2): 75-92。
- [5] Atwell, W. A., Hood, L. F., Marston, E. V. and Zobel, H. F. (1988). "The terminology and methodology associated with basic starch phenomena." *Cereal Foods World*, 33: 306-311.
- [6] Alloncle, M., Lefebvre, J., Llamas, G. & Doublier, J. L. (1989). "A rheological characterization of cereal starch-galactomannan mixtures." *Cereal Chemistry*, 66: 90-93.
- [7] Avella, M., Errico, M. E., Rimedio, R. & Sadacco, P. (2002). "Preparation of biodegradable polyesters/high-starch composites by reactive blending and their characterization." *Journal of Applied Polymer Science*, 83: 1432-1442.
- [8] Averous, L. (2004). "Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch." *Journal of Macromolecular Science*, 44(3): 231-274.
- [9] Burt, D. J. & Russell, P. L. (1983). "Gelatinization of low water content wheat starch-water mixtures. A combined study by differential scanning calorimetry and light microscopy." *Starch*, 35: 354-360.
- [10] Bourtoom, T. & Chinnan, M. S. (2008). "Preparation

表 4 玉米澱粉及海藻酸鈉混合物之糊化性質分析

Table 4 Gelatinization property (DSC) of the blend of corn starch and sodium alginate

Sample	$\Delta H(\text{mJ}/\text{mg})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_p(^{\circ}\text{C})$
CS10	1.63±0.41	65.95±0.56	69.15±0.41
CS91	5.18±0.52	65.88±1.11	70.09±0.86
CS73	1.80±0.36	67.79±0.32	71.43±1.21
CS55	0.97±0.08	67.58±0.08	72.44±0.96
CS37	0.01±0.01	73.56±0.34	74.25±1.18
CS19	-	-	-
CS01	-	-	-

<sup>1</sup> Each value is expressed as mean±standard deviation (n=3)

<sup>2</sup> " - " is expressed as "not detect"

<sup>3</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0

<sup>4</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1

<sup>5</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3

<sup>6</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5

<sup>7</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7

<sup>8</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9

<sup>9</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film." *LWT-Food Sci. Technol*, 41: 1633-1641.

[11] BeMiller, J. N. (2011). "Pasting, paste, and gel properties of starch-hydrocolloid combinations." *Carbohydrate Polymers*, 86: 386-423.

[12] Chen, C. H., Kuo, W. S. & Lai, L. S. (2013). "Development of tapioca starch/decolorized hsian-tsoo leaf gum-based antimicrobial films: physical characterization and evaluation against *L. monocytogenes*." *Food and Bioprocess Technology*, DOI 10.1007/s11947-012-0822-9.

[13] Ellis, H. S., Ring, S. G. & Whittam, M. A. (1988). "Time-dependent changes in the size and volume of gelatinized starch granules on storage." *Food Hydrocolloids*, 2: 231.

[14] Grant G. F., Morris, E. G., Rees, D. A., Smith, P. J. C. & Thom, D. (1973). "Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model." *FEBS Lett*, 0:195.

[15] Bickerstaff G. F. (1997). "Immobilization of enzymes and cells. Methods in Biotechnology (G. F. Bickerstaff ed.)." *Humana Press*, Totowa, New Jersey, 1: 1-11.

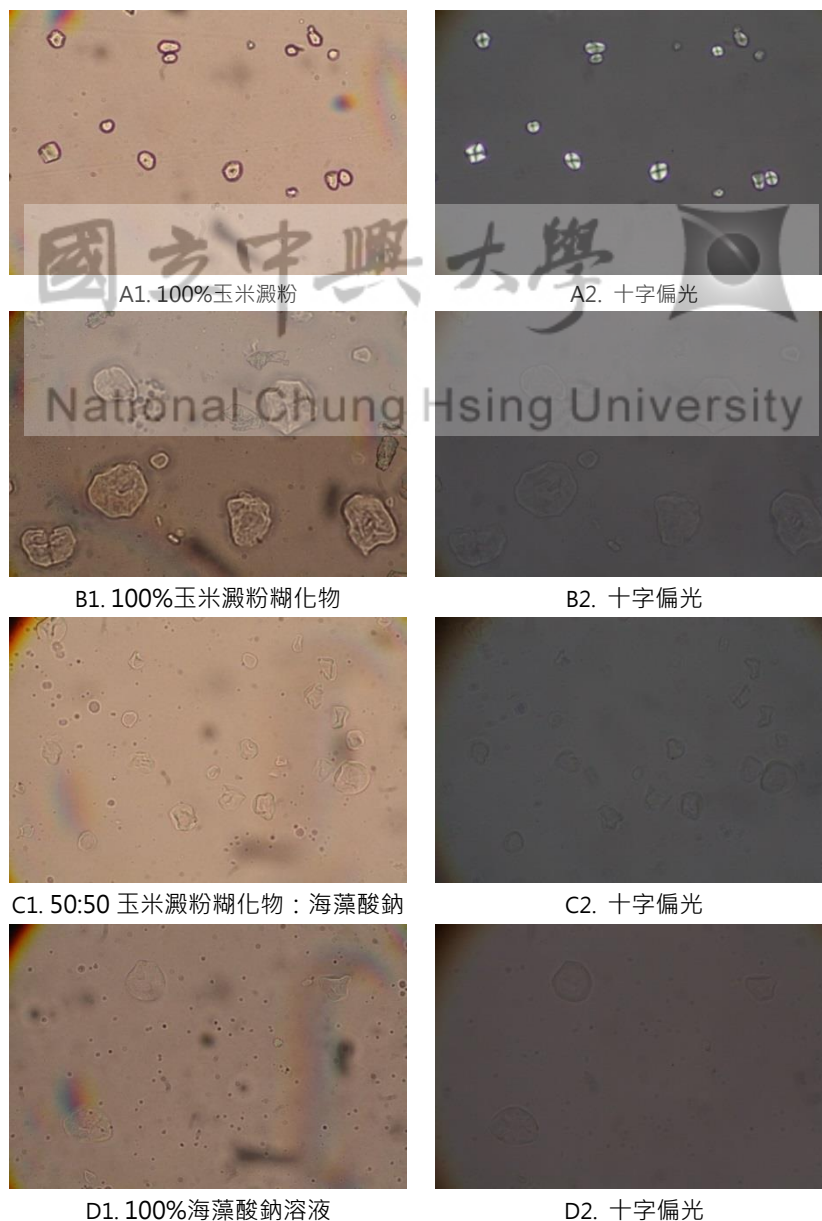


圖 3 玉米澱粉與海藻酸鈉混合物(75°C)之十字偏光觀察

Fig 3 Polarized light photomicrographs of the blend of corn starch and sodium alginate (75°C)



- [16] Juliano, B. O. & Hicks, P. A. (1975). "Gel and molecular properties of non-waxy starch." *Starch*, 27(4): 115-120.
- [17] Kim, C. S. & Walker, C. (1992). "Effects of sugars and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry." *Cereal Chem*, 69: 212-217.
- [18] Kim, W. S. & Seib, P. A. (1993). "Apparent restriction of starch swelling in cooked noodle by liquid in some commercial wheat flours." *Cereal Chem*, 70: 367-372.
- [19] Kim, Y. S., Wiesenborn, D. P. & Grant, L. A. (1997). "Pasting and thermal properties of potato and bean starches." *Starch*, 49: 97-102.
- [20] Kruger, A., Ferrero, C. & Zaritzky, N. (2003). "Modelling corn starch swelling in batch systems: Effect of sucrose and hydrocolloids." *Journal of Food Engineering*, 58, 125-133.
- [21] Lai, T. Y., Chen, C. H. & Lai, L. S. (2013). "Effects of tapioca starch/decolorized hsian-tsoo leaf gum based active coatings on the quality of minimally processed carrots." *Food and Bioprocess Technology*, DOI 10.1007/s11947-011-0707-3.
- [22] Leach, H. W., Mccowen, L. D. & Schoch, T. J. (1959). "Structure of starch granules I. swelling and solubility patterns of various starches." *Cereal Chem*, 36: 534-544.
- [23] Lii, C. Y., Chang, S. M. & Yang, H. L. (1986). "Correlation between the physical-chemical properties and the eating quality of milled rice in Taiwan. Bull. Inst." *Chem. Academia Sinica*, 33: 55-59.
- [24] Leelavathi, K., Indrani, D. & Sidhu, J. S. (1987). "Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches." *Starch*, 39(11): 378-381.

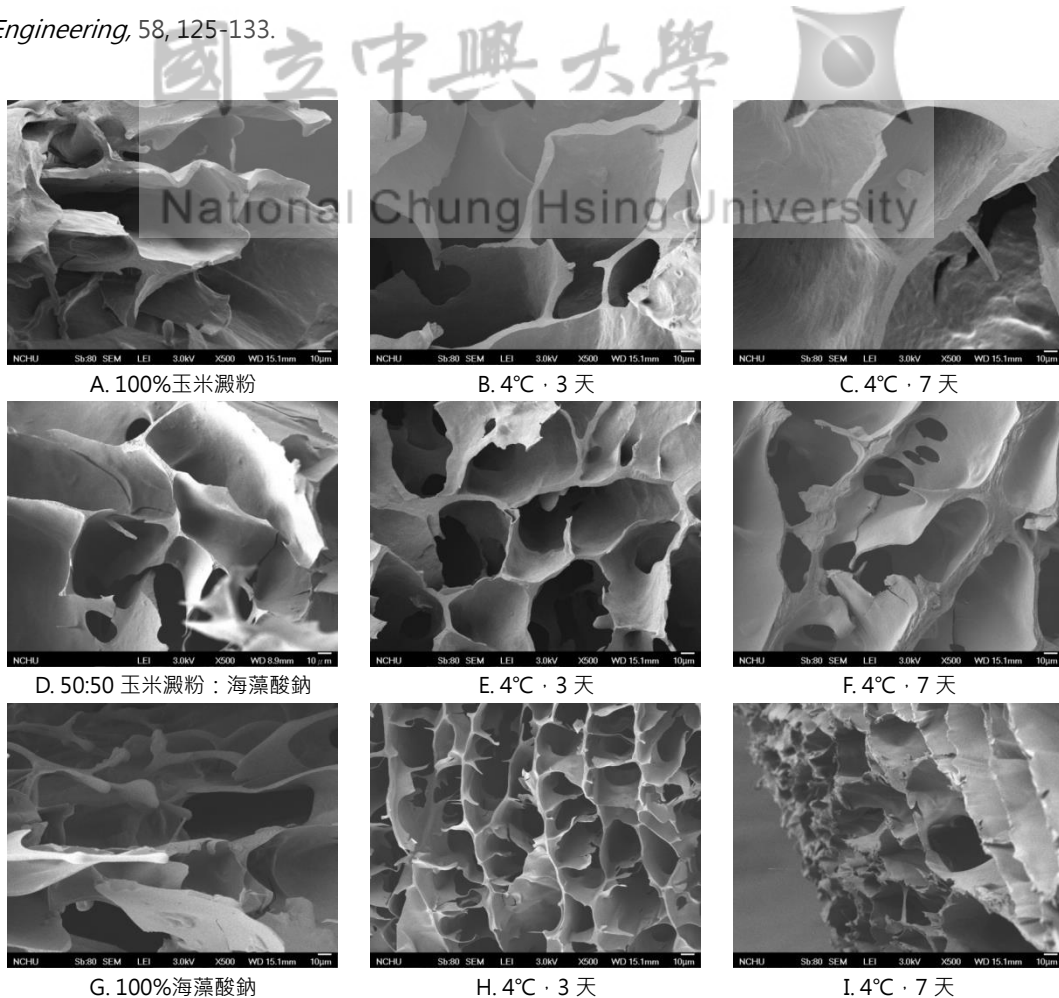


圖 4 玉米澱粉與海藻酸鈉混合糊化物之微細構造觀察(SEM)

Fig 4 The microstructure (SEM) of the blend of corn starch and sodium alginate

表 5 玉米澱粉與海藻酸鈉糊化物貯存期間硬度變化(4°C)

Table 5 The hardness variation of the blend of corn starch and sodium alginate during storage(4°C)

Treatment	CS10	CS91	CS73	CS55	CS37	CS19	CS01
0 day	274.12±32.14	260.34±21.36	190.62±21.42	150.44±31.42	-	-	-
1 day	398.64±15.68	306.72±70.32	230.44±11.46	160.22±13.52	-	-	-
3 day	570.32±32.42	410.62±30.32	320.66±44.66	130.44±10.32	-	-	-
7 day	590.14±19.24	442.32±10.62	360.11±22.60	156.36±41.21	30.12±3.16	12.16±1.64	-
14 day	586.14±39.82	466.32±17.42	330.42±21.30	220.56±30.21	90.72±10.11	45.32±3.52	-
21 day	632.31±23.20	542.16±36.72	352.72±32.40	240.36±40.32	95.82±3.14	55.42±4.16	3.12±0.82

<sup>1</sup> Each value is expressed as mean±standard deviation (n=3)

<sup>2</sup> " - " is expressed as "not detect"

<sup>3</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0

<sup>4</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1

<sup>5</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3

<sup>6</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5

<sup>7</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7

<sup>8</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9

<sup>9</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

表 6 玉米澱粉與海藻酸鈉糊化物貯存期間之沾黏性變化

Table 6 The stickness variation of the blend of corn starch and sodium alginate during storage

treatment	CS10	CS91	CS73	CS55	CS37	CS19	CS01
0	68.42±10.11	86.13±16.35	117.91±21.18	125.32±41.32	138.42±32.14	160.36±31.32	100.56±11.42
1	32.14±8.32	83.92±17.41	114.90±7.28	129.52±6.38	160.42±10.42	180.41±13.62	130.62±41.20
3	16.32±0.42	93.14±14.82	93.32±5.70	137.14±12.24	158.36±32.42	260.32±32.14	126.32±10.32
7	-	123.86±17.30	126.81±6.51	147.84±19.71	172.41±11.42	232.41±10.32	180.42±32.62
14	-	100.72±31.20	146.36±40.32	160.14±32.52	220.52±30.42	360.41±30.62	156.42±32.21
21	-	140.62±11.32	160.42±32.62	180.42±44.32	260.42±32.14	390.66±60.32	170.14±10.32

<sup>1</sup> Each value is expressed as mean±standard deviation (n=3)

<sup>2</sup> " - " is expressed as "not detect"

<sup>3</sup> CS10 means corn starch : sodium alginate = 10:0

<sup>4</sup> CS91 means corn starch : sodium alginate = 9:1

<sup>5</sup> CS73 means corn starch : sodium alginate = 7:3

<sup>6</sup> CS55 means corn starch : sodium alginate = 5:5

<sup>7</sup> CS37 means corn starch : sodium alginate = 3:7

<sup>8</sup> CS19 means corn starch : sodium alginate = 1:9

<sup>9</sup> CS01 means corn starch : sodium alginate = 0:1

- [25] Liu, H., Eskin, N. A. M. & Cui, S. W. (2003). "Interaction of wheat and rice starches with yellow mustard mucilage." *Food Hydrocolloids*, 17, 863-869.
- [26] Miles, M. J., Morris, V. J. & Ring, S. G. (1985a). "Gelation of amylose." *Carbohydr. Res.*, 135: 257-263.
- [27] Miles, M. J., Morris, V. J. Orford, P. D. & Ring, S. G. (1985b). "The roles of amylopectin and amylose in the gelation and retrogradation of starch." *Carbohydr. Res.*, 135: 271.
- [28] Mahanta, C. L., Ali, S. E., Bhattacharya, K. R. & Mukherjee, P. S. (1989). "Nature of starch crystallinity in parboiled rice." *Starch/Starke*, 4: 171-176.
- [29] McHugh, T., A-Bustillos, R. & Krochta, J. M., (1993). "Hydrophobic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects." *J. Food Sci.*, 58(4): 899-903.
- [30] Maran J. P., Sirakumar, V., Sridhar, R. & Immanuel, V. P. (2013). "Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films." *Industrial Crops and products*, 42: 159-168.
- [31] Nakamura, E. M., Cordi, L, Almeida, G. S. G., Duran, N. & Mei, L. H. I. (2005). "Study and development of LDPE/starch partially biodegradable compounds." *Journal of Materials Processing Technology*, 162: 236-241.
- [32] Orford, P. D., Ring, S. G., Carroll, V., Miles, M. J. & Morris, V. J. (1987). "The effect of concentration and retrogradation of starch." *J. of the Sci. of Food and Agric.*, 39: 169-177.
- [33] Cheetham, P. S., Blunt, J. K. W. & Bocke, C. (1979) "Physical studies on cell immobilization using calcium alginate gels." *Biotechnol. Bioeng.*, 21: 2155-2168.
- [34] Parra, D. F., Tadini, C. C., Ponce, P. & Lagao, A. B. (2004). "Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films." *Carbohydrate Polymers*, 58(4): 475-481.
- [35] Ring, S. G. (1985). "Some studies on starch gelation." *Starch/Starke*, 37: 80-83.
- [36] Ross, A. S., Walker, C. E., Booth, R. I., Orth, R. A. & Wrigley, C. W. (1987). "The rapid visco-analyzer: a new technique for the estimation of sprout damage." *Cereal Foods World*, 32(11): 827-829.
- [37] Russell, P. L. (1987). "The aging of gels from starches of different amylose/amylopectin content studied by differential scanning calorimetry." *J. Cereal Sci.*, 6: 147.
- [38] Rojas, J. A., Rosell, C. M. & Benedito de Barber, C. (1999). "Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid system." *Food Hydrocolloids*, 13: 27-33.
- [39] Sudhakar, V., Singhal, R. S. & Kulkarni, P. R. (1996). "Starch-galactomannan interaction: Functionality and rheological aspects." *Food Chemistry*, 55: 259-267.
- [40] Shi, X. & BeMiller, J. N. (2002). "Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting." *Carbohydrate Polymers*, 50: 7-18.
- [41] Waniska, R. D. & Gomez, M. H. (1992). "Dispersion behavior of starch." *Food Technol*, 5: 110-123.
- [42] Xu, J., Wang, Q., Bashari, M., Chen, F., Wang, P., Cui, L., Yuan, J., Xu, X. & Fan, X. (2004). "Branched limit dextrin impact on wheat and wheat and waxy starch gels retrogradation." *Food Hydrocolloids*, 39: 136-143.
- [43] Zobel, H. F. (1964). "X-ray analysis of starch granules. In "Methods on Carbohydrate Chemistry." P.109. Vol. IV. ed. Whistler, R. L. Academic Press, N.Y.

---

2014年08月04日 收稿

2014年09月02日 修正

2014年09月07日 接受