

# 愛玉凍凝膠機構之研究<sup>1)</sup>

## A Study on the Mechanism of Gelatinization of Awkeo-Jelly<sup>1)</sup>

黃永傳<sup>2)</sup> 陳文彬<sup>3)</sup> 邵雲屏<sup>3)</sup>

by

Yung-chuan Huang<sup>2)</sup>, Wen-pin Chen<sup>3)</sup> and Yun-ping Shao<sup>3)</sup>

**摘要：**臺灣夏天有一種獨特且頗具鄉土風味之冷飲食品，被稱為愛玉凍，係以臺灣特殊植物——愛玉 (*Ficus Awkeotsang* Makino) 之陽乾瘦果 (俗稱愛玉子) 放入布袋，於 60~100 倍水中揉搓約 10 分鐘所得之粘性液，放置約 20 分鐘後自行凝膠者。陽乾愛玉瘦果含水量約 13~14%，總果膠約 6~7%，而其可溶性果膠中之甲基基含量約為 10%，本係一種高甲氧性果膠。愛玉瘦果與一般高等植物，如番茄比較時，其果膠酯酶之活性 pH 範圍偏向酸性。當吾人將愛玉子在水中搓揉時，高甲氧性果膠溶出，同時受愛玉瘦果本身所含之此種特殊果膠酯酶之作用一直行脫甲基，則可漸次變為低甲氧性果膠，且與水中之變價陽離子如  $Ca^{+2}$  相交聯，成為更巨大分子之低甲氧性果膠之鈣塩，於是不需加糖或酸即可凝膠。愛玉凍之 pH 值在 4.0 左右，果膠含量為 0.06~0.09%。以種子重量之 60 倍水製造愛玉凍時，水中鈣離子濃度宜為 20~60 ppm，以 40 ppm 為最佳。

### 前 言

在臺灣有一種特殊而經濟可口，且頗具鄉土風味之半飲料食品——愛玉冰，它是一種淡黃色之軟凝膠體狀之「愛玉凍」切片，放在不太甜的冰水中供吃者。愛玉凍 (Awkeo-jelly) 係以臺灣特殊植物——愛玉 (學名: *Ficus Awkeotsang* Makino, 英名: Awkeotsang; jelly fig; 日名: あいぎよくしいたび) 之陽乾瘦果 (sun-dried achene)，俗稱愛玉子，放入布袋在 60~100 倍水中揉搓 10 分鐘左右，所得之粘性液靜置後自行凝膠者。惟愛玉本係野生，加之森林的砍伐破壞，此種野生林業副產物之採收已愈來愈困難，祇剩高海拔之深山林內才有殘留，實有遷徙栽培的必要<sup>(5)</sup>。

常常有人詢問：「愛玉凍是如何凝成的呢？」，「其原料為何種植物？」，筆者等首先對原料植物——愛玉作全盤性之調查與整理<sup>(5)</sup>，並積多年來對愛玉凍之凝膠機構之研究，得知其要點為：由愛玉瘦果溶出之高甲氧性果膠 (high methoxyl pectin 簡稱 HMP)，受愛玉瘦果本

1) 本研究之英文要旨已於民國 69 年 1 月 9-11 日在臺北市舉行之國際食品科技研討會水果蔬菜組發表。

Outline of this study was reported in the session of fruit and vegetable of International Symposium on Recent Advances in Food Science and Technology held in Taipei at January 9-11, 1980.

2) 國立臺灣大學園藝學系教授。Professor, Dept. of Horticulture, National Taiwan University.

3) 研究助理。Research assistant.

4) 本文於民國 69 年 7 月 12 日收到。Date received for publication: July 12 1980.

身所含之一種特殊的果膠酯酶 (pectinesterase, 簡稱 PE) 一直作用, 行脫甲基變成低甲氧基果膠 (low methoxyl pectin, 簡稱 LMP), 再與水中之雙價陽離子, 如  $\text{Ca}^{2+}$  交聯 (cross linking), 成為更巨大分子的低甲氧基果膠之鈣塩 (calcium salt of LMP), 而無需添加糖或酸即可自行凝膠。

茲將研究結果整理成文, 以供在食品工業上某種新產品或低熱食品 (diet food) 之開發, 或在愛玉植物之栽培、育種上做為參考之用, 尚希共勉, 並祈指教。

## 前 人 研 究

愛玉凍在臺灣雖甚普遍, 但因係臺灣所特有<sup>(1)</sup>, 在產業上尚未成為國際貿易品, 故鮮有此方面之研究及發表, 茲將愛玉凍直接有關之前人研究報告, 搜集整理如下:

高尾氏 (1917)<sup>(2)</sup> 首先分析出愛玉子之成分得: 水分 10~14%, 碳水化合物 29~35%, 蛋白質 11% 左右, 脂肪 13~14%, 粗纖維 26~28%, 灰分約 4%。

三宅及大野兩氏 (1930-1933)<sup>(3)</sup> 先以各種方法詳細調查, 判斷愛玉之凝膠粘性物質是一種果膠 (pectin), 其旋光度為  $[\alpha]_D^{20} = +275.8^\circ$ , 甲氧基含量 (methoxyl content) 為 8.47%。在彼時對果膠之化學尚未十分明瞭, 他們之研究成果實為難能可貴。同時他們將其粘膠質經真空乾燥, 分析得該乾燥物中灰分約有 10% 之多, 並隨著搓揉時間之延長而增加, 且大部分為鈣及鎂, 如氧化鈣 (CaO) 約佔灰分之 30%, 所以認為鈣、鎂等陽離子之存在是愛玉凍凝膠之主要原因。

大野及上吹越兩氏 (1934)<sup>(4)</sup> 將凍料之粘性物以酒精沉澱法純化, 得純白粉狀之愛玉果膠, 分析其成分得水分 9.26%, 灰分 0.65%, 半乳糖醛酸 (galacturonic acid) 90.33%, 甲氧基量為 11.80%。

井上氏 (1936)<sup>(5)</sup> 分析愛玉子之果膠中所含之甲氧基含量, 用 Zeisel 法得 7.99%, 用皂化法得 9.70%。

黃氏等人 (1966)<sup>(6)</sup> 以配位滴定法 (chelometric titration method)<sup>(7)</sup> 分析愛玉隱花果, 其各部位總果膠 (as calcium polygalacturonate) 為: 新鮮果托 (receptacle) 含有 1.5~1.8%, 新鮮瘦果 (achene) 約含 2.5%; 市販曬乾愛玉隱花果之果托含有約 5.1%, 瘦果中約有 5.7%。

## 材 料 與 方 法

### 一、愛玉子

愛玉本係野生, 變異大而來源不一, 市販愛玉凍之原料普通指雌性隱花果之陽乾物, 包括果托及瘦果, 由此刮下之瘦果即吾人所謂之愛玉子。本試驗所採用之材料為來源、貯存年數不同之愛玉子 (瘦果) 於每批試驗時, 重新取樣再放入乾燥器 (desicator) 中存於  $5^\circ\text{C}$  備用。

### 二、果膠粉

以美國 Sigma 牌 (No. P-9135, grade 1) 之柑桔果膠粉, 經筆者分析結果, 含果膠 64.35%, 而果膠中甲氧基含量為 12.18%。

### 三、果膠之定量

果膠定量上慣用之 Carre & Haynes 重量法<sup>(11)</sup> 所得之所謂果膠酸鈣之烘乾物, 通常隨伴有不定且相當多量之阿拉伯糖 (arabinose) 及半乳糖 (galactose)。然本研究為求較正確之重量悉依黃氏配位滴定法<sup>(9)</sup>, 其方法如下。

1. 愛玉子中之總果膠 (total pectin) 含量: 稱取愛玉子在沸騰蒸餾水中殺青 5 分鐘,

冷却造水打碎得均質液 (homogenate), 取一定量之均質液, 先依 Carre & Haynes 法<sup>(12)</sup> 得果膠酸鈣之凝膠膠體 (wet gel), 然後以蒸餾水將該凝膠體移入燒杯中與氫氧化鈉溶液共煮, 使溶化變為含鈣離子之溶液, 在 pH 12~13 下, 以 Dotite NN [2-hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphthylazo)-3-naphthoic acid] 為指示劑, 用 0.01 M EDTA (ethylene-diamine tetraacetic acid) 定出鈣離子之量, 再以下式換算果膠酸鈣 (calcium polygalacturonate 簡稱 Ca-PGA) 之重量來代表各樣果膠之總合值 (總果膠)。

0.01 M EDTA 1 ml = 0.400 mg Ca = 3.90 mg Ca-PGA

2. 可溶性果膠 (soluble pectin): 稱取愛玉子先以熱蒸餾水浸取三次, 集浸取液為試料液, 仿上述配位測定法測之。

#### 四、果膠中甲氧基含量之測定

取試料果膠液 100 公克, 以 Jansen 氏等之氫氧化鈉皂化法<sup>(13)</sup> 測出甲氧基量。該法之逆滴定 (back titration) 所需之 0.05 N NaOH 1 ml 則合甲氧基量 1.55 mg, 而除以同一試料量中之果膠酸鈣量, 可得甲氧基含量, 如下式:

甲氧基含量 =  $-\text{OCH}_3 \times 100\% / \text{Ca-PGA}$

此法之缺點為果膠試料中之乙酰基 (acetyl group) 亦會消耗氫氧化鈉<sup>(13)</sup>, 因此測定結果難免有較真實值稍高之嫌。但筆者曾就愛玉子之可溶性果膠, 同時以黃氏 PE 作用法<sup>(14)</sup> 測定比較之結果, 知愛玉果膠之乙酰基含量實為可忽略之少量而已, 故在本試驗仍採用 Jansen 氏等之氫氧化鈉皂化法。

#### 五、果膠酯酶活性之檢定

1. 酵素液: 愛玉子以 20 倍量之 6% 氯化鈉溶液攪拌混合, 而於 5°C 靜置一天, 使果膠酯酶儘量洗出 (elute out), 然後過濾得果膠酯酶之粗酵素液, 存於 5°C 備用。

2. 基質果膠液: 以 Sigma 牌果膠粉之 0.1% 溶液貯存於 5°C 備用。

3. 活性之測定: 基質果膠液 200 ml 及酵素液均先以溴麝香草酚藍 (bromothymol blue, 簡稱 BTB) 為指示劑, 用 0.1 N 氫氧化鈉預先中和, 對基質加入適量氯化鈉, 調整氯化鈉量達 0.3%, 加熱至 30°C, 置於附有保熱板之電磁攪拌器 (hot plate magnetic stirrer) 上, 倒入預備好之酵素液, 即開始計時, 不斷滴下 0.05 N 氫氧化鈉使作用液之 pH 值維持在 7.2-7.3, 並保持 30°C。每 30 秒鐘讀出所消耗之 0.05 N 氫氧化鈉量, 由反應之第一階段 (first order) 每分鐘之氫氧化鈉溶液之消耗量計算果膠酯酶活性如下式:

1 meq/min = 1 PEu (pectinesterase unit) = 1000 milli PEu.

#### 六、pH 值之測定

以 pH 測定儀 (Corning model 12 research pH meter) 測之。

#### 七、品評 (Panel test)

由本研究室人員中, 挑出對果凍之口嚼較有把握者組織 5 人品評團, 評估愛玉凍之質地 (texture) 與食味 (taste)。

## 結果與討論

#### 一、愛玉子果膠酯酶與凝膠特性之關係

筆者有鑑於愛玉凍不需糖、酸之配合即可凝膠, 而三宅及大野兩氏<sup>(6)</sup> 早在 1933 年已證實愛玉之凝膠物質為果膠, 其甲氧基含量為 8~12%, 故吾人初步推想其所溶出之高甲氧基果膠, 必定是受果膠酯酶之作用, 變為低甲氧基果膠, 而與二價陽離子 (如鈣) 交聯所致, 即很可能是一種低甲氧基果膠鈣塩之凝膠體, 同時想及愛玉植物本係野生, 且有雌雄異株之別<sup>(6)</sup>, 故市面上所

購得之愛玉子其凝膠特性上之差異一定很大。本研究乃先由愛玉子之果膠質量關係及果膠酯酶活性方面着手，以便比較其貯存年數不同之陽乾市販種子及由新鮮果實刮出之新鮮愛玉子之間不同凝膠特性之關係，初步調查結果列如表 1。

表 1. 殺菁對愛玉子凝膠特性之影響

Table 1. Effect of blanching on jellifying characters of achenes of Awkeotsang

項 目 Items	新鮮愛玉子 Fresh achenes		市販陽乾種子貯存年數 Sun dried achenes stored					
			新 近 Recently		1 年 One year		10 年 Ten years	
種子中總果膠含量 Total pectin content in achenes (%)	2.34		6.24		6.05		2.93	
種子之殺菁 Blanching of achenes	有 Yes	無 No	有 Yes	無 No	有 Yes	無 No	有 Yes	無 No
可溶性果膠之甲氧基含量 Methoxyl content of soluble pectin (%)	9.91		10.26	2.08	10.08	1.99	7.98	5.30
果膠酯酶活性 Pectinesterase activity (milli PEU/g achenes)	0.0		27.5	0.0	31.0	0.0	5.6	0.0
凝膠性能* Jellifying ability*	無 No	很強 Very strong	無 No	很強 Very strong	無 No	強 Strong	無 No	無 No

\*: 以 20 公克愛玉子在 400 公克自來水中揉 6 分鐘，觀察其凝膠情形。

20 grams of achenes were rubbed in 400 g tap water for 6 minutes and jellifying ability were observed.

由表 1 知，生鮮及市販乾燥愛玉子均含有多量之高甲氧基果膠，而種子愈新，果膠酯酶之活性愈強，且凝膠性能亦愈強。但存放 10 年左右之瘦果，其顏色變為黑色，其總果膠含量降低至 3% 左右，而可溶性果膠中之甲氧基含量雖降至 8%，仍然是高甲氧基果膠，同時果膠酯酶活性幾近消失，其凝膠之能力亦已消失。為調查愛玉果膠酯酶是否水解果膠中之甲酯基 (carbo-methoxyl group,  $-\text{COOCH}_3$ ) 使其變為羧基 ( $-\text{COOH}$ )，特以愛玉子分殺菁與不殺菁兩處理相比較。在殺菁過之愛玉子因果膠酯酶已被不活性化，不能對果膠行脫甲基作用；而在未殺菁之各處理所溶出之果膠，因受果膠酯酶之作用，即被脫甲基，故甲氧基含量降得很低，祇剩 2% 左右，則已完全變為低甲氧基果膠。故由表 1 之結果已可證明愛玉凍之凝膠是愛玉子在水中被揉採時所溶出之高甲氧基果膠，受果膠酯酶之作用，然後產生一種低甲氧基果膠之凝膠體所致。

## 二、愛玉果膠酯酶之活性 pH 範圍

前節之結論為愛玉凍之凝膠，係揉採後溶出之高甲氧基果膠受果膠酯酶之作用為第一要件。酵素之反應受 pH 值之影響至巨，而由不同植物材料所抽出之果膠酯酶，都具有適合其作用之 pH 範圍。一般而言，由高等植物抽出之果膠酯酶其最適反應 pH 值為 7.0~7.5，而由微生物抽出者其最適反應 pH 範圍為 4.5~5.0<sup>(7, 13)</sup>。高等植物中，如番茄、柑桔等均富含果膠及果膠酯酶，但何以不能如愛玉子般地有凝膠現象產生呢？為調查其原因，茲以愛玉子及番茄果肉分別準備果膠酯酶之粗酵素液，在各種不同 pH 下測其活性，經重複多次實驗之結果示如圖 1。

由圖 1 知，愛玉果膠酯酶作用之 pH 範圍在 3.0 以上，最適 pH 在 7.0。若以此最適 pH 值之活性為 100%，則 pH 4.5 時已有 75%，pH 5.0 時則有 90% 之高；反觀番茄果膠酯酶之最適 pH 在 7.5，與普通之高等植物之一般情形相同，而於 pH 大於 4.0 時始具有活性。pH 5.0 時才有最適 pH 時之 30%，pH 6.0 時也不過是最高值之 75% 而已。由此可知，愛玉之果膠酯酶，於較低 pH 時仍能有較多之作用，而由於果膠酯酶之作用，漸次將基質液變為

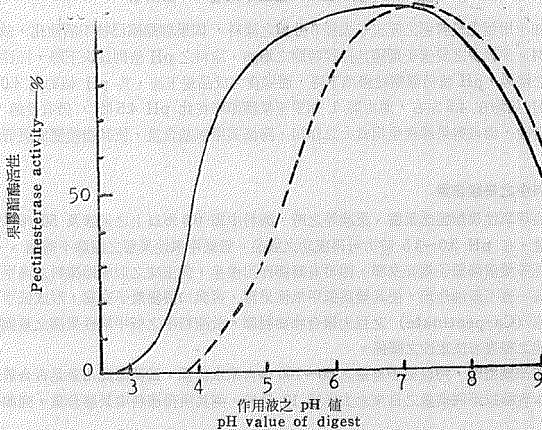


圖 1. 愛玉子與番茄果肉兩者果膠酯酶活性隨 pH 之變化  
(最適 pH 之活性為 100%，——，愛玉子；----，番茄)

Fig 1. Effect of pH on the activity of pectinesterase from achenes of jelly fig and tomato pulp (Activity at optimum pH as 100%，——，jelly fig；----，tomato)

更酸性，即 pH 更降低時仍能繼續反應；番茄果膠酯酶則不然，會因 pH 之下降而很快地失去作用。由兩者的此等差異可看出愛玉果膠酯酶最特殊之處，也是愛玉凍無需加糖、酸即可自行凝凍，而番茄漿不能自行成凍之重要原因之一。

### 三、愛玉凍凝膠過程中 pH 值之變化

由上之結果知愛玉 PE 作用之適應範圍較廣，故愛玉凍製造時其凝膠過程中 pH 值之變化情形，又為吾人所要明瞭之事項。茲將陽乾愛玉子以 20 倍自來水就改變揉搓時間及其後放置時間不同的凍料 (jellying material)，調查其 pH 值之變化列表 2。

表 2. 愛玉凍料凝膠過程中 pH 值之變化及其凝膠情形  
Table 2. Variation of pH value in jellying materials of Awkeo-jelly and the state of jelly at over night

愛玉子之殺菁 Blanching of achenes	對 照 Control				殺菁 5 分鐘 Blanched 5 min
	1	2	4	6	
揉 搓 時 間 Rubbing time (min)					6
揉 搓 後 之 放 置 時 間 Standing time after rubbing	凍料之 pH 值 pH value of jellying material				
0 min	5.16	5.04	4.78	4.50*	5.24
2	5.14	4.97	4.65	4.39	5.24
5	5.12	4.83	4.49*	4.27	5.24
10	5.02	4.64	4.35	4.18	5.24
過 夜 Over night	4.30	4.16*	3.99	3.98	4.98
過 夜 後 之 凝 膠 情 形 State of jelly, over night	粘 滯 液 Viscous solution	開 始 Beginning	軟 Soft	佳 Good	淡 溶 液 Light solution

\*: 表示凝膠之開始。 Jellyfying was observed at this point.

由表 2 知，用預先殺青過之愛玉子去揉 6 分鐘之凍料，因果膠酶已被不活性化，故其 pH 值始終為 5.24。未殺青之愛玉子則隨其搓揉時間之增加，凍料之 pH 值則甚快下降，搓揉後，隨著放置時間之經過，pH 值仍繼續緩慢地下降，而過夜之成品愛玉凍，其 pH 值約為 4.0。開始凝膠時之 pH 值均在 4.5 左右，而由圖 1 知愛玉果膠酶在此 pH 4.5 時，仍有最適 pH 時之 75% 之活性，尚可對果膠產生相當大之作用，降低其甲氧基含量，使其繼續變成更低甲氧性之果膠。

#### 四、愛玉凍料中之果膠含量

普通以高甲氧性果膠製造果醬、果凍等之時，凍料中需 0.3% 以上之果膠及 50% 以上的糖與若干有機酸，在 pH 3.0~3.5 時方可得成功之製品。然低甲氧性果膠之凝膠不需糖、酸之配合，而僅與鈣等雙價陽離子相互交聯，即可有凝膠作用產生，愛玉凍之形成即凍料之高甲氧性果膠受果膠酶一直不斷地作用，使其變為低甲氧性果膠，再與二價陽離子交聯，形成低甲氧性果膠之塩如鈣塩 (Ca-pectinate) 之巨大聚合物而凝膠。故凍料中之低甲氧性果膠之量與鈣離子含量將對凝凍之程度有決定性之關係。

市販愛玉凍製造時，均以種子重量之 60~100 倍自來水搓揉，為明瞭此用量是否合於商業經濟之原則，本實驗以不同倍量之自來水去搓揉 10 分鐘，測其所得凍料中果膠含量，列如表 3。

表 3. 搓揉用水之倍量與愛玉凍料中之果膠含量之關係

Table 3. Pectin content in jelling material when different amount of tap water was used to rub achenes of *Awkeotsang*

用水倍量 Ratio of water to achenes (by wt.)	凍料中之果膠含量 Pectin content in jelling material (%)	搓揉後至凝膠所需時間 Time to gelatinize after rubbing (min)
20	0.234	搓揉中即凝凍 while rubbing
40	0.107	10
60	0.088	20
100	0.060	30
150	0.037	> 60
200	0.032	> 60
250	0.027	> 60
500	0.015	一星期 One week

由表 3 知，用 20 倍水去搓揉時，尙未揉完 10 分鐘，已凝結成凍，故不能成整塊，而凍料中之果膠含量有 0.234% 之多。以 60 倍水揉時，凍料中之果膠有 0.088%，而在放置 20 分鐘後就可開始凝膠，且於 1 小時內則可得良好之愛玉凍；以 100 倍水揉時，凍料中之果膠有 0.060%，需靜置 30 分鐘方可開始凝膠，且要 2 小時以後才可食用；150 倍者，果膠含量只有 0.037%，而需放置 1 小時以上方可觀察到甚軟之愛玉凍形成；200 倍以上者，其果膠含量均未達 0.03%，甚難於數小時內觀察到凝膠。但以 500 倍水揉出之含 0.015% 果膠凍料液，於 5°C 貯存靜置 1 星期後觀察，則發現有很軟很軟之凝膠體，一碰即破。綜觀如上之結論，理想之愛玉凍，其果膠含量應於 0.05~0.10% 之間，本試驗結果與商業上之市販愛玉凍含 0.06~0.09% (係以 60~100 倍水揉 10 分鐘左右，再靜置 20~30 分鐘者) 甚為符合。然此愛玉凍所需之果膠含量與

一般高甲氧基果膠凍料之需 0.3~0.5%，截然不同。

本次試驗所用之愛玉子含總果膠有 9% 之高，而將愛玉子以熱水浸出之可溶性果膠佔總果膠之 75% 左右，再由表 3 換算出不同用水倍率去揉 10 分鐘之結果，所得凍料中之果膠量，對愛玉子本來所含之可溶性果膠之重量百分比示如圖 2。

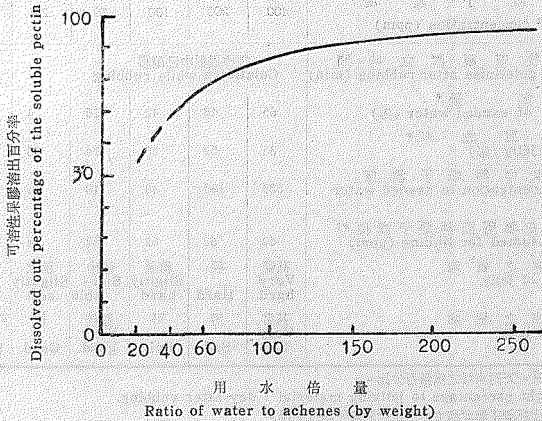


圖 2. 愛玉凍製造時對種子以不同倍量之自來水揉搓 10 分鐘所得可溶性果膠溶出百分比

Fig. 2. Dissolved out percentage of the soluble pectin from achenes of Awkeotsang when different amount of tap water was used to make Awkeo-jelly as rubbed 10 min.

由圖 2 知，隨用水量對愛玉子之倍率增加，種子中可溶性果膠之揉出率逐漸提高，當用 20 倍水時只能利用可溶性果膠量之 60%，以 60~100 倍用水量去揉時，有 76~84%，種子中所含果膠之利用率已相當高且製品之品質亦佳。用水為 150 倍以上時，雖有 90% 之利用率，但所得愛玉凍均太軟不能成商品販賣。由此可知商人以經濟上效率最好之 60~100 倍水揉之，是最合乎經濟且可得最佳品質之愛玉凍，故長年累月之經驗實不容忽視。

#### 五、凍料中不同鈣離子濃度對愛玉凍凝膠之影響

如前所述，愛玉凍製造時果膠酯酶之活性 pH 範圍固然是重要關鍵，然凍料中之二價陽離子如鈣離子濃度却為另一重要因子。而鈣離子之來源有下列三者：

1. 來自愛玉子本身。以種子之 60 倍量蒸餾水揉搓 10 分鐘後，測得凍料中鈣離子含量為 1.6 ppm。
2. 用水（如自來水、井水）所含者。
3. 對用水添加者。可用較濃之氯化鈣溶液來調整。

為明瞭用水中鈣離子之不同含量與凝膠性能之關係，特以種子之 60 倍量蒸餾水加入不同量之氯化鈣，連種子本身可能被揉出之鈣離子，改變凍料中之鈣離子含量，分為 6 區揉搓 10 分鐘

後靜置 1 天，調查結果列如表 4。

表 4. 凍料中不同鈣離子濃度對愛玉凍凝膠之影響  
Table 4. Effect of calcium concentration in jelling material on gel formation of Awkeo-jelly

鈣離子濃度 Ca <sup>2+</sup> concentration (ppm)	400	200	100	50	25	10	
搓揉後至凝膠之時間 Time to gelatinize after rubbing (min)		搓揉過程中已凝膠 Gelatinize while rubbing				5	15
析水量* Amount of exuded water (%)	65	48	42	26	4	0	
愛玉凍收率* Yield of jelly (%)	35	52	58	74	96	100	
析出水中鈣離子濃度 Ca <sup>2+</sup> concentration in exuded water (ppm)	333	138	48	18	11	—	
凍料中交聯所需鈣離子濃度** Ca <sup>2+</sup> consumed for linking (ppm)	62	62	52	32	14	10	
愛玉凍之質地 Texture of jelly	甚硬 Very hard	硬 Hard	稍硬 Slightly hard	適中 Suitable	稍軟 Slightly soft	甚軟 Very weak	
愛玉凍之風味 Taste of jelly	甚劣 Very bad	劣 Bad	可 Fair	甚佳 Very good	佳 Good	只具粘性 Sticky	

\*: 搓揉後一天對凍料之重量百分比。

Weight percentage to jelling material 1 day after rubbing.

\*\*：由原來鈣離子濃度減去析出水中鈣離子濃度而得。

Original Ca<sup>2+</sup> concentration subtract that in exuded water.

由表 4 知凍料中之 Ca<sup>2+</sup>，超過 50 ppm 之各區，於搓揉未達 10 分鐘已有形成膠體之現象，即鈣離子愈多愈充分，則膠體之形成愈快愈硬，且 Ca<sup>2+</sup> 超過 100 ppm 之各處理均不能得到整塊之愛玉凍。又搓揉後除 10 ppm 區之得到甚軟之凝凍以外均有析水現象，即膠體形成同時開始慢慢收縮，換句話說，凍料一份並非可得百分之百之一份愛玉凍。一天後析水量佔凍料之百分比，隨鈣離子濃度之增加而增加。Ca<sup>2+</sup> 50 ppm 及 100 ppm 區各有 26 % 與 42 % 之析水。過剩量之 400 ppm 區，其析水量竟高達 65 %，則愛玉凍之收量只有凍料之 35 %，由此可知 Ca<sup>2+</sup> 之添加量太多也不好。

果膠 (pectinic acid) 於甲氧基含量愈低時，則愈容易形成鈣垢，也就是說甲氧基含量 0 % 之果膠酸 (pectic acid) 與 Ca<sup>2+</sup> 之交聯甚易且快，而甲氧基含量愈多，可能由於分子之排列位置或立體構造，交聯之困難性愈大。

由表 3 知，以 60 倍水搓揉愛玉子 10 分鐘時，凍料中之果膠約為 0.088 %。此 0.088 % 之果膠若由於 PE 之作用而完全改變為果膠酸 (pectic acid) 時，其交聯所需之 Ca<sup>2+</sup> 之量將為： $0.088\% \times \frac{40}{390} = 880\text{ppm} \times \frac{40}{390} = 90\text{ ppm}$

100 % 甲基酯化之 full methoxyl pectin，其甲氧基含量為 16.32 %，而愛玉果膠之甲氧基含量本來約為 10 %，即其甲基酯化程度約為 61 %。且由表 4 知，凍料中含 Ca<sup>2+</sup> 過多之 400, 200 ppm 兩處理區，不過以 62 ppm 為其被用於交聯之極限，由此吾人可換算愛



玉凍料內之果膠是由甲基酯化程度 61% 降為 31% 以下之 LMP，即凍內之果膠其甲氧基含量當為 5% 以下。概算如下：

$$\frac{90-62}{90} = \frac{28}{90} = 31\%$$

$$16.32\% \times 31\% = 5.05\%$$

再看 100 ppm 區交聯所耗  $\text{Ca}^{+2}$  尚未達 62 ppm，遠在 50 及 25 ppm 兩處理區之  $\text{Ca}^{+2}$  都未完全用以交聯，於 10 ppm 區始完全被派用上場。由此吾人可推想，凍料中之  $\text{Ca}^{+2}$  若很少，則可能全部被用以交聯， $\text{Ca}^{+2}$  濃度太高時，僅有限量之  $\text{Ca}^{+2}$  參與交聯，但受過剩鈣離子的影響，風味不好，質地亦差；而當鈣離子不太多時，雖並未充分利用與之交聯，却可得品質最佳之愛玉凍。由以上之結果筆者等提議：以種子重量之 60~100 倍水製造愛玉凍時，水中之  $\text{Ca}^{+2}$  當調節為 20~60 ppm，而以 40 ppm 最為適宜。

### 參 考 文 獻

1. 張重勇 1970. 甜菜果膠中乙酰基含量之研究 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
2. 黃永傳 1965. 配位滴定法在果膠酸鈣定量上之應用 化學 No. 1-2 p.p. 6-11.
3. 黃永傳、蔡紋州、王芬芳 1966. 臺灣果膠資源之調查 II 蔬菜及其他特殊植物中各部位之果膠含量 中國園藝 13(1-2):1-11.
4. 黃永傳 1963. 應用 pectinesterase 之脫甲基作用測定果膠中甲氧基含量之新法 中國園藝 14(1-2):131-137.
5. 黃永傳、陳文彬 1979. 愛玉凍原料植物——愛玉之回顧與前瞻 中國園藝 25(4):103-111.
6. 三宅捷、大野成雄 1930-1933. 愛玉子粘性物質の研究 第一報 熱帶農學會誌 2(1):1-13.  
第二報 熱帶農學會誌 2(3):317-327.  
第三報 熱帶農學會誌 4(3):295-299.  
第四報 熱帶農學會誌 5(3):270-272.
7. 三浦洋、久保進 1960. ベクチンについて その 1 食品工業 3(6):51-57.  
その 2 食品工業 3(7):52-59.
8. 大野成雄、上吹越勇 1934. 愛玉子より pectin 及 barium galacturonate の調製法に就いて 熱帶農學會誌 6:764-769.
9. 井上榮 1936. 愛玉子ベクチンよりガラクトロン酸の調製に就いて 臺北帝國大學附屬農科專門部卒業論文。
10. 高尾與一郎 1917. 愛玉子ノ凝膠質ニ就イテ 臺灣總督府研究報告 No. 49 p.p. 1-6.
11. Carre, M. H. and D. Haynes 1922. The estimation of pectin as calcium pectate and the application of this method to the determination of the soluble pectin in apples. Biochem. J. 16(1):60-69.
12. Jansen, E. F., S. W. Waisort and E. Reitz 1944. Errors in the Zeisels methoxyl values for pectin due to retained alcohol. Ind. Eng. Chem. Anl. Ed. 16(8):523-524.
13. Kertesz, Z. I. 1951. The Pectic Substances. Interscience Publ.

### Summary

There is a kind of special food named "Awkeo-jelly", served with added in cold light syrup and sold locally at summer time in Taiwan. This jelly is prepared with sun dried achenes (usually miscalled as seeds) of Awkeotsang (jelly fig, *Ficus Awkeotsang* Makino). When we put 1 part of so called Awkeo seeds in cloth bag and rub in 60-100 parts of water for 10 minutes, we can obtain a viscous solution and it may gelatinize in 20 minutes or more.

The sun dried achenes contained about 13-14% of moisture and 6-7% of total pectin (as calcium-polygalacturonate). The methoxyl content of the soluble pectin is about 10%. It is a high methoxyl pectin (HMP).

The active pH range of Awkeo pectinesterase (PE) tends to be more acidic when compared with that of usual higher plants, such as tomatoes. This special PE can successively demethylate the water soluble HMP, and finally convert it to low methoxyl pectin (LMP) which may easily cross linked by divalent cations, such as calcium, to become a much larger molecule of calcium salt of LMP, and form gel, without any addition of sugar or acid.

The pH value of Awkeo-jelly was determined to be about 4.0 and pectin content was 0.06-0.09%. When we rub 1 part of sun dried achenes with 60 parts of water,  $\text{Ca}^{+2}$  concentration in water might range 20-60 ppm, and about 40 ppm is most preferable in Awkeo-jelly making.

