

不同產地及儲藏溫度對薏仁組成分及特殊生理機能性成分之影響¹

曾勝雄²、江文章³、王思涓³、蘇慧美²

摘 要

本研究以國產與進口(越南、大陸、寮國及泰國)之糙薏仁與精白薏仁為原料，儲藏在低溫(4)與常溫(25)6個月後，分析薏仁一般組成分及特殊生理機能性成分，比較儲藏前後之變化。由分析資料顯示，國產薏仁之粗蛋白及粗脂肪含量比進口薏仁為高，澱粉含量則以進口薏仁較高。無論糙薏仁或精白薏仁，儲存6個月後之粗蛋白、粗脂肪、澱粉、粗纖維及灰分含量均呈下降趨勢。粗脂肪、澱粉及灰分以糙薏仁儲存之損失率較低；粗蛋白及粗纖維則以精白薏仁儲存之損失率較低。糙薏仁或精白薏仁均以儲存4 比儲存在25 為佳，其粗蛋白、粗脂肪、澱粉、粗纖維及灰分之損失率較少。除糙薏仁與精白薏仁 *p*-coumaric acid及精白薏仁 campesterol含量在儲藏6個月後有增加外，其他對人體有特殊生理性成分之含量，均因儲存6個月而有下降趨勢，其中以 coixol、gallic acid及 tricin之下降較為明顯。campesterol等8項特殊生理機能性成分之損失率均以儲存在4 環境下較少，糙薏仁之一般組成分及生理機能性成分含量均比精白薏仁為高，因此在保健立場上以食用糙薏仁或利用糙薏仁為加工原料較佳，且應保存在低溫環境下較宜。

關鍵字：薏仁、產地、儲藏溫度。

前 言

近年來國人重視保健養生，許多食材受到重視，而薏苡自古即被視為對健康極有幫助的一種食品。在傳統醫學中，薏苡之種仁是藥食兼用之品^(11,14)，而薏苡葉、根與籽實之殼及種皮則供藥用。神農本草經和本草綱目等漢藥書中記載薏苡具有利尿、除濕、美容及抗腫瘤等功效⁽¹⁾；目前台灣、大陸與日本已開發多樣薏苡保健食品。

許多國內外研究報導指出，薏苡具有清除自由基⁽⁷⁾、調節脂質代謝^(2,3)、抗過敏⁽⁴⁾、抑制腫瘤生長^(4,10)及調節腸道等生理機能。同時，薏苡籽實中也有許多化合物被分離鑑定，除了含有豐富的蛋白質、脂質和碳水化合物⁽⁵⁾外，尚有維生素、礦物質以及多種植物化學成分(phytochemicals)，如植物固醇類、酚類化合物(包括酚醇、酚酸、酚醛和類黃酮)、薏仁酯^(24,25)(coixenolide)、薏苡素^(12,13)(coixol)和薏苡多醣^(26,27)(coixans)等。

¹台中區農業改良場研究報告第 0573 號。

²分別為台中區農業改良場副研究員及技工。

³分別為台灣大學食品科技研究所教授及研究生。

薏苡在中國、越南、泰國等地早有種植；東漢光武帝於建武16年(西元40年)派馬援南征交趾，攜回小粒種薏苡。日本則在江戶享保年間(1716~1731年)由中國大陸引入⁽⁶⁾。目前除了東南亞外，中國大陸、台灣和日本亦有種植。台中區農業改良場於民國69年開始進行水田轉作薏苡試驗，目前南投縣草屯鎮、彰化縣二林鎮及台中縣大雅、神岡鄉等地均有種植，栽培面積約200 ha，總產量約500 t，每年並從泰國和寮國等地進口一萬公噸薏苡籽實。

市售薏仁種類繁多，來源各異，不但外觀有別，價格亦不盡相同，但是更值得注意的是不同地區來源的薏仁成分組成是否相近。本研究目的即是收集不同地區種植之糙薏苡，針對糙薏仁及精白薏仁進行組成分及具生理機能性成分之定量分析；同時考慮糙薏仁及精白薏仁經一段時間的貯藏後才進行加工處理，對品質的影響，因此在不同溫度下儲存，觀察一般組成分及具生理機能性成分含量之變化，以期在薏苡保健食品開發上，做為原料選擇及提供消費者選購薏仁之參考。

材料與方法

以三種國產薏苡籽實及四種進口薏苡籽實為原料，三種國產薏苡籽實分別為種植於台中縣大雅鄉的台中選育4號(Taichung Shuenyu No.4, T.CS4)，以代號台灣-I (Taiwan-I)表示；種植於彰化縣大村鄉的台中1號⁽⁹⁾，以代號台灣-II (Taiwan-II)表示；以及種植於台中縣大雅鄉的台中1號，以代號台灣-III (Taiwan-III)表示。國產薏苡籽實均於民國90年3月種植，7月採收。四種進口薏苡籽實於90年7月在市面上購得，包括自越南、大陸、寮國和泰國進口之薏苡籽實。上述七種薏苡籽實均以脫殼機脫殼成糙薏仁及精白薏仁，以真空包裝，儲存於4 及25 下，為期6個月，然後進行以下各項分析：

一、薏苡一般組成分分析

- (一)種仁含水量：依恆溫乾燥法測定之，樣品在 $103^{\circ}\pm 2$ 下烘乾 17 ± 1 小時⁽⁸⁾，取出置乾燥器內冷卻，秤重，直到恆重為止。
- (二)蛋白質：將樣品分解後用自動分析儀以比色法測定樣品之全氮量，再乘以5.95換算之⁽²⁰⁾。
- (三)澱粉：根據Clegg之anthrone比色法分析之，即樣品以次氯酸分解後加入anthrone reagent，以光電比色計比色法測定葡萄糖量，再乘以0.9換算之⁽²¹⁾。
- (四)脂肪：依soxhlet法分析之，即以乙醚加熱迴流萃取後測定⁽²²⁾。
- (五)粗纖維：依Weende法分析，將樣品以稀酸、稀鹼、丙酮處理，溶解蛋白質、澱粉、脂肪等，殘留的有機物即為粗纖維⁽²³⁾。
- (六)灰分：依A.O.A.C法分析，將樣品經燃燒灰化後測定⁽¹⁷⁾。

二、薏苡特殊生理機能性成分分析：

(一)糙薏仁與精白薏仁之正己烷萃取物及乙醇萃取物的製備：

將100~200 g的糙薏仁與精白薏仁以磨粉機磨粉(篩網10目)，以10倍量正己烷(hexane) (w/v)在室溫下避光攪拌萃取24小時，以Whatman # 1濾紙抽氣過濾出萃取

液，殘渣再以8倍量正己烷重複萃取24小時，濾出萃取液後再以2倍量正己烷沖洗。合併之濾液在45℃下減壓濃縮乾燥至恆重，即得正己烷萃取物；存放於-20℃備用。乙醇萃取物之萃取方法同上。

(二)植物固醇類^(18,19)

取一定量正己烷萃取物溶於CH₃CN中，以HPLC定量分析，分析條件如下：

Column: Discovery HS C18 (5 μm, 25 cm×4.6 mm)

Mobile phase: CH₃CN : MeOH = 50:50 (v/v)

Detector: UV-Visible 205 nm

Flow rate: 1 mL/min

Injection volumn: 10 μL

(三)Coixol (國立臺灣師範大學許順吉教授提供方法)

取一定量乙醇萃取物溶於MeOH中，以HPLC定量分析，分析條件如下：

Column: Cosmosil 5C18-MS (5 μm, 25 cm×4.6 mm)

Mobile phase: CH₃CN : H₂O = 60:40 (v/v)

Detector: UV-Visible 260 nm

Flow rate: 1 mL/min

Injection volumn: 10 μL

(四)酚類化合物⁽¹⁵⁾

取一定量乙醇萃取物溶於MeOH中，以HPLC定量分析，分析條件如下：

Column: Cosmosil 5C18-MS (5 μm, 25 cm×4.6 mm)

Mobile phase: 0.01 M KH₂PO₄ (pH 2.5) : CH₃CN= 65:35 (v/v)

Detector: UV-Visible 220 nm

Flow rate: 1 mL/min

Injection volumn: 10 μL

上述定量之HPLC訊號接收及圖譜比對運算是使用訊華股份有限公司SISC色層分析儀數據處理系統SISC32中文版2.0。計算公式：

$$\text{某一化合物含量}(\mu\text{g/g}) = A \times B \times C \div D$$

A：與標準品比對而得之樣品濃度(μg/mL)

B：稀釋倍數

C：粗萃取物溶於溶液的體積(mL)

D：原料乾重(g)

上述各項分析次數皆在三次以上，經平均後以Duncan's multiple range test分析樣品間之差異顯著性。

結果與討論

一、不同儲存環境對國產及進口薏仁一般組成分變化之影響

1. 粗蛋白含量(表一)：不同種植區糙薏仁粗蛋白含量，儲藏前為14.50~18.19%，平均為16.11%，其中以台灣I(大雅產台中選育4號)最高，寮國最低。儲藏於4 經6個月後為11.19~16.19%，平均為13.32%；儲藏於25 經6個月後為10.94~16.00%，平均為12.84%，兩種儲藏溫度均以台灣I最高，寮國最低。精白薏仁粗蛋白含量，儲藏前為14.25~16.19%，平均為15.22%，其中以台灣I最高，寮國最低。儲藏於4 經6個月後為12.36~14.88%，平均為13.56%；儲藏於25 為12.13~14.44%，平均為13.18%，兩種儲藏溫度亦均以台灣I最高，寮國最低。無論於儲藏前或儲藏後，Taiwan-I、Taiwan-II及Taiwan-III之粗蛋白含量均有較高的趨勢，亦即國產的糙薏仁與精白薏仁粗蛋白含量均較進口材料者為高。經儲存後粗蛋白的含量均有下降，降幅以精白薏仁較糙薏仁為少。儲存於4 粗蛋白含量降幅比25 為少，但兩者間差異不大。

表一、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在4 與25 儲藏6個月後粗蛋白質含量(%)的變化

Table 1. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the crude protein content (% dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	18.19 a ²	16.19 a	16.00 a	16.19 a	14.88 a	14.44 a
Taiwan-II	16.56 ac	14.50 b	13.96 b	15.81 b	14.19 b	13.63 b
Taiwan-III	16.19 cd	14.56 b	14.25 b	15.75 b	14.28 b	13.78 b
Vietnam	16.00 d	12.58 c	11.68 c	15.44 c	13.56 c	13.13 c
China	16.63 b	12.69 c	11.82 c	14.69 d	12.97 d	12.78 d
Laos	14.50 e	11.19 d	10.94 d	14.25 f	12.36 e	12.13 f
Thailand	14.69 e	11.56 d	11.25 cd	14.44 e	12.69 de	12.38 e
Mean	16.11	13.32	12.84	15.22	13.56	13.18

¹ Check: before storage.

² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

2. 粗脂肪含量(表二)：糙薏仁粗脂肪含量於儲藏前為5.99~9.18%，平均為7.65%，其中以台灣II(大村產台中1號)最高，大陸最低。儲藏於4 經6個月後為5.45~8.46%，平均為6.99%；儲藏於25 後為5.18~8.20%，平均為6.61%，兩種儲藏溫度均以台灣II最高，大陸最低。各種植區精白薏仁粗脂肪含量在儲藏前為5.22~8.13%，平均為6.47%，其中以台灣II最高，越南最低。儲藏於4 後為4.57~7.46%，平均為5.75%；儲藏於25 後為4.21~6.91%，平均為5.39%；兩種儲藏溫度亦均以台灣II最高，越南最低。各材料中以Taiwan-II之粗脂肪含量最高，國產材料之粗脂肪含量亦有高於國外材料的趨勢。又經儲存後，粗脂肪的含量均有下降，降幅以25 儲藏較為明顯。

表二、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後粗脂肪含量(%)的變化

Table 2. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the crude fat content (% , dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	8.03 c ²	7.31 c	6.96 c	7.50 b	6.80 b	6.38 b
Taiwan-II	9.18 a	8.46 a	8.20 a	8.13 a	7.46 a	6.91 a
Taiwan-III	8.53 b	7.80 b	7.55 b	7.28 c	6.65 c	6.32 b
Vietnam	7.23 e	6.56 e	6.32 d	5.22 f	4.57 g	4.21 f
China	5.99 g	5.45 g	5.18 f	5.49 e	4.94 e	4.64 d
Laos	7.68 d	6.99 d	6.43 d	5.37 ef	4.64 f	4.47 e
Thailand	6.92 f	6.34f	5.65 e	6.29 d	5.19 a	4.78 c
Mean	7.65	6.99	6.61	6.47	5.75	5.39

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

3. 澱粉含量(表三): 糙薏仁澱粉含量於儲藏前為69.48~73.94%，平均為71.58%，其中以Thailand最高，Taiwan-II最低。儲藏於4 經6個月後為67.26~72.55%，平均為69.99%，其中以Thailand最高，Taiwan-II最低；儲藏於25 後為65.85~72.03%，平均為68.64%，其中以Thailand最高，Taiwan-III最低。各種植區精白薏仁澱粉含量儲藏前為71.73~76.28%，平均為74.17%，其中以Thailand最高，Taiwan-III (大雅產台中1號)最低。儲藏於4 經6個月後為68.52~73.70%，平均為70.99%；儲藏於25 後為66.43~72.37%，平均為69.75%，兩種儲藏溫度之澱粉含量均以Thailand最高，Taiwan-II最低。糙薏仁與精白薏仁澱粉含量均以泰國(Thailand)樣品最高，國內材料有低於國外材料的趨勢。無論糙薏仁或精白薏仁儲存6個月後，澱粉含量均有下降的趨勢，其中以精白薏仁儲存的降幅較大；儲藏溫度以25 之降幅較大。

表三、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後澱粉含量(%)的變化

Table 3. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the starch content (% , drybasis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	70.49 c ²	68.68 c	66.03 d	73.40d	68.85 f	68.40 d
Taiwan-II	69.48 c	67.26 d	66.35 d	72.24e	68.52 g	66.43 e
Taiwan-III	69.54 c	69.05 c	65.85 d	71.73e	69.85 e	68.46 d
Vietnam	72.88 a	69.98 b	69.44 c	74.06c	70.80 d	70.26 c
China	73.05 a	70.65 b	70.23 bc	76.06a	72.36 c	70.76 c
Laos	71.68 b	71.79 a	70.56 b	75.42b	72.84 b	71.55 d
Thailand	73.94 a	72.55 a	72.03 a	76.28a	73.70 a	72.37 a
Mean	71.58	69.99	68.64	74.17	70.99	69.75

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

4. 粗纖維含量(表四)：糙薏仁纖維含量在儲藏前介於1.69~2.07%之間，平均為1.86%，其中以Taiwan-III最高，Thailand最低。儲藏於4 經6個月後為1.50~1.83%，平均為1.64%，其中以Taiwan-III最高，Thailand最低；儲藏於25 後為1.29~1.57%，平均為1.47%，其中以Taiwan-III最高，Taiwan-I最低。精白薏仁粗纖維含量於儲藏前為1.41~1.68%，平均為1.57%，其中以Taiwan-II最高，China最低。儲藏於4 經6個月後為1.30~1.56%，平均為1.46%，其中以Taiwan-III最高，China最低；儲藏於25 後為1.23~1.40%，平均為1.32%，其中以Taiwan-II最高，China最低。糙薏仁於儲存前之粗纖維含量以Taiwan-III、越南(Vietnam)及寮國(Laos)樣品較高，精白薏仁則以Taiwan-II最高。經儲存後，粗纖維含量均明顯下降，並以25 儲存處理下降最多。以精白薏仁儲存之粗纖維含量下降較少。

表四、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後粗纖維含量(%)的變化

Table 4. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the crude fiber content (% , dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	1.72 d ²	1.62 d	1.29 f	1.58 c	1.45 d	1.30 e
Taiwan-II	1.74 d	1.58 e	1.54 b	1.68 a	1.53 b	1.40 a
Taiwan-III	2.07 a	1.83 a	1.57 a	1.58 c	1.56 a	1.31 d
Vietnam	2.01 b	1.76 b	1.51 c	1.59 c	1.45 d	1.33 c
China	1.81 c	1.56 e	1.47 d	1.41 e	1.30 f	1.23 g
Laos	2.00 b	1.66 c	1.50 c	1.65 b	1.51 c	1.38 b
Thailand	1.69 e	1.50 f	1.42 e	1.53 d	1.41 e	1.27 f
Mean	1.86	1.64	1.47	1.57	1.46	1.32

¹ Check: before storage.

² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

5. 灰分含量(表五)：糙薏仁灰分含量在儲藏前為2.58~3.08%，平均為2.80%，其中以Vietnam最高，Taiwan-I最低。儲藏於4 經6個月後為2.18~2.64%，平均為2.36%；儲藏於25 後為1.90~2.24%，平均為2.06%。兩種儲藏溫度皆以Vietnam最高，Taiwan-I最低。精白薏仁灰分含量在儲藏前為1.99~2.68%，平均為2.42%，其中以Thailand最高，Taiwan-III最低。儲藏於4 經6個月後為1.72~2.34%，平均為2.04%，其中以Taiwan-II最高，Taiwan-III最低；儲藏於25 後為1.30~1.85%，平均為1.52%，其中以Taiwan-II最高，China最低。儲存前之糙薏仁灰分含量以Taiwan-II與Vietnam樣品最高，精白薏仁灰分含量則以Taiwan-II與Thailand最高，經存後，灰分含量亦明顯下降，並以25 儲存處理下降最多，以糙薏仁儲存之灰分含量下降較少。

表五、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後灰分含量(%)的變化

Table 5. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the total ash content (% , dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	2.58 d ²	2.18 d	1.90 e	2.49 b	2.23 b	1.62 b
Taiwan-II	2.98 b	2.52 b	2.18 b	2.65 a	2.34 a	1.85 a
Taiwan-III	2.72 c	2.28 c	1.98 d	1.99 d	1.72 f	1.37 e
Vietnam	3.08 a	2.64 a	2.24 a	2.33 c	1.96 d	1.41 d
China	2.69 c	2.31 c	2.06 c	2.35 c	1.87 e	1.30 f
Laos	2.77 c	2.31 c	2.02 c	2.45 b	2.00 d	1.46 c
Thailand	2.76 c	2.28 c	2.03 c	2.68 a	2.14 c	1.61 b
Mean	2.80	2.36	2.06	2.42	2.04	1.52

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

由以上結果顯示，無論糙薏仁或精白薏仁，儲存6個月後之粗蛋白、粗脂肪、澱粉、粗纖維及灰分含量均呈下降趨勢。粗蛋白及粗纖維均以精白薏仁儲存之損失率較低。粗脂肪、澱粉及灰分則以糙薏仁儲存之損失率較低。糙薏仁或精白薏仁均以儲存在4 比儲存在25 為佳，其粗蛋白、粗脂肪、澱粉、粗纖維及灰分之損失率較少。糙薏仁之粗蛋白、粗脂肪、粗纖維及灰分含量均比精白薏仁為高，惟澱粉含量則以精白薏仁較高。

二、不同儲存環境對國產與進口薏仁特殊生理機能性成分變化之影響

儲藏 6 個月後，有些化合物的含量有增加的現象，如 campesterol、vanillin 和 *p*-coumaric acid，推測可能是因該化合物的一部分原本是與其他化學物質(如糖基、甲基或乙基)鍵結(bound form)，儲存期間植物組織內酵素繼續作用，而使該化合物成為自由態(free form)⁽¹⁶⁾。除此之外，可能因儲存薏仁仍為活細胞，在儲存環境(某種程度的逆境)下調整細胞內二次代謝物所導致。例如 campesterol 為細胞膜組成成分之一，可加強細胞膜間硬度，*p*-coumaric acid 是合成木質素重要的中間產物，這些均有助於種子細胞抵禦逆境。因此所測得之含量因而增加。

1. 菜油甾醇(campesterol)含量(表六)：糙薏仁 campesterol 含量在儲藏前為 710~1172 μg/g，平均為 902 μg/g，其中以 Taiwan-II 最高，Laos 最低。儲藏於 4 經 6 個月後為 793~1053 μg/g，平均為 919 μg/g，其中以 Taiwan-III 最高，Vietnam 最低；儲藏於 25 後為 840~1073 μg/g，平均為 951 μg/g，其中以 Taiwan-III 最高，China 最低。國產薏仁於儲存後之 campesterol 含量均較進口材料為高。各地精白薏仁 campesterol 含量在儲藏前為 493~768 μg/g，平均為 639 μg/g，其中以 Taiwan-II 最高，Vietnam 最低。儲藏於 4 經 6 個月後為 478~864 μg/g，平均為 679 μg/g，其中以 Taiwan-II 最高，Vietnam 最低；儲藏於 25 後為 558~903 μg/g，平均為 714 μg/g，其中以 Taiwan-III 最高，Vietnam 最低。精白薏仁於儲存後之 campesterol 均以國產材料顯著高於進口材料。於 4 和 25 儲藏 6 個月後，糙薏仁 campesterol 含量在處理間的變異

不大。精白薏仁方面，Taiwan-I、Taiwan-II於25 儲藏6個月後，campesterol含量較4 處理者為低。

表六、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在4 與25 儲藏6個月後菜油甾醇含量($\mu\text{g/g}$)的變化

Table 6. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the campesterol content ($\mu\text{g/g}$, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	1,037 b ²	1,018 c	999 c	679 c	781 b	747 c
Taiwan-II	1,172 a	1,028 b	1,073 a	768 a	864 a	826 b
Taiwan-III	1,018 c	1,053 a	1,055 b	683 c	757 c	903 a
Vietnam	797 e	793 g	875 e	493 f	478 f	558 f
China	835 d	824 f	840 f	714 b	671 d	694 e
Laos	710 g	891 d	945 d	545 e	530 e	563 f
Thailand	746 f	827 e	871 e	591 d	674 d	707 d
Mean	902	919	951	639	679	714

¹ Check: before storage.

² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

2. 薏苡素(coixol)含量(表七)：糙薏仁coixol含量在儲藏前為123~222 $\mu\text{g/g}$ ，平均為162 $\mu\text{g/g}$ ，其中以China最高，Laos最低。儲藏於4 經6個月後為67~109 $\mu\text{g/g}$ ，平均為88 $\mu\text{g/g}$ ，其中以China最高，Vietnam最低；儲藏於25 後為42~157 $\mu\text{g/g}$ ，平均為89 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Laos最高，Taiwan-III最低。糙薏仁經4 儲存6個月後，以大陸(China)材料的coixol含量最高，經25 儲存後，以Laos糙薏仁的coixol含量最多。各種植區精白薏仁的coixol含量，儲藏前為102~159 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Taiwan-III最高，Laos最低。儲藏於4 經6個月後為47-90 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Taiwan-III最高，Taiwan-I最低；儲藏於25 後為35~97 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Laos最高，Taiwan和Vietnam最低。精白薏仁經4 儲存6個月後，以Taiwan-III的coixol含量最高；經25 儲存後，以Laos精白薏仁的含量最多。進口之China、Laos和Thailand的糙薏仁與精白薏仁於25 儲藏半年後，coixol含量高於4 處理者；其餘材料則以4 儲藏6個月的含量高於25 儲藏處理的含量。

3. 羥基苯甲醛(*p*-hydroxybenzaldehyde)含量(表八)：收集自不同地區糙薏仁 *p*-hydroxybenzaldehyde含量在儲藏前為1.12~6.29 $\mu\text{g/g}$ ，平均為3.52 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Taiwan-I最高，Vietnam最低。儲藏於4 經6個月後為1.05~4.81 $\mu\text{g/g}$ ，平均為3.18 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為0.97~4.67 $\mu\text{g/g}$ ，平均為2.95 $\mu\text{g/g}$ 。糙薏仁在4 或25 儲存6個月後，均以Taiwan-I的 *p*-hydroxybenzaldehyde 含量最高，Vietnam 含量最低。不同種植區精白薏仁 *p*-hydroxybenzaldehyde含量，在儲藏前為0.36~3.64 $\mu\text{g/g}$ ，平均為1.84 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Taiwan-I最高，Vietnam最低。儲藏於4 經6個月後為0.47~2.19 $\mu\text{g/g}$ ，平均為1.58 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為0.29~1.84 $\mu\text{g/g}$ ，平均為1.22 $\mu\text{g/g}$ 。精白薏仁無論儲存於4 或25 均以Laos樣品 *p*-hydroxybenzaldehyde含量最高，顯著高於其他材料含量；而以Vietnam含量最低，顯著低

於其他材料含量。糙薏仁經4 和25 儲藏6個月後，而處理間*p*-hydroxybenzaldehyde化合物的含量變化不大；但精白薏仁4 與25 兩處理間*p*-hydroxybenzaldehyde化合物的含量變化則較大。與儲藏前相比，則有減少的現象。

表七、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後薏苡素含量(μg/g)的變化

Table 7. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the coixol content (μg/g, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	165 c ²	77 e	58 d	153 b	47 e	35 d
Taiwan-II	164 c	84 d	59 d	149 b	67 c	35 d
Taiwan-III	178 b	101 b	42 e	159 a	90 a	35 d
Vietnam	143 d	67 f	61 d	124 c	55 d	35 d
China	222 a	109 a	139 b	152 b	73 b	91 b
Laos	123 e	90 c	157 a	102 e	74 b	97 a
Thailand	136 d	89 cd	108 c	107 d	48 e	68 c
Mean	162	88	89	135	65	57

¹ Check: before storage.

² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表八、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後羥基苯甲醛含量(μg/g)的變化

Table 8. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the *p*-hydroxybenzaldehyde content (μg/g, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	6.29 a ²	4.81 a	4.67 a	3.64 a	2.07 a	1.57 b
Taiwan-II	3.51 c	3.59 c	3.43 c	1.79 b	1.83 b	1.62 b
Taiwan-III	3.40 c	2.99 d	2.85 d	1.89 b	1.69 b	1.29 c
Vietnam	1.12 e	1.05 f	0.97 g	0.36 d	0.47 d	0.29 f
China	3.28 c	2.91 d	2.55 e	1.75 b	1.42 c	1.01 d
Laos	2.44 d	2.46 e	2.19 f	1.86 b	2.19 a	1.84 a
Thailand	4.58 b	4.43 b	3.97 b	1.59 c	1.39 c	0.90 e
Mean	3.52	3.18	2.95	1.84	1.58	1.22

¹ Check: before storage.

² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

4. 香草精(vanillin)含量(表九)：糙薏仁 vanillin 含量於儲藏前介於6.72~10.1 μg/g，平均為8.54 μg/g，其中以Taiwan-II和Thailand最高，Laos最低。儲藏於4 經6個月後為6.24~9.90 μg/g，平均為7.60 μg/g；儲藏於25 後為5.18~9.11 μg/g，平均為7.05 μg/g。糙薏仁在儲藏前以Taiwan-II及Thailand材料之 vanillin 含量最高，但儲存後則以Taiwan-II含量最多，Taiwan-I 次之，Thailand則有極明顯的下降。不同種植區精白薏仁的Vanillin含量，儲藏前為3.69~6.11 μg/g，平均為4.78 μg/g，其中以Taiwan-II最高，vietnam最低。儲藏於4 經6個月後為

3.64~6.63 $\mu\text{g/g}$ ，平均為4.74 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為3.37~6.09 $\mu\text{g/g}$ ，平均為4.41 $\mu\text{g/g}$ 。國產精白薏仁於儲存後的vanillin含量均顯著地高於進口材料。以精白薏仁儲存之Vanillin含量下降較少。儲藏溫度以25 之降幅較大。

表九、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在4 與25 儲藏6個月後香草精含量($\mu\text{g/g}$)的變化

Table 9. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the vanillin content ($\mu\text{g/g}$, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	8.51 bc ²	8.22 b	8.08 b	5.21 b	6.63 a	6.09 a
Taiwan-II	10.10 a	9.90 a	9.11 a	6.11 a	6.20 b	5.22 b
Taiwan-III	8.87 ab	7.51 c	6.93 d	5.85 a	5.09 c	4.98 c
Vietnam	8.28 bc	7.46 c	7.12 c	3.69 d	3.87 de	3.67 e
China	7.22 cd	6.53 e	5.97 e	4.42 c	3.97 d	3.89 d
Laos	6.72 d	6.24 f	5.18 f	4.06 cd	3.80 e	3.65 e
Thailand	10.1 d	7.31 d	6.93 d	4.14 c	3.64 f	3.37 f
Mean	8.54	7.60	7.05	4.78	4.74	4.41

¹ Check: before storage.

² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

- 對香豆酸(*p*-coumaric acid)含量(表十)：糙薏仁*p*-coumaric acid含量在儲藏前為35.5~44.8 $\mu\text{g/g}$ ，平均為38.4 $\mu\text{g/g}$ 。儲藏於4 經6個月後為37.6~49.4 $\mu\text{g/g}$ ，平均為42.7 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為36.8~44.5 $\mu\text{g/g}$ ，平均為40.6 $\mu\text{g/g}$ 。部份材料在儲存期間，*p*-coumaric acid含量明顯上升。糙薏仁於4 儲存6個月後，以進口Vietnam樣品的含量最高。不同種植區精白薏仁*p*-coumaric acid含量，儲藏前為35.2~37.1 $\mu\text{g/g}$ ，平均為35.9 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Laos最高，Taiwan-II最低。儲藏於4 經6個月後為35.2~42.6 $\mu\text{g/g}$ ，平均為37.1 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為34.4~40.6 $\mu\text{g/g}$ ，平均為36.0 $\mu\text{g/g}$ 。精白薏仁於4 和25 儲存半年後，*p*-coumaric acid的含量均以Taiwan-I的含量最多，顯著地高於其他材料。
- 沒食子酸(gallic acid)含量(表十一)：糙薏仁的gallic acid含量在儲藏前為84~166 $\mu\text{g/g}$ ，平均為113 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Thailand最高，Vietnam最低。儲藏於4 經6個月後為41~176 $\mu\text{g/g}$ ，平均為89 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為41~190 $\mu\text{g/g}$ ，平均為94 $\mu\text{g/g}$ 。糙薏仁經4 或25 儲存後，gallic acid含量以進口之Thailand、China及Laos材料最高，且儲存期間的降幅最小，Thailand與Laos材料甚至有增加的趨勢。精白薏仁中gallic acid含量在儲藏前為46~97 $\mu\text{g/g}$ ，平均為70 $\mu\text{g/g}$ ，其中以Taiwan-I最高，Laos最低。儲藏於4 經6個月後為35~62 $\mu\text{g/g}$ ，平均為47 $\mu\text{g/g}$ ；儲藏於25 後為35~86 $\mu\text{g/g}$ ，平均為59 $\mu\text{g/g}$ 。精白薏仁於儲存前之gallic acid含量以Taiwan-I、Taiwan-II及China材料最高，經4 和25 儲存6個月後，則以進口之China精白薏仁含量最高。經4 和25 儲藏6個月後，兩處理間gallic acid含量之變化差異不大，但與儲藏前相比，則有減少的現象。

表十、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後香豆酸含量($\mu\text{g/g}$)的變化Table 10. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the p-coumaric acid content ($\mu\text{g/g}$, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	36.6 cd ²	47.6 a	44.5 a	35.9 c	42.6 a	40.6 a
Taiwan-II	35.5 d	37.6 b	36.9 d	35.2 e	35.2 c	34.9 d
Taiwan-III	36.6 cd	39.2 b	37.2 d	36.2 b	36.3 bc	34.4 d
Vietnam	36.6 cd	49.4 a	43.2 b	35.2 e	36.2 bc	34.9 d
China	37.8 c	47.8 a	44.0 ab	35.6 d	35.2 c	35.9 c
Laos	40.8 d	39.5 b	41.8 c	37.1 a	38.2 b	36.5 b
Thailand	44.8 a	38.1 b	36.8 d	36.3 b	35.7 c	34.9 d
Mean	38.4	42.7	40.6	35.9	37.1	36.0

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.表十一、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後沒食子酸含量($\mu\text{g/g}$)的變化Table 11. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the gallic acid content ($\mu\text{g/g}$, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	128 b ²	65 e	63 f	97 a	37 de	37 f
Taiwan-II	112 c	70 d	75 e	84 b	56 b	67 c
Taiwan-III	87 e	73 d	80 d	56 d	40 d	50 e
Vietnam	84 f	41 f	41 g	56 d	35 e	35 f
China	127 b	106 b	116 b	81 b	62 a	86 a
Laos	90 d	92 c	95 c	46 e	54 b	59 d
Thailand	166 a	176 a	190 a	67 c	48 c	76 b
Mean	113	89	94	70	47	59

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

7. 槲皮素(queracetin)含量(表十二): 糙薏仁queracetin含量於儲藏前為45.5~49.8 $\mu\text{g/g}$, 平均為47.5 $\mu\text{g/g}$, 其中以Laos最高, Taiwan-III最低。儲藏於4 經6個月後為44.7~51.2 $\mu\text{g/g}$, 平均為47.7 $\mu\text{g/g}$; 儲藏於25 後為44.3~48.3 $\mu\text{g/g}$, 平均為46.5 $\mu\text{g/g}$, 兩種儲藏溫度皆以Taiwan-I最高, Taiwan-III最低。精白薏仁queracetin含量在儲藏前為41.6~48.1 $\mu\text{g/g}$, 平均為45.9 $\mu\text{g/g}$, 其中以Laos最高, Taiwan-III最低。儲藏於4 經6個月後為38.5~47.4 $\mu\text{g/g}$, 平均為45.0 $\mu\text{g/g}$; 儲藏於25 後為37.8~47.8 $\mu\text{g/g}$, 平均為44.2 $\mu\text{g/g}$, 兩種儲藏溫度皆以Taiwan-I最高, Taiwan-III最低。各材料間queracetin含量亦有顯著差異, 但變異幅度小於其他成分之差異; 一般而言, 儲存後以Taiwan-I之queracetin含量較高。

表十二、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後槲皮素含量($\mu\text{g/g}$)的變化Table 12. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the quercetin acid content ($\mu\text{g/g}$, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	47.8 bc ²	51.2 a	48.3 a	46.8 b	47.4 a	47.8 a
Taiwan-II	46.4 de	47.3 bc	46.2 b	45.9 d	46.2 b	44.4 c
Taiwan-III	45.5 e	44.7 d	44.3 c	41.6 f	38.5 d	37.8 e
Vietnam	46.8 cd	46.5 c	46.4 b	45.3 e	45.1 c	44.3 c
China	48.4 b	47.4 bc	46.3 b	46.9 b	45.1 c	44.5 c
Laos	49.8 a	48.8 b	47.4 a	48.1 a	47.3 a	46.6 b
Thailand	47.6 bcd	47.7 bc	46.3 b	46.5 c	45.3 c	43.7 d
Mean	47.5	47.7	46.5	45.9	45.0	44.2

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

8. 苜蓿素(tricin)含量(表十三): 糙薏仁tricin含量在儲藏前為2.47~6.76 $\mu\text{g/g}$, 平均為4.37 $\mu\text{g/g}$ 。儲藏於4 經6個月後為1.37~3.86 $\mu\text{g/g}$, 平均為2.90 $\mu\text{g/g}$; 儲藏於25 後為1.17~2.81 $\mu\text{g/g}$, 平均為1.93 $\mu\text{g/g}$ 。儲藏前之糙薏仁tricin含量以Thailand最高, 經4 儲存6個月後, 均以國產材料含量顯著高於進口材料之含量; 經25 儲存6個月後, 除Taiwan-III外, 亦以國產的材料含量較高。精白薏仁tricin含量在儲藏前為1.37~3.46 $\mu\text{g/g}$, 平均為2.50 $\mu\text{g/g}$ 。儲藏於4 經6個月後為0.97~2.95 $\mu\text{g/g}$, 平均為1.91 $\mu\text{g/g}$; 儲藏於25 後為0.71~1.86 $\mu\text{g/g}$, 平均為1.13 $\mu\text{g/g}$ 。精白薏仁tricin含量無論儲藏前後均以Taiwan-II最高。儲藏後tricin化合物的含量均有減少, 尤以25 儲藏處理之降幅較為明顯。

表十三、不同產地的糙薏仁與精白薏仁在 4 與 25 儲藏 6 個月後苜蓿素含量($\mu\text{g/g}$)的變化Table 13. Effect of storage at 4 and 25 for 6 months on the tricetin acid content ($\mu\text{g/g}$, dry basis) of dehulled and polished adlay from different origins

Production Area	Dehulled adlay stored at			Polished adlay stored at		
	Check ¹	4	25	Check	4	25
Taiwan-I	5.88 b ²	3.53 b	2.81 a	3.38 b	1.69 d	1.09 c
Taiwan-II	4.77 c	3.86 a	2.26 b	3.46 a	2.95 a	1.86 a
Taiwan-III	3.99 d	3.56 b	1.94 d	2.99 b	2.66 b	0.87 d
Vietnam	3.05 f	1.37 f	1.17 f	1.71 e	1.09 e	0.92 d
China	3.69 e	2.74 d	2.04 c	2.68 c	1.62 d	1.41 b
Laos	2.47 g	2.20 e	1.64 e	1.92 d	0.97 e	0.71 e
Thailand	6.76 a	3.03 c	1.65 e	1.37 f	2.41 c	1.05 c
Mean	4.37	2.90	1.93	2.50	1.91	1.13

¹ Check: before storage.² Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

以上結果顯示除糙薏仁與精白薏仁 *p*-coumaric acid 及精白薏仁 campesterol 含量在儲藏6個月後有增加外，其他對人體有特殊生理機能性成分之含量，均因儲存6個月而有下降趨勢，其中以 coixol、gallic acid 及 tricin 之下降較為明顯。比較低溫儲藏(4)比高溫儲藏(25)之結果，各項成分之損失以低溫狀況下較少。糙薏仁之生理機能性成分含量均比精白薏仁為高，因此由保健食品之觀點，以食用糙薏仁為佳，且保存時應以低溫為宜。

誌 謝

本試驗計畫承蒙台灣區雜糧發展基金會補助經費，特此申謝。文成後再蒙洪課長梅珠、農試所劉前副所長大江惠予斧正，私衷銘感肺腑，謹此一併致謝。

參考文獻

1. 江文章 薏仁之營養價值和特殊生理機能 食物養生保健法 p.35-49 台北市。
2. 杜姿瑩 1999 糙薏仁降血脂作用之研究 國立台灣大學食品科技研究所碩士論文 台北市。
3. 吳宜娟 2001 薏仁加工產品對高血脂大鼠脂質代謝之研究 國立台灣大學食品科技研究所碩士論文 台北市。
4. 徐明麗 1997 薏仁抗過敏及抗腫瘤之研究 台灣大學食品科技研究所碩士論文 台北市。
5. 高德錚、梁純玲 1986 省產薏仁品質之檢定 台中區農業改良場研究彙報 13:11-18。
6. 高德錚、王長瑩、呂阿牛 1984 薏苡 - 適合稻田轉作之新興作物 科學農業 32:127-131。
7. 郭靜娟 2001 薏苡籽實之抗氧化成分及其抑制自由基傷害之研究 國立台灣大學食品科技研究所博士論文 台北市。
8. 國際種子檢查規則 1976 行政院農業發展委員會 台北市。
9. 曾勝雄、高德錚 1995 薏苡台中1號之育成 台中區農業改良場研究彙報 47:11-22。
10. 黃士禮 1996 薏苡籽實貯藏條件、抗突變效應及抗腫瘤效果之研究 台灣大學食品科技研究所博士論文 台北市。
11. 劉正才、蔣紅 1997 薏仁美容健康法 暖流出版社 台北市。
12. 小山鷹二、大和正利 1955 じゆずだま屬植物成分之研究 第1報じゆずだま *Coix lacryma-jobi* L. 根の成分に就いて 藥學雜誌 75:699-701。
13. 小山鷹二、大和正利 1955 じゆずだま屬植物成分之研究 第2報 *Coixol* の構造に就いて 藥學雜誌 75:701-704。
14. 莊淑旂 1997 八トムギ健康法 主婦の友社(株) 東京。
15. Karovicova J. and P. Simko. 2000. Determination of synthetic phenolic antioxidants in food by high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr.* 882:271-281。

16. Meek, L. R., T. M. Lee and J. F. Gallon. 1994. Interaction of maternal photoperiod history and food type on growth and reproductive development of laboratory meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Physiol. Behav.* 57:905-911。
17. A.O.A.C. 1984. *Methods of Analysis*. ed. S. Williams, 13th. p. 210 華香園 台北。
18. Moreau, R. A., M. J. Powell and K. B. Hicks. 1996. Extraction and quantitative analysis of oil from commercial corn fiber. *J. Agric. Food Chem.* 44:2149-2154.
19. Moreau, R. A, V. Singh and K. B. Hicks. 2001. Comparison of oil and phytosterol levels in germplasm accessions of corn, teosinte, job's tears. *J. Agric. Food. Chem.* 49:3793-3795.
20. Osborne, D. R. and P. Voogt. 1978. Protein and nitrogenous compounds. *In: "The Analysis of Nutrients in Foods"*. pp. 116-119. Academic Press, London.
21. Osborne, D. R. and P. Voogt. 1978. Total available carbohydrate. *In: "The Analysis of Nutrients in Foods"*. pp. 130-134. Academic Press, London.
22. Osborne, D. R. and P. Voogt. 1978. Extractable fat (Soxhlet Method). *In: "The Analysis of Nutrients in Foods"*. pp. 155-156. Academic Press, London.
23. Osborne, D. R. and P. Voogt. 1978. Crude fibre. *In: "The Analysis of Nutrients in Foods"*. pp. 151-153. Academic Press, London.
24. Tanimura, A. 1961. Studies on anti-tumor component in the seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* (Roman.) Stapf. II. The structure of coixenolide *Chem. Pharm. Bull.* 9: 47-53.
25. Ukita, T. and A. Tanimura. 1961. Studies on the anti-tumor component in the seeds of *Coix lachryma-yuen* L. var. *ma-yuen* (Roman.) Stapf. I. Isolation and anti-tumor activity of coixenolide. *Chem. Pharm. Bull.* 9: 43-46.
26. Yamada, H., S. Yanahira, H. Kiyohara, J. C. Cyong and Y. Otsuka, Y. 1986. Water-soluble glucans from the seed of *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuan*. *Phytochemistry* 25: 129-132.
27. Yamada, H., S. Yanahira, H. Kiyohara, J. C. Cyong and Y. Otsuka. 1987. Characterization of anti-complementary acidic heteroglycans from the seed of *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen*. *Phytochemistry* 26:3269-3275.

Effects of Storage Temperatures on the Proximate and Special Physiological Components of Adlay from Different Origins¹

Sheng-Hsiung Tseng², Wen-Chang Chiang³, Szu-Chuan Wang³ and Hui-Mei Su²

ABSTRACT

Dehulled and polished adlay imported from Vietnam, China, Laos, Thailand and produced domestically were employed in the experiment. The proximate and special physiological components of adlay grains were analyzed before and after 6 months storage at 4 °C and 25 °C. The results indicated that the content of crude protein and crude fat are higher in grains of domestic products than that of imported, while starch content are higher in imported products. The content of crude protein, crude fat, crude fiber and ash decreased after 6 months storage in both dehulled and polished adlay grain. The loss of crude fat, starch and ash were lower in dehulled adlay grain, but the loss of crude protein and fiber were less in polished adlay grain. The loss of proximate was less when stored at 4 °C than at 25 °C for both dehulled and polished grains.

On the special physiological components, all the components determined decreased after 6 months storage except *p*-coumaric acid and campesterol. The decrease of coixol, gallic acid and triclin was more evident. The percentage loss of the 8 special physiological components was less in adlay grain when stored at 4 °C than at 25 °C. The content of proximate and special physiological components were higher in dehulled than polished adlay grains. Dehulled adlay grains are therefore more suitable for general consumption and processing food from the aspect of health and should be stored at low temperatures.

Keywords: adlay, origins, storage temperatures.

¹Contribution No. 0573 of Taichung DARES, COA.

²Associate Researcher and Field Technician worker, Division of crop improvement, Taichung DARES, COA.

³Professor and graduate student, Graduate Institute of Food Science and Technology, National Taiwan University.