

研究報告

伊朗產椰棗葉稈纖維性質及其製漿適性之評估

何振隆¹ 蘇裕昌^{2,*}

【摘要】本研究為探討利用農林廢棄物--伊朗產椰棗 (*Phoenix dactylifera*)之葉柄、葉軸及葉子等三部位之製漿適性，進行纖維型態、化學組成分析、製漿性、漂白性及紙漿品質等各項性質以評估做為製漿原料之適用性。纖維型態性質分析中，椰棗之葉柄、葉軸及葉子纖維長為介於1.19~1.21 mm，纖維長寬比為介於37.1~57.5，因此，非常適宜應用於製漿用途。三部位之化學組成分與不同產地之椰棗、白千層 (*Melaleuca leucadendra*)、雲南石梓 (*Gmelina arborea*)、印尼混合闊葉樹材及37種南洋混合材之化學組成相較得知，全纖維素含量 (43.4~58.6%)偏低，木質素含量 (29~31.1%)相若，而醇苯抽出物含量 (6.4~12.9%)及灰分含量 (5.2~12.6%)均偏高，並非優良製漿材料。再者，進行硫酸鹽法製漿，各部位漿料之卡巴值20時收率為20.2~33.5%，與闊葉樹材相較，呈現稍低之現象。經蒸煮後之紙漿，經過C (氯化)-E₁ (鹼萃)-D₁ (二氧化氯)-E₂ (鹼萃)-D₂ (二氧化氯)等五段漂白程序後，葉柄及葉軸部位均可達到白度80 %ISO以上。各種椰棗漿強度性質顯示無論未漂漿及漂白漿均有相當優良強度性質，且強度指數顯示均較一般闊葉樹材紙漿有較佳之強度性質。綜合上述，伊朗所產椰棗各部位具有極佳纖維型態性質、漿料漂白性佳及手抄紙強度指數佳等優點，但紙漿收率稍低為其缺點，故要做為製漿材料，建議其漂白漿料可與其他物理性質較差之漿料樹種進行混抄，以提升性質，使其具有多元化應用價值。

【關鍵詞】椰棗、硫酸鹽法製漿、卡巴值、C-E₁-D₁-E₂-D₂漂白、製漿適性

Research paper

Fiber Morphology and Pulp Potentials of Date Palm (*Phoenix dactylifera*) Leaf Parts from Iran

Chen-Lung Ho¹ Yu-Chang Su^{2,*}

1 林業試驗所木材纖維組

Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute.

2 國立中興大學森林學系

Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

* 通訊作者，402台中市南區國光路250號

Corresponding author, 250 Kou Kung Road, Taichung 402, Taiwan.

Tel: +886-4-22840397 ext.123. Fax: +886-4-22873628.

e-mail: ycsu@nchu.edu.tw

【Abstract】 This study investigated the use of agroforest waste materials, viz. petioles, rachis and leaves of date palm (*Phoenix dactylifera*) for their pulpability. We've conducted fiber morphology, chemical analysis, pulping and bleaching experiments of the various parts to evaluate their suitability of serving as pulping raw materials. In fiber morphological analysis, the petiole, rachis, and leaf fibers of date palm were found to be between 1.19 and 1.21 mm, with slenderness ratio of 37.1 to 57.5. Thus, the fibers were deemed quite suitable for the pulping purpose. However, chemical analysis indicated that when compared to date palm from different sites, cajuput tree (*Melaleuca leucadendra*), bushbeech (*Gmelina arborea*), and the average compositions of 37 species of mixed Indonesian hardwoods that all 3 parts of date palm leaves. The holocellulose content of 43.4 to 58.6% were relatively low. Lignin content was 29 to 31.1%, comparable to the hardwoods. Whereas alcohol-benzene extractive of 6.4 to 12.9%, and ash content of 5.2 to 12.6% were relatively high. Thus, they are not ideal pulping materials. After kraft pulping, pulp yields at kappa no. 20 were between 20.2 and 33.5%, the pulp yields were relatively low. The pulps when bleached with a C-E1-D1-E2-D2 sequence, the petiole and rachis pulps reached brightness of 80% ISO or more. The pulp strength properties indicated that date palm leaf part pulps, unbleached or bleached, had superior strength properties when compared with ordinary hardwood pulps. Summarizing the above, the Iranian date palm leaf parts had excellent fiber morphologic characteristics, bleachability and pulp strength indices. However, the major drawback was the low pulp yields. Thus, in order to use them as pulping raw materials, the bleached pulps shall be blended with other pulpwood species with poorer pulp properties. This way, their multipurpose utilization practice may be realized.

【Key words】 Date palm (*Phoenix dactylifera*), kraft pulping, kappa number, C-E₁-D₁-E₂-D₂ bleaching sequence, pulpability.

一、前言

近年來，由於木材資源的日趨枯竭及價格日漸高騰，使得農林廢棄物的有效利用又被重覆提出檢討，如：稻草 (Rice straw)、麥稈 (Wheat straw)、玉米稈 (Corn)、竹子 (Bamboo)、蔗渣 (Baggase)、茅草 (Sogon Grass)、蘆葦 (Reed)、亞麻 (Flax)、大麻 (Hemp)等農林廢棄物作為製漿之材料研究，愈來愈多，農林廢棄物纖維於製漿早就被證實為一可代替為木纖維之應用潛力的資源 (Ho *et al.*, 2009)。依據國際農糧組織 (Food and Agriculture Organization, FAO) 2014年的統計，全世界利用非木纖維資源為原料，應用於製漿之生產量約為10% (FAOSTAT, 2014a)。椰棗 (Date palm)，學名為*Phoenix dactylifera*，為屬棕櫚科 (Palmae)海棗屬 (*Phoenix*)，其因果實產量及營養價值高，為中東國家之重要出口農

作物，其亦被稱為沙漠麵包或綠色金子。椰棗樹主要分佈於北非的沙漠綠洲或是亞洲西南部的波斯灣周圍地區，分佈的主要國家有包括：伊拉克、沙烏地阿拉伯、埃及、伊朗、阿爾及利亞、巴基斯坦和蘇丹等國家 (von Maydell, 1986)。於伊朗，椰棗為排名第二之重要農作物，僅次於阿月渾子樹 (*Pistacia vera*) (即開心果) (Jameel *et al.*, 2015)。依據FAOSTAT 2014年所發表2011年統計數據顯示：椰棗於伊朗中之種植面積達256,000 ha (為世界排名第一)，收穫面積為達154,275 ha (世界排名第三)，年產量於全世界為僅次於埃及及沙烏地阿拉伯國家，為達1,016,608 mt 之多 (FAOSTAT, 2014b)。因此，由以上數據可得知，椰棗於伊朗，為一佔有舉足輕重之農作物，尤其，果實為重要出口農作物。然而，現今，對於此樹種，所產生大量之樹稈、葉稈及葉子等廢

棄物處理方法，於開發中國家，大都為焚燒處理，易造成空氣污染等環境危害 (Nasser *et al.*, 2015)。然而，椰棗應用於製漿造紙生產上非常少，且相關文獻也少，因此本研究為以椰棗葉稈等各部位，包括葉柄 (Petioles)、葉軸 (Rachis)、葉子 (Leave) 及混合 (Mixed) 等部位，探討纖維性質、所得漿料化學、物理性質及其製漿適性等，以評估椰棗做為一製漿原料材之可行性，使椰棗可成為多元化之農林廢棄物利用材料。

二、材料與方法

(一) 試驗材料

本試驗的材料為伊朗地區產椰棗之上部葉稈部分，將其分為葉柄、葉軸及葉子等三部分，取樣部位如圖1所示。實驗前三種部位試材，先經人工切成3~5 cm長、寬2~4 cm、厚0.2~0.6 cm之材料，依CNS 3041測定其含水率，而後以塑膠袋密封備用。

(二) 纖維型態分析

使用Franklin's Method將纖維解離，即將不同部位之木絲樣本，使用1份過氧化氫，5份冰醋酸，4份蒸餾水之解離液中進行解離。於40°C烘箱中放置7天左右，至木絲呈透明白色，取出一部份纖維狀之管胞於載玻片上，用剛果紅 (Congo red) 染色後，在Nikon投影機 (Profile projector) 下，每一樣品取200根，並分別量測纖維長度 (Fiber length)、纖維寬度 (Fiber width)，並計算纖維之長寬比 (Slenderness ratio)。

(三) 木材化學組成及分析

依CNS P 3040取木片放入磨粉機 (Wiley mill) 中磨成木粉，並以篩選機選取40至60網目 (Mesh) 間之木粉，製備化學分析用木粉。依CNS P 3041測定含水率後置入塑膠袋中密封，以備做化學成分分析。

1. 灰分 (Ash)：依據TAPPI T211 om-93測定。
2. 醇苯萃出物 (Alcohol-benzene extractives)：依據TAPPI T204 os-76進行測定。

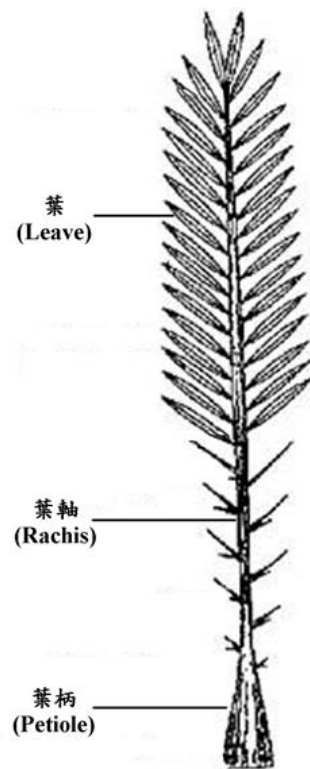


圖1. 椰棗取樣部位示意圖

Fig. 1. Schematic diagram showing date palm parts sampled

表1. 硫酸鹽製漿法之蒸煮條件

Table 1. Kraft pulping conditions

Max temp. (°C)	170
Heating rate (°C/min)	1.88
Time at max temp. (min)	90
Active alkali (% of raw material)	17.5-25.0
Sulphidity (% of chem)	25
Liquor/ raw material (L/kg)	4

3. 木質素 (Lignin)：依據TAPPI T222 om-88進行測定。
4. 全纖維素 (Holocellulose)：以Wise法進行全纖維素之定量 (Japan Wood Association, 1985)

(四) 製漿試驗

本試驗以硫酸鹽製漿法 (Kraft pulping)，蒸解試驗為利用直立式循環蒸煮鍋 (5 L×2)，進行硫酸鹽法製漿試驗。每個蒸解鍋用絕乾木片 500 g，依表1之蒸煮條

表2. 紙漿進行C-E₁-D₁-E₂-D₂漂白程序之條件Table 2. Bleaching conditions of C-E₁-D₁-E₂-D₂ sequence

Bleaching stage	Chemical	Concentration of chemical (% of oven-dry pulp)	Pulp concentration (%)	Temperature (°C)	Time (h)
C	Cl ₂	Roe x 1.2	5	ambient	1
E ₁	NaOH	2.5	10	70	1
D ₁	ClO ₂	1.0	10	70	2
E ₂	NaOH	1.5	10	70	1
D ₂	ClO ₂	0.5	10	70	2

件、用藥量、液比、填裝藥液進行蒸解。蒸解完成後，迅速減壓、降溫後，自蒸解鍋中取出漿料，以清水洗去殘餘藥液後，用手擠乾漿料，放入150網目之濾水袋中，經脫水至相當程度後，取少許漿料在105°C烘箱測漿料之含水率，算出紙漿之收率。卡巴值 (Kappa number)之測定，依 TAPPI T236 om-85測定。

(五) 漂白性之測定

1. 漂白程序

以C (氯化)-E₁ (鹼萃)-D₁ (二氧化氯)-E₂ (鹼萃)-D₂ (二氧化氯)五段漂白程序，對紙漿進行漂白，漂白條件如表 2所示。

2. 漂白性之測定

(1) 卡巴值約30之紙漿，經C-E₁-D₁-E₂-D₂之漂白條件進行漂白，依CNS 11212物理試驗用手抄紙抄造法，以Elrepho 2000 (Data color)白度測定儀測定ISO白度。

(2) 紙漿回色 (Color reversion)之指標，即PC價 (Post color number)之測定，試樣在105°C之熱風下加熱24小時，並求取加熱前後白度差異，依以下公式算出：

$$PC價 = 100 \{ (K/S) - (K_0/S_0) \}$$

$$K/S = (1 - R_\infty)^2 / 2R_\infty$$

K₀：紙張老化前之光吸收係數 (Absorption coefficient)

K：紙張老化後之光吸收係數

S₀：紙張老化前之光散射係數 (Scattering coefficient)

S：紙張老化後之光散射係數

R_∞：紙張之反射率

(六) 紙漿性質之測定

1. 鍊漿

將未漂漿及經C-E₁-D₁-E₂-D₂五段漂白程序後之紙漿分別秤取含 30 g 絕乾重之氣乾紙漿，經加水充分散漿後調整濃度至10%，置入PFI精鍊機內精鍊紙漿。分別繪出此二種漿料之鍊漿游離度下降曲線及分析之。

2. 物理性質之測試

手抄紙經風乾後置於相對濕度50%，溫度23°C的恆溫恆濕室24 hr以上後，進行紙張物理性質之測試：

(1) 抗張強度 (Tensile strength)：依據TAPPI T404 om-92測定。

(2) 撕裂強度 (Tearing strength)：依據TAPPI T404 om-99測定。

(3) 破裂強度 (Bursting strength)：依據TAPPI T403 om-97測定。

(4) 耐摺力測定 (Folding endurance)：依據TAPPI T511 om-96測定。

綜合強度 (Sekine, 1961)：裂斷長+比破裂度×10.2⁻¹ + 比撕裂度×17.7⁻¹+耐摺力×665⁻¹，計算紙漿之綜合強度。

表3. 椰棗各部位纖維型態觀測結果

Table 3. Fiber morphology of date palm fiber

Species	Part	Fiber length (mm)			Fiber Width (μm)			L/W	Country	Reference
		Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.			
	Petioles	2.35	0.65	1.21	60.0	10.0	32.6	37.1		
	Rachis	2.45	0.45	1.20	70.0	10.0	30.9	38.9	Iran	This study
	Leaves	2.40	0.60	1.19	40.0	10.0	20.7	57.5		
<i>Phoenix dactylifera</i>	Rachis	-	-	0.89	-	-	22.3	40.0	Tunisian	Khiari <i>et al.</i> , 2010, 2011
	Leaves	-	-	1.10	-	-	13.7	-	Sudan	Khristova <i>et al.</i> , 2005
	Rachis	-	-	1.30	-	-	16.6	-		
	Midribs	-	-	1.18	-	-	12.9	93.5	Saudi Arabia	Nasser <i>et al.</i> , 2015
<i>Melaleuca leucadendron</i>	Wood	1.15	0.40	0.75	70.0	20.0	24.0	31.0	Vietnam	Chen and Su, 1998
<i>Gmelia arborea</i>	Wood	1.42	0.30	0.97	50.0	15.0	31.0	38.0	Vietnam	Su <i>et al.</i> , 1995
Mixed hardwoods	Wood	2.00	0.89	1.42	36.8	11.0	21.8	65.1	Indonesia	Su and Ku, 1990
Thirty-seven species	Wood	2.28	0.77	1.33	44.3	14.9	26.6	52.2	Indonesia	Su <i>et al.</i> , 1992

三、結果與討論

(一) 纖維型態分析

纖維型態對於紙張性質影響甚鉅 (Su *et al.*, 1992; Chen and Su, 1998)，由其以纖維長、細胞壁厚度及單纖維強度為主要影響因子。然而，現今因製漿技術進步，對於硫酸鹽製漿法之樹種選擇，只要纖維長度不影響纖維間的結合即可。再者，一般傳統紙漿常以測量纖維長度、寬度及長寬比做為纖維間接觸面積大小的依據，間接地做為評估紙性的參考 (Dinwoodie, 1965)。因此，纖維的長度、寬度及長寬比等性質，隨樹齡、木材之位置而異，較長之纖維通常有較佳之紙力 (Clark *et al.*, 1989; Clark, 1990; Chen and Su, 1998)。於伊朗所產椰棗之葉柄、葉軸及葉子等

三部位纖維型態觀察結果如表3所示。於表3中可知，無論葉柄、葉軸及葉子之平均纖維長均介於1.19~1.21 mm之間，與同樹種中突尼西亞產之葉軸 (Khiari *et al.*, 2010, 2011)、蘇丹產之葉部 (Khristova *et al.*, 2005)及沙烏地阿拉伯產之葉中脈 (Midribs) (Nasser *et al.*, 2015) 平均纖維長相較，均較為佳，而與蘇丹產之葉軸 (Khristova *et al.*, 2005)相較，則較為短，但很相近。再者，與闊葉樹相較，則較Su等 (1995)及Chen和Su (1998)分別所評估之雲南石梓 (*Gmelina arborea*)及白千層 (*Melaleuca leucadendra*)平均纖維長為0.97、0.75 mm為佳，但與印尼混合闊葉樹材 (Su and Ku., 1990)及37種混合南洋材 (Su *et al.*, 1992)為1.42、1.33 mm為短，

但非常相近。Tamolang (1967)評估一般闊葉樹之平均纖維長為1.08~1.44 mm，故椰棗之葉柄、葉軸及葉子等三部位之纖維長為適中。纖維長寬比亦會影響纖維之性質，長寬比愈大，紙張之物理性質較佳。椰棗之葉柄及葉軸平均纖維寬度為介於30.9~32.6 μm ，葉子之平均纖維寬則為20.7 μm ，而三部位之長寬比為以葉子為最高，達57.5，較同樹種中突尼西亞產之葉軸 (Khiari *et al.*, 2010, 2011)、雲南石梓、白千層、印尼混合闊葉樹材及37種南洋混合材為高 (Su *et al.*, 1995; Chen and Su, 1998; Su and Ku, 1990; Su *et al.*, 1992)。其次，於椰棗之葉柄及葉軸纖維長寬比，與雲南石梓、白千層相若，雖對於成紙之強度性質不利，但對於製備具尺寸安定性之原紙，為一不可多得之特性。由以上結果可知，利用椰棗葉柄、葉軸及葉子等三部位之纖維應用於製漿用途應非常適宜。

(二) 化學組成

製漿原料之化學組成影響蒸解時木質素之脫除速率及脫除程度，故影響其製漿性能。Dadswell等 (1959)指出一般適合製漿之原料需具備有以下條件：即為具有低木質素含量、高纖維素含量、低抽出成分含量及適量之五碳糖。然而，Su等 (1992)提出製漿原料之製漿適性之評估，則需依製漿之種類而有所不同，如：欲製造化學漿則需以木質素含量低及抽出成分含量低之原料、欲製造半化學漿則需以木質素含量低及半纖維素含量低之原料、欲製造溶解級漿料則需以 α -纖維素含量高之原料。表4為椰棗之葉柄、葉軸及葉子等三部位化學組成分析，於葉子部位，有較高之木質素含量 (31.1%)、醇苯抽出物含量 (12.9%)及灰分含量 (12.6%)等，其全纖維素含量較葉柄及葉軸等部位低約15%，推測於製漿時會影響得率、於木質素含量為偏高，當蒸煮時，會影響木質素的降解速率及程

度及需要較多量之藥品添加、於醇苯抽出物及灰分含量均偏高，可能在製漿或漂白階段上因抽出成分的存在產生製漿或漂白上之障礙。再者，三部位之化學組成，與不同產地之椰棗、白千層、雲南石梓、印尼混合闊葉樹材及37種南洋混合材之化學組成平均值相較，全纖維素含量偏低，木質素含量相若，但醇苯抽出物及灰分含量均偏高 (Khiari *et al.*, 2010; Khristova *et al.*, 2005; Bendahou *et al.*, 2007; El Morsy, 1980; Ezzat, 1974; Nasser *et al.*, 2015; Chen and Su, 1998; Su *et al.*, 1995; Su and Ku, 1990)。因此，以化學組成之觀點來看此三部位，並非優良製漿材料。

(三) 製漿試驗

椰棗之葉柄、葉軸及葉子等三部位及以此三部位以同量含併之混合材進行硫酸鹽法製漿，於製漿之條件：蒸煮溫度為170°C，活性鹼之添加量為17.5~25.0%，蒸煮結果中之卡巴值與用鹼量之關係圖顯示如圖2所示。於圖2中，四種材料經蒸煮後所得漿料之卡巴值均隨活性鹼用量增加而降低，而此四種材料蒸解性之順序為葉軸<混合材料<葉柄<葉子。圖3為用藥量及收率之關係，於圖中，可得知：葉軸及葉部位，當活性鹼用量超過20%以上時，收率呈現顯著下降；於葉柄及混合材等部位，當活性鹼用量增至22.5%以上時，收率降幅非常少；於此四部位中，以葉子部位呈現較低收率。圖4為四種材料經蒸煮後所得漿料之收率及卡巴值之關係，計算在不同蒸解度之收率顯示如表5。漂白級之紙漿一般卡巴值在20~30左右 (大部分工廠採用20以下)，四種材料其在卡巴值20時收率 (葉柄、葉軸、葉子及混合部位)，分別為33.7%、27.4%、20.2%及33.3%，以葉子收率為最低，此與Khiari等 (2010)、Khristova等 (2005)及El Morsy等 (1980)以Soda-AQ法，分別蒸煮椰棗之

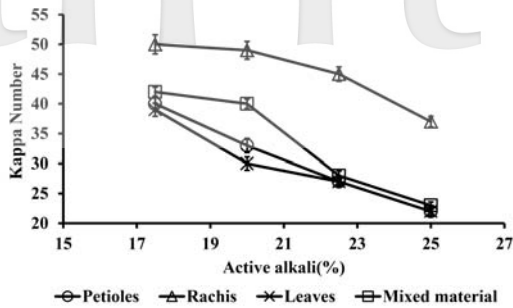


圖2. 椰棗以硫酸鹽製漿法中用鹼量與卡巴值之關係圖

Fig. 2. Active alkali v.s. kappa number of date palm kraft pulping

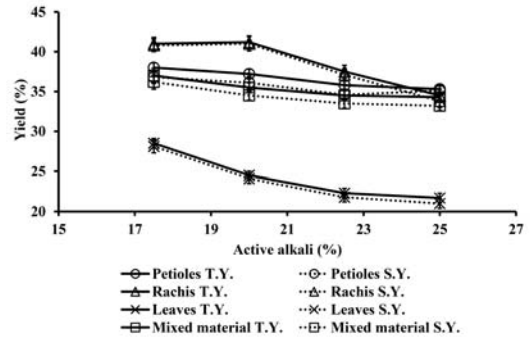


圖3. 椰棗以硫酸鹽製漿法中用鹼量與收率之關係圖

Fig. 3. Active alkali v.s. yield of date palm kraft pulping

Note: T.Y.: Total yield
S.Y.: Screened yield

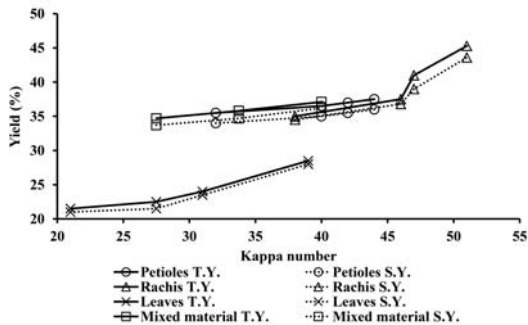


圖4. 椰棗以硫酸鹽製漿法中卡巴值與收率之關係圖

Fig. 4. Kappa number v.s. yield of date palm kraft pulping

Note: T.Y.: Total yield
S.Y.: Screened yield

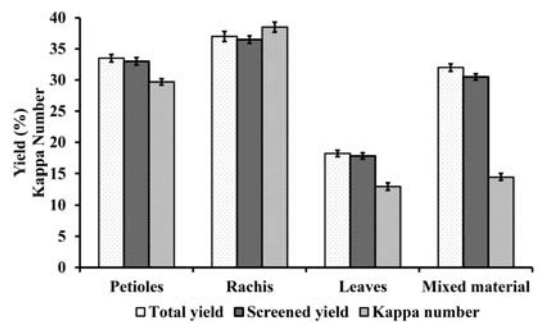


圖5. 椰棗以kraft-AQ製漿法中卡巴值與收率之關係圖

Fig. 5. Kappa number v.s. yield of date palm kraft-AQ pulping

表4. 椰棗各部位化學成分分析

Table 4. Chemical composition of date palm materials

Species	Part	Holocellulose (%)	Lignin (%)	Alben extractives (%)	Ash (%)	Country	Reference
<i>Phoenix dactylifera</i>	Petioles	58.3	29.0	6.4	6.3		
	Rachis	58.6	29.8	6.4	5.2	Iran	This study
	Leaves	43.4	31.1	12.9	12.6		
		74.8	27.2	6.3	5.0	Tunisian	Khiari <i>et al.</i> , 2010
	Rachis	-	23.8	12.8	5.6	Sudan	Khristova <i>et al.</i> , 2005
		72.0	14.0	4.0	2.5	-	Bendahou <i>et al.</i> , 2007
		-	25.8	-	3.4	Egyptian	El Morsy, 1980
		-	31.2	11.7	9.6	Sudan	Khristova <i>et al.</i> , 2005
	Leaves	59.5	27.0	3.0	6.5	-	Bendahou <i>et al.</i> , 2007
		-	-	5.9	3.9	-	Ezzat, 1974
	Midribs	74.2	25.8	20.3	1.3	Saudi Arabia	Nasser <i>et al.</i> , 2015
<i>Melaleuca leucadendron</i>	Wood	64.4	30.7	4.4	0.6	Vietnam	Chen and Su, 1998
<i>Gmelia arborea</i>	Wood	74.7	20.4	3.9	1.1	Vietnam	Su <i>et al.</i> , 1995
Mixed hardwoods	Wood	68.9	28.2	2.2	0.7	Indonesia	Su and Ku, 1990

葉軸與葉等部位，均以葉部收率為最低之現象為相似。再者，四部位與闊葉樹材相較，除了葉柄及混合部位較Chen和Su (1998)以白千層樹種製漿時之收率為高，其餘均呈現較低之收率。因此，我們試圖將漿料收率提高，故於蒸煮時，加入AQ (即以Kraft-AQ法)予以蒸煮此四種材料，所得結果如圖5所示，於圖中顯示以Kraft-AQ法蒸煮所得漿料，除卡巴值有稍低之外，其

他所得結果與硫酸鹽法無明顯之差異。

(四) 漂白試驗

本研究中以椰棗之葉柄、葉軸及葉子等三部位經蒸煮後，所得之硫酸鹽紙漿，再分別經過C-E₁-D₁-E₂-D₂等五段漂白。一般而言，各類漂白紙類產品或印刷用紙紙張之白度要求均在80 %ISO以上。椰棗樹種之三個部位，經蒸煮後，所得紙漿顏色均深，白度均為20 %ISO以下，再分別經過

表5. 四種材料經蒸煮至不同蒸解度卡巴值20、30、40、50時之漿料收率

Table 5. Calculated screened yields and total yields of four samples at various of pulping degrees

Species	Part	Yield	Kappa no.				Reference		
			20	30	40	50			
<i>Phoenix dactylifera</i>	Petioles	Screen Yield	33.5	34.9	36.1	37.3	This study		
		Total Yield	33.7	35.1	36.8	38.4			
	Rachis	Screen Yield	26.6	31.4	36.1	40.9			
		Total Yield	27.4	31.9	36.4	40.6			
	Leaves	Screen Yield	20.1	24.6	29.1	33.7			
		Total Yield	20.2	24.7	29.2	33.8			
	Mixed	Screen Yield	32.4	34.3	36.2	38.0			
		Total Yield	33.3	35.1	36.9	38.7			
	<i>Melaleuca leucadendron</i>	Wood	Screen Yield	32.6	33.0	-		46.8	Chen and Su, 1998
	<i>Gmelia arborea</i>	Wood	Screen Yield	50.2	52.5	53.4		-	Su <i>et al.</i> , 1995
Mixed hardwoods	Wood	Screen Yield	43.0	44.5	47.5	48.5	Su and Ku, 1990		

C-E₁-D₁-E₂-D₂等五段漂白程序後，葉柄、葉軸及葉子之紙漿得到白度80.9、81.5及79.7 %ISO (圖6)。其中，只有葉子部分以標準之五段漂白方法無法達到漂白白度80 %ISO以上，推測其原因，可能為其中含有多量之醇苯抽出物之故。

再者統計，三部位所得漿料，分別經過C-E₁-D₁-E₂-D₂等五段漂白程序之白度變化，如圖7所示。於圖中，可明顯得知，漿料在C-E₁-D₁-E₂-D₂五段漂白中於C段及E段前後白度沒有明顯的提升，而於D₁及D₂段白度明顯提升，此乃E段為鹼萃階段，主要是將氯化之木質素發色團除去，在D₁段及D₂段主要是漂白作用，使有色木質素發色團顯色變白或變淡，而有較高之白度提升。於圖中亦顯示增加白度最多之部

分，在葉軸及葉子部位於D₁段完成之後，而葉柄部位則在D₂段。再者，比較三部位漂白完成後之白度安定性，於表6中，可明顯得知，三部位之PC Number值均為2.0以下，故均具有極佳之白度安定性。然而三部位中以葉軸較佳，葉柄及葉子之安定性較差，推論其原因為來自於醇苯抽出物、木質素或半纖維素等，此為有待進一步研究。

(五) 紙漿物理性質試驗

於打漿性方面，一般而言，漂白漿較未漂白漿容易打漿，因未漂白漿之木質素含量高於漂白漿，木質素本身為疏水性物質，較不易起膨潤作用，且木質素包圍在纖維表面，妨礙內部碳水化合物之膨潤作用，因此，木質素含量愈多的紙漿愈難打漿。

表6. 以硫酸鹽法所得椰棗不同部位之漂白漿白度安定性一覽表

Table 6. PC number properties of bleached kraft pulp from date palm materials

Part	Brightness ^{A1)}	Brightness ^{B2)}	PC number
Petioles	80.9	75.2	1.83
Rachis	81.5	79.5	0.54
Leaves	79.7	74.0	1.98

Note : ¹⁾ Brightness A: Before the degradation of pulp brightness

²⁾ Brightness B: After the degradation of pulp brightness

表7. 以硫酸鹽法所得椰棗不同部位之漂白漿及未漂白漿料密度一覽表

Table 7. Density properties of unbleached and bleached kraft pulp from date palm materials

Pulp	Part	Basis weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Density (g/cm ³)
Unbleached pulp	Petioles	61.9	0.108	0.573
	Rachis	62.0	0.105	0.590
	Leaves	58.1	0.100	0.581
	Mixed	57.5	0.090	0.656
Bleached pulp	Petioles	59.7	0.099	0.603
	Rachis	60.3	0.097	0.622
	Leaves	58.2	0.095	0.613

表8. 以硫酸鹽法所得椰棗不同部位之漂白漿及未漂白漿之物理強度性質一覽表

Table 8. Physical properties of unbleached and bleached kraft pulp from date palm materials

Species	Part	Freeness pulp (ml)	Kappa no.	Tensile index (N.m/g)	Tearing index (mN.m ² /g)	Bursting index (Kpa.m ² /g)	Folding endurance (times)	Strength index ¹⁾	Reference
<i>Phoenix dactylifera</i>	Petioles	UP ²⁾ 397	29.3	68.7	8.9	4.38	170	16.76	This study
		BP ³⁾ 360	-	74.5	11.9	5.96	545	19.97	
	Rachis	UP 404	27.5	71.8	10.7	4.98	280	18.87	
		BP 394	-	80.8	13.1	5.86	267	22.03	
	Leaves	UP 385	13.9	80.2	16.0	6.42	1130	25.49	
		BP 411	-	86.8	20.6	7.78	2146	31.76	
	Mixed	UP 370	14.7	79.4	11.2	6.33	729	21.97	
	<i>Melaleuca leucadendron</i>	Wood	UP 406	-	65.3	8.6	4.4	98	
BP 409			-	47.6	7.8	3.45	38	12.8	
<i>Gmelia arborea</i>	Wood	UP 425	28.6	73.3	5.9	6.2	74	17	Su <i>et al.</i> , 1995
Mixed hardwoods	Wood	UP 412	34	76.9	13.1	5.48	61	21.5	Su <i>et al.</i> , 1992

Note : ¹⁾ Strength index = breaking length + burst factor × 10.2⁻¹ + tear factor × 17.7⁻¹ + folding endurance × 665⁻¹

¹⁾ UP: Unbleached pulp

²⁾ BP: Bleached pulp

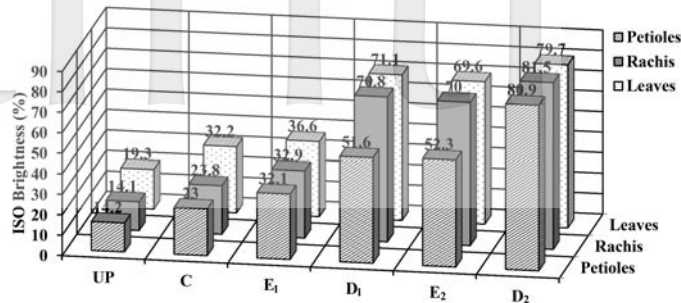


圖6. 椰棗樹種之三個部位，分別經過 C-E₁-D₁-E₂-D₂等五段漂白程序後之白度值

Fig. 6. Brightness of three pulps after C-E₁-D₁-E₂-D₂ bleaching sequence

圖8(a)及8(b)為各試樣之未漂漿及漂白漿之打漿曲線，於其2圖中發現，漂白漿較未漂漿容易打漿，然而，於漂白漿之打漿難易度方面，以葉部位較易打漿，其次依序為葉軸>葉柄≡混合(混合試樣則與葉柄類似)。表7為各紙漿之密度，顯示不論漂白漿或未漂白漿其密度大小之順序為葉軸

>葉子>葉柄，而於未漂白漿中之混合材料中，所製紙密度為最高。

表8為各種紙漿之強度性質顯示無論未漂漿及漂白漿均有相當優良之強度性質。依照輸入紙漿材之要求規格是所製紙漿在游離度C.S.F. 400 ml左右時紙漿具有抗張指數80 N.m/g，撕裂指數12.5 mN.m²/g，破

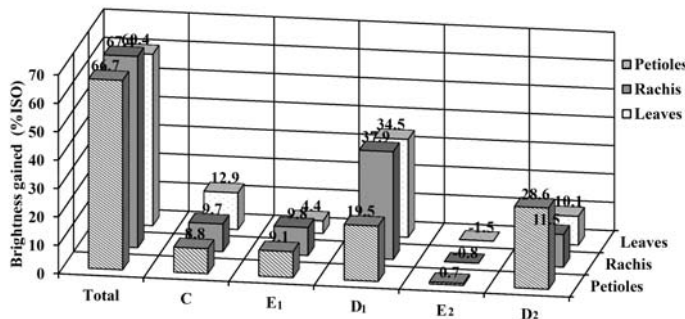


圖7. 椰棗樹種之三個部位，分別經過 C-E₁-D₁-E₂-D₂等五段漂白程序後之白度變化值

Fig. 7. Brightness gained of three pulps after C-E₁-D₁-E₂-D₂ bleaching sequence

裂指數5.0 Kpa.m²/g則為適合推廣之木材。三種椰棗試樣所得之紙漿中，於葉子及葉軸漂白漿均符合，且於葉子紙漿遠超過上項之要求。因此，三種漂白紙漿中以葉子有最佳之抗張、破裂、撕裂及耐摺強度，其次為葉軸及葉柄。未漂漿亦有類似之傾向，混合材料之性質則介於葉軸及葉子之間。各種椰棗漿之強度指數顯示此種漿較一般闊葉樹材紙漿有較佳之強度性質，而各部位之漂白漿料手抄紙可作為書寫用紙之用途。

四、結論

本研究為評估農林廢棄物—伊朗所產之椰棗葉柄、葉軸及葉子等三部位之製漿適性，結果如下：

- (一) 伊朗所產之椰棗葉柄、葉軸及葉子等三部位之平均纖維長均介於1.19~1.21 mm之間，較同樹種中突尼西亞產之葉軸、蘇丹產之葉部及沙烏地阿拉伯產之葉中脈均較為佳，且較雲南石梓及白千層平均纖維長為佳，並與一般闊葉樹之平均纖維長相若。於纖維長寬比為以葉子為最高，達57.5，較同樹種中突尼西亞產之葉軸、雲南石梓、白千層、印尼混合闊葉樹材及37

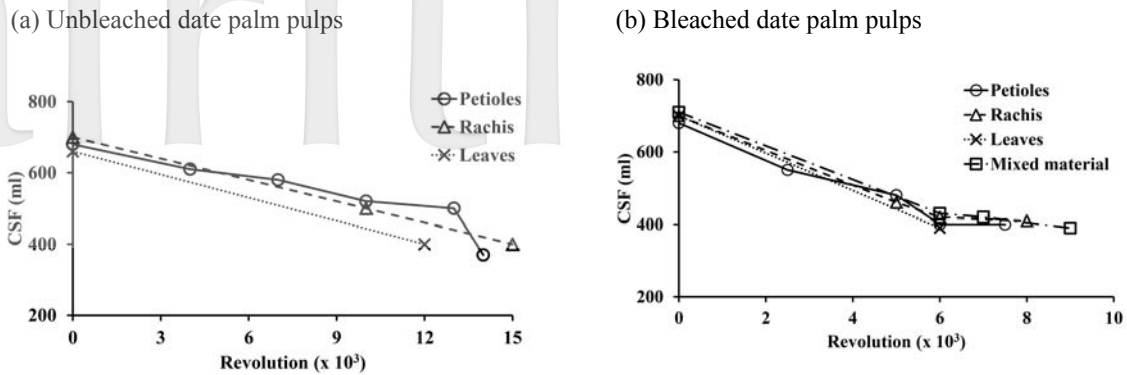


圖8.(a)未漂椰棗漿及(b)已漂椰棗漿之打漿曲線圖

Fig. 8. Beating curves of (a) four unbleached date palm pulps and (b) three bleached date palm pulps

種南洋混合材為高，至於椰棗之葉柄及葉軸方面，與雲南石梓、白千層相若。由以上結果可知，利用椰棗葉柄、葉軸及葉子等三部位之纖維應用於製漿用途應非常適宜。

(二) 椰棗之葉柄、葉軸及葉子等三部位化學組成分析，與不同產地之椰棗、白千層、雲南石梓、印尼混合闊葉樹材及37種南洋混合材之平均值比較，全纖維素含量偏低，木質素含量相若，但醇苯抽出物及灰分含量均偏高。因此，以化學組成之觀點來看此三部位，並非優良製漿材料。

(三) 椰棗之葉柄、葉軸、葉子及混合等四部位進行硫酸鹽法製漿，在卡巴值20時收率，分別為33.7%、27.4%、20.2%及33.3%，除了葉柄及混合部位較白千層樹種製漿時之收率為高，其餘均呈現較低之收率。

(四) 三部位經蒸煮後，所得之硫酸鹽紙漿分別經過C-E₁-D₁-E₂-D₂等五段漂白，其中，只有葉子部分以標準之五段漂白方法無法達到漂白白度80 %ISO以上，推測可能為葉子中含有多量之醇苯抽出物之故。再者，比較三部位漂白完成後之白度安定性，以葉軸較佳，葉柄及葉子其安定性不佳其原因來自醇苯抽出物或木質素、半纖維素等有待進一步研究。

(五) 三種漂白紙漿中以葉子有最佳抗張、破裂、撕裂及耐摺強度，其次為葉軸及葉柄。未漂漿亦有類似之傾向。各種椰棗漿之強度指數顯示此種漿較一般闊葉樹材紙漿有較佳之強度性質。

(六) 綜合上述，伊朗所產之椰棗各部位具有極佳之纖維型態性質、漿料漂白性佳及手抄紙強度指數佳等優點，但紙漿收率稍低為其缺點，故要做為製漿材料，建議其漂白漿料可與其他漿料物理性質較差之樹種進行混抄，以提升性質，使其具有多元化應用價值。

六、參考文獻

- Bendahou, A., Dufresne, A., Kaddami, H., & Habibi, Y. (2007). Isolation and structural characterization of hemicelluloses from palm of *Phoenix dactylifera* L. *Carbohydrate Polymers*, 68, 601-608.
- Chen, H. T., & Su, Y. C. (1998). Kraft pulping potentials of *Melaleuca Leucadendron* wood from Vietnamese plantations. *Taiwan Journal of Forest Science*, 13(3), 209-217.
- Clark, N. B., Logan, A. F., Philips, F. H., & Hands, K. D. (1989). The effect of age on pulp wood quality Part I. *Appita*, 42(1), 25-33.
- Clark, N. B. (1990). The effect of age on pulp

- wood quality Part II. *Appita*, 43(3), 350-354.
- Dadswell, H. E., Waterson, A. J., & Nicholls, J. W. (1959). What are the wood properties required by the paper industry in the tree of the future? *Tappi*, 42(7), 521-526.
- Dinwoodie, J. M. (1965). The relationship between fiber morphology and paper properties: a review of literature. *Tappi*, 48(8), 440-447.
- El Morsy, M. M. S., Riad, B.Y., & Mohamed, M. A. S. (1980). Pulp and paper from the Egyptian date palm leaves. *Fibre Science and Technology*, 14(2), 157-161.
- Ezzat, S. (1974). Leaves of date palm tree (*Phoenix dactylifera*) as a technical feasible source of raw material for paper production. *Cellulose Chemistry and Technology*, 8, 627-634.
- FAOSTAT. (2014a). *ForeSTAT data archives*. Retrieved from <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>.
- FAOSTAT. (2014b). *Food and Agriculture Organization; Crop Production*. Retrieved from <http://faostat.fao.org>.
- Ho, C. L., Wang, I. C., & Su, Y. C. (2009). Tetrahydrofurfuryl alcohol (THFA) pulping of rice straw. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 29, 101-118.
- Jameel, M. A. K., Jain, S. M. & Johnson, D. V. (2015). *Date Palm genetic resources and utilization. Volume 2: Asia and Europe*. Eschborn, Germany: Springer.
- Khiari, R., Evelyne, M., Mohamed, N. B., & Mohamed, F. M. (2011). Tunisian date palm rachis used as an alternative source of fibres for papermaking applications. *BioResources*, 6, 265-281.
- Khiari, R., Mhenni, M. F., Belgacem, M. N., & Mauret, E. (2010). Chemical composition and pulping of date palm rachis and *Posidonia oceanica* – a comparison with other wood and non-wood fibre sources. *Bioresource Technology*, 101, 775-780.
- Khristova, P., Kordsachia, O., & Khider, T. (2005). Alkaline pulping with additives of date palm rachis and leaves from Sudan. *Bioresource Technology*, 96, 79-85.
- Nasser, R. A., Salim, H., Mohamed, A. A. A., Hamad, A. A. M., Nader, D. S., & Ibrahim, M. A. (2015) Measurement of some properties of pulp and paper made from date palm midribs and wheat straw by soda-AQ pulping process. *Measurement*, 62, 179-186.
- Sekine, H. (1961) Strength index for paper. *Japan Tappi*, 36, 11-14.
- Su, Y. C., & Ku, Y. C. (1990). Evaluation on the pulping potentials of nine Indonesian hardwood species. *Quartely Journal of Chinese Forestry*, 23(4), 69-81.
- Su, Y. C., Ku, Y. C., & Lo, P. D. (1992). Pulping potentials of tropical woods Part I . Pulping potentials and occurrence of pitch problems of three *Shorea specues*. *Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute*, 7(3), 273-289.
- Su, Y.C., Kuo, Y. T., Ku, Y. C., & Yo, H. M. (1995). Studies on the fast-growing wood species *Gmelina arborea* (Part II) relationships between wood characteristics and pulping potentials. *Quartely Journal of Chinese Forestry*, 28(2), 69-86.
- Tamolang, F.N., Valbuena, R., Lomibao, B., Artuz, E. A., Kalaw, C., & Tongacan, A. (1967). Fiber dimensions of certain Philippines broadleaved woods and bamboos. *Tappi*, 40, 671-676.
- von Maydell, H. (1986). *Trees and shrubs of Sahel, their characteristics and uses*. Eschborn, Germany: Verlag Josef Margraf.