

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

製酒用小型填充塔蒸餾器研究(1/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2214-E-002-022-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學生物產業機電工程學系暨研究所

計畫主持人：李允中

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 6 月 2 日

中文摘要

台灣成為 WTO 以後，酒類專賣制度解除，農村釀酒業即將興起。熱帶水果蒸餾酒即將成為台灣小規模製酒業的一個特色產品。由於規模較小且原料與產品的多樣性，因而需要發展一個容易調整與控制的蒸餾器。本研究利用 ChemCad 軟體設計出一套因應此需要的填充塔式蒸餾器，並將於第二年度製作與實驗來驗證。

關鍵詞：水果蒸餾酒、蒸餾器、電腦模擬

Abstract

Winery will become an important farm business in the coming years after Taiwan become member of WTO. Brandy made from tropical fruits will be one of the major prominence products. To design a distiller for the purpose is a key of success for the newborn industry. In this study pack column distiller was studied and designed by using of ChemCad software. The experiment work will carry on in the second year study.

key words: fruit brandy, distiller, computer simulation

一、前言

我國加入 WTO 成為全球經濟的成員，這個政策對農業產生很大的衝擊，為因應這個巨大的改變，農政當為將農業規劃成多元的產業。又由於菸酒公賣制度的廢止，將逐年開放民間開設釀酒工廠。台灣有非常多樣的農產品資源，其中水果更為獨特，水果除鮮食外，很多的水果也同時是釀酒的原料。因此有建立休閒農業與農家釀酒等等政策上的制訂，以構築一個休閒農莊酒場的藍圖。在 90 年度農業委員會的研究計畫中於是增加許多的釀酒相關研究。除傳統的穀類酒研究如小米酒、糯米酒（農業試驗所）之外，水果酒類更是非常多樣例如：番荔枝（台東改良場）、文旦柚（苗栗改良場）、桑椹與草莓（苗栗改良場）、海梨與桶柑（桃園改良場）、荔枝（台大食科所）、梅酒（台大食科所）、葡萄與楊桃（台大農化系）、龍眼（大葉大學），以及蜂蜜（大葉大學）。在這以前因釀酒為公賣局所控管，釀酒的研究都侷限與公賣局的酒類研究所，該所也曾經研究鳳梨、梨子與香蕉等蒸餾酒。

二、研究目的

我國加入 WTO 後農業生產結構將有大規模的改變，農村小型製酒業是農政單位因應此變局的推廣政策之一。農民可以利用多樣化的穀類與水果資源製造品質穩定的蒸餾酒。以此少量多樣的生產方式，需要有彈性較大的蒸餾設備。本計畫擬針對此特性，蒸餾酒品質最佳化為目標，以電腦模擬、實驗應證、機械製作、控制系統發展等程序，完成此蒸餾器。

三、文獻探討

水果發酵釀造成水果酒雖然在民間小量自製已經很普遍，但所製造產品的品質良莠不齊。葡萄酒是最常見的水果酒，因葡萄的特殊成分與品質容易釀成好的水果酒。其他的水果來釀造水果酒則常有酸度、甲醇、雜醇與醛類含量影響品質的問題，甚至為防止發酵失敗加硫而產生硫化物殘留，而且在發酵酒的穩定性上也常隱含許多問題，但若做成蒸餾酒則可避免這些問題。法國有名的 Cognac 白蘭地就是因為當地葡萄酒較酸而製成蒸餾酒；以香蕉為例因其特殊香味與青味做成釀造酒後風味不佳，但是經過蒸餾可做成風味很好的香蕉白蘭地（蔡，1985）。高果膠含量的水果製成的水果酒因為果膠在發酵中產生甲醇，因此甲醇含量偏高，一般簡單蒸餾並不能有效的去除甲醇，因此在水果蒸餾酒中往往含有較高的甲醇。Belitz and Grosch, (1999)，指出李子蒸餾酒與梨子蒸餾酒甲醇含量約為葡萄白蘭地的 20 倍，櫻桃蒸餾酒約為葡萄白蘭地的 10 倍。這些濃度單然還不至於產生生體上的危害，但是還是造成酒後各種不良症狀的主要成分。蒸餾酒的原料資源豐富，不僅是葡萄與少數穀類，在葡萄白蘭地發達的國家都仍認為

其他水果類與澱粉源都還具有潛力，各種水果的特殊香味與酒品都是吸引消費者的重要因素(Nowlin, 1985)。

蒸餾是化工業重要的單元操作，尤其在石化工業。因此在蒸餾方面的研究文獻非常豐富，但是批式蒸餾在整個蒸餾工業的比例並不大，其文獻所佔的份量更少(Carvalho and Curtis, 2000)，在蒸餾的專書上也通常只有一個章節(Rose, 1985)。一般蒸餾酒都是專業製造，每一酒廠製造單一的蒸餾酒，不同的蒸餾酒使用不同的蒸餾器，蒸餾器在不同地區有不同的設計，一方面是歷史的原因，也有當地酒醪成分特性的影響(寺本, 1958)。最著名的 Cognac 白蘭地以批式蒸餾器做兩段蒸餾，其蒸餾器稱為 Alsmbic，分為頭部(Alsmbic)與煮沸器(boiler)兩部分。蒸餾器利用蒸汽在頭部冷凝產生回流，因此過程非單純的簡單蒸餾，而是有類似分餾時的回流效果構造詳見 Leaute (1990)。在蒸餾過程可將酒精外一起蒸餾出的成分(cogenerators) 分為伍類，將蒸餾液一流出時間分酒頭、酒心與酒尾三段，取酒心段為產品。五類成分依序為乙醛與乙酸乙酯；高沸點酯類；低級醇如甲醇、丙醇、丁醇等；醋酸與高沸點醇類；糠醛類 (Leaute, 1990)。威士忌酒的蒸餾以批式蒸餾者也是用兩段的鵝頸式蒸餾器，頭部構造與白蘭地蒸餾器不同(Piggott et. al. 1989)，原理與白蘭地蒸餾器相似，也採取酒心為產品。在美國則大都採用三段的連續蒸餾製造威士忌，蒸餾塔大多為泡罩塔，塔高約十餘公尺，溫度與回流比控制正確，成分品質固定，這種蒸餾方式與酒精生產相似(Piggott et. al. 1989)。這些蒸餾器大多已經是成熟的設計，近年來較少有研究文獻。蒸餾的製造在各國法令上同的規定，因此有關小規模蒸餾設備的圖書通常在網路上流通，例如：Making Gin & Vodka, by John Stone; Making Pure Corn Whiskey, by Ian Smiley; The Carriage Still, by John Stone; Home Distillation Handbook by Norman, O. 以及 <http://www.moonshine-still.com> 網頁上的 Building a Home Distillation Apparatus。這些文獻上都建議使用小型的填充塔式批式蒸餾器，塔高約一公尺多。

二成分的批式蒸餾器設計在一般化學單元操作的課本上大多有詳細的介紹，例如：Coulson et. al. 1991。 <http://homedistiller.org> 提供含有填充蒸餾塔的批式蒸餾器設計的基本方法，其中包括塔高、塔徑、HETP (理論板數相當高度)的計算方法，以及溫度、回流比等控制因素對酒精濃度的影響。依據網路上使用者的迴響，該蒸餾器的設計效果很好，但還缺乏較嚴密的研究報告。真空蒸餾可以用比較低溫蒸餾，可以保留較多的香味成分(Amerine, and Berg, 1980)，但是設備較為昂貴，且蒸餾出的成分比與法國法規規定的不同，而少採用。但是在日本真空蒸餾普遍的應用在燒耐的製造上(黃, 1998; 宮田, 1986)，可以有效減少高沸點雜質，其品質可為消費者接受。

控制蒸餾過程以降低不要成分，一直都是蒸餾酒工業的挑戰，傳統蒸餾模擬分析大多以二成分分析法，但隨著電腦計算能力的大幅發展，多成分分析也普遍的被採用(Holland, 1981)。電腦模擬是近年來分析單元操作的一個工具，使用電腦模擬分析蒸餾製程的文獻不勝枚舉，但是以電腦模擬分析蒸餾酒製程的文獻

還並不多。Gaiser et. al. (2002) 以商用軟體 Aspen Plus，分析多成分的蒸餾製程，他們將威士忌酒蒸餾成分分成 Ethanol, n-propanol, iso-butanol, iso amyl alcohol, acetaldehyde 進行模擬。並將結果與 Pyke (1965)的實驗值比較。由於商用軟體的普遍 Aspen、ChemCad、PRO/II 等商用軟體已經大量被工業界與化工教學上採用。Carvalho and Curtis(2000)是一份較新的小型蒸餾器設計資料，文中包括作業原理、設計程序、操作方法與最佳化設計。

蒸餾是一個時間長達數個小時的過程，在操作上常有固定迴流或固定成分等不同操作方式，加熱程序、迴流量控制常需依據程序執行。以電腦回饋做定成分控制控制，較為簡單易行（黃，1983；蔡 1984）。酒精水二成分的蒸餾過程因實驗容易也常被拿來作為批式蒸餾控制的探討（王，1991；張 1993）。酒精的連續蒸餾，更是常被研究，在 80 年代因能源危機後的衝擊，美國政府鼓勵農民以穀類發酵，蒸餾生產酒精 Ladish (1979)、ANON (1982)、Bergland(1982)、Kvaalen (1984)、Westby (1982)，因而有許多酒精連續蒸餾相關的研究，其中與操作及控制相關的也很多例如：Rein, et. al. (1983); Stephenson and Schahbazi (1983), Sullivan, et. al. (1983); Badger, et. al. (1984); Quandt, (1988)。

酒是一個成分很複雜的物質，酒的分析在分析化學上是一再被探討的問題。蒸餾酒一般成分分析包括：酒精度、總酸、總酯、總醛、雜醇油等其分析方法大多依據 AOAC 或菸酒公賣局的作業手冊(江，1980)。以 GC 一次分析的方法一再地被提出討論(Masahiro, et al. 1985)。GC 作為蒸餾酒精細的成分分析不可或缺的工具，其前處理方法與分析能力，MacNamara and Hoffmann (1998)曾做詳盡的文獻回顧。香味是各種蒸餾酒的特性，也是蒸餾酒研究最大的課題，蒸餾酒的香味成分分析與蒸餾程序的香味在 Piggott and Paterson (1988)所編輯的書上收有數十篇的論著。如何經過蒸餾保留更多的好成分是蒸餾酒蒸餾的一個很大的挑戰 (Nowlin, 1985)。

三、研究方法

本研究以工程分析為目的，為了控制實驗的再現性，以人工混合的模擬酒醪為蒸餾材料，分兩年進行試驗研究，用蒸餾酒品質最佳化為目標，以電腦模擬、實驗應證、機械製作、控制系統發展等程序，完成此蒸餾器。蒸餾器的雛形為小型的低壓與常壓兩用的填充塔蒸餾器，因為此型的蒸餾器製作容易，而且可以設計調整與改變的控制條件多，適合多元的應用，將來比較能符合農家需求。

第一年度：

1. 雛形蒸餾器設計

利用文獻上各種水果酒醪成分分析，擬定一種人工混合的模擬酒醪。依據此酒醪的成分以現有文獻上批式填充塔蒸餾器設計資料，完成常壓與真空兩用雛形

蒸餾器設計。

2. 蒸餾過程電腦模擬

運用 ChemCad Batch Distillation 軟體，模擬典型酒精以及主要酸、酯、醛、雜醇油等多成分，在各種蒸餾條件下的成分變化，以尋求一些品質最佳的操作條件。並以模擬結果改良雛形蒸餾器設計。

3. 實驗應證

運用化學分析與實驗應證模擬蒸餾分析的結果。以 GC-FID 主要分析方法，並以酒類實驗所手冊的常用方法做輔助性的量測酒精度：AOAC 950.04 折射計法；總酸度：AOAC 945.08 滴定法；總酯：AOAC 972.07 分光光度計法；總醛：972.08 滴定法；雜醇油：AOAC 963.10 分光光度計法。

第二年度：

1. 蒸餾器製作

依據第一年度實驗模擬所得結果，完成一個 100 公斤容量的小型蒸餾器。此蒸餾器將購置所需材料，於本系實習工廠自行製作。並進行楊桃酒醪蒸餾試驗，完成蒸餾操作程序研究。

2. 控制系統

利用第一年度模擬所得與上述實機操作結果，完成以個人電腦為基礎的控制系統，並實際裝置，進行試驗。

四、初步結果與討論

本計畫核撥執行後，與本校食品科學研究所進行合作研究，利用該所吳瑞碧教授實驗室釀造酒與酒類化學專長輔助本系之不足。並利用該實驗室已完成之 GC-FID 作為酒類分析的校正，在第二年度實驗時提供成分分析。第一年度已經完成 ChemCad 軟體的採購與使用研究生的訓練，並依據文獻上釀造酒的成分進行批式蒸餾模擬，完成 100 公升常壓蒸餾器與真空蒸餾器設計各一套，將利用吳教授實驗室所得實驗台試驗數據進行初步驗證，並確定設計，以便在暑假期間在本系實驗工廠完成製作並進行試驗。

參考文獻

王克影，1991，批式蒸餾塔動態模擬及最適化操作研究。國立臺灣大學化學工程學研究所碩士論文。

江清標，1990，省產乾薯試製米酒可行性探討。69 年度酒類研究年報。P. 133-137.

寺本四郎，1958，釀造工學（日文）。光琳書院。

黃村能，1990，巴黎白蘭地之研製。79 年度酒類研究年報。P. 97-110.

黃村能、倪德全，1994，鳳梨發酵白蘭地之研製。83 年度酒類研究年報。P.

107-123。

黃燈輝，1983，米酒蒸餾設備之微算機控制研究。國立臺灣大學化學工程學研究所碩士論文。

張明哲，1993，批式蒸餾程序之塊集區域模式。國立臺灣大學化學工程學研究所碩士論文。

蔡國珍，1985，香蕉白蘭地釀造之研究。國立台灣大學食品科技研究所碩士論文。

蔡銀海，1984，定組成餾出液之有回流分批式蒸餾分析。國立臺灣大學化學工程學研究所碩士論文。

ANON. 1982, Fuel from Farms, A Guide to Small-Scale Ethanol Production. U.S. Department of Agriculture and Office of Alcohol Fuels, U.S. Department of Energy, Washington, D.C., 163 pp.

ANON, 1982, Selected Bibliography on Alcohol Fuels (1901 through November 1981). U.S. Department of Agriculture and Office of Alcohol Fuels, U.S. Department of Energy, Washington, D.C., 460 pp.

ANON. 1980, Small-Scale Fuel Alcohol Production. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 232 pp.

Amerine, M. A. and Berg, H. W., 1980, The technology of wine making. 4th ed, Avi Pub. Co. Westport, Conn.

Badger, P. et. al., 1984, Simplified distillation column controls., ASAE paper 84-3072.

Belitz, H. D. and Grosch W., 1999, Food Chemistry., Springer, Berlin.

Bergland, G. R. and J. G. Richardson. 1982, "Design for a Small-Scale Fuel Alcohol Plant," Chemical Engineering Progress, August pp. 60-67.

Piggot, J. R. and Paterson, A., 1988, Distilled beverage flavour, VCH, Weinheim.

Quandt, J. A. Paulsen, M. R. and Redds, E. D., 1988, Microcomputer control of a small-scale ethanol distillation system. Trans, ASAE . 31(4):1295-1301.

Carvalho, M.A.P.; W.R. Curtis. "Distillation: Pilot Plant Batch Distillation", In: Encyclopedia of Separation Science (Cooke, M.; Poole, C., eds.) Academic Press, London, UK, pp. 1098-1113 (2000).

Coulson, J. M. Richardson, J. F. Backhurst, J. R. Harker, J. H., 1991, Chemical Engineering, Vol 2. 4th ed. Pergamon, Press, Oxford.

Eric Kvaalen, Philip C. Wankat, Bruce A. McKenzie, 1984, Alcohol distillation: basic principles, equipment, performance relationships, and safety. AE-117, Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN 47907

Gaiser, M., Bell, G. M., Lim, A. W., Roberts, N. A., Tarady, D. B. F., Schulz, R. A. and Grob, R., 2002, Computer simulation of a continuous whisky still. J. Fd. Eng. 51:27-31.

Holland, C. D. 1981, Fundamentals of multicomponent distillation. McGraw-Hill, New York.

Ladisch, M. R. and K. Dyck. 1979, "Dehydration of Ethanol: New Approach Gives Positive Energy Balance," Science, vol. 205, no. 4409, August pp. 898-900.

Leaute, R., 1990, Distillation in Alambic. Am. J. Enol. Vitic. 41(1):91-103.

MacNamara, K. M. and Hoffmann, A., 1998, Gas chromatographic technology in analysis of distilled spirits. In "Instrumental Methods in Food and Beverage Analysis", Wetzel, D. and Charalambous, G. ed. Elsevier Sci. Amsterdam.

Norwlin, R. L., 1985, Distilled beverages: a challenge for tomorrow. Am. J. Enol. Vitic. 36(1):11-14.

Piggott, J. R., Sharp, R. and Duncan, R. E. B., 1989, The science and technology of shiskies. Longman Sci, Tech. Essex.

Rein, B. K, et. al., 1983, Alcohol distillation system performance test procedures. ASAE paper 83-3063.

Rose, L. M., 1985, Distillation Design in Practice. Elsevier, Amsterdam.

Pyke, M., 1965, The manufacture of scotch grain whisky. J. Ins. Brew. 71, 209-218.

Stephenson, K. q. and Shahbazi, A., 1983, Optimum distillation column operation. ASAE paper 83-3061.

Sullivan, N. W. Rein, R. K. and Bashford, L E., 1983, Alcohol distillation process control parameter. ASAE paper 83-3062.

Westby, C. A. and W. D. Gibbons, 1982, "Farm-Scale Production of Fuel Ethanol and Wet Grain from Corn in a Batch Process", Biotechnology and Bioengineering, vol. 24, July pp. 1681-1699.