

乳山羊之乳房炎自動偵測系統⁽¹⁾

陳水財⁽²⁾⁽⁵⁾ 蘇安國⁽²⁾ 吳錦賢⁽²⁾ 萬一怒⁽³⁾ 連振昌⁽⁴⁾

收件日期：96年1月31日；接受日期：97年3月11日

摘要

本研究的目的主要在擠乳機上安裝導電度感測原件，自動檢測乳山羊之乳房炎。檢測乳房炎的方法很多，導電度是一種非侵入性的檢測，既便利又快速，為理想的檢測方法。羊乳導電度由乳汁中之陰離子和陽離子濃度來決定，因此可以用此方法來檢測乳羊是否發生乳房炎。如果羊乳導電度門檻值大於 6.8 mS/cm 時或左右分房之羊乳導電度比值大於 1.1 時，顯示該乳羊可能罹患乳房炎。以羊乳導電度值 6.8 mS/cm 門檻值將乳羊之乳房區分為健康分房與感染分房，並分別採集乳樣分離病原菌，結果健康分房之 42 件樣品中，有 10 個分離出病原菌，特定度為 76.2%。而感染乳房之 18 件樣品中，有 13 件分離出病原菌，敏感度為 72.2%。

關鍵詞：乳羊、導電度、乳房炎。

緒言

在世界上只要有飼養乳牛的地方就會有乳房炎的發生 (Philpot and Nickerson, 1991)，因此乳房炎是一種相當普遍疾病，而乳羊也不例外。乳房炎不僅造成乳產量減少，增加醫療成本，甚至提早淘汰等經濟上之重大損失，因此乳房炎的防治尤其重要。為了提早偵測乳房炎的發生，歐美擠乳機設備廠商都將導電度 (Electric conductivity, EC) 感測器列入安裝項目之一，作為即時自動監測牛隻乳房炎發生，並列為擠乳機發展自動化之重要設備之一，但在乳羊自動化擠乳設備上尚未有此裝備。

乳中的導電度主要受陽離子與陰離子的濃度而改變，而影響乳中導電度值最主要的是 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 三種離子的濃度 (Wong, 1988)。牛隻在健康情況下， Na^+ 與 K^+ 在細胞外部與血液中的比例約為 3 : 1，而在細胞內部與牛乳中的比例約為 1 : 3，健康乳房中的 Cl^- 在細胞外部和血液中的濃度高於牛乳中的濃度。當發生乳房炎時，血液中毛細血管之透水性增加，細胞的緊閉閘和活性離

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1428號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 國立中興大學生物產業機電工程學系。

(4) 國立嘉義大學生物產業機電工程學系。

(5) 通訊作者，E-mail : stchen@mail.tlri.gov.tw。

子輸送系統破壞，導致牛乳中之乳糖和 K^+ 的濃度降低，而 Na^+ 和 Cl^- 的濃度增加，而為了維持滲透壓之平衡， K^+ 和乳糖在牛乳中的濃度即減少。 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 濃度的改變，使得牛乳的導電度增加，但卻不會改變其滲透壓 (Nielen *et al.*, 1992)，因此藉由量測出感染分房的導電度變化值較健康分房高，可以達到即時檢測乳房炎發生的目的 (萬等, 1998)。

牛乳中的導電度受擠乳間隔的時間影響，而以擠乳間隔長者之導電度高於間隔時間短者，且乳中的脂肪含量較高對導電度亦有抑制作用 (Fernando *et al.*, 1981)。有些羊乳之體細胞數雖比較高，但在整個泌乳期間乳房仍然是健康，而泌乳期間乳產量的改變會影響導電度變化 (Das and Singh, 2000)。Park (1991) 利用導電度篩檢乳羊之潛在性乳房炎時，發現羊乳之導電度與體細胞數間並無顯著之相關性存在，而且導電度亦受到採樣時間、品種及其他因素所影響。劉 (2000) 的報告指出，羊乳導電度會隨胎次之增加而顯著上升。連及萬 (1999) 認為導電度量測是一種非破壞性檢測，不僅簡單迅速，同時符合環保觀念，無殘餘藥劑污染問題，因此發展一非破壞性檢測方法有其必要性。Schulz *et al.* (1999) 指出，羊乳之導電度值如高於 6.8 mS/cm，則有可能感染乳房炎。吳等 (1994) 以導電度來篩選山羊之非臨床性乳房炎，結果發現細菌分離陽性與陰性之羊乳樣品之平均導電度值呈顯著差異 ($P < 0.05$)，同時認為以導電度篩選乳用山羊之非臨床性乳房炎時，其導電度門檻值為 5.5 mS/cm。

導電度為液體電阻值的倒數，定義為電流通過 1 cm^2 斷面，長度 1 cm 之液柱時，電阻歐姆 Ω 之倒數，即 $1/R=1/V$ ，其中 I 為電流，以安培 A 表示，而 V 為電壓以伏特數表示。導電度之公制單位為 mho/cm，其符號為 Ω 的倒寫，亦可以 Siemens 表示，單位為 S/cm，而在導電度較小時以 mS/cm 表示。正常牛乳在 25°C 時其導電度介於 4.0~5.5 mS/cm 之間。量測液體導電度時，當溫度改變 1°C，導電度值會偏差約 1.9%，因此導電度的量測通常是在 25°C 之定溫測定，否則需要校正溫度偏差，並以 25°C 時之校正值表示之 (連及萬, 1999)。

目前使用導電度來分辨正常乳與乳房炎發生，有下列方式 (萬等, 1998)：

- I. 絕對門檻值 (absolute thresholds)：感染的牛乳其平均導電度會比正常的乳高，當大於設定的門檻值時，即可假設是不正常的乳。導電度連線自動檢測系統可使用連續幾天的平均值或數日紀錄的迴歸分析值。當分房的導電度值，超過門檻值 15% 即發出乳房炎警告。
- II. 分房導電度比值 (Inter half ratio)：是以左右乳分房乳中導電度最低者與對另外分房間之比值，而當最高導電度值與最低導電度值的分房比值大於 1.1 到 1.4 時，即假定有乳房炎發生。
- III. 同時使用絕對門檻值與分房導電度比值等兩種方式來檢測，可獲得較敏感的檢測結果。

材料與方法

試驗材料

- I. 依據萬等 (1998) 研發之牛乳房炎線上導電度檢測系統技術，重新修改設計適合乳羊兩個乳頭的導電度感測元件放置於乳管上與連線顯示器 (圖1,2) 並安裝於畜產試驗所恆春分所乳羊擠乳機上。連線顯示器面板先設定導電度門檻值、乳溫與每一部顯示器的 ID 碼，羊隻進入擠乳室在顯示器面板上按鍵輸入羊號，各擠乳站之導電度檢測儀以 RS485 訊號串接方式，連接資料轉換器將 RS485 訊號轉換成 RS232 訊號，再由桌上型電腦擷取、羊號、時間、最大分房導電值 (MAX)。螢幕左邊 LED 發光二極體對應左右乳房，大於門檻值即發出紅色警告。螢幕右邊亦有 4 個 LED 發光二極體燈，分別對應四個等級的左右分房比值。

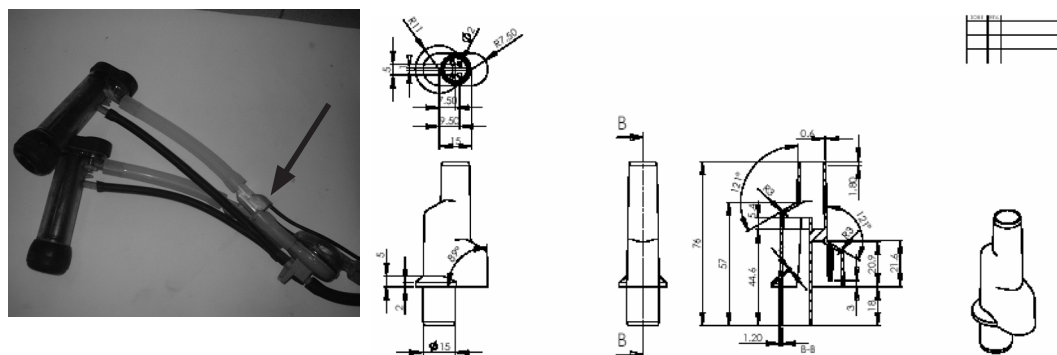


圖 1. 羊乳導電度感測元件。

Fig. 1. The electrical conductivity component for goat's milking machine.



圖 2. 羊乳導電度檢測儀。

Fig. 2. The electrical conductivity meter for goat's milking machine.

- II. 加州乳房炎試驗 (California Mastitis Tests, CMT) 用手擠乳約1ml於試盤上與等量 CMT 試劑旋轉混合 5 - 10 秒後判定。混合液呈液體狀而無任何凝集顆粒者判為陰性 (-)；混合液旋轉時可見到少數微小凝集顆粒，但緩慢傾斜檢查時，流過盤底全無凝集顆粒殘留者判為痕跡 (+)；凝集顆粒較多且傾斜混合液後流過之盤底全無凝集顆粒殘留者判為弱陽性 (1+)；混合液呈黏稠膠狀樣，但停止旋轉時可平均覆蓋盤底者判為中度陽性 (2+)；混合液呈凝膠樣，停止旋轉時無法平均覆蓋盤底者判為強陽性 (3+)。在羊乳以CMT試驗做為非臨床性乳房炎檢驗時，以 1+ 作為門檻值最為適宜 (吳等，1994)。

III. 羊乳體細胞數的分析使用丹麥 Fossomatic 5000 basic 儀器。

IV. 利用 SAS 軟體 (SAS, 1987) 及鄧肯氏多變域測驗法 (Duncan, 1955)，進行統計分析，

其數學模式如下： $Y_i = \mu + \text{Breed}_i + \text{RL}_j + e$ 。 Y_i = 觀測值， μ = 平均值， Breed_i = 品種效應， $i = 1\sim 3$ ， RL_j = 左右分房效應， $j = 1\sim 2$ ， e = 機差。

試驗方法

- I. 選擇恆春分所撒能 (Saanen)、阿爾拜因 (Alpine) 和努比亞 (Nubian) 乳羊，經 CMT 檢測無感染之乳羊各 10 頭，擠乳時間為早上 7 點與下午 5 點兩次，擠乳時監測其導電度值變化與乳房炎發生情形，並記錄各分房導電度值的變化。
- II. 在機器設定導電度門檻值為 6.8 mS/cm (Schulz *et al.*, 1999)，導電度值超過門檻值時，立即將乳樣送請屏科大獸醫系進行細菌分離，以確定是否細菌感染。
- III. 羊乳體細胞數 (somatic cell count, SCC) 檢測後之數據，依據 Rupp and Boichard (1999) 轉換為體細胞評分 (somatic cell score, SCS) 後進行分析，轉換公式： $\text{SCS} = \text{Log}_2 (\text{SCC}/100,000) + 3$ 。

結果與討論

導電度的檢測會受溫度的影響，在研發此設備時，內設矯正溫度為 25°C，乳溫設定 37°C，以降低乳溫對導電度偵測時的影響。此裝置在線上檢測時將乳杯套入乳頭，正常約在 10 至 20 秒內導電度值急速上升，隨後稍微下降，然後趨於穩定 (圖 3)，此現象與萬等 (1998) 的報告一致，可能在剛開始擠乳時，乳房分泌之乳汁經乳杯橡皮與管路，前 1~2 分鐘乳溫下降和乳汁攪動氣泡影響導電度值呈現不穩定現象。每天之平均羊乳導電度值相當穩定，均維持在一定的範圍變動 (圖 4)。此設備每 5 秒量測一次，而資料取最高值記錄，並立即顯示在螢幕上，因此工作人員可即時觀察與判斷。

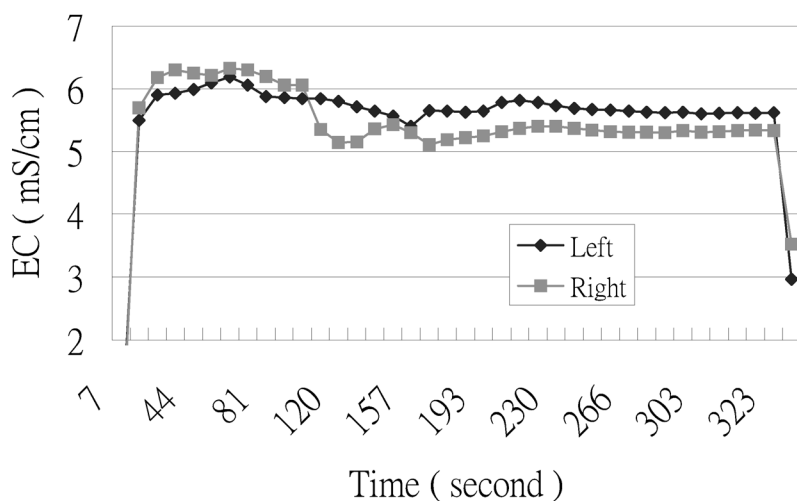


圖 3. 泌乳羊在擠乳時左右分房之導電度變化。

Fig. 3. Changes of electrical conductivity graphs of left and right half of udder during milking cycle.

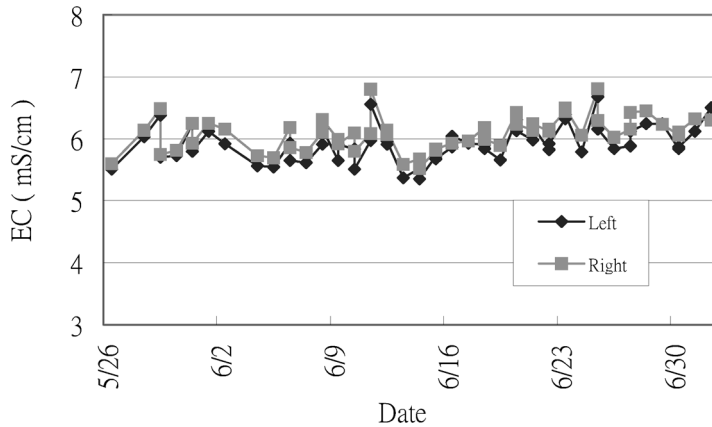


圖 4. 泌乳羊在不同日期左右分房偵測導電度的變化。
 Fig. 4. Changes of electrical conductivity graphs of left and right half of udder during different date.

圖5 為在偵測前有一頭母羊之導電度值仍然維持相當穩定，至第五日上午左乳房導電度輕微上升，而下午的導電度值已經升上為 7.2 mS/cm，至第六日早上已發現乳房紅腫，以手擠出乳汁已呈現結雲絮狀顆粒，CMT 試驗已經呈陽性反應判定為乳房炎感染，而此時分房的導電度值升高至 9.2 mS/cm 以上。此裝置在臨床性乳房炎的診斷上，當乳房外觀無法察覺時，在數據上導電度值已經持續上升，因此可提早一至二天察覺乳房炎即將發生。

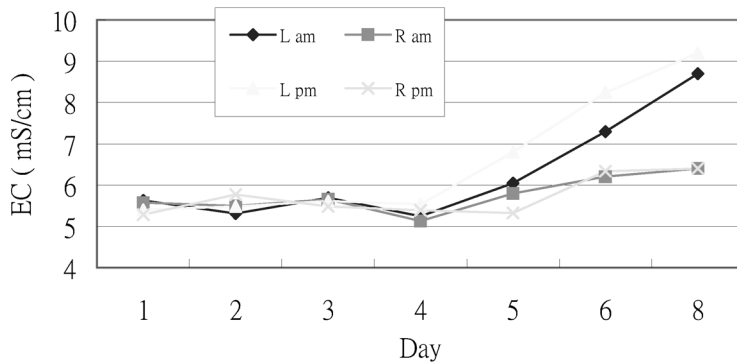


圖 5. 感染乳房炎之左右分房之導電度變化。
 Fig. 5. Changes of electrical conductivity graphs of left and right half of udder in infected goat.

在臨床性乳房炎發生前，羊乳導電度值之升高雖可提早一天至兩天偵測到（萬等，1998），但在非臨床性乳房炎則不易偵測。在表 1 中撒能、阿爾拜因與努比亞種，乳羊之左右分房的導電度值分別為 6.32 ± 0.39 mS/cm 與 6.41 ± 0.41 mS/cm； 6.58 ± 0.46 mS/cm 與 6.69 ± 0.46 mS/cm，以及 5.87 ± 0.49 mS/cm 與 5.99 ± 0.50 mS/cm，其中努比亞與其他兩品種乳羊之羊乳導電度呈

顯著的差異 ($P < 0.05$)，但左右分房之導電度並無顯著性差異，並以努比亞之導電度最低。劉 (2000) 與 Park (1991) 的報告，均發現努比亞乳羊之羊乳導電度值最低，其原因與乳脂肪率較高有關。

乳羊之乳腺分泌屬於頂端分泌型 (apocrine)，亦即分泌乳汁時，其上皮細胞會破裂而分泌出非核顆粒 (non-cellular particles)，導致體細胞數羊乳中體細胞數比牛乳高出甚多。此泌乳方式分泌乳汁時上皮細胞會破裂，這些細胞內容物大部分是不含細胞核之物質，如非白血球物質 (nonleukocytic)、呈細胞狀 (cell-like) 及細胞質顆粒 (cytoplasmic particles) 等。由此上皮細胞之內容物出現於羊乳中，乃為乳羊正常的泌乳特性，並非疾病之徵兆 (Hinckly, 1983)。影響羊乳體細胞數的因素包括：乳腺的細菌感染、緊迫、年齡、胎次、泌乳期間、發情期間和 CAEV (caprine arthritis -encephalitis virus) 的感染 (Wilson *et al.*, 1995; Zeng and Escobar, 1995; Galina *et al.*, 1996)。Wilson (1995) 研究指出高的體細胞數樣品中只有少數與乳房炎相關病原菌有關。因此羊乳體細胞數很高並不意味是病徵，但乳腺長期為高體細胞數仍然有發炎之嫌，所以羊乳的體細胞數作為研判非臨床性乳房炎仍頗困擾。在本次試驗中撒能、阿爾拜因與努比亞種乳羊在左右分房的體細胞數評分分別為 5.48 ± 1.3 與 5.76 ± 1.0 ； 5.43 ± 1.5 與 4.79 ± 1.8 ； 5.02 ± 1.73 與 5.49 ± 1.6 (表1)，雖無法看出體細胞數與乳房炎有直接關係，但總乳之乳體細胞數在 $1-1.5 \times 10^6$ SCC /ml 以上仍然為該牧場乳品質與衛生條件之重要指標。

表 1. 不同品種乳羊導電度與乳體細胞數的變化

Table 1. The variation of EC and SCC in different breed goats

	Saanen		Alpine		Nubian	
	Left half	Right half	Left half	Right half	Left half	Right half
Head	10	10	10	10	10	10
N	403	403	568	568	425	425
EC mS/cm	6.32 ± 0.39^a	6.41 ± 0.41^a	6.58 ± 0.46^a	6.69 ± 0.46^a	5.87 ± 0.49^b	5.99 ± 0.50^b
SCS	5.48 ± 1.3	5.76 ± 1.0	5.43 ± 1.5	4.79 ± 1.8	5.02 ± 1.73	5.49 ± 1.6

^{ab} Means within row with different letters differ significantly ($P < 0.05$).

依導電度值 6.8 mS/cm 門檻值 (Schulz *et al.*, 1999) 將羊隻乳房區分為健康乳房與感染乳房，並分別採集乳樣，經分離病原菌後，結果如表2。在健康乳房之 42 件樣品中，有 10 個分離出病原菌，特定度 (specificity) 為 76.2%。而感染乳房之 18 件樣品中，有 13 件分離出病原菌，敏感度 (sensitivity) 為 72.2%。而主要病原菌包括 *Staphylococcus aureus*、*Pseudomonas* 與 *Mycoplasma*。這些分離出病原菌的乳房外觀並未顯現乳房炎之症狀，而 CMT 試驗呈現 1+ 與 ±，因此不易判定為乳房炎，故為非臨床性乳房炎。假若機器設定單一的門檻值，在偵測非臨床性乳房炎時，因非臨床性乳房炎從乳房外觀上不易判定，現場作業的擠乳工人必須依照警示燈顯示，研判才有較高的準確度。國內乳羊場飼養之乳羊品種多，而個體與品種不同其羊乳導電度亦有差異，因此在線上導電度偵測時，必須依個別羊隻連續數日導電度值之平均，做為門檻值與左右分房比值，以供非臨床性乳房炎的偵測，如此才能更準確。

表 2. 使用導電度門檻值檢測羊隻之潛在性乳房炎

Table 2. The detection of sub-mastitis by EC threshold in dairy goats

	EC threshold 6.8 mS/cm	
	Healthy half	Infected half
No. of samples	42	18
Separate pathogenic germs	10	13
Sensitivity, %	—	72.2
Specificity, %	76.2	—

參考文獻

- 吳永惠、林孫權、劉世賢。1994。乳用山羊潛在性乳房炎篩選方法的效率評估。中華獸醫 20 (3) : 272-279。
- 萬一怒、林琮舜、連振昌、陳煥南、徐慶霖。1998。牛乳導電度之量測。畜產研究 31 (1) : 87-100。
- 連振昌、萬一怒。1999。牛乳導電度檢測門檻值決定之研究。農業機械學刊 8 (1) : 73-85。
- 劉文博。2000。山羊乳之體細胞數、導電度乳清乳酸去氫酶活性與乳量之變化。碩士論文。國立中興大學，台中市。
- Das, M. and M. Singh. 2000. Variation in blood leucocytes, somatic cell count, yield and composition of crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 35:169-174.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. *Biometrics.* 11:1.
- Fernando, R. S., R. B. Rindsig and S. L. Spahr. 1981. Effect of length of milking interval and fat content on milk conductivity and its use for detecting mastitis. *J. Dairy Sci.* 64:678-682.
- Galina, M. A., R. Morales, B. López and M. A. Carmona. 1996. Effect of somatic cell count on lactation and soft cheese yield by dairy goats. *Small Rumin. Res.* 21:251-257.
- Hinckley, L. S.: 1983. "Somatic cell count in relation to caprine mastitis," *AgriPractice*, August, p. 1267-1271.
- Nielen, M., Y. H. Deluyker, Y. H. Schukken and A. Brand. 1992. Electrical conductivity of milk : Measurement, modifiers, and meta-analysis of mastitis detection performance. *J. Dairy Sci.* 75:606-614.
- Park, Y. W. 1991. Interrelationship between somatic cell counts, electrical conductivity, bacterial counts, percent fat and protein in goat milk. *Small Rumin. Res.* 5:367-375.
- Philpot, W. N. and S. C. Nickerson. 1991. *MASTITIS: Counter Attack*. Bobson Bros. Publishing Co.
- Rupp, R. and D. Boichard. 1999. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits, and milking ease in first lactation Holsteins. *J. Dairy Sci.* 82:2198-2204.
- SAS. 1987. *SAS User Guide*. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. NC. U.S.A
- Schultz, J., R. D. Fahr, G. Finn, and I. Naumann. 1999. Physical examination and palpation findings of mammary glands and indication of udder health in goat milk. *Tierarztl. Prax. Ausg. G Grosstiere Nutztiere.* 27:92-98.
- Wilson, D. J., K. N. Stewart and P. M. Sears. 1995. Effects of stage of lactation, parity and season on somatic

- cell counts in infected and uninfected dairy goats. *Small Rumin. Res.* 16:165-169.
- Wong, N. P. 1988. *Physical properties of milk in fundamentals of dairy chemistry*. 3rd ed. Van Nostrand Reinhold Co., NY.
- Zeng, S. S. 1996. Comparison of goat milk standards with cow milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. *Small Rumin. Res.* 21:221-225.
- Zeng, S. S. and E. N. Escobar. 1995. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Rumin. Res.* 17:269-274.

An auto-detecting system for mastitis in dairy goats ⁽¹⁾

Shui-Tsai Chen⁽²⁾⁽⁵⁾ An-Kuo Su⁽²⁾ Jin-Shyan Wu⁽²⁾ Ye-Nu Wan⁽³⁾
and Jenn-Chang Lien⁽⁴⁾

Received : Jan. 31, 2007 ; Accepted : Mar. 11, 2008

Abstract

The purpose of this study was to develop an auto-detecting system for mastitis in dairy goats. There were many methods which could be used to detect mastitis. However, electrical conductivity method was one of the non-invasive nature, which could detect mastitis without damaging the mammary gland. The value of electrical conductivity from milk was calculated by the ionic concentration in goat milk. Therefore, variation of electrical conductivity of goat milk could be used to determine whether a dairy goats had mastitis or not. If the value of electrical conductivity in goat milk was over 6.8 mS/cm or the ratio of electrical conductivity between different half was over 1.1, mastitis existed. Therefore, the EC threshold of 6.8 mS/cm was used for mastitis detection. Pathogens from 10 of the 42 samples from healthy udders were isolated with a specificity of 76.2%. Pathogens from 13 of 18 samples from infected udders were isolated by sensitivity with a specificity of 72.2%.

Key words : Goat, Electrical conductivity, Mastitis.

(1) Contribution No. 1428 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Kenting, Pingtung 946, Taiwan, R.O.C.

(3) Agricultural Machinery Engineering Department, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.

(4) Agricultural Machinery Engineering Department, National Chia-yi University, Chia-yi, Taiwan, R.O.C.

(5) Corresponding author, E-mail : stchen@mail.tlri.gov.tw.

