

監測乳牛場擠乳清洗作業用水品質以 確保清洗效果之研究⁽¹⁾

李素珍⁽²⁾⁽³⁾ 張菊犁⁽²⁾

收件日期：101 年 2 月 10 日；接件日期：101 年 8 月 30 日

摘要

本研究為瞭解乳牛場擠乳清洗作業用水品質與生乳衛生品質之相關性，依乳牛場擠乳室用水之 pH 值、硬度、水溶性鐵量、鎂量等來選取苗栗縣及桃園縣 8 個試驗戶，研究結果顯示：水之 pH 值、硬度、水溶性鐵量、鎂量較高的試驗組與對照組比較，於正常清洗擠乳設備（含貯乳槽）的 CIP（cleaning in place）定位清洗程序下，監測所使用酸性清洗液之 pH 值能達 2，鹼性清洗液之 pH 值能達 11，則於擠乳杯、集乳座、緩衝槽和貯乳槽等處採樣之生菌數均顯著降低，能提升清洗效果。建議乳牛場除隨時留意清洗擠乳設備的 CIP 定位清洗作業是否正常外，宜定期檢測擠乳室用水之品質，若有異常則需監測清洗擠乳設備時所使用酸性清洗液之 pH 值需達 2，鹼性清洗液之 pH 值需達 11 以確保清洗效果。

關鍵詞：清洗用水品質、生菌數、擠乳機清洗。

緒言

眾所皆知生乳品質與乳製品品質有密切相關，且直接影響酪農收益。乳牛場其生乳與擠乳設備（含貯乳槽）為第一線接觸，因此，擠乳設備的清洗作業，包括清洗液之濃度、活性及清洗液之水溫相當重要，而清洗液之濃度及活性的顯現與清洗擠乳設備用水品質又有直接關係。研究報告顯示：清洗擠乳設備用水的 pH 值太低或太高，硬度太高、水溶性鐵量高或鎂量高等，所使用清洗劑之需要量也高，且會影響擠乳設備的清洗效果而影響生乳的衛生品質（Allen *et al.*, 1958; Barmey and VanHorm, 2003; David, 2005; Jim, 2008）。李及張（2012）檢測國內 467 個乳牛場擠乳室用水品質，除 pH 值外，其地下水各項化學成分及重金屬之平均值都高於自來水，而部分乳牛場擠乳用水其水溶性鐵、硬度等含量很高。本研究擬藉監測乳牛場清洗擠乳設備用水之品質，並瞭解清洗作業之清洗液使用濃度、成本及對生乳衛生品質等之影響。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1785 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

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

材料與方法

I. 試驗材料

依乳牛場擠乳室用水之 pH 值、硬度、水溶性鐵量及鎂量等來選取苗栗縣及桃園縣 8 個試驗戶。

II. 調查試驗戶擠乳設備清洗的作業程序及使用酸性或鹼性清洗液之種類及濃度等，並於擠乳後檢測所使用酸性或鹼性清洗液之用量及以水稀釋後之 pH 值；試驗組之酸性及鹼性清洗液分別調整至 pH 值 2 與 pH 值 11（此為以酸性液及鹼性液清洗擠乳設備之推薦標準），紀錄試驗前及調整清洗液之 pH 值後，酸性及鹼性清洗液之使用量、成本等。

III. 檢測試驗戶於試驗前及調整清洗液之 pH 值後擠乳設備之清洗效果

每一試驗戶於 CIP（cleaning in place）定位清洗前及清洗後，各以無菌之棉花棒塗抹擠乳杯、集乳座、緩衝槽和貯乳槽等處，再將擦拭之棉花棒折斷放入裝有 10 mL 無菌水之試管，進行生菌數分析，並換算成每平方公分之污染量（Sveum *et al.*, 1992）。

IV. 檢測項目及方法

藉 pH 測定儀（美國製、HACH sense ion 378）檢測 pH 值；硬度及鎂濃度藉水質快速測定儀（美國製、HACH DR 5000）測定，其中硬度以碳酸鈣濃度表示。水溶性鐵濃度藉原子吸收光譜儀（日本製、HITACHI Z 2000）測定。生菌數依據中國國家標準（2007）以 standard plate count agar（Difco）於 35°C 培養 48 小時後，計算菌落數。

結果與討論

先檢測乳牛場擠乳室用水之水質，依水之 pH 值、硬度、水溶性鐵量、鎂量等來選取苗栗縣及桃園縣 8 個試驗戶，方式如表 1，選擇 A 戶用水之 pH 接近 6，B 戶（對照組）用水之 pH 值大於 8，其餘水之硬度、水溶性鐵量、鎂量等相近。美國 The National Research Council, NRC（2001）將水之硬度低於或等於 60 mg/L 稱軟水，超過 60 - 120 mg/L 稱為中等硬度水，超過 120 - 180 mg/L 稱為硬水，超過 180 mg/L 稱為極硬水；選擇 C 戶用水之硬度高達 524 mg/L，D 戶用水 50 mg/L 為對照，其餘 pH、水溶性鐵量、鎂量相近。選擇 E 戶用水之水溶性鐵量高達 2.32 mg/L，F 戶用水 0.12 mg/L 為對照，其餘水之 pH 值、硬度、含鎂量相近。目前檢驗乳牛場（n=467）擠乳室用水之含鎂量數據，92.3% 低於 40 mg/L，僅 3% 高於 80 mg/L，選擇試驗戶 G 為所檢測含鎂量最高者達 96.2 mg/L，H 戶 15.0 mg/L 為對照，其餘水之 pH 值、硬度、水溶性鐵量相近。

調查 8 個試驗戶清洗擠乳設備（含貯乳槽）的作業程序及使用清洗液之種類、濃度和清洗液之水溫等，先確定試驗戶清洗的作業程序、使用清洗液之濃度和清洗液之水溫等是否正常。目前國內乳牛場都以 CIP 定位清洗擠乳設備，一般清洗擠乳設備的 CIP 定位清洗程序為：以 38 - 40°C 溫水預洗 10 - 15 分鐘後排乾，以 70 - 80°C 熱水加鹼性清洗劑循環沖洗 10 - 15 分鐘後排乾，以 70 - 80°C 熱水加酸性清洗劑循環沖洗 10 - 15 分鐘後排乾，以 60 - 70°C 熱水循環沖洗 10 分鐘後排乾。CIP 定位清洗為將擠乳設備包括擠乳杯（teat-cup）、集乳座（claw）、緩衝槽（buffer tank）、乳管、貯乳槽（milk tank）等裝置成為一個封閉的循環回路，使清洗液在內部循環而達清洗目的之一種洗淨方式，而貯乳槽也可於乳槽清空後單獨 CIP 定位清洗。CIP 定位清洗之步驟為預洗、鹼性液、酸性液之漱洗及酸性液消毒（必要時實施）等。每一步驟都有其特殊之功能，預洗是將擠乳設備中的殘乳沖洗出來，而系統的清潔需賴鹼性及酸性等清洗劑，必要時使用酸性液漱洗來完成消毒程序。CIP 定位清洗主要將不溶於水的乳成分譬如乳脂肪、蛋白質及礦物質等物質自乳管壁移出，若牛乳殘留在器具表面一段時間，液體部份將

被蒸發，而脂肪、蛋白質及礦物質為非水溶性則被留下來會形成薄膜，爾後當乳汁再度流過此薄膜處，乳汁中礦物質、蛋白質及脂肪會自行附著於該處，經過一段時間，該處將會形成一團非常硬而難以去除的乳石。乳汁中礦物質需賴酸性清洗劑或清潔劑中之分解劑將礦物質固定並帶離管道，而乳脂肪會被鹼皂化 (saponification)，水解為醇和羧酸鹽等被排出，蛋白質則需賴鹼性清洗劑將其變為可溶性的膠樣液並移除之。為完成以上作用，循環清洗液必須有足夠的濃度及作用時間以達到有效的清洗，也就是需含足量的鹼性或酸性清洗液使能達到適當的 pH，上述所指的鹼性與酸性清洗劑需為食品級並依產品指示濃度使用，濃度約為 0.3 - 0.5%。理想的循環清洗，開始的水溫為 70 - 80℃，以鹼性清洗液循環沖洗 10 - 15 分鐘，當進行鹼性液漱洗時，若水溫太高，會致乳脂肪焦著在器具表面，反之清洗水溫也不可太低，溫度不足將會使脂肪固化，於漱洗出系統前再度附著於器具上，故循環沖洗終了之水溫至少需維持在 50℃；且循環沖洗時間至少需 10 分鐘，使鹼性液有足夠的時間與乳脂肪接觸並分解脂肪，若循環沖洗時間未達 10 分鐘，則鹼性液接觸脂肪的時間不足，而循環清洗的時間若超過 15 分鐘，則循環沖洗終了清洗液的溫度將會下降，可能造成脂肪在未完全洗出系統前自行再附著。研究結果顯示：8 個試驗戶所使用之酸性或鹼性清洗劑均為食品級，其中有 2 戶所使用濃度不符合該產品指示濃度（一般推荐使用濃度約為 0.3 - 0.5%），而清洗之水溫異常，已建議調整。

於 8 個試驗戶乳牛場擠乳後，檢測所使用酸性或鹼性清洗液之用量及經水稀釋後之 pH 值，分別調整使酸性清洗液之 pH 值達 2，鹼性清洗液之 pH 值達 11，並配合熱水之適當溫度，追蹤試驗前及調整清洗液之 pH 值後清洗擠乳設備之效果，於擠乳杯、集乳座、緩衝槽和貯乳槽等處採樣之生菌數均顯著降低，試驗結果如表 2 所示，於正常清洗擠乳設備的 CIP 定位清洗程序下，監測所使用酸性清洗液之 pH 值能達 2，鹼性清洗液 pH 值能達 11，則能提升清洗效果。

統計試驗前及調整清洗液之 pH 值後，酸性及鹼性清洗液使用量、成本等，因試驗前及調整清洗液之 pH 值後所使用酸性及鹼性清洗液的量差異不大，短期內無法顯現成本的差異，但若清洗用水質未改善的情況下，需長期去監控並調整清洗擠乳設備水之 pH 以確保清洗效果，所花之人力及累計之酸性及鹼性清洗液使用量，則成本將相對提高。

研究報告顯示，擠乳設備清洗用水之 pH 值偏高或偏低，硬度、水溶性鐵濃度或鎂濃度太高都會影響清洗擠乳設備的效果，pH 值小於 7 為酸性，大於 7 為鹼性，酸性水質對水管或擠乳設備之損害比水質鹼性者大，若水質偏酸性或偏鹼性導致清洗擠乳設備時整體之 pH 值不足或超過將會影響清洗效果而影響生乳品質 (Barmey and VanHorn, 2003)。水的硬度是由溶解於水中許多多價的陽離子所構成，主要為鈣及鎂，其餘為鋇、鋇、鋁、鐵、錳等，僅約佔 3%，故一般水中溶解的鈣離子和鎂離子以碳酸鈣表示即所稱硬度 (NRC, 2001)。硬水主要為鈣、鎂與清洗劑在清洗過程的反應稱為皂化凝結，當水被氣化後會形成一層不溶解的粉狀物質，故水的硬度愈高，為達到有效清洗所需的清洗劑量就愈多 (Allen *et al.*, 1958)。水中之鐵有可溶解於水者、與可溶性有機化合物鏈結者及不溶於水者 3 種型態，後 2 種型態的鐵肉眼可見，以機械式過濾器就可濾除，一般檢驗水質為指溶解於水者。水溶性鐵濃度高時會導致水管內嗜鐵菌增殖，形成紅到黑的污點及黏質物沉積而影響水管內水流，因此，水溶性鐵濃度愈高，為達有效清洗所需使用的清洗劑量也愈高 (David, 2005; Jim, 2008)，與本試驗結果相同，為確保清洗效果，宜定期檢測擠乳用水之水質，並監測所使用酸性清洗液之 pH 值能達 2，鹼性清洗液 pH 值能達 11，則能提升清洗效果。

「eXtension」是由美國 74 個大學合作，在網路上提供改善水質相關資訊，期能提升人及乳牛飲用水品質，其於 2011 年元月 19 日更新資料顯示，可能的水質處理方式有下述 10 種：(1) 活性碳過濾 (activated carbon filters)：可移除水中臭氣、顏色、異味、部分氯、汞、硫化氫、部分殺蟲劑、氡氣 (radon) 氣體、揮發性有機化學氣體，但需定期更換濾膜，否則易致細菌生長而失效。(2) 空氣移除法 (air stripping)：可移除水中異味、硫化氫、氫氣氣體、揮發性有機化學氣體，然而價格高昂且噪音大，細

菌生長也是問題之一，不建議家庭及小規模者使用。(3) 加氯：可有效殺菌故廣被使用，也可去除臭氣、顏色、異味；若先經機械式過濾或活性炭過濾，則可移除硫化氫、水溶性鐵、水溶性錳、氨氣氣體、揮發性有機化合物等；此法需留意氯的添加方式及殘留量(乳牛飲用水適用的氯含量為 1,000 - 1,500 mg/L，氯含量太高會影響乳牛的飲水量及性能表現)。(4) 紫外線照射：可殺菌，缺點為於操作進行中無法確知水流過時紫外線是否正確照射。(5) 臭氧處理 (ozonation)：可殺菌、移除臭氣、顏色、異味，設備貴；若先經機械式過濾或活性炭過濾，則可移除硫化氫、水溶性鐵、水溶性錳等。(6) 蒸餾：可移除大量的總溶解固形物 (total dissolved solids) 及低濃度之無機物如硝酸鹽、臭氣、異味，重金屬之鉛、汞、砷、鎘、鋇等，一些殺蟲劑、鎘、鹽、高融點之揮發性有機化合物等，但處理過程慢、需耗費大量水，價格高。(7) 陰或陽離子交換：陰或陽離子交換可移除特定臭氣、異味、顏色及軟化水質使硬度降低，及移除低於 1 mg/L 之鎘、鋇、水溶性鐵、水溶性錳等；陰離子交換可移除硝酸鹽，但陽離子交換無法移除硝酸鹽。(8) 機械式過濾：可移除水不溶性鐵、水不溶性錳、鹽、沙、黏土等。(9) 逆滲透法 (reverse osmosis)，可移除無機物如硝酸鹽、臭氣、異味、一些殺蟲劑、鎘、鹽、一些揮發性有機化合物等，但過程慢、耗水、需定期保養及更換濾膜，價格高。(10) 氧化過濾法：可移除硫化氫、水溶性及水不溶性鐵、水溶性及水不溶性錳等 (eXtension, 2011)。另藍 (2001) 認為必須採用高級處理的離子交換法將水的硬度去除，所費不貲。依以上敘述，水硬度的去除必須採用高級的離子交換法 (藍, 2001; eXtension, 2011)；欲移除水溶性鐵可採用臭氧或加氯處理，惟均需先經機械式過濾或活性炭過濾；氧化過濾法也可移除水溶性鐵，而當水溶性鐵濃度低於 1 mg/L 時，採陰或陽離子交換處理之效果較佳 (eXtension, 2011)。因此，當水之硬度或水溶性鐵較高者，可選擇上述方法之一或配合使用來改善。

水之硬度主要是水流經石灰質地層所造成，因此這些地區水之硬度高是一種自然現象，而大量使用此種地下水為自來水水源的硬度可能也較高。因此，自來水和地下水之硬度會因地區而異，譬如台北市，因為採用優質的地下水，其硬度多能維持在 50 mg/L 以下。因此水源良窳對於水質改善的成本具有絕對的影響，國內自來水水質管理的變革，已經從基本的殺菌要求，提昇到毒性物質的去除，目前則已步入水質口感的改善，達到已開發國家的水準；如果優良水源的取得，可以替代高昂的處理費，那將是最理想的水質改善方案，因此目前自來水水質的改善，必須通盤的檢討水源開發與管理，近期應減少水源的污染，中期必須提昇水處理效率，長期則宜另覓優質水源 (藍, 2001)。但若因地區水質受限，如某些水之硬度或水溶性鐵較高者，可選擇上述方法之一或配合使用來改善。

結論與建議

試驗戶擠乳清洗作業用水之 pH 值、硬度、水溶性鐵量、鎂量雖較高，於正常清洗擠乳設備的 CIP 定位清洗程序下，監測並調整所使用酸性清洗液之 pH 能達 2，鹼性清洗液 pH 值能達 11，則使乳生菌數顯著降低，能提升清洗效果。建議乳牛場除隨時留意清洗擠乳設備的 CIP 定位清洗作業是否正常外，宜定期檢測擠乳用水之水質，若有異常但無法及時改善，則需監測並調整清洗擠乳設備時所使用酸性清洗液之 pH 值能達 2，鹼性清洗液 pH 值能達 11，以確保清洗效果。

表 1. 試驗戶清洗擠乳設備用水之 pH 值、硬度 (CaCO₃)、水溶性鐵量及鎂含量Table 1. Content of pH value, hardness (CaCO₃), soluble iron and magnesium in cleansing milking machine water sampled from experiment dairy farms

Dairy farms	pH	CaCO ₃	Soluble iron	Magnesium
			(mg/L)	
A	6.07	105	0.15	14.2
B	9.07	110	0.21	15.0
C	7.25	524	0.11	20.0
D	7.34	50	0.21	15.8
E	7.37	120	2.32	15.0
F	7.30	110	0.12	15.5
G	7.26	115	0.12	96.2
H	7.32	120	0.10	15.0

表 2. 試驗前及調整清洗用水之 pH 值後以 CIP 清洗擠乳設備之生菌數 (log CFU/cm²)Table 2. The standard plate count (log CFU/cm²) of CIP cleansing before and after adjust the pH value of cleansing milking machine water

Sampling site	Before adjust the pH	After adjust the pH	No. of samples
	value of cleansing water	value of cleansing water	
Teat-cup	4.4 (3.2-5.2) ^a	1.2 (0.5-1.8) *	100
Claw	4.7 (3.4-5.7)	1.4 (0.5-2.3) *	25
Buffer tank	4.8 (4.0-5.4)	1.0 (0.1-2.1) *	16
Milk tank	5.2 (3.8-6.2)	2.5 (2.0-3.5) *	16

* Means within the same row are significantly different (P<0.05) .

^a Means (minimun-maximun) .

誌謝

本研究蒙本分所鄭志明、曾鳳梅、李惠真等同仁協助水樣採集及分析，謹此誌謝。

參考文獻

- 中國國家標準。2007。乳品檢驗法－細菌之檢驗，總號 3452，類號 N 6068。經濟部標準檢驗局印行。
- 李素珍、張菊犁。2012。乳牛場用水水質監測。畜產研究 45：1-18。
- 藍正朋。2010。自來水水質標準與水源保護。國政研究專題－永續發展。國家政策論壇 1(3): 157-158。
- Allen, N. N., D. Ausman, W. N. Patterson and O. E. Hays. 1958. Effect of zeolite treatment on hard drinking water on milk production. J. Dairy Sci. 41: 688-691.
- Barmey, H. and H. H. VanHorm. 2003. Water and its important to animals. University of Florida Institute of

- Food and Agricultural Sciences Extension.
- David, K. B. 2005. Assessment of water quality and nutrition for dairy cattle. Pro: Mid-South Ruminant Nutrition Conference. April 27-28. Arlinton, TX.
- eXtension, 2011. Evaluation of water quality and nutrition for dairy cattle. <http://www.extension.org>. Last Updated: January 19, 2011.
- Jim, L. 2008. Impact of minerals in water on dairy cows. University of Minnesota, Department of Production and Reproduction.
- The National Research Council. 2001. The Nutrient Requirements of Dairy Cattle.
- Sveum, W. H., L. J. Moberg, R. A. Rude and J. F. Frank. 1992. Microbiological monitoring of the food processing environment. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Vanderzant, C. and D. F. Splittstoesser (Ed.) American Public Health Association. Washington, DC. pp. 51-74.

The study of monitoring the quality of milking machines cleansing water to ensure the cleaning effects in dairy farms⁽¹⁾

Sue-Jan Lee^{(2) (3)} and Chu-Li Chan⁽²⁾

Received: Feb. 10, 2012; Accepted: Aug. 30, 2012

Abstract

This research is to study the quality of milking machines cleansing water and raw milk hygiene, and the relationship between them in dairy farms. Eight dairy farms are selected from Miaoli County and Taoyuan County according to criteria: pH value, hardness (CaCO_3), soluble iron, and magnesium in the milking machines cleansing water. The experimental group is set to have higher criteria readings than the control group. The result shows that under standard CIP (cleaning in place) cleaning procedure (milk tank included), when the pH value of alkaline fluid is adjusted to above 11 and that of acid fluids to below 2, both groups' standard plate counts in teat-cup, claw, buffer tank, and milk tank drop dramatically, and therefore the cleaning effect are significantly improved. We suggests that besides the routine check-up on the CIP cleaning procedure, the quality of milking machines cleansing water should also be examined regularly; if it shows any abnormality, it is recommended to adjust the pH value of alkaline fluids to 11 and that of acid fluid to 2 to ensure the cleaning effects.

Key words: Cleansing water quality, Standard plate count, Wash milking machine.

(1) Contribution to No. 1785 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchu, Branch, COA-LRI, Miaoli, 36843, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: sjlee@mail.tlri.gov.tw.

