

生乳曝氣起泡問題之探討

光泉酪農部 蔡銘偉

前言

生乳曝氣指的是在運輸與加工的過程中，生乳產生氣體泡沫的現象。當生乳與空氣混合劇烈，產生了大量的乳泡沫，可能就會影響乳製品的品質和口感。探究造成曝氣的原因，可能源於不當的設備操作，或原材料特性所致。欲解決這個問題，通常需要仔細操作控制與調整設備，以確保氣體不被引入或滯留在產品中。

生乳起泡的原理

乳是一類含有脂肪乳化分散相和水性膠體連續相的複雜膠體分散系，主要由蛋白質、脂肪、乳糖等營養物質組成。乳中的蛋白質與脂肪含量受品種、季節、環境、日糧等因素的影響較大，而乳中其他的成分含量相對穩定，此外蛋白質的種類和物理性也會因泌乳期所處的不同階段、牛奶的新鮮程度、加工、冷藏運輸等，都會有所影響。在集乳、貯乳與殺菌階段，受機械性之攪拌或震動，進而引發起泡，有時甚至會引起乳脂肪塊狀化之現象；牛乳的泡沫型態可分為兩種：一為蛋白質泡沫，另一種為磷脂類泡沫。

乳蛋白是生乳起泡的主要關鍵，乳蛋白主要是由酪蛋白與乳清蛋白所組成，組成的比例約為 4:1；但是

從實驗中得出，牛乳中起泡的蛋白質主要是乳清蛋白，當蛋白質分子舒展時，就會暴露較多的疏水性基、親水性基，親水與疏水性基分別結合水和油，同時也會與空氣結合，形成泡沫，使其在氣泡表面形成一層穩定的薄膜，提供穩定性，防止氣泡迅速破裂。

酪蛋白的性質能夠降低水油界面，起了表面活性劑的功能；具有良好的起泡性能，乳清蛋白輕微變性後，分子間二硫鍵、氫鍵等使得蛋白質間交互作用增強，起泡性增加。

牛乳中的乳脂肪主要以脂肪球的形式存在，98%的乳脂肪都是三酸甘油脂的延伸物，在脂肪球的表面包裹一層被稱之為「乳脂肪球膜」的保護層，球膜上含有大量的磷脂質，磷脂質分子含有親、疏水兩性基團，因此具有良好的乳化性與起泡性。研究指出，在牛乳中額外添加乳脂肪，當乳脂肪含量增加，起泡性也會隨之增加；一旦達到最大值後，再增加乳脂肪的含量，反而會使起泡性下降，因為乳脂肪中含有少量的游離性脂肪酸，游離性脂肪酸是一種良好的消泡劑，當游離性脂肪酸增多，便會降低牛乳的起泡性和泡沫穩定性。

當生乳與空氣接觸時發生以下幾種反應：

① 氧化作用：生乳中的脂肪和蛋白質等成分，容易與空氣中的氧氣進行氧化反應。氧氣是一種強氧化劑，它可以與生乳中的雙鍵和含有氧原子的化合物發生反應，導致氧化反應的發生。可能會導致生乳表面出現褐色或氧化的斑點，同時也可能影響生乳的風味和質地。

② 微生物生長：空氣中存在微生物和細菌，包括空氣中的常見菌種。當生乳暴露在空氣中時，這些微生物有機會進入生乳並開始生長。微生物在生乳中利用其中的營養物質進行代謝活動，產生新的化合物和代謝產物。可能導致生乳變壞、產生異味、以及引發食物中毒。

③ 水分交換：生乳中的水分與空氣中的水蒸氣之間可能發生水分交換。這是由於水分子在氣體和液體之間的動態平衡；當生乳暴露在空氣中時，水分子可從生乳蒸發到空氣中，同時空氣中的水蒸氣也可吸收到生乳汁中。將可能導致生乳表面出現結霜的現象。

實際可能造成生乳過度曝氣或形成泡沫的關鍵點：

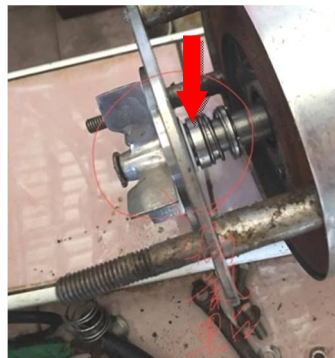
在生乳流動與貯存的封閉系統中，當有空氣異常進入與生乳接觸，加上機械的抽乳或攪拌動作，就會讓生乳與空氣產生作用。擠乳機當然也有很多的關鍵點存在漏氣的可能性。本篇主要是要探討，從集乳缸到工廠，

此段流程的主要問題點：

- 集乳缸擠乳與清洗管路切換器漏氣



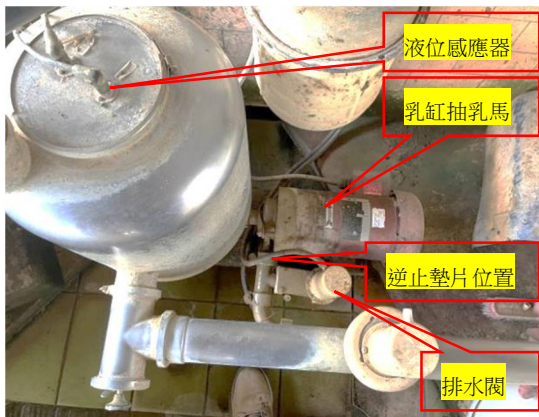
- 集乳缸抽乳馬達軸封漏氣



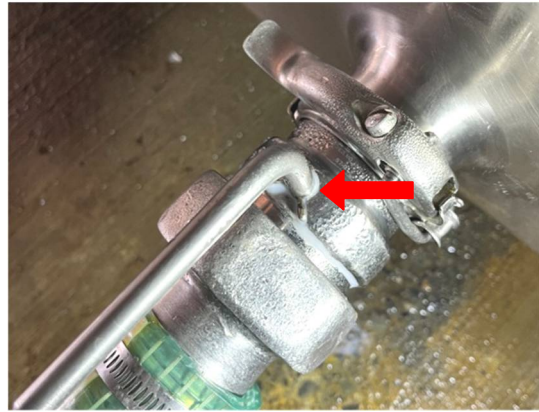
- 抽乳馬達後方管路中逆止墊片破損



- 乳缸內抽乳液位感應器異常



- 貯乳槽閥門口滲漏



- 貯乳槽降溫過慢，過度攪拌
- 貯乳槽攪拌器轉速過快(正常轉速約為 25~35 轉/分)
- 乳槽大小、貯存餐數與乳量搭配錯誤



正常乳槽內生乳狀況



乳槽內過度曝氣起泡的生乳

乳車運輸端

- 乳車上抽乳泵浦轉速過快
- 抽乳軟管有破損
- 乳車上抽乳泵浦軸封漏氣



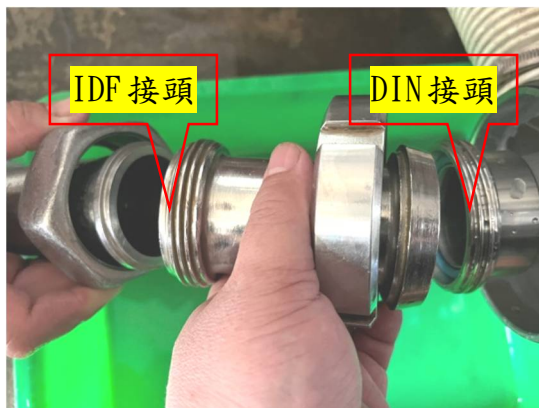
光泉廠農通訊(121)

<https://www.kuangchuan.com/FacInfo/Dairy>

- 抽乳管與乳槽對接處漏氣(或未加裝墊片)

貯乳槽的出口雖然都是 2 英吋不銹鋼管，但在接口處每家品牌都有不同規格，常見的為 IDF、DIN、SMS，目前乳車上都是 IDF 的接口，一些歐規品牌的貯乳槽是 DIN 的出口，由於每個規格的螺牙紋都不相同，無法通用，因此貯乳槽廠商都會附轉接管。

筆者曾處理乳車回廠抽完奶清洗時，發現大量的泡沫，了解與探討後發現，司機在酪農戶抽乳時未裝設墊片，致使空氣吸入，造成大量的乳泡。從此案件中也發現墊片的規格分超多種類，因此更換所有乳車的鋼管接頭與墊片，換成相同的規格，降低司機在酪農戶收乳時，生乳曝氣起泡問題的發生。



結論

探討生乳曝氣問題，起因於筆者觀察每台乳車，進廠抽乳後清洗時發現有些乳車的泡沫特別多，有些乳車卻沒有泡沫的差異性，因此著手進行上述每個關鍵點的調查與改善方針。

乳品產業中，都要儘量避免牛乳與空氣接觸，此乃基本準則；甚至有些在製程中，會進行脫氧或在成品使用氮氣充填，但從「牧場到工廠」的這一段過程卻特別容易被忽略，而此過程對於品質而言，影響甚鉅；因此筆者將問題處理的經驗，結合書本知識的原理，整理過後與大家分享資訊與經驗。