*Korean Dairy Technol.* 2(2) : 85~91. 1983

# 乳業工場에 있어서 洗劑의 利用과 選択

서울우유 제2공장 생산과장

**文 智 雄**

## 가. 서 론

최근 우유공장(Mik plant)에서는 高度의 加工技術과 기계장치의 자동화 추세에 의하여 제품위생상 洗淨作業(cleaning)의 중요성이 가일층 高潮되어 가고 있다.

제조공정중 기계장치나 제품에 사람의 손이 직접 닿지 않고 대규모의 복잡한 기계장치를 분해 조립없이 짧은 시간내에 洗淨할 수 있는 C. I. P system은 제품의 품질향상 뿐만 아니라 세정 시간의 단축, 인건비의 절약, 생산성의 향상면에서 크게 활용되고 있다. 따라서 적절한 洗淨의 선택과 洗淨 system의 채용은 고도의 기술과 위생수준이 요구되며 경영적인 측면에서 보다 고차원적인 관리운영이 필요하다고 하겠다.

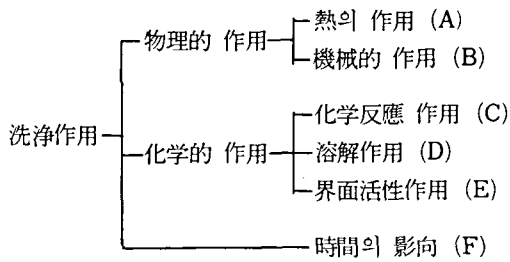
## 나. 洗淨의 중요성

우유는 어느 식품 보다도 영양분이 풍부하여 미생물에 의한 汚染(Contamination)이 항상 문제시 되고 있다. 즉, 우유를 가공처리한 기계장치내에는 처리중 잔류된 우유 및 그 변성물질들이 부착하여 존재하므로 다음 제조공정을 위하여 완전하게 分離除去하여야 한다.

만일 이러한 세정작업이 지연되거나 불충분하였을 때는 많은 세균들은 그 잔유물을 배지 (培地)로 하여 증식하게 되고 장치내에서 오염 증식된 무수한 세균들은 살균효과를 감소시키거나 또다른 대사물질(유기물)을 형성하여 제품의 풍미를 저해시키거나, 작업 환경을 더럽히며 기계장치의 수명을 단축시키는 결과를 초래한다.

또한 세정작업은 기계장치 표면에 부착된 더러운 이물을 제거하는 것이므로 이물의 결합력(付着 energy)보다 세정력(供給 Energy)이 증대되기 때문에 부착력을 감소하기 위하여는 가능한한 제조 공정이 완료된 후 바로 세정하는 것이 경제적이라 할수 있다.

### 1. 세정작용




(A) 熱의 작용

1) 세정작용은 온도의 상승에 따라 증대되며 세정액의 점성이 낮아지면 교반효과가 증가하고 더러운물질(세정이물)의 용해도가 증가한다.

2) 화학반응 속도가 증가한다.
우유제품의 더러운 이물제거 속도는 46~82℃ 범위서 10℃ 상승함에 1.6배가 증가한다.[2]

(B) 기계적 작용

1) 더러운 물질에 대하여 직접작용
(고압스프레이, 연마, 브라쉬, 걸레질 등)

2) 더러운 물질에 분산 용해를 촉진
(교반, 진동, 펌프순환, 초음파 작용)

(C) 화학반응작용

화학반응에 의하여 더러운 물질을 가용 물질로 변화시켜 제거

(油脂+가성소다→비누화)

$$\begin{array}{lll} CH_2-OCOOR & & CH_2-OH \\ CH-OCOOR+3NaOH & \rightarrow & CH-OH+3RCOONa \\ CH_2-OCOOR & & CH_2-OH \end{array}$$

(油脂) (가성소다) (glycerol) (비누)

(D) 용해작용

물, 알콜등에 직접 용해

(E) 계면 활성작용

고체 표면에 대하여 친화력(親和力)을 가진 계면활성제(1분자내에 친수성과 친유성 부분의 존재)로 더러운 물질과 치환제거하는 작용)

이것은 표면 장력이 저하되고 침투력과 유화력이 증대된다.

(F) 세정시간의 영향

온도(열)와 마찬가지로 세정효과를 증진시킨다. 그러나 너무긴 세정시간은 효과에 제한을 받는다.

(예) C. R. Arnold박사(美) 보고[9]

가성도 1.9%에 있어서 청량음료병 세정의 경우, 60℃/3분간의 세정살균효과는 49℃/13분간의 효과와 동일하다.

### 2. 세제의 선정

(1) 세제 선택의 유의사항

(a) 세정력이 우수하고 水洗가 용이할 것.

(b) 수질에 영향을 주지 않고 안정성이 높을것.

(c) 냄새가 나지 않고 기기류에 부식성이 없을 것.

(d) 낮은 비용으로 폐수처리가 가능할 것.

(2) 세제 선정시 고려하여야 할 점.

아주 많은 종류의 세제가운데서 제반조건에 맞는 세제를 선택한다는 것은 쉬운일이 아니나 일반적인 조건을 열거하면

1) 세정할 이물질의 종류(유기물, 무기물)

유기물 Scale에 대하여는 중성세제와 알카리세제가 적합하며 무기물 Scale에 대하여는 산성세제가 사용된다.

2) 세정할 이물질의 상태(고형, 반고형, 두께)

고형화된 Scale에 대해서는 시간과 세제의 절약을 위하여 湿潤, 浸透作用이 큰 계면활성제를 配合하여야 바람직하다.

3) 세정방식(수동, 기계, 용수, 온도, 시간)

기계적 세정효과가 적은 부분에는 화학작용이 강한 세제를 사용해야 하며 재질의 손상을 고려할 것.

4) 세제의 작업성, 독성, 생분해성(액체, 분해, 안정, 공해)

용수의 硬度가 높을때(特히 세병기)는 耐硬水性이 좋은 세제를 사용하여야 한다.

5) 경제성, 清浄度목표(가동경비, 품질관리)

세제의 농도 관리를 자동화하기 위하여는 액체세제 선정이 바람직하다.

## 다. 세제의 종류와 성분

### 1. 세제종류 〈보기 1〉

### 2. 洗剤의 購備条件

現在 洗剤로 利用되는 것으로는 유기산, 무기산, 界面活性剤(Wetting agent)및 封鎖剤(Chelating agent)가 있다.

〈보기 3〉에서와 같이 洗剤로 이용되는 化学薬品은 그 어떤 단일세제로서 完全한 洗浄効果를 기대

〈보기 1〉 세정시 pH에 의한 분류[2]

| 종 류 | 산 성 세 제 | 중 성 세 제 | 약알카리세제 | 알카리세제 | 강알카리세제 |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | <6.0 | 6.0~8.0 | 8.0~11.0 | 11.0~12.5 | >12.5 |
| 주 성 분 | 초 산<br>인 산<br>유 기 산 | 계면활성제<br>용 제 | 탄산염, 규산염인산염 등<br>알카리비르타<br>계면활성제 | | 가 성 소 다<br>계 면 활 성 제<br>유기키데트제 |
| 용 도 | 무기 Scale<br>제 거 | 기계, 바닥<br>용 기 세 척 | 기계, 기구 등 세관, 상자<br>수동세척, 세척, 수동식 | | CIP 세 정<br>세 병 용 |

〈보기 2〉 洗劑의 特性図[5]

| 成分 | | 洗浄効力의 比較 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 乳化力 | 鹼化力 | 湿潤力 | 分散力 | 懸濁力 | 解膠力 | 물의軟化力 | 無機物침전억제 | 水洗力 | 起泡性 | 無腐食 | 無刺剋 |
| 알카리化合物 | 苛性·소다 | C | A | C | C | C | C | C | D | D | C | D | D |
| | 메타珪酸소다 | B | B | C | B | C | C | C | C | B | C | B | D |
| | 소다灰 | C | B | C | C | C | C | C | D | C | C | C | D |
| | 제3燐酸소다 | B | B | C | B | B | B | AO | D | B | C | C | C |
| 인산化合物 | 테트라인산소다 | A | C | C | A | A | B | B× | A | C | C | AA | A |
| | 트리포리인산소다 | A | C | C | A | A | A | A× | B | B | C | AA | B |
| | 헥사메타인산소다 | A | C | C | C | A | A | A× | B | A | C | AA | A |
| | 삐로인산소다 | B | B | C | B | B | B | B× | B | A | C | AA | B |
| 유기化合物 | 키레트化劑 | C | C | C | C | C | A | AA× | A | A | C | AA | A |
| | 界面活性劑 | AA | C | AA | A | B | B | C | C | AA | AAA | A | A |
| | 有機酸 | C | C | C | C | C | B | A | AA | B | C | A | A |
| | 無機酸 | C | C | C | C | C | C | A | AA | C | C | D | D |

A : 강한効力　B : 중간 〃　C : 〃　D : 効力없음　O : 침전　× : 침전 없음

할 수 없으므로 각 세제의 特性을 考慮하여 복합조제하여 使用하는 것이 洗劑의 절약뿐 아니라 洗劑効果를 기할 수 있고 기계장치의 수명을 연장 시킬 수 있다.

洗劑로서 갖추어야 할 各 機能

a) 乳化作用 (Emulsification)
b) 懸濁作用 (Suspension)
c) 解膠作用 (Peptizing)
d) 鹼化作用 (Safonification)
e) 湿潤作用 (Wetting)
f) 分酸作用 (Deflocculation, Dispersion)
g) 溶　解 (Dissolving)
h) 水　洗 (Rinsing)
i) 물의軟化 (Water Softening)
j) Sequestering and Chelating
(硬度成分抑制作用과 封鎖作用)

### 3. 洗劑의 特性(선택)

(1) 중성세제 (中性洗劑)

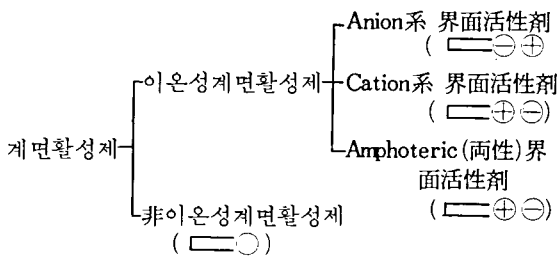
용액의 pH는 6.0~8.0範位이며 성분은 주로 계면 活性劑로서 Anion系 界面活性劑와 Nonion系 界面活性劑가 사용된다.

또한 중성세제는

① Benzen系
② Alcohol系
③ 脂肪酸系로 分類된다.

중성세제의 特徵은 油脂에 대하여 아주 세정력이 우수하고 기계장치의 부식이나 작업자의 피부손상이 없으며 電気的으로 알카리세제 사용이 제한되는 부분에 주로 사용된다. 그러나 일반적으로 가격이 비싸고 단백질系의 더러운 오물에 대하여 洗浄力이 약하기 때문에 CIP용으로 単独使用하는 例는 極히 드물다.

(2) 界面活性剤(계면활성제)




註) ( )分子Model ⊏⊐○ : 親油基 ○ : 親水基

단백질계의 더러운 물질은 알카리 세제에 의하여 제거되거나 지방이나 油成分의 기계기름 등에는 알카리세제만으로 세정이 충분치 못하므로 소량의 계면 활성제를 첨가하여 세정액의 浸透作用(Penetration), 유화작용(Emulsitication), 분산작용(deflocculation)등을 向上시켜야 한다.

계면활성제는 0.001~0.02mol/1 농도에서 물의 표면장력을 저하시키고[2] 세정액의 농도, 온도, 공존물질 등에 의하여 복잡하게 변화하므로 그 성능을 잘 고려하여 배합사용하는 것이 좋다.

例를 들면 Anion이나 Cation계를 과용하면 거품이 많이 일어나서 세정이 오히려 불량하기 쉽다.

따라서 CIP세정이나 자동세정시에는 Nonion 系 界面活性剤를 적절히 배합 사용하는 것이 안전하다.

a) Anion界面活性剤

알카리 금속이온과 塩을 형성하여 수용액중에서 親水基가 陰이온(Anion)으로 된다.

비누, 直鎖 Alkylbenzensulfon酸소다(LAS)

고급알콜유산에스텔소다(AES)

오르핀유산에스텔소다(AOS) 등

b) Cation界面活性剤

역성(逆性)비누라 하여 세정력은 거의 없으나 거품발생력이 좋아 특수한 용도로 많이 사용된다.

4급 Ammonium塩은 살균력을 가졌기 때문에 소독제로도 사용되며 그외 염화알킬비리지움, Alkylamine, Alkylbenzil-dimethyl ammonium-Cloride등이 있다.

c) 両性(Amphoteric)界面活性剤

Amino산형과 Petine형이 있으며 界面活性剤 자체의 Amino性과 Cation性을 가진것으로서 살균, 洗浄力을 겸하고 있으나 특수한 용도외에는 별로 사용되지 않는다. 種類로는 Alkylpetine, Alkylimitasoline 등이다.

d) Nonion 界面活性剤

発泡性이 낮으며 세정시 특유한 담점현상(曇点現象)이 일어나며 산이나 알카리에 안정하기 때문에 기계 세정에 많이 사용된다.

또한 硬度가 높은 用水에도 洗浄力이 좋으며 種類로는 고급 Alcoholetlylenoxide付加物, Alkyle-phenol-ethylenoxide付加物, Ethlenoxide-Propylenoxide付加物, Polyoxiethylenalkye ether등이다.

(3) 알카리세제

1) 약알카리세제(pH 8.0~11.0)……가성소오다를 를 배합하지 않은 약알카리성 塩으로 泡立性이 좋은 Anion계면활성제를 배합(중성세제와 비슷)

2) 알카리세제(pH 11.0~12.5)…… 가성소오다 및 무기산염에 界面活性剤 배합

3) 강알카리세제(pH 12.5이상)

가성소다가 주성분이며 강력한 화학반응에 의하여 단백질이나 탄수화물에 대한 세정력이 아주 높다. 그러나 가성소오다 단독사용시 에는 물의 硬度성분을 析出하는 경향이 있으므로 금속이온 봉쇄기(Chelating agent)나 인산염, 珪酸塩 등 알카리용제를 混用하므로서 CIP 세정 자동기계세정, 세병시에 用水의 硬度성분을 不活性化하면서 세정력을 증대시킨다.

(4) 산성(酸性)세제

무기물 오물(汚物) 즉, 칼슘, Mg, Fe등 不溶性塩 Scal에 대하여 용해제거 하기 위하여 사용되며 적용금속에 따라서 硝酸, 燐酸 이주로 사용되며 유기산(有機酸)으로 구연산, 酒石酸, glycol酸 등이 PH 2~3으로 사용된다. 특수용으로 塩酸과 硫酸도 사용되나 Stain less재질에 부식을 크게 준다. 또한 燐酸은 化学作用이 완만하여 각종 界面活性剤배합이 가능하고 無機質과 有機質의 Scale에 대하여서도 침투성이 좋고 gas나 거품의 발생이 적으므로 洗剤로서의 効用度가 높다.

(5) 특수세제

특수용도로서 아주 세정력을 높이거나 살균, 소독력을 갖기 위하여 약품이나 효소제를 배합한 것이다.

최근 구미등지에서는 Milk scale(乳石) 除去뿐아니라 살균 소독까지 한번의 작업으로 할수 있는 One type cleaner와 세정시 맑은 물로 헹구지 않아도 되는 No Rinse type cleaner등이 開発 使用되고 있다.

〈보기 3〉 특수세제[2]

| 종 류 (명 칭) | 배 합 약 제 |
|---|---|
| ○염소화알카리세제 | 차아염소산소다<br>염소화이소시아눌산소다 |
| ○요드홀(상품) | 요 소(인산) |
| ○과산화물 세제 | 과탄산염, 과붕산염 |
| ○효소 세제 | 아미라제, 프로테아제 |

1) 염소화알카리세제는 온도를 높여서 세정이 어려운 기계장치에 적합하며 유효염소 농도가 감소되면 살균세정력이 약화된다.
2) 요소 살균력은 pH 2.0~4.5가 최대이다.
3) 요드홀-요도와 비이온계 계면활성제 및 인산완충액으로 산성 살균세정제이다.
4) 과산화물 세제는 알카리성세제의 일종으로 과산화물이 분해할 때 산화력 및 산소 gas가 발생하여 発泡力이 생기며 이것에 의하여 세정효과가 증대된다.
5) 효소세제는 강한 화학반응(강알카리세제) 이나 기계작용력으로 세정이 불가능할 때는 효소의 촉매작용을 이용하여 전분, 단백질을 용해 세정한다.

(6) Chelating agent

세정용액 또는 오물중에 들어 있는 硬度物質인 Ca, Mg, Fe등이 들어있으면 기기표면에 Scale이 沈積하거나 不溶性금속 물질이 생성되므로 세정력이 현저히 저하된다.

또한 硬度물질은 세제에 混合된 界面活性剤를 不活性化하고 알카리성분과 반응하여 不溶性塩으로 되어 알카리농도를 저하시키는 영향을 준다.

이러한 금속이온의 작용을 방지하는 것을 封鎖作用(Chelating 또는 Sequestering)이라한다.

Chelating agent는 금속이온에 대하여 多座配位子이며 種類로서는 유기물제와 무기물제로 구분된다.

〈보기 4〉 pH 10에서 Chelating Capacity[7]

| 区分 | C. A 種 類 | $CaCo_3$ 封鎖能 |
|---|---|---|
| 유기물 | EDTA(Ethyendiamin tetra-acetate) | 501 mg/g |
| | NTA(Nitro Tri Amine) | 455 |
| | 구연산소다 | 312 |
| | Tripoly 인산소다 | 307 |
| | Glucon산 소다 | 95 |
| 무기물 | STP(Sodium tripoly phosphate) | |
| | TSPP(Tetra Sodium Pyrophosphate) | |
| | SHMP(Sodium Hexa Metaphosphate) | |
| | TSP(Trisodium Phosphate) | |

## 라. 乳石(牛乳 Scale)의 성분과 특성

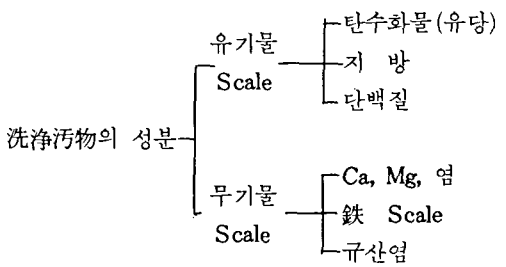
우유를 가공처리시 각종기계장치나 라인에 부착된 더러운 것을 우유때(乳垢)라 하고 열처리 등으로 형성된 변성물질이나 熱沈積物質을 Scale(乳石)이라 한다.

근래 우유 및 유제품 공장에서는 우유성분외에 각종당류, 과물계란, 커피, 카카오분, 전분, 식용유지 등 많은 첨가물이 취급되고 있으며 이러한 첨가물이 우유와 어떠한 状況에서 처리되느냐에 따라 여러가지 형태의 우유때와 Scale이 형성된다. 우유 우유처리 기기에 부착되는 것으로는

1) 액상우유
2) 우유의 건조피막(乳膜)
3) 乳膜이 칼슘과 결합된 것(乳垢)
4) 우유 성분의 열 침적물(乳石)
5) 우유 단백질의 염소화합물(塩素化 단백질)
6) 지방 침적물
7) 물의 경도(硬度)성분 침적물(水垢)
8) 당 캬라멜 化物
9) 기 타

이들 중에서 유막(乳膜)정도이면 쉽게 제거되나 유석(乳石)으로 되면 가성소다를 주로하여 세정하지 않으면 제거되지 않는다. 또한 염소화 단백질은

저농도 염소계와 우유가 접촉하였을때 생기는 불용성 점착물로서 염소화 알카리 세제를 사용하는 것이 效果的이다.




### 1. 熱처리에 의한 沈積物

(1) 糖類(Lactose)

당질은 물에 용해가 잘되며 열을 받지 않으면 문제가 되지 않으나 일단 열을 받으면 캬라멜化가 진행되여 세정이 곤란해진다.

(2) 脂質(Milk Fat)

우유중에서는 유화 상태로는 분산이 잘 되고 있으나 Emulsion상태가 일단 파괴되면 不活性化로 하여 강알카리의 검화 또는 界面活性剤가 아니면 다시 유화상태가 되지 아니하므로 洗淨이 곤란하다.

(3) 단백질(Casein)

유단백질은 열, 산의 작용에 의하여 쉽게 변성되여 물에서 불용성化한다. 변성 정도가 강하면 강알카리 세제가 아니면 제거되지 않는다.

(4) 塩類(Minerals)

多価의 塩, 특히 우유중에 아주 많이 함유되어있는 인산칼슘은 가열처리되면 일부는 물의 硬度成分과 함께 不溶性으로 되고 이런 Scale은 알카리세제에 불용해물질이 되므로 산성용액으로 제거해야 한다.

### 2. 熱沈積物(乳石)의 組成

熱殺菌機등 가열에 의하여 생기는 더러운 때(汚物)는 질 제거되지 않고 가열처리 状況에 따라 그 乳石의 성분조성도 차이가 있다.

아래 〈보기 5〉에서와 같이 제 1 차 가열부에 형성된 우유 沈積物은 지방, 단백질, 수분이 많으나 변성 단백질은 적다.

제 2 차 가열부에 沈積된 유석은 칼슘과 인의 함량이 아주 많고 열변성을 받은 단백질을 많이 함유하고 있다. 〈보기 6 〉

## 마. 세제의 사용법

### 1. 洗淨온도

手動洗淨 ——— 常温~40℃

機械洗淨
- CIP冷乳 line ——— 60~80℃
- CIP加熱line ——— 80~90℃
- 洗 瓶 機 ——— 60~70℃

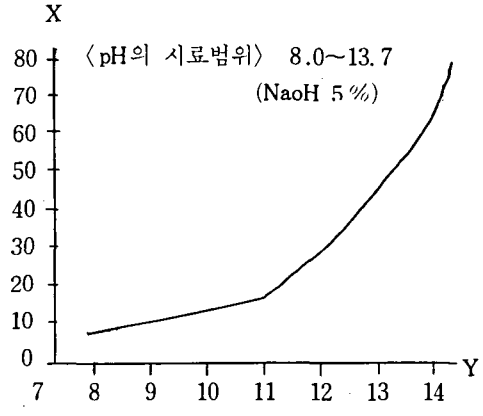
### 2. 洗剤의 濃度

〈보기 5〉 UHT장치(APV사)에 침적된 유석성분조성[4]

| 조 성 | 제 1 차 가 열 부 | | 제 2 차 가 열 부 | |
|---|---|---|---|---|
| | 평균% | 표준편차 | 평균% | 표준편차 |
| 수분(乳石에 대한%) | 64.87 | 14.32 | 50.55 | 16.87 |
| 조단백질(전고형분에 대한%) | 57.51 | 10.22 | 22.48 | 7.20 |
| 조 지 방 | 26.68 | 8.82 | 13.26 | 9.06 |
| 회 분 | 11.50 | 6.47 | 59.37 | 12.30 |
| 무질소추출물 | 6.79 | 3.51 | 7.18 | 3.34 |
| 인 | 3.16 | 1.69 | 16.72 | 3.68 |
| (총회분에 대한%) | (30.57) | (6.01) | (29.76) | (4.95) |
| 칼 슘 | 1.71 | 0.88 | 11.44 | 2.25 |
| (총회분에 대한%) | (19.18) | (3.55) | (20.94) | (1.46) |

(註) 가열온도 1차 가열부 85℃
2차 〃 135℃

〈보기 6〉 乳石中 함질소성분의 NaoH용액에 대한 용해율[2] 〈試料〉 UHT 2차 가열부에서 채취한 乳石




〈註〉 X : 질소성분의 용해율(%)
Y : 가성소다 용액의 pH

## 바. 맺는 말

乳業工場 뿐만 아니라 모든 食品工場에서 製品의 品質과 衛生의 根幹이 되고 있는 洗淨(C.I.P) 效果의 極大化 方法은 原料를 加工処理한 機器나 装置의 구조, 재질, 상태와 가동조건에 맞도록 적절한 洗剤와 洗淨 system을 선택하고, 그에 따른 온도, 시간, 流速, 流量등의 物理的 要素도 충분히 고려되어야 기계설비의 보호는 물론 비용의 절감, 生産性의 向上등을 기할 수 있다고 하겠다.

## 参考文献


1) New Food Industry Vol. 22. No. 3
2) 食品機械装置 2. 1982(日)
3) 食品工業 8下 1980(日) T.
4) New Food Industry Vol. 22. No. 2
5) 乳業科学新説 P. 229~243
6) 乳業機械 乳業技術講座(4)
7) 油化学 26. 5. 1977(日)
8) 洗淨과 殺菌 日本衛生技術研究会
9) 현대적 洗瓶技術 남강산업 Rep(韓)


〈보기 7〉 乳業 Plant 기기에 대한 세제 사용기준[4]

| 구 분 | 세정제의 type | 活性알카리도($Na_2O$) | 活性酸度 |
|---|---|---|---|
| 手動세정 | Alkali 성 | 0.02~0.1% | |
| 冷乳세정 CIP | 〃 | 0.15~0.6% | |
| 탱크류 CIP | 塩素化알카리성 | 0.15~0.6% (유효염소100~200PPM) | |
| 가열라인 CIP (HTST) | Alkali 성 + Rinse + 酸 性 | 0.6 ~1.8% | 0.3~0.6% |
| 가열라인 CIP (UHT) | Alkali 성 (Rinse) 酸 性 | 1.5 ~2.5% | 0.5~1.0% |
| 가열표면 (고지방제품) | Alkali 성 + Rinse + 酸 性 | 0.6 ~1.8% | 0.3~0.6% |
| 세병기 | Alkali 성 | 0.2 ~0.7% | |

〈註〉 이표는 세제의 표준사용예로 活性알카리도 -$Na_2O$%와 活性酸度 -$CH_3CHOHCOOH$(乳酸)%로 나타냄.