

BÖLÜM 11

Yoğurt Üretiminde Temizlik ve Sanitasyon

- 11.1. Giriş
 - 11.2. Yoğurt İşletmelerinde Kontaminasyon Kaynakları
 - 11.2.1. İşletme Dizaynı İle İlgili Kontaminasyon Kaynakları
 - 11.2.1.1. İşletme Binasının Yerleşiminin Önemi
 - 11.2.1.2. Alet-Ekipman Seçimi ve Yerleşiminin Önemi
 - 11.2.1.3. Üretim Modeli Seçimi
 - 11.2.2. Çevresel Kontaminasyon Kaynakları
 - 11.3. Yoğurt İşletmelerinin Temizliğinde Kullanılan Su ve Deterjanlar
 - 11.3.1. Su Kalitesi
 - 11.3.2. Deterjanlar
 - 11.4. Yoğurt İşletmelerinde Temizliğe Etki Eden Faktörler
 - 11.5. Yoğurt İşletmelerinde Temizlik ve Sanitasyon Yöntemleri
 - 11.5.1. Elle (Manuel) ve C.O.P. Sistemi İle Temizlik
 - 11.5.2. C.I.P. (Yerinde Temizlik Sistemi) İle Temizlik
 - 11.5.2.1. Tek Kullanımlı C.I.P. sistemi
 - 11.5.2.2. Merkezi Çok Kullanımlı C.I.P. Sistemi
 - 11.5.2.3. Merkezi Olmayan Çok Kullanımlı C.I.P. Sistemi
 - 11.6. Yoğurt İşletmelerinde Temizlik Etkinliğinin Kontrolü
 - 11.7. Yoğurt İşletmelerinde Dezenfeksiyon
 - 11.7.1. Termal Dezenfeksiyon
 - 11.7.2. Kimyasal Dezenfeksiyon
 - 11.7.3. Filtrasyon
 - 11.7.4. Radyasyon
 - 11.7.5. Spreyleme ve Fümigasyon
 - 11.8. Kaynaklar
-

11.1. Giriş

Yoğurt üretiminin temel prensiplerinden birisi süt üretimi ile yoğurt tüketimi arasında geçen süreçte olabildiğince yüksek hijyenik standartların oluşturulması ve buna bağlı olarak hem ürünün kalitesinde hem de gıda güvenliğinde artış sağlanmasıdır. Yüksek kaliteli bir yoğurt üretimi ancak yüksek kaliteli hammadde ile mümkündür. Üstün nitelikli bir yoğurt üretimi için çiğ sütün sahip olması gereken nitelikler ve bu niteliklerin sağlanması için alınması gereken önlemler Bölüm 2.3'de tartışılmıştır. Bu bölümde, yoğurt işletmelerinde üretim öncesi ve sonrası temizlik/sanitasyon tedbirlerinin önemi ve temizlik/ sanitasyon yöntemleri ele alınacaktır. Yoğurt işletmelerinde etkin bir sanitasyon uygulaması 2 temel nedenden dolayı önem taşımaktadır. Bunlar:

a) Ticari başarı açısından. İyi kaliteli ve üstün nitelikli bir ürünün pazarlanma kolaylığı bulunmaktadır. Bu kalitede bir ürünün tüketiciler tarafından sürekli tercih edilmesi yüksek bir olasılık olduğundan üretilen yoğurdun ticari başarısı uygulanan sanitasyon/hijyen kurallarının etkinliği ile yakından ilişkilidir. Yoğurdun, hijyenik kurallar dikkate alınarak üretildiğinin tüketicilere etkili bir şekilde yansıtılması ticari başarıyı da beraberinde getirmektedir. Bu amaçla, son yıllarda büyük ölçekli yoğurt işletmeleri internet aracılığı ile üretim hatlarını 24 saat tüketicilerin izlenimine sunmuş durumdadır. Ayrıca, yeterli sanitasyon/hijyen kuralları gözetilerek gerçekleştirilen üretimler, yoğurt ve benzeri ürünlerin ihracat kapasitesini de artırmaktadır. Günümüzde bir çok ülke ithal ettikleri gıda ürünlerinin HACCP ve ISO belgelerine sahip olmasını zorunlu saymaktadır.

b) Yasal zorunluluklar açısından. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte sağlıklı gıda tüketimine yönelik tüketici davranışları da değişkenlik göstermektedir. Tüketiciler gıda güvenliği dikkate alınarak hazırlanan gıdaları daha fazla tercih etmektedirler. Bu olgu, beraberinde tüketici haklarının korunması kavramını da getirmiştir. Bu amaçla, koşulları ülkeden ülkeye değişkenlik göstermekle birlikte, gıda tüketicilerinin hakları yasal düzenlemeler ile koruma altına alınmıştır. Bu bağlamda, yoğurt üreticileri de üretimlerinde yürürlükteki yasal düzenlemelere uygunluk göstermekle yükümlüdürler.

Hijyenik yoğurt üretiminde iki temel hedef dikkate alınmalıdır. Bu

hedefler;

- i) Herhangi bir mikrobiyolojik, kimyasal ve/veya fiziksel kontaminasyonun engellenmesi
- ii) Kontaminasyonun oluşması durumunda hızla kontaminasyon kaynağının ortadan kaldırılmasıdır (Metin ve Öztürk, 1995).

Bu amaçla;

- a. Yoğurt üretimi sırasında süt ve/veya yoğurt ile temas eden yüzeylerden kalıntı organik materyalin (süt, yoğurt ve diğer katkı maddeleri) uzaklaştırılması,
- b. Mikrobiyel güvenliğin sağlanabilmesi için yoğurt ile temas eden yüzeylerde temizlik ve sanitasyon/sterilizasyonun sağlanması,
- c. Yoğurt üretiminde kullanılan alet ve ekipmanın kullanılmadıkları zaman mikroorganizma gelişimine olanak vermeyecek şekilde saklanması,
- d. Temizlik maddelerinin (deterjan, dezenfektan vb.) kalıntılarının etkili bir şekilde ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

11.2. Yoğurt İşletmelerinde Kontaminasyon Kaynakları

Yoğurt işletmelerinde kontaminasyon kaynaklarının başlıcaları şunlardır:

- a) Üretim ile ilgili kontaminasyon kaynakları
 - i) Süt
 - ii) Starter kültür
 - iii) Kullanılan yardımcı maddeler (katkıları, sütte, meyve pulpları ve aromaları vb.)
 - iv) Ambalaj materyali
- b) İşletme dizaynı ile ilgili kontaminasyon kaynakları
 - i) İşletme binasının yerleşim düzeni (üretim seksiyonlarının ayrı olması, teknik servisin üretim alanından uzakta olması vb.)
 - ii) Seçilen alet-ekipmanların özellikleri (kolay temizlenebilen paslanmaz çelik materyallerin kullanılması, boru kıvrımlarının yuvarlak ya da köşeli olması vb.)

- iii) Üretim modeli
- c) Çevresel kontaminasyon kaynakları
 - i) Hava
 - ii) Su
 - iii) Personel
 - iv) Atıklar (Metin ve Öztürk, 2005)

11.2.1. İşletme Dizaynı İle İlgili Kontaminasyon Kaynakları

11.2.1.1. İşletme binasının yerleşiminin önemi

Yoğurt işletmelerinin teknik özellikleri ve yerleşim düzeni, temizlik/sanitasyon işleminin başarısı ile yakından ilişkilidir. Son yıllarda süt işletmelerinin mimari projeleri hazırlanırken bazı temel sanitasyon prensipleri gözönüne alınmaktadır. Örneğin, inşaat malzemesi seçiminde kolay temizlenebilmeleri, mikroorganizma gelişimine olanak vermemeleri ve darbeler ile asit/alkali etkilerine karşı dirençli olmaları dikkate alınmaktadır. Organik kökenli inşaat malzemeleri genellikle tercih edilmemektedir. Yoğurt işletmelerinin planlanmasında aşağıdaki noktaların dikkate alınmasında işletme sanitasyonu açısından yarar bulunmaktadır:

- a- Alet-ekipmanların rahatlıkla montajının yapılabileceği genişlikte alan öngörülmelidir,
- b- Kontaminasyonların engellenmesi için ürün işleme noktaları ile depolama alanlarının ayrı olması gerekmektedir. Ayrıca, fabrika binası içerisinde birden fazla ürünün işlenmesinin öngörülmesi durumunda her bir üretim seksiyonunun bağımsız olması gerekmektedir,
- c- Fabrikanın havalandırmasının yeterli olması gerekmektedir,
- d- Haşere, böcek, sinek gibi hayvan ve zararlıların fabrikaya girişleri engellenmelidir. Bu amaçla kapı ve pencere girişlerine hava perdeleri monte edilmesi pratikte yarar sağlamaktadır,
- e- Fabrikanın iç ve dış yüzeylerinin olabildiğince sade ve düz olmasına özen gösterilmelidir. Fazla girintili iç ve dış mimari temizlik açısından güçlük yaratmaktadır,
- f- Fabrika içerisinde kullanılacak olan malzemelerin süt işletmelerine

- uygun olması gerekmektedir. Örneğin; kapı ve pencerelerde ahşap malzeme kullanılmaması, yer döşemelerinde darbelere karşı dayanıksız malzeme seçilmemesi, demir ve alüminyum ile alaşımlarının kullanımından olabildiğince kaçınılması gerekmektedir,
- g- Üretim yeri ve depoların duvarlarının beyaz fayanslar ile kaplanması temizlik açısından oldukça yararlıdır. Üretim alanı dışında kalan bölgelerde ise küfe karşı dayanıklı boyalar tercih edilmelidir,
- h- Fabrika içi eğimin yeterli olması ve atık kanallarının kapalı olması kontaminasyon riskini azaltmaktadır,
- i- Fabrikanın duvarlarının zemin ile birleşim noktalarının yuvarlak olması bu bölgelerde bakteri gelişiminin engellenmesi açısından önem taşımaktadır,

11.2.1.2. Alet-ekipman seçimi ve yerleşiminin önemi

Yoğurt işletmelerinde kullanılan alet-ekipmanların seçimi ve yerleşimi, temizlik ve sanitasyon etkinliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Yoğurt üretiminde kullanılan aletlerin paslanmaz çelik malzemeden yapılmış olması gerekmektedir. Bu amaçla %18 krom, %8 nikel içeren 18/8 Cr/Ni alaşımlı çelik malzeme kullanılması hem dayanım hem de sanitasyon etkinliği açısından önem taşımaktadır. Kullanılan malzemelerin mümkün olduğunca keskin köşeli olmaması ve belirli bir kavis verilerek kaynak edilmesi gerekmektedir. Kaynaklama işleminin mümkün ise argon kaynağı kullanılarak yapılması ve kaynak yerinin uygun bir şekilde perdelanması önemlidir. Kaynak yerlerinin kesinlikle çatlak ve yarık içermemesine özen gösterilmelidir. Bağlantı ve ek yerleri tek parça halinde kaynaklanmalıdır. Boru yüzeyleri pürüzsüz olmalı ve boru bağlantılarında asit/alkaliye dayanıklı contalar kullanılmalıdır. Boruların ve ekipmanların bağlantı noktalarının kolay sökülüp temizlenebilir özellikte olmasına dikkat edilmelidir.

11.2.1.3. Üretim modelinin önemi

Yoğurt üretiminde yüksek hijyenik kalitenin sağlanabilmesi için kullanılan hammaddenin ve katkı maddelerinin uygun nitelikler taşıması gerekmektedir. Bununla birlikte, çiğ süt alımı ve katkı maddeleri (meyve

katımı hariç) ilavesi ısı işlem öncesi gerçekleştirildiğinden bu unsurlardan kaynaklanabilecek mikrobiyel kontaminasyonlar ısı işlem ile kolaylıkla elimine edilebilmektedir. Yoğurt yapımı sırasında uygulanan ısı işlem normları birçok patojen ve patojen olmayan mikroorganizmayı inhibe edebilecek seviyededir. Bu nedenle, yoğurt üretimi sırası ve sonrasında çevresel faktörler kontrol altında tutularak rahatlıkla mikrobiyel güvenlik sağlanabilmektedir. Ancak, ısı işlem sonrasında süt veya yoğurt ile temas eden yüzeylerin etkili bir şekilde temizlenmemesi durumunda mikrobiyel kontaminasyon riski artmaktadır. Özellikle, sıcak yüzeylerde (plakalı veya tubular pastörizatör, evaporatör vb.) süt bileşenlerinin form değiştirmesi nedeniyle kirlilik meydana gelebilmektedir. Bu kirlilik unsurlarının boru veya plaka yüzeylerinde yer alması bir sonraki üretim için risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, işletme içi temizlik programı uygulanırken sütün temas ettiği yüzeyler dikkate alınmalıdır. Genel olarak, sanitasyon programı uygulanırken yoğurt üretiminde kullanılan ekipmanlar iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- 1- Isı ile temas eden yüzeyler (pastörizatör, fermentasyon tankı, starter kültür tankı, evaporatör, homojenizatör, meyve hazırlama ekipmanları vb.)
- 2- Soğuk süt veya yoğurdun temas ettiği yüzeyler (süt kabul hattı, çiğ süt depolama tankları, meyveli yoğurt dolum hattı, güğümler vb.)

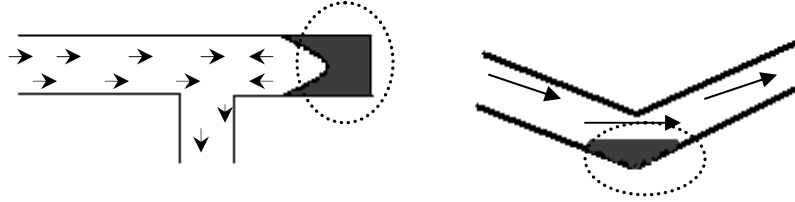
Süt bileşiminde yer alan protein, laktoz, mineral maddeler ve yağ gibi bileşenler ısı işlem etkisi ile boru veya plakaların yüzeylerinde tortu meydana getirmektedir. Oluşan tortunun yarattığı kirlilik derecesi sütün temas ettiği metal yüzeyin özellikleri ile yakından ilişkilidir. Süt depolama tankları, fermentasyon tankları veya iletim borularının keskin kıvrımlar içermesi durumunda bu bölgelerde süt kalıntıları birikmekte ve temizlik sırasında burada yer alan kalıntıların etkili bir şekilde uzaklaştırılması güçleşmektedir. Etkili bir temizlik için temizlik sırasında deterjan çözeltisi ve durulama suyunun boru ya da plakanın tüm bölgelerine ulaşması sağlanmalıdır (Bkz. Şekil 11.1.).

Isı işlem sırasında süt bileşenlerinde meydana gelen değişime bağlı olarak süt ile temas eden yüzeylerde oluşan tortulara 'süt taşı' adı verilmektedir. Süt taşı oluşumuna ısı işlem sırasında serumda ve kazein miselinde yer alan kalsiyum fosfatın çözünmez forma geçmesi neden

olmaktadır. Ekipman yüzeylerine çok sıkı bağlı olan sütteşinin ortamdaki uzaklaştırılması oldukça güçtür (Atamer, 1996). Mikroorganizmaların gelişimini kolaylaştırması nedeniyle sütteşileri kontaminasyon riski yaratmaktadır. Ayrıca; sütteşi laktik asit oluşturabilmekte ve laktik asit kloritler ile birlikte metal yüzeylerde korozyona neden olabilmektedir (Atamer, 1996). Tablo 11.1.'de süt ve sütteşinin kimyasal kompozisyonu karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Sütteşi en çok plakalı ısı değıştiricilerde sorun olmaktadır ve sütteşinin bileşimi ile miktarı ısı işlemin şiddeti ve ısıtma süresine göre değışmektedir. Ayrıca, temizlik sırasında kullanılan suyun bileşiminde yer alan sertlik unsuru tuzlar da sütteşi bileşimi üzerinde etkili olmaktadır.

Sütün bileşenlerinin ısı uygulanan ve uygulanmayan yüzeylerden uzaklaştırılma etkinlikleri Tablo 11.2.'de sunulmuştur. Buna göre, ısı uygulanmayan yüzeylerdeki süt bileşenleri kalıntıları nispeten daha kolay bir şekilde temizlenebilirken, ısı uygulanan yüzeylerdeki kalıntıların temizlenmesi için özel temizlik programları uygulanması gerekmektedir. Isı uygulanmayan bölgelerdeki kalıntıların önemli bir bölümü organik nitelik taşıırken, ısı uygulanan yüzeylerdeki kalıntılar ağırlıklı olarak inorganik bileşikler içerir. İnkübasyon tanklarında ise genel olarak presipitasyona uğramış kazeinler kirlilik unsuru olarak yer almaktadır.

Genellikle, set tipi yoğurt üretimi yapılan işletmelerde temizlik ve dezenfeksiyon, pıhtısı kırılmış yoğurt üretimi yapılan işletmelere oranla daha



Şekil 11.1. Temizliği güç olan boru şekillerinin kesitleri. Kesikli çizgi ile gösterilen bölge ölü noktaları ifade etmektedir.

kolay olmaktadır. Pıhtısı kırılmış meyveli yoğurtlarda dolum işlemi fermentasyon sonrası gerçekleştirildiğinden pıhtısı kırılan yoğurdun borular ile dolum noktasına iletilmesi sırasında yüksek viskozite nedeniyle önemli miktarda yoğurt boru cidarlarına yapışmaktadır. Bu durum hem ekonomik kayıplara yol açmakta hem de temizlik işlemini güçleştirmektedir. Bu olumsuzluğun giderilebilmesi için geliştirilen bir sistemde yoğurt iletim borularının iç kısımlarına mekanik süpürücüler/kazıyıcılar yerleştirilmektedir. Pigging olarak adlandırılan bu sistemde boru iç çapına uygun lastik contalı bir mekanik süpürücünün ortasına sabit bir mıknatıs yerleştirilmektedir ve bu süpürücü, mıknatıs etkisi ile ileri-geri hareket ederek boru içerisinde kalan yoğurtları dolum noktasına veya dolum tankına doğru itmektedir (*Bkz. Şekil 11.2.*). Bu sistemde yararlanılan süpürücünün hem yoğurttaki asitliğe hem de temizlik çözeltilerine karşı dayanıklı olması, herhangi bir şekilde korozif etki göstermemesi ve toksik özellikte olmaması gerekmektedir.

11.2.2. Çevresel Kontaminasyon Kaynakları

Çevresel kontaminasyon kaynakları başlıca, personel, hava, su ve atıkları içermektedir. Etkin bir fabrika yönetimi ve iyi planlanmış bir fabrika yerleşimi ile çevresel faktörlerin kontaminasyon kaynağı olmaktan çıkması mümkündür. Fabrika içerisinde hava sirkülasyonunun fanlar aracılığı ile sağlanması ve fan çıkışlarına hava filtreleri monte edilmesi havanın temizlenmesine yardımcı olmaktadır. Personelin hijyen ve temizlik

Tablo 11.1. Süt ve sütteşinin kimyasal bileşimleri (g 100 g⁻¹).

Bileşenler	Süt	Sütteşi
Su	87.0	2.7-2.8
Yağ	3.4-6.1	3.6-17.7
Laktoz	4.5-5.0	-
Protein	2.8-3.7	4.1-43.8
Mineral tuzlar	0.7-0.8	42.3-67.3
CaO	0.08-0.53	21.1-34.7
P ₂ O ₅	0.26-0.51	17.6-26.7

Kaynak: Atamer (1996)

Tablo 11.2. Süt bileşiminden kaynaklanan kirlilik unsurlarının çözünürlük özellikleri.

Bileşenler	Çözünürlük özelliği	Isı uygulanmayan yüzeylerden uzaklaştırılma durumu	Isı uygulanan yüzeylerde oluşan değişim ve uzaklaştırılma durumu
Laktoz	Suda çözünür	Kolay	Karamelizasyon, temizlenmesi zor
Yağ	Suda çözünmez, asit veya alkali çözeltilerde zayıf çözünür	Yüzey aktif maddeler ile kolay temizlenir	Polimerizasyon, temizlenmesi zor
Protein	Suda çözünmez, alkali ve güçlü asit çözeltilerinde çözünür	Su ile zayıf, alkali çözelti ile iyi çözünür	Denatürasyon, temizliği zor
Mineral tuzlar	Tek değerli tuzlar, su ve asitlerde çözünür		Presipitasyon, temizliği zor
	Çok değerli tuzlar, suda çözünmez, asitlerde çözünür	Kolay-Zor	Genel olarak diğer bileşikler ile interaksyonu önemsizdir

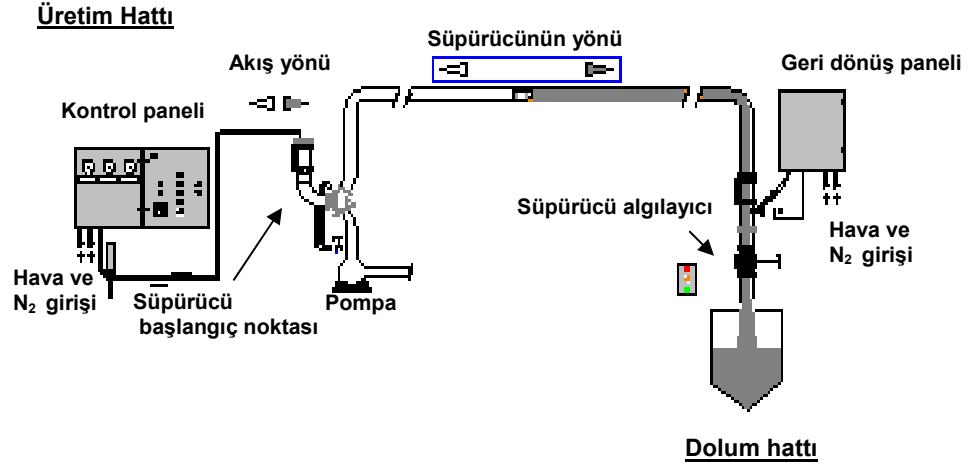
Kaynak: Atamer (1996), Metin ve Öztürk (1995)

konularında eğitimi ile insan kaynaklı kontaminasyon riskleri en aza indirilebilmektedir. Yoğurt işletmeleri atıkları, peynir işletmelerinde olduğu gibi çok yüksek düzeyde organik madde içermemektedir. Bununla birlikte, atık tahliyesinin kapalı drenaj kanalları aracılığı ile yapılması ve atıkların direkt şehir kanalizasyonuna aktarılması önem taşımaktadır. Büyük ölçekli işletmeler için atık arıtma tesislerinin kurulması ve arıtma sonrası atıkların kanalizasyon giderlerine verilmesi bir zorunluluk halindedir.

11.3. Yoğurt İşletmelerinin Temizliğinde Kullanılan Su ve Deterjanlar

11.3.1. Su Kalitesi

Yoğurt işletmelerinde temizlik amacıyla kullanılan suyun hem bakteriyolojik kalitesi yüksek olmalı hem de sertlik derecesi düşük olmalıdır (Anonim, 1985a; Barron, 1990). Genel bir yaklaşım olarak, yoğurt işletmelerinin temizliğinde içilebilir nitelikli su kullanımı öngörülmektedir.



Şekil 11.2. Meyveli ve/veya sade pıhtısı kırılmış yoğurt üretiminde "pigging" süpürücü/kazıyıcının çalışma mekanizması.

Kaynak: APV UK Co.Ltd., West Sussex, UK.

Buna göre, yoğurt işletmelerinde kullanılacak olan suyun;

- Hastalığa neden olan bakteriler ve sağlığa zarar verecek maddeler içermemesi,
- Mikroorganizma yükünün az olması,
- Berrak, renksiz, kokusuz olması,
- Yeterli miktar ve basınçta olması gerekmektedir (Metin ve Öztürk, 1996b)

Ayrıca,

- Sürekli olarak su kalitesinin kontrol altında tutulması,
- Sularda hijyenik kalitenin sağlanması için gerekli koruyucu önlemlerin alınması ve,
- Su kontrollerinin belirli aralıklarla yapılması gerekmektedir.

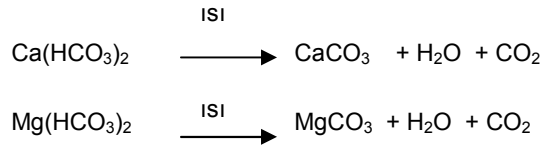
Suyun sertliği etkin bir temizlik ve sanitasyon için önemli bir

parametredir. Su sertliği temizlik sırasında kullanılan deterjanların etkinliğine tesir etmenin yanı sıra, ısıtma sırasında çökelti oluşturarak sütteşi

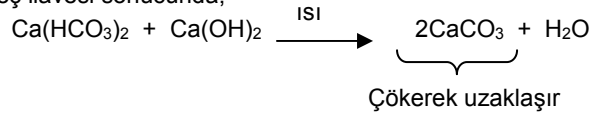
oluşumuna da katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca, sert sulardaki sertlik unsurları deterjan ile reaksiyona girerek deterjan etkinliğini azalttığından temizlikte kullanılan deterjan miktarı da artmaktadır.

Su sertliği; toplam, geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Suda karbonik, sülfürik, nitrik ve fosforik aside bağlı olarak bulunan toprak alkali metallerin toplamına “*toplam sertlik*” adı verilmektedir. Suyun uzun süre ısıtılması sonucunda kalsiyum ve magnezyum karbonat ve bikarbonat tuzları bir kalıntı bırakarak çökmektedir. Karbonat ve bikarbonatlardan kaynaklanan sertlik “*geçici sertlik*” olarak adlandırılmaktadır ve ortama aktif kireç ilave edilerek geçici sertlik giderilebilmektedir.

Kalsiyum ve magnezyumun sülfat, nitrat, fosfat ve silikat tuzlarından ileri gelen sertlik ise “*kalıcı sertlik*” olarak tanımlanmaktadır. Yoğurt işletmelerinde özellikle CaSO_4 'in neden olduğu sertlik temizlik etkinliğini zayıflatması bakımından önem taşımaktadır.



Aktif kireç ilavesi sonucunda;



Su sertliği farklı ülkelerde farklı birimler ile ifade edilmektedir. Çeşitli ülkelerde kullanılan sertlik birimleri Tablo 11.3.'de verilmiştir.

Ülkemizde, su sertliğinin belirtilmesinde Fransız sertlik derecesi temel alınmaktadır (Atamer, 1996). Fransız sertlik derecesine göre suların sınıflandırılması Tablo 11.4.'de sunulmuştur.

Yoğurt işletmelerinin temizliğinde kullanılan suyun Tablo 11.5.'de sunulan niteliklere sahip olması gerekmektedir. Su kaynağı olarak yeraltı sularının kullanılması durumunda, yoğurt fabrikasının kurulduğu yerin özelliklerine bağlı olarak su temizliği için arıtıcı tesislerin kurulması gerekli olabilmektedir.

Özellikle, büyük yerleşim merkezlerine yakın noktalarda kurulan fabrikalarda yeraltı sularına diğer kaynaklardan kontaminasyonların olması olasılığı yüksektir. Ayrıca, toprak özelliklerine bağlı olarak bazı bölgelerde yeraltı suları sert, çok sert ya da olağanüstü sert su özelliği gösterebilmektedir. Bu tip işletmelerde suyun işletmede kullanılmadan önce temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi bir gerekliliktir. Suyun temizlenmesi amacıyla en yaygın kullanılan yöntemler filtrasyon ve kimyasal maddeler aracılığı ile berraklaştırma yöntemleridir. Berraklaştırma amacıyla demir ferro sülfat, demir ferri sülfat, alüminyum sülfat ve sodyum alüminattan yaygın olarak yararlanılmaktadır. Sert suların kullanılmasının zorunlu olduğu durumlarda suyun sertliğinin giderilmesi amacıyla yumuşatma işleminin uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla, filtrasyon, havalandırma, kimyasal maddeler aracılığı ile yumuşatma (soğuk kireç yöntemi veya kireç-soda yöntemi) veya iyon değiştirici reçineler yardımı ile yumuşatma tekniklerinden yararlanılmaktadır. Su kaynağına kontaminasyon riskinin bulunması durumunda dezenfeksiyon kaçınılmaz bir işlem basamağıdır. Dezenfeksiyon amacıyla en çok kullanılan teknikler klorlama ve ozonlamadır. Ayrıca, filtrasyon, kaynatma, mor ötesi ışınlar ile muamele ya da katadin yöntemi ile de dezenfeksiyon gerçekleştirilebilmektedir.

Tablo 11.3. Su sertliğinin ifade edilmesinde kullanılan birimler.

Birim	Değer
1 Fransız sertlik derecesi (°F)	10.00 mg CaCO ₃ / litre ya da 8.40 mg MgCO ₃ / litre
1 Alman sertlik derecesi (°D)	10.00 mg CaCO ₃ / litre ya da 7.13 mg MgCO ₃ / litre
1 İngiliz sertlik derecesi (°E)	14.30 mg CaCO ₃ / litre ya da 12.00 mg MgCO ₃ / litre
1 Amerikan sertlik derecesi	1.00 mg CaCO ₃ / litre ya da 0.84 mg MgCO ₃ / litre
1 meq sertlik derecesi	50.00 mg CaCO ₃ / litre ya da 42.00 mg MgCO ₃ / litre
1 ppm	1.00 mg CaCO ₃ / litre

1 meq: Miliekivalent **1 ppm:** Milyonda bir brim (mg kg⁻¹)

Tablo 11.4. Fransız sertlik derecesine göre suların sınıflandırılması

Suyun Niteliği	Sertlik Derecesi (°F)
Çok yumuşak su	0-7
Tatlı veya yumuşak su	8-14
Hafif sert su	15-22
Sert su	23-32
Çok sert su	33-54
Olağanüstü sert su	>54

Kaynak: Atamer (1996)

Tablo 11.5. Temizlik için kullanılacak suyun nitelikleri.

Nitelik	Sınır Değer
Sertlik (CaCO ₃ cinsinden)	<50.0 ppm
Klor (NaCl cinsinden)	<50.0 ppm
Klor (aktif)	<1.0 ppm
pH	6.5-7.5
Demir	<1.0 ppm
Manganez	<0.5 ppm
Asıltı madde	Yok
Kaynak: Yaygın (1999)	

11.3.2. Deterjanlar

Yoğurt işletmelerinin temizliğinde kullanılan deterjanlar asit, alkali ve karışım olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Deterjanların temizlik açısından temel özellikleri Tablo 11.6.'da özetlenmiştir (Wright, 1990; Atamer, 1996). Tablo 11.6.'da sunulan teknik özelliklerin tamamını içeren ticari bir deterjan formülasyonu bulunmamaktadır. Bu nedenle, amaca uygun deterjan seçiminde belirli parametreler dikkate alınmaktadır (Wright, 1990). Bu parametreler;

- i- Uzaklaştırılacak olan kirin niteliği (protein, yağ ya da mineral madde kaynaklı kirler),
- ii- Yoğurt işletmelerinde yer alan alet-ekipmanın özellikleri (paslanmaz çelik, alüminyum, bakır, tahta vb.),
- iii- Temizleme yöntemi (elle, C.I.P. veya C.O.P. sistemi ile),
- iv- Su sertliği,
- v- Dezenfektanlar ile birlikte kullanım durumu.

Alkali Deterjanlar

Alkali deterjanların formülasyonlarında alkali kimyasalların yanı sıra polifosfatlar, yüzey aktif maddeler ve ayırıcı maddeler de yer almaktadır. İnorganik alkali deterjanların temel özellikleri proteinlerin çözünmesi, yağların sabunlaştırılması, su sertliğinin kısmen giderilmesi ve bakterisit etkiyi içermektedir. Alkali deterjanların formülasyonunda sodyum karbonat (Na₂CO₃) ve sodyum bikarbonat (NaHCO₃) bulunması durumunda alüminyum ve kalay yüzeylerde aşınma meydana geldiğinden karışıma silikat ilavesi gerekmektedir. Sodyum metasilikat (Na₂SiO₃.5H₂O) aşırı

kirliliğin olduğu yüzeylerde etkin temizlik sağladığından plakalı pastörizatör, evaporatör gibi ısı ile temas eden yüzeylerde kullanımı öngörülmektedir. Alkali deterjanlar, deriyi tahriş ettiklerinden direkt temastan kaçınılması gerekmektedir. Alkali deterjanların bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 11.7'de verilmiştir.

Asit Deterjanlar

Özellikle, ısı uygulanan yüzeylerde yalnızca alkali deterjanlar temizlik için yeterli olmamaktadır. Etkin bir temizlik için alkali deterjanlar ile asit deterjanların birarada kullanılması gerekmektedir. Asit deterjanlar; karbonat partiküllerini, serum proteinlerinin karbonat ile oluşturdukları depozitleri, mineral tuzları ve sütteşlerini çözerek ortamdan uzaklaştırmaktadır. Çoğu kez karbonatla köpürmenin neden olduğu parçalama etkisi, çökelmiş protein ve yağ kalıntılarının uzaklaştırılması için yeterlidir (Atamer, 1996). Güçlü aşındırıcı etkileri nedeniyle asit deterjan konsantrasyonlarının seçimi özel bir önem taşımaktadır.

Nitrik asit (HNO_3) kuvvetli bir asit olup sütteşleri ve mineral tuzların çözünmesinde etkilidir. Ayrıca, bazı proteinlerin çözünmesinde ve su sertliğinin kısmen giderilmesinde kullanılmaktadır. Nitrik asitin optimum kullanım konsantrasyonu %0.5'dir ve alüminyum ile paslanmaz çelik yüzeylerde korozif etkisi zayıftır.

Fosforik asit (H_3PO_4) orta kuvvetli bir asittir ve sütteşi ile mineral tuzların çözünmesinde etkilidir. Ayrıca, tamponlama yeteneği üstündür. Optimum kullanım konsantrasyonu %2'dir. Metaller üzerinde aşındırma etkisi oldukça zayıftır. Organik asitler, mineral tuz kalıntılarının temizliğinde ve sütteşlerinin giderilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Organik asitlerin optimum kullanım konsantrasyonu %0.5-2.0 arasında değişmektedir.

Süfektanlar (Yüzey Aktif Maddeler)

Süfektanlar, sabunlar gibi yağları emülsifiye ederek temizlik işlemini gerçekleştirmektedirler. Buna karşın, sabunlarda olduğu gibi pıhtı-topak oluşturmamaktadırlar. Süfektanlar sentetik deterjanlar olarak tanımlanmaktadır ve çözeltilerin yüzey gerilimlerini düşürerek partiküllerin ıslanmasını

Tablo 11.6. Yoğurt işletmelerinin temizliğinde kullanılan deterjanların temel özellikleri

Özellik	Etki
Ayırma gücü	Ca ve Mg tuzlarının çözünür kompleks tuzlara çevrilme kapasitesidir. Süttaşı oluşumu azalmaktadır.
Çözündürme gücü	Deterjanların organik ve inorganik maddeleri çözündürme yeteneğidir.
Emülsifiye etme gücü	Yağ kalıntılarını çok küçük partiküllere ayırıştırarak bu partiküllerin metal yüzeylerde birikmesini engelleme yeteneğidir.
Islatma gücü	Yüzey gerilimini azaltarak suyun kalıntılara nüfuz etme yeteneğidir.
Peptonize gücü	Proteinleri çözündürme yeteneğidir.
Dispersiyon gücü	Çözünmemiş katı unsurları süspansen formda tutma yeteneğidir. Bu yolla mineral tuzların yüzeylerde film tabakası oluşturmaları engellenmektedir.
Durulama gücü	Sterilizasyon/dezenfeksiyon etkinliğini artırmak amacıyla dezenfeksiyondan önce yüzeylerde film tabakası halindeki kalıntıları uzaklaştırma yeteneğidir.
Tamponlama gücü	pH'daki değişimlere karşı koyma yeteneğidir.
Bakterisit etki	Mikroorganizmaları elimine etme yeteneğidir.
İnhibitör etki	Metaller üzerindeki aşındırma etkisini azaltma yeteneğidir.

Kaynak: Atamer (1996)

Tablo 11.7. Alkali deterjanların bazı teknik özelliklerinin karşılaştırmalı gösterimi.

Deterjan	Kimyasal etki	Islatma gücü	Çözünme gücü	Emülsifiye etme gücü	Su yumuşatma gücü	Kirlilik giderme gücü
Kostik soda	5	1	1	1	2	1
Sodyum ortosilikat monohidrat	4	2	3	2	2	3
Sodyum metasilikat pentahidrat	3	2	3	2	2	3
Trisodyum orto fosfat	3	2	3	2	2	3
Soda külü	1	1	1	1	2	1
Sodyum heksameta fosfat	1	1	4	2	5	4
Sodyum tripolifosfat	1	1	4	2	5	4

1: En zayıf etki..... 5: En güçlü etki

Kaynak: Wright (1990)

sağlamaktadır (Metin ve Öztürk, 1995b). Sürfektanlar, yapılarında yer alan hidrofilik polar grupların kimyasal özelliklerine göre 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- 1- Katyonik sürfektanlar (dörtlü amonyum bileşikleri gibi)
- 2- Anyonik sürfektanlar
- 3- İyonik olmayan sürfektanlardır.

Katyonik sürfektanlar, zayıf ıslatma kapasitelerine karşın bakterisit etkileri oldukça güçlüdür. Ağırlıklı olarak dezenfeksiyon-sanitasyon amaçlı kullanılmaktadırlar. Anyonik sürfektanlar ise tersine zayıf bakterisit ve güçlü ıslatma etkileri nedeniyle genel olarak alkali deterjanlar ile birlikte temizlik amaçlı kullanılmaktadırlar. İyonik olmayan sürfektanlar ise hem alkali hem de asit deterjanlar ile birlikte temizlik amacıyla kullanılmaktadırlar. Fazla köpük oluşturmaları en önemli dezavantajlarıdır.

Şelat Oluşturan Deterjanlar

Bu gruptaki deterjanlar magnezyum ve kalsiyum iyonları ile kompleks oluşturarak şelat yapmaktadırlar. Bu etki sayesinde su sertliğine neden olan unsurlar etkisiz hale getirilmektedir. Şelat oluşturan deterjanlar, polifosfatlar ya da organik amin türevlerini içermektedir (Metin ve Öztürk, 1995b). Bu gruba giren en yaygın deterjan etilen diamin tetra asetik asittir (EDTA). EDTA, yüksek sıcaklıklara ve uzun süreli depolamalara karşı stabilitesini koruyabilmektedir ve etkinliği pH'daki artışa paralel olarak artmaktadır.

Tablo 11.8'de yoğurt işletmelerinde kullanılan deterjanlardan bazıları sunulmaktadır.

11.4. Yoğurt İşletmelerinde Temizliğe Etki Eden Faktörler

Yoğurt işletmelerinde temizlik etkinliği bazı değişken parametrelere bağımlılık göstermektedir. Bu parametreler;

- Deterjan konsantrasyonu,
- Deterjan çözeltisinin sıcaklığı,
- Deterjanların tipi ve özelliği,
- Temizleme süresi ve,
- Kirlilik düzeyidir.

Deterjan Konsantrasyonu

Temizlik işleminde kullanılan deterjan çözeltisinin içerdiği alkali veya asit miktarı "*deterjan konsantrasyonu*" olarak adlandırılmaktadır. Temizlik işleminde temel hedef, en düşük deterjan konsantrasyonu ile en etkin temizliğin sağlanmasıdır. Bu durum temizlik maliyetlerinin azaltılması bakımından önem taşımaktadır. Deterjan konsantrasyonunun seçiminde temizlenecek olan yüzey (ısı ile temas eden ya da etmeyen yüzeyler), kirlilik derecesi ve kirlilik unsuru maddelerin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Yoğurt işletmelerinde etkili bir temizlik için genel olarak %2-3 deterjan konsantrasyonu yeterli olmaktadır. Süt depolama tankları, boru hatları ve yoğurt fermentasyon tanklarının temizliğinde kostik soda kullanımı durumunda soda konsantrasyonunun %1 dolayında seçilmesi yeterlidir. Isı ile temas eden yüzeylerdeki temizlik işlemleri için ise %2-3'lük deterjan çözeltileri önerilmektedir. Temizlikte kullanılan deterjan çözeltisinin bir seferden fazla kullanımı sözkonusu olduğundan düzenli olarak konsantrasyon kontrolünün yapılması gerekmektedir. Asit deterjan kullanılması durumunda korozyonun engellenmesi bakımından konsantrasyonun <%1 dolayında seçilmesi önerilmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

Sıcaklık

Genel olarak deterjan çözeltisinin sıcaklığındaki artış ile birlikte temizlik etkinliği de artış göstermektedir. Bu nedenle, elle temizlik yapılan ve ısı ile temas etmeyen alanlarda 45-50 °C, C.I.P. sistemine dahil olan alanlarda ise 80-85 °C'de temizlik uygulaması yeterli olmaktadır. Asit deterjanlar için en uygun sıcaklık 60-70 °C iken, deterjan çözeltisinde enzim karışımlarının bulunması durumunda enzim faaliyetlerini inhibe etmemek için <50 °C'deki sıcaklıklar tercih edilmelidir. Genel olarak, 30-80 °C aralığında sıcaklığın her 10 °C artışı ile birlikte temizlik etkinliği 1.5-2 kat artmaktadır.

Deterjanın Kirli Yüzey ile Temas Süresi

Deterjanın kirli yüzeyler ile temas süresi kirlilik unsurunun niteliği ve kullanılan deterjanın bileşimi ile ilişkilidir. Kirliliğin az olduğu yüzeylerde

temizlik için 10-15 dakikalık bir deterjan uygulaması yeterli iken, pastörizatör ve evaporatör gibi ısı ile temas eden yüzeylere sahip aletlerde kirin giderilebilmesi için 25-30 dakikalık bir uygulama süresine ihtiyaç duyulabilmektedir (Anonim, 1995). Deterjan uygulama süresinin normalden uzun olması ekonomik kayıplara ve metal yüzeylerde korozyon riskinin artmasına neden olabilmektedir.

Kirlilik Çeşidi ve Temizleme Yöntemi

Temizlik etkinliği ve uygulanacak olan temizlik programı büyük ölçüde kirliliğin çeşidi ile ilişkilidir. Normal koşullarda, soğuk süt ile temas eden noktalar daha kolay temizlenebilirken, ısı uygulanmış yüzeylerde temizlik için özel programlar uygulanmalıdır. Örneğin, meyveli yoğurt üretimi sırasında meyve pulplarının pastörize edildiği noktalarda meyve şekerinin karamelizasyonu ve yüzeye yapışması sonucunda oluşan kirliliğin giderilebilmesi için daha yüksek konsantrasyonda ve sıcaklıkta deterjan formülasyonlarının uygulanması gerekmektedir.

Benzer şekilde, elle temizlik yapılan alanlarda seçilen deterjan tipi, konsantrasyonu ve sıcaklığı C.I.P. sistemi uygulanan alanlardan farklılık göstermektedir.

11.5. Yoğurt İşletmelerinde Temizlik ve Sanitasyon Yöntemleri

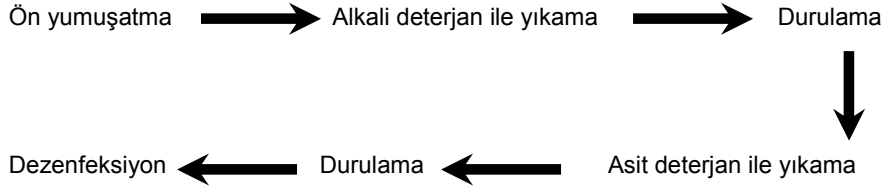
Yoğurt işletmelerinde temizlik uygulaması elle ya da otomasyona dayalı C.I.P. (Cleaning-in-Place, Yerde Temizlik) sistemi aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bazı durumlarda hem elle hem de C.I.P. sistemi ile temizlik kombine şekilde kullanılabilir. Büyük ölçekli işletmeler tamamen tam otomatik C.I.P. sistemini tercih ederken orta ve küçük ölçekli işletmelerde yarı otomatik C.O.P. (Claning-out-of-Place, Yerinden Ayırarak Temizleme) sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yoğurt işletmelerinde temizlik ve dezenfeksiyon temel olarak aşağıdaki sıra ile gerçekleştirilmektedir.

Tablo 11.8. Yoğurt işletmelerinde temizlik veya dezenfeksiyon amaçlı kullanılan bazı deterjanlar

Alkali Bileşikler		
Sodyum hidroksit	Disodyum hidrojen fosfat	Sodyum seskuikarbonat
Sodyum karbonat	Trisodyum fosfat	Sodyum metasilikat
Sodyum bikarbonat	Sodyum heksametafosfat	Sodyum tetrasilikat
Sodyum ortosilikat	Sodyum pirofosfat	
Asit Bileşikler		
Hidroklorik asit	Formik asit	Sitrik asit
Nitrik asit	Asetik asit	Sülfamik asit
Sülfürik asit	Hidroasetik asit	Levunilik asit
Fosforik asit	Tartarik asit	Glukonik asit
Yüzey Aktif Bileşikler (Süfektanlar)		
A- Anyonik Bileşikler	B- Katyonik Bileşikler	D- İyonik Olmayan Bileşikler
Alkil-aril sülfonatlar	Dörtlü amonyum bileşikleri	Polioksi etilen
Primer alkil sülfatlar		Polieter alkol
Alkil-eter sülfatlar	C- Amfoterik Bileşikler	Tween 80
Sabunlar	Alkiloamino karboksilik asit	
Sekonder alkil sülfatlar		
Alkil-aril sülfatlar		
Alkil-benzol sülfonatlar		
Şelat Oluşturan Bileşikler (Ca⁺² Bağlayıcılar)		
Tetrasodyum bifosfat	Sodyum tartarat	EDTA ve tuzları
Pentasodyum trifosfat	Amorf fosfatlar	Nitrilotriasetik asit
Heksasodyum tetrafosfat	Sodyum asit pirofosfat	
Sodyum polifosfat	Sodyum heksametafosfat	
İnhibitör Maddeler		
Sodyum sülfid	Metasilikatlar	
Sodyum silikat	Etil amin	
Metil amin	Propil amin	
Bütil amin	Potasyum kromat	
Yardımcı Maddeler		
Süspansiyon halini devam ettiren maddeler		
Sodyum hidroksi	Nişasta	
metil selüloz	Polifosfatlar	
Sodyum selüloz fosfat	Jelatin	
Koruyucular		
Oksalik asit	Sitrik asit	
Glukonik asit	Sodyum bisülfid	
Köpük Önleyiciler		
Trialkil metil amin	Organik silisyum bileşikleri	

Kaynak: Metin ve Öztürk (1995b)



Ön Yumuşatma: Bol miktarda 40 °C dolayında temiz su temizlenecek olan bölgelerde sirküle edilerek kirlerin yumuşaması ve kaba partiküllerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

Alkali Deterjan ile Yıkama : Alkali deterjanlar yağ ve protein kalıntılarının giderilmesinde etkili olmaktadır. 70-80 °C'de %0.5-1.0 konsantrasyonda alkali deterjan ile 45 dakikalık bir yıkama gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla en yaygın kullanılan alkali deterjan kostik sodadır (NaOH).

Durulama: 15 dakika süresi ile sistemde soğuk su sirkülasyonu sağlanarak alkali deterjan kalıntıları giderilmektedir.

Asit Deterjan ile Yıkama: Asit deterjanları mineral madde kalıntıları ile bazı denatüre serum proteini kalıntılarının kirli yüzeylerden etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla en fazla tercih edilen asit deterjanlar, nitrik asit (HNO₃) içeren deterjanlardır. Nitrik asit ticari olarak %60-65'lik konsantrasyonlarda satılmaktadır. Yüksek konsantrasyonda nitrik asitin organik bileşikler (süt kalıntısı gibi) ile teması sırasında gaz açığa çıkmaktadır. Bu nedenle nitrik asitin mutlaka seyreltilerek kullanılması gerekmektedir. En yaygın kullanılan nitrik asit konsantrasyonu ve uygulama sıcaklık-süre normu sırasıyla %0.5-1.0 ve 60 °C/30 dakikadır.

Durulama: 15 dakika süresi ile sistemde soğuk su sirkülasyonu sağlanarak alkali deterjan kalıntıları giderilmektedir.

Dezenfeksiyon: Temizleme ile kirlerin tamamı uzaklaştırılırken mikroorganizmaların metal yüzeylerde varlığı devam edebilmektedir. Özellikle, temizlik işleminin düşük sıcaklıklarda yapılması durumunda mikroorganizmaların inaktivasyonu yeterli düzeyde gerçekleşmemektedir. Bu nedenle dezenfeksiyon uygulaması temizlik işleminin bir parçası olarak görülmektedir. Bazı ticari deterjan çözeltileri hem temizlik hem de

dezenfeksiyon amaçlı kullanılabilir. Ancak, pratikte bu tip çözeltilerin etkinliği fazla yüksek değildir. Süt depolama tankları, plakalı ısı değiştiriciler, homojenizatörler, evaporatörler, pompa ve vanaların dezenfeksiyonunda genellikle %0.2-0.5 konsantrasyonda hidrojen peroksit (H_2O_2) kullanılmaktadır. Alternatif olarak, %15 aktif klor içeren sodyum hipoklorit ($NaClO$) çözeltisi de (1.5 ml l^{-1} konsantrasyonda) dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır. Klor, asitler ile temas ettiği zaman zehirli klorin gazı (Cl_2) çıkışına neden olduğundan dezenfeksiyon öncesi durulama işleminin çok iyi yapılması ve asit deterjan kalıntısının olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

11.5.1. Elle (Manuel) ve C.O.P. Sistemi ile Temizlik

Yoğurt işletmelerinde süt kabul ve üretim hattının güğüm, karıştırıcı, dolum hattı, yoğurt kasaları gibi bazı bölümlerinin yalnızca elle temizliği mümkün olmaktadır. Bazı durumlarda temizlenecek olan bölge üretim hattından sökülerek temizlenirken bazı durumlarda ise temizlik elle ve parçalar ayrılmadan gerçekleştirilmektedir. Alet-ekipmanın parçalara ayrılarak temizlenmesi durumunda temizlik işlemi yarı otomatik ya da C.O.P. (Cleaning-out-of-Place) olarak adlandırılmaktadır (Custer, 1982). C.O.P. sisteminde sökülen parçalar önce su ile kaba kirlerinden arındırıldıktan sonra uygun deterjan içeren sıcak su ile dolu bir tanka aktarılmaktadır. Tankın uygun olması durumunda deterjanlı su sirkülasyonu aracılığı ile, aksi taktirde elle temizlik gerçekleştirildikten sonra deterjanlı su boşaltılmakta ve temizlenen parçalar bol su ile durulanmaktadır. Durulama işleminden sonra temizliği yapılan ekipmanlar sıcak su veya kimyasal maddeler aracılığı ile sterilize edildikten sonra bir sonraki kullanıma kadar kontaminasyona uğramayacak şekilde saklanmaktadır. Bu uygulama hem insan gücü gerektirdiğinden hem de pratikte uygulanması zaman aldığından küçük işletmelerde ve yalnızca bazı alet-ekipmanların temizliğinde kullanılmaktadır. Ayrıca, temizlik işleminin etkinliği kişiye bağlı olduğundan deterjan çözeltisinin yeterli konsantrasyonda hazırlanmaması ya da temizlik için seçilen sıcaklığın yeterli olmaması riski her zaman için mevcuttur.

11.5.2. C.I.P. (Yerinde Temizleme Sistemi) ile Temizlik

C.I.P. sistemi, süt işletmelerinde temizlik işleminin otomasyonu ve mekanizasyonunu içermektedir. Bu sistemde temizliği yapılacak olan alet-ekipmanların parçalara ayrılması veya elle temizliğinin yapılması zorunluluğu bulunmamaktadır. C.I.P. sisteminin geleneksel temizlik uygulamalarına karşı avantajları:

- İşgücü gereksinimini azaltması,
- Etkin ve hijyenik temizliğe olanak tanınması,
- Verimli bir su, deterjan ve ısı kullanımını sağladığından ekonomik avantajlar yaratması,
- Daha yüksek personel ve gıda güvenliği sağlamasıdır.

Buna karşın, C.I.P. sisteminin dezavantajları;

- İlk yatırım maliyetinin yüksek olması,
- Yoğurt işletmelerinde tüm ünitelere uygulanamaması,
- Kompleks ekipmanlar içerdiğinden etkin bir bakım-onarım içermesidir.

Bir yoğurt işletmesinde C.I.P. sistemi kurulurken bazı faktörler dikkate alınmaktadır. Örneğin;

- i) Kaç adet C.I.P. ünitesinin kurulması gerektiği,
- ii) Sıcak ve soğuk sütün veya yoğurdun temas ettiği yüzeylerin genişliği ve fabrika içerisindeki yerleşimi,
- iii) Ön durulama sırasında geri kazanılan sütün tekrar kullanılıp kullanılmayacağı (bazı durumlarda borularda yer alan kalıntı süt, basınçlı temiz su yardımı ile boru dışına alınarak bir tank içerisinde toplanmakta ve evaporatör yardımı ile koyulaştırıldıktan sonra tekrar kullanılmaktadır. Bu işlem büyük ölçekli yoğurt işletmelerinde rutin bir uygulamadır)
- iv) Ne tür bir dezenfeksiyon metodunun uygulanacağı (kimyasal yolla, buhar ya da sıcak su sirkülasyonu ile)
- v) Temizlikte kullanılan deterjan çözeltisinin tekrar kullanılıp kullanılmayacağı,
- vi) Temizlik ve sterilizasyon için gerekli olan buhar miktarı gibi faktörler

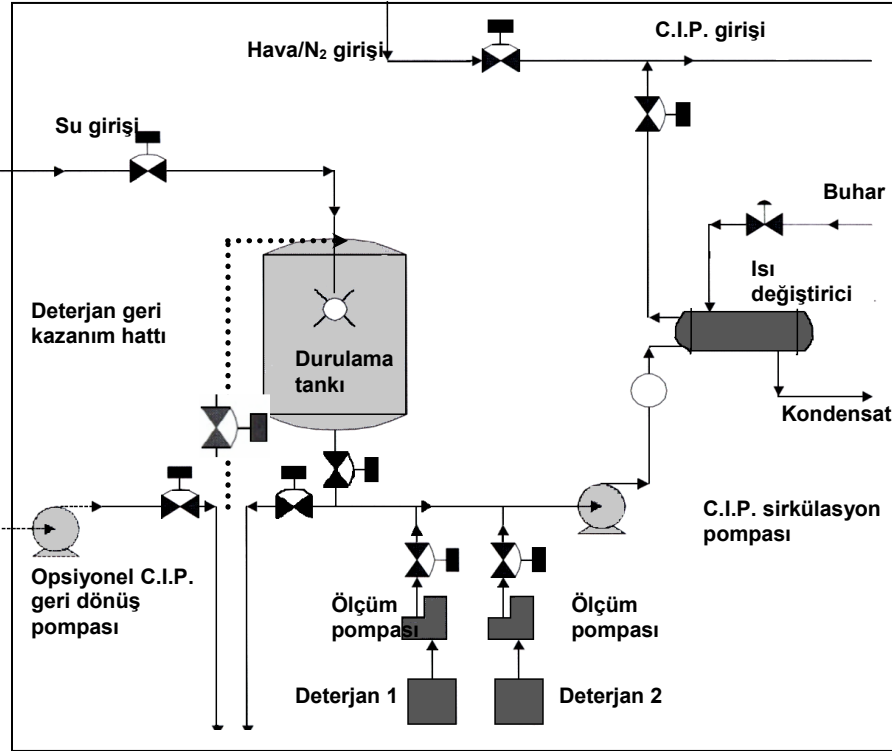
dikkate alınarak C.I.P. sistemleri dizayn edilmektedir.

Genel olarak; C.I.P. sistemleri:

- a) Tek kullanımlı C.I.P. sistemleri
- b) Çok kullanımlı merkezi C.I.P. sistemleri
- c) Çok kullanımlı merkezi olmayan C.I.P. sistemleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

11.5.2.1. Tek kullanımlı C.I.P. sistemi

Tek kullanımlı C.I.P. sistemleri basit, ilk kurulumu ucuz ve düşük kapasiteli işletmeler için oldukça uygun sistemlerdir. Bu sistemde basit bir deterjan tankı ve buna uygun boru ve vana bağlantıları yer almaktadır. Tek kullanımlı C.I.P. sisteminde deterjan ve dezenfektan maddeler yalnızca bir sefer kullanılmakta ve temizlik sonrası atılmaktadır. Tüm deterjan çözeltileri ve dezenfektan maddelerinin günlük ve taze hazırlanması zorunluluğu bulunduğundan bu sistemin işletim giderleri yüksektir. Tek kullanımlı C.I.P. sistemleri genel olarak temizliği yapılacak olan alet-ekipmanlara yakın noktalara yerleştirilmekte ve böylece su, deterjan ve boru-vana masrafları azaltılmaktadır. Bu sistemde temizlik çözeltileri temizlik sonrası sistemden uzaklaştırılabildiği gibi, yeniden sirkülasyon için ya da deterjan çözeltisini geri kazanmak amacıyla sisteme geri döndürülebilmektedir. Tüm bu mekanizma isteğe bağlı olarak vana ve pompa düzenekleri yardımı ile basit bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 11.3.'de basit bir tek kullanımlı geri dönüşümsüz ve geri dönüşümlü C.I.P. sistemi gösterilmektedir. Tek kullanımlı C.I.P. sistemlerinde deterjan tankı su ve buhar ilavesini kolaylaştıran bir pnömatik vana, çözelti sirkülasyonunu sağlayan bir santrifüj pompa ve sıcaklık ile basınç ayarlı göstergelerini içermektedir. Ayrıca, su harcamasını en alt seviyede tutabilmek için tek kullanımlı C.I.P. sistemlerinde 2 tank kullanılabilir. Birinci tankta deterjan çözeltisi yer alırken ikinci tankta yer alan su son durulama aşamasında kullanıldıktan sonra tekrar tanka alınmakta ve bir sonraki C.I.P. işleminin ilk çalkalama suyu olarak kullanılmaktadır. Böylece su tasarrufu sağlanmış olmaktadır.



Şekil 11.3. Tek kullanımlı C.I.P. sistemi yerleşim şeması. Kesikli çizgi ile gösterilen hat geri kazanımlı tek kullanımlı C.I.P. sistemleri için geçerlidir.

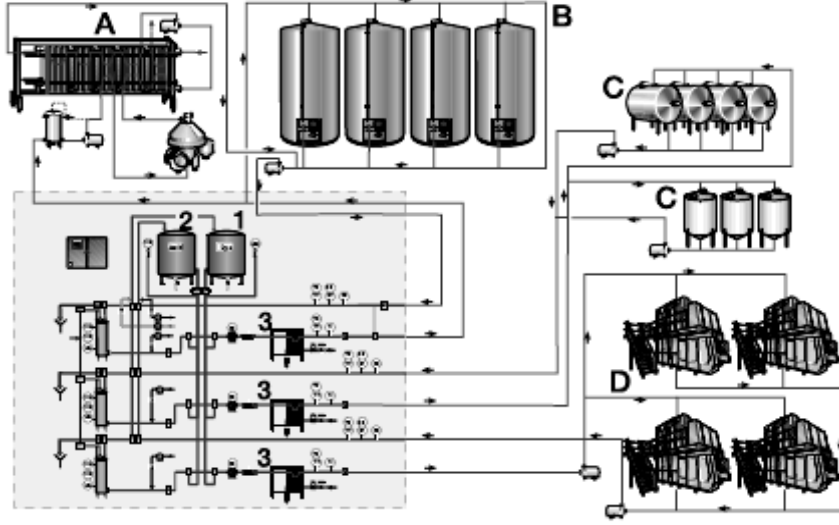
11.5.2.2. Merkezi çok kullanımlı C.I.P. sistemi

Bu yöntemde tüm temizlik ve dezenfeksiyon işlemi merkezi bir C.I.P. sistemi aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Merkezi C.I.P. sistemleri genellikle orta ölçekli işletmeler için önerilmektedir. Bu sistemde, boru, vana ve fitting malzemelerinden tasarruf sağlanabilmesi için C.I.P. sistemi yoğurt üretiminde kullanılan tüm alet-ekipmanlara eşit mesafede bir noktaya yerleştirilmektedir. Asit ve alkali deterjanlar birbirlerinin peşi sıra sistemde sirküle edilirken boru veya diğer ekipmanların temizlik amacıyla sökülmesine gerek duyulmamaktadır. Aynı zamanda sistem deterjan ve son durulama suyunun geri dönüşümünü olanaklı kılacak şekilde dizayn edildiğinden temizlik malzemesi ve sudan tasarruf sağlanmaktadır. Çok kullanımlı C.I.P.

sisteminde asit, alkali ve durulama tankları, plakalı ya da borulu bir ısı değiştirici, sirkülasyon pompaları, basınç ve sıcaklık göstergeleri yer almaktadır. Toz deterjan çözeltisinin yeterince çözünmemesi sonucu ortamda kalabilecek büyük boyutlu partiküllerin sisteme girişinin engellenmesi için C.I.P. tanklarının çıkış ağzına bir filtre monte edilebilmektedir. Temizlik sonrası asit ve alkali deterjanların geri dönüşü sürekli olarak kontrol edilerek konsantrasyonun azalması halinde uygun deterjan çözeltisinden ilgili tanka ilaveler yapılmaktadır. Böylece, bir sonraki C.I.P. işlemi için deterjan çözeltilerinin konsantrasyonları istenilen düzeyde korunmuş olmaktadır. Ayrıca, temizlik işleminin etkin bir şekilde planlaması yapılarak önce düşük konsantrasyonda deterjan ile az kirli bölgeler (soğuk süt iletim boruları, süt alım platformu, dolum makinası vb.) temizlendikten sonra geri dönen deterjana ilaveler yapılarak deterjan konsantrasyonu artırılabilen ve daha konsantre deterjan çözeltisi kirliliğin yoğun olduğu bölgelere (plakalı ısı değiştirici, fermentasyon tankı, pıhtısı kırılmış yoğurtlar için dolum hattı, kültür tankı vb.) gönderilebilmektedir. Böylece deterjandan tasarruf sağlanmaktadır. Merkezi C.I.P. sisteminde asit ve alkali deterjanlar deterjan tanklarına sensörler aracılığı ile otomatik olarak pompalanmaktadır. Bu sistemde, tank içerisindeki deterjan konsantrasyonu probalar aracılığı ile sürekli olarak ölçülmekte ve gereksinim duyulan miktarda deterjan tanka ilave edilerek konsantrasyon korunmaktadır. Bu işlem manuel olarak da gerçekleştirilebilmektedir. Yoğurt işletmesinin kapasitesi ve makine parkının kapladığı alan dikakte alınarak C.I.P. sisteminin seçiminde yarar bulunmaktadır. C.I.P. merkezi ile temizlenecek olan yüzeylerin arasındaki mesafenin artması ile birlikte borularda dolaşan su ve deterjan miktarı artacaktır. Bu durum hem ek maliyet getirmekte hem de çok uzun olan borularda kalan durulama-çalkalama suyunun deterjan çözeltilerini seyreltme riski bulunmaktadır. Merkezi bir C.I.P. sistemine ait yerleşim planı Şekil 11.4.'de sunulmuştur.

11.5.2.3. Merkezi olmayan çok kullanımlı C.I.P. sistemi

Merkezi olmayan C.I.P. sistemleri büyük ölçekli yoğurt işletmelerine uygunluk gösteren bir temizlik modelidir. Büyük ölçekli işletmelerde seksiyonlar arasındaki mesafenin artması ile birlikte merkezi C.I.P. sistemi-



Şekil 11.4. Merkezi çok kullanımlı bir C.I.P. sisteminin yerleşim planı örneği. Tetra Pak izni ile basılmıştır

A: Süt işleme hattı, **B:** Süt depo tankları, **C:** Süt işleme tankları, **D:** Dolun makinası,
1: Alkali deterjan tankı, **2:** Asit deterjan tankı, **3:** Plakalı ısı değiştirici.

nin yarattığı sakıncalar merkezi olmayan bir C.I.P. modeli ile giderilebilmektedir. Bu sistemde, birbirine yakın konuşlanmış bir ya da daha fazla sayıda ekipmanın yakınına bir C.I.P. tankı yerleştirilmektedir. Böylelikle her bir ya da grup alet ayrı ayrı temizlenmektedir. Bu sistemde asit ve alkali deterjan stok tanklarının sayısı artmakla birlikte boru boyu kısalmakta ve deterjan ile su sirkülasyonu için gereken miktar ve enerjiden tasarruf sağlanmaktadır. Bu sistem basitçe, asit ve alkali deterjan tankları, santrifüj pompa ve bir plakalı ısıtıcı bağlantısı içermektedir. Alternatif olarak ısıtma işlemi çift cidarlı buhar bağlantılı tanklarda da gerçekleştirilebilmektedir. Bu durumda istenilen sıcaklığın ayarlanması güç olabilmektedir. Bu nedenle, C.I.P sistemlerinde daha çok plakalı ısı değiştiricilerin kullanımı önerilmektedir. Tüm temizlik ve dezenfeksiyon işlemi bir elektronik kontrol paneli yardımı ile yönlendirilebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen sistemlerde, temizlik çözeltilisindeki pH değişiminden yararlanılarak konsantrasyon tahmini yapılmakta ve otomatik olarak sürekli ölçülen pH değerlerindeki değişimden

yararlanılarak katılması gereken miktarda deterjan çözeltiye ilave edilmektedir.

Merkezi olmayan C.I.P. sistemlerinde 200-300 litre su ile tüm sistemin temizlenmesi mümkündür. Ayrıca, son durulama suyu asit kalıntısı içerdiğinden bir sonraki C.I.P. işleminde ilk çalkalama suyu olarak kullanılmaktadır. Çok kirli yüzeylerin temizliğinde kullanılan deterjan çözeltisi hariç tüm deterjan çözeltileri yıkama işlemi sonunda rezervuar tankına geri dönmekte ve belirli periyotlarda deterjan çözeltisine bakım yapılmaktadır. Merkezi olmayan C.I.P. sistemlerinin ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olmasına karşın zaman içerisinde sağladığı deterjan, enerji ve su tasarrufu nedeniyle 1-2 yıl içerisinde ilk yatırım maliyetini karşılamaktadır. Şekil 11.5.'de merkezi olmayan bir C.I.P. sisteminin örnek bir yerleşim planı görülmektedir. Şekil 11.6.'da ise merkezi olmayan C.I.P. sisteminde kullanılan bir C.I.P. cihazı görülmektedir.

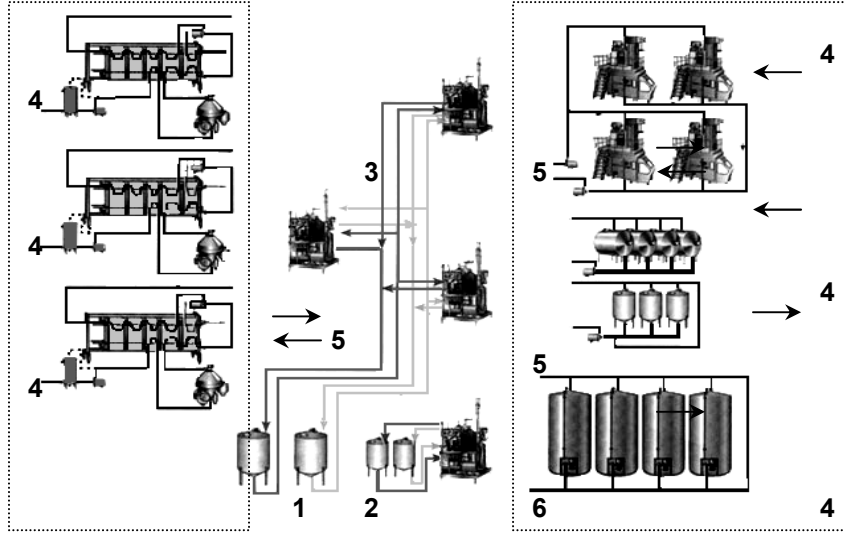
11.6. Yoğurt İşletmelerinde Temizlik Etkinliğinin Kontrolü

Yoğurt işletmelerinde temizliğin ne derece etkin yapıldığının düzenli olarak izlenmesi, temizlik işleminin ayrılmaz bir parçasıdır. Bazı durumlarda, gerek insan gerekse kullanılan teknoloji kaynaklı hatalar temizliğin olması gereken düzeyde yapılamamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle her temizlik işlemi sonunda temizlik işleminin etkinliğini test etmek amacıyla doğrulama analizlerinin yapılması gerekmektedir. Temizlik etkinliğinin değerlendirilmesi 4 temel aşamayı içermektedir (Winfield ve Campbell, 1990). Bunlar;

- 1) Temizlik ile ilgili standartların oluşturulması,
- 2) Temizlik etkinliğinin ölçümünde kullanılan yöntemlerin güvenilirliğinin sağlanması,
- 3) Elde edilen sonuçların kaydedilmesi ve rapor haline dönüştürülmesi,
- 4) Sonuçların yorumlanması ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesi.

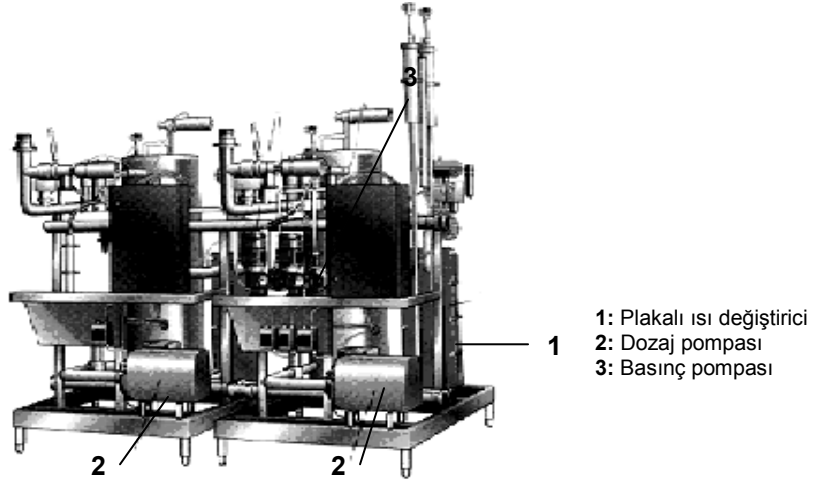
Temizlik ile ilgili standartların oluşturulması

Temizlik ile ilgili standartlar oluşturulurken iki temel unsur dikkate



Şekil 11.5. Merkezi olmayan bir C.I.P. sistemi yerleşim planı örneği. Kesikli çizgi ile gösterilen alanlar temizliği yapılacak olan ekipmanları göstermektedir. Tetra Pak izni ile basılmıştır.

1: Asit tankı, 2: Alkali tankı, 3: C.I.P. iletim hattı, 4: Temizlenecek olan ekipmanlar, 5: Uydu C.I.P. ünitesi, 6: Merkezi olmayan C.I.P. sistemi



Şekil 11.6. Tetra ALCIP C.I.P. ünitesinin görünümü.

alınmalıdır. Bu unsurlar;

- a) Görsel değerlendirme ve
- b) Bakteriyolojik değerlendirmedir.

Görsel değerlendirmede, temizliği yapılan alet-ekipmanın yüzeyinde su birikintisi ile süt ve benzeri madde kalıntısı bulunmamasına ve herhangi bir aşınmanın (özellikle bağlantı noktalarındaki contaların aşınması sorun olmaktadır) olmamasına dikkat edilmelidir. Sterilizasyon-dezenfeksiyon uygulaması ile bakteriyolojik riskin bütünüyle ortadan kaldırılması olanaksızdır. Ancak, alınacak önlemler ile sterilizasyon işleminin olabildiğince etkin olması sağlanmalıdır.

Temizlik etkinliğinin ölçümünde kullanılan yöntemlerin güvenilirliği

Örnek alma yöntemi ve örnekleme sıklığı

Temizlik sonrası kontroller için örnek alma sıklığı ve örnekleme yöntemi tamamen alet-ekipmanın kullanım şekli ile ilişkilidir. Örneğin; yoğurt işletmesine süt nakliyesini gerçekleştiren tankerlerde süt alımından önce ve tanker temizliği yapıldıktan sonra örnek alınmalıdır. Bu işlem, her tanker için ayrı ayrı ve günlük yapılmalıdır. Süt alım hattı, tartım kantarı, balans tankları ve süt depo tankları haftalık periyodlar ile denetlenmelidir. Plakalı ısı değiştiriciler aylık periyodlar halinde sökülerek iç mekanizmanın görsel değerlendirmesi yapılmalıdır. Çok ciddi bir hijyen sorunu olmadıkça boru hatlarının sökülmesine gerek bulunmamaktadır. Klarifikatör, homojenizatör, pompa gibi alet-ekipmanlar ise yalnızca rutin bakımları sırasında söküldüklerinde incelemeye alınmalıdır. Örnek alma sırasında ekipmanın kavisli ve pürüzlü bölgeleri mutlaka dikkate alınmalıdır.

Ön değerlendirmeler

Temizlik etkinliğinin değerlendirilmesi sırasında temizliği yapılan yüzeyin kokusunun normal olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, yüzeyde herhangi bir kalıntının bulunmamasına özen gösterilmelidir. Herhangi bir yüzeyde su birikintisinin varlığı tespit edildiğinde mutlaka pH ölçümü için örnek alınmalıdır. Bağlantı contalarının durumu rutin incelemeler sırasında

sürekli not edilmelidir ve bu bilgiler bir sonraki inceleme sonuçları ile sürekli karşılaştırılmalıdır. Süt iletiminde plastik türevi hortumların kullanılması durumunda hortumlar günlük olarak temizlenmelidir. Depolama tankı, fermentasyon tankı, kültür tankı gibi bazı ekipmanlar, pH-metre, termometre veya karıştırıcı gibi parçalar içerdiğinden bu aletlerin temizliğinin değerlendirilmesi sırasında pH-metre probu, termometre ucu ya da karıştırıcının bağlantı noktasına özellikle dikkat edilmelidir. Bu bölgeler C.I.P. sırasında etkin bir şekilde temizlenemeyebildiğinden sıklıkla kontaminasyona yol açmaktadır.

Ürün değerlendirmesi

Temizlik kontrolü amacıyla herhangi bir noktadan örnek alımı sırasında mutlaka steril örnek alma çubukları-kepçeleri kullanılmalıdır ve örnek alımı sırasında kontaminasyon olasılığı en düşük düzeye indirilmelidir (Anonim, 1985b). Yoğurt işletmelerine gelen sütler kabul noktasında görünüş, pH, asitlik ve resazurin testlerine tabi tutulmalıdır. Depolanacak olan çiğ sütlerde ayrıca, depolama sonunda ürüne işlenmeden hemen önce de benzer testler uygulanmalıdır. Böylelikle, depolama tankları ile süt iletim hatlarının ne derece etkili temizlendiği konusunda da bilgi edinilebilmektedir. Ayrıca, çiğ sütlerde rutin olarak koliform bakteri varlığı ile toplam bakteri sayımı yapılmalıdır. Toplam bakteri sayımının klasik yöntemler ile yapılması durumunda sonucun alınması için en az 48-72 saatlik bir sürece gereksinim duyulduğundan bu amaçla direkt ölçüm yöntemleri yaygınlık kazanmıştır. En sık kullanılan direkt ölçüm metodlarından birisi olan Direct Epifluorescent Filtration Technique (DEFT) 30 dakika içerisinde sonuç vermektedir.

Isıl işlem sonrasında soğutucudan çıkan sütlerde düzenli olarak koliform bakteri varlığı izlenmelidir. Normal koşullarda 1 ml ısıl işlem görmüş sütte koliform bakteri bulunmaması gerekmektedir. Bu amaçla McConkey Broth (37 °C/ 48 saat inkübasyon) ya da VRBA Agar (37 °C/24 saat inkübasyon) besiyerleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzer testler, paketlenmiş yoğurtlarda da rutin olarak gerçekleştirilmelidir.

Yoğurt üretiminde kullanılan tüm ekipmanların yüzeyinden öngörülen periyotlarda sürme (swabbing) ya da çalkalama (rinsing) yöntemleri ile mikrobiyolojik analizler için örnek alınması gerekmektedir. Sürme tekniği ile

örnek alımı durumunda örnek alınan yüzey alanı en az 1000 cm² olmalıdır. Borulardan örnek alımı sırasında ise en az 15 cm uzunluğundaki bölgeden sürme tekniği ile örnekleme yapılmalıdır. Sürme tekniği ile örnek alımı sonrasında gerçekleştirilen mikrobiyolojik ekimlerde alınan sonuçlar aşağıdaki gibi değerlendirilmektedir:

<u>Sonuç</u>	<u>Değerlendirme</u>
1000 cm ² 'de 2.500'den daha az koloni varlığı	Yeterli temizlik
1000 cm ² 'de 2.500-25.000 arası koloni varlığı	Şüpheli
1000 cm ² 'de 25.000'dan daha fazla koloni varlığı	Yetersiz temizlik

Sürme tekniğinin en büyük dezavantajı, yalnızca temizliğin nispeten daha kolay olduğu yüzeylerden örnekleme yapılabilmesidir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar tüm işletmenin temizliği hakkında yeterince bilgi vermemektedir. Bu nedenle, özellikle kıvrımlı bölgelerde (boru kıvrımları, bağlantı noktaları vb.) çalkalama yöntemi ile örnek alımının da kullanılması önerilmektedir. Son yıllarda, C.I.P. temizliğinde kullanılan son durulama suyundan da bakteriyolojik değerlendirme için örnek alımı, temizlik etkinliğinin değerlendirilmesi açısından yaygınlık kazanan bir uygulama olarak dikkati çekmektedir.

Sonuçların yorumlanması ve alınması gereken önlemler

Temizlik işlemi öncesi ve sonrasında elde edilen tüm bilgiler mutlaka düzenli olarak kaydedilmeli ve saklanmalıdır. Sonuçların günlük olarak incelenmesi ve yorumlanması, olası bir olumsuzluk anında erken önlem alınabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Koku değerlendirmesi

- 1) Herhangi bir yüzeyde ekşimsi kokunun varlığı
 - a) Özellikle ön çalkalama sırasında yetersiz temizlik
 - b) Küçük bir alanda kontaminasyon ya da yeterince temizlenmemiş

kalıntı varlığı

- 2) Tipik olmayan ağır koku
 - a) Düşük deterjan konsantrasyonu ya da yıkama sıcaklığı
 - b) Son durulama suyunun klor içeriğindeki yetersizlik
 - c) Temizleme ile yeniden kullanım arasında 24 saatten fazla bekleme
- 3) Aşırı klor ya da dezenfektan kokusu
 - a) Yüksek konsantrasyonda klor ya da dezenfektan kullanımı

Görsel değerlendirme

- 1) Temizlik sonrası boruların halen ılık/sıcak olması son durulama-dezenfeksiyon aşamasının yetersizliğini işaret edebilir. Son durulama suyu soğuk olmalıdır.
- 2) Kalıntı varlığı
 - a) Sert, zor temizlenen ve tüm yüzeyde ince film tabakası gibi yayılmış olan kalıntılar genellikle süt proteinleri ve tuzları kaynaklıdır. Deterjan çözültisinin konsantrasyonu, deterjanın uygunluğu ve uygulama basıncı kontrol edilmelidir.
 - b) Yumuşak ve bir bölgede biriken kalıntılar süt yağı, asidik süt kalıntıları ve/veya deterjan kalıntılarında kaynaklanmaktadır. Bu sorunu gidermek için:
 - i) C.I.P. sisteminde deterjan püskürten başlıkların tıkalı olup olmadığı,
 - ii) Deterjan püskürten başlıkların uygun seçilip seçilmediği,
 - iii) C.I.P. sisteminin uygunluğu (C.I.P. basıncı ile deterjan püskürten başlıkların uyumlu olması gibi)
 - iv) Deterjan püskürtmede dönerli sprej başlık kullanılması durumunda başlığın hareketinin engellenmediği,
 - v) C.I.P. pompalarının etkinliği test edilmelidir.
 - c) Transparan ve jelatinimsi yapıda kalıntı varlığı asidik deterjanlar ile protein kalıntılarının etkileşimi ile oluşmaktadır ve görsel olarak tespiti güçtür. Giderilmesi için C.I.P. basıncı, uygulama sıcaklığı ve

deterjan konsantrasyonu kontrol edilmelidir.

- 3) Temizlik sonrası temizlenen yüzeylerde iz kalması kullanılan suyun çok sert olduğunu göstermektedir.
- 4) Plakalı ısı değiştiricilerin yüzeyinde temizlik sonrası kalan kalıntılar hem uzun pastörizasyonun hem de uygun olmayan temizliğin bir işaretidir.

11.7. Yoğurt İşletmelerinin Dezenfeksiyonu

Dezenfeksiyon işlemi temizlik uygulamasının ayrılmaz bir parçasıdır. Temizliği yapılan alet-ekipmanlar bir sonraki kullanıma kadar geçen süreçte herhangi bir mikrobiyel kontaminasyondan uzak tutulmalıdır. Bu amaçla, uygun olan aletler (tank vb.) dezenfektan madde içeren çözeltiler ile bir sonraki kullanıma kadar korunurken, dezenfektan çözeltilerini depolamaya uygun olmayan aletlerin ise temiz bir yerde saklanması ve kullanım öncesi dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Bu durum özellikle ısı işlem gördükten sonra sütte temas eden aletler için çok daha önemlidir. Dezenfeksiyon işleminin başarısı, temizlik uygulamasının etkinliği ile yakından ilişkilidir. Yeterli temizlik uygulanmayan bölümlerde yer alan kalıntılar hem mikroorganizmaların gelişimini olanaklı kılmakta hem de dezenfeksiyon etkinliğini azaltmaktadır. Özellikle temizlenen ekipmanlardaki su kalıntıları dezenfektan madde konsantrasyonunda azalmaya neden olabildiğinden dezenfeksiyon etkinliğini düşürmektedir. Ayrıca, kalıntı süt bileşenleri ile dezenfektan maddeler arasında reaksiyonlar da oluşabilmektedir.

Yoğurt işletmelerinde dezenfeksiyon termal veya kimyasal yolla gerçekleştirilmektedir. Ender olmakla birlikte radyasyon ışınlama, filtrasyon ve fümigasyon gibi yöntemlerde kullanılabilir.

11.7.1. Termal Dezenfeksiyon

Termal dezenfeksiyon, buhar ya da sıcak su aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Yoğun bir enerji kullanımı gerektirdiğinden masraflı bir uygulama olmasına karşın özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal dezenfeksiyon uygulamasının başarısı

uygulama süresi, nem içeriği ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir (Metin ve Öztürk, 1995b). Buhar dezenfeksiyonu özellikle depolama tankları ile yoğurt mayalama tankları için önerilmektedir. Etkili bir dezenfeksiyon için buhar uygulamasının en az 15 dakika süre devam etmesi ve buhar enjekte edilen tankın kondensat çıkış sıcaklığının en az 85 °C olması gerekmektedir. Meyveli yoğurt dolmuş ünitesinin dolmuş öncesi sıcak hava ve buhar karışımı (~250 °C) ile dezenfeksiyonu bir diğer yöntemdir (Ammann, 1980). Ancak, sıcaklığın çok yüksek olması nedeniyle dolmuş hattının sıcaklığa dayanıklı bir materyal olmasına dikkat edilmelidir.

Sıcak su ile dezenfeksiyon, buhar uygulamasına göre daha etkilidir. Küçük alet-ekipmanlar ile kapalı sistemlerin (plakalı ısı değiştirici, evaporatör, membran filtrasyon sistemleri ve homojenizatör gibi) dezenfeksiyonu sıcak su ile daha kolay ve etkili olmaktadır. Sıcak su ile dezenfeksiyonda önerilen sıcaklık-süre normları 80-85 °C'de 15-20 dakikadır. Daha yüksek sıcaklık ve sürelerde, dezenfeksiyon etkinliği fazla değişmezken maliyet hızla artmaktadır. Sert su kullanımı durumunda sıcaklığın etkisi ile temizlenen yüzeylerde su taşı olarak adlandırılan bileşikler oluşmaktadır (Metin ve Öztürk, 1995b). Bu nedenle, dezenfeksiyonda kullanılan suyun yumuşak su özelliğinde olması gerekmektedir. Ayrıca, sıcak su sirkülasyon basıncı da dezenfeksiyon etkinliğini etkileyen bir diğer faktördür. Tablo 11.9.'da farklı termal uygulamaların yoğurt ekipmanları üzerindeki etkinliği özetlenmiştir.

11.7.2. Kimyasal Dezenfeksiyon

Kimyasal dezenfeksiyon, hem daha ucuz hem de yüksek etkinliğe sahip olması nedeniyle günümüzde en yaygın kullanılan dezenfeksiyon yöntemidir. Tek başlarına kullanılabildikleri gibi deterjan çözeltileri ile birlikte de kullanılabilmektedirler. Kimyasal sterilant/dezenfektanların etkinliği aşağıdaki faktörlere bağımlılık göstermektedir:

- i) Yüzey ile temas süresi
- ii) Sıcaklık
- iii) Konsantrasyon
- iv) pH

Tablo 11.9. Farklı termal uygulamaların yoğurt ünitelerinde dezenfeksiyon etkinliği

Termal işlem	Koşullar	Değerlendirme
Kuru hava sterilizasyonu	>150 °C/ 2 saat	Tüm sporları inaktive etmektedir. Yalnızca küçük boyutlu cam malzemeler için uygundur
Nemli hava sterilizasyonu		
1. Sıcak su	85 °C/ 15-20 dk	Tüm vejetatif hücreler inaktive olur. Sporlar ile bakteriyofajlar üzerinde etkili değildir. Sanitasyon amaçlı kullanılmaktadır
2. Kaynar su	100 °C	Sıcak suya benzer etki göstermektedir. Bakteriyofajların inaktivasyonunda etkilidir.
3. Buhar sirkülasyonu	100 °C/ 10 dk (en az iki kez)	Üretim hattının dezenfeksiyonu için fazla önerilmemektedir.
4. Serbest buhar	100 °C	Kaynar su ile benzer etki yaratmaktadır. Sporlar üzerinde etkili değildir. Süt güğümünün sterilizasyonuna uygundur.
5. Basıncılı buhar	121 °C/ 15-20 dk (0.1-0.15 MPa basınç)	En etkili sterilizasyon yöntemidir. Bununla birlikte yoğurt üretim hatlarının sterilizasyonuna fazla uygun değildir.

Kaynak: Tamime ve Robinson (1999), Zall (1990)

- v) Dezenfeksiyon öncesi temizlik etkinliği
- vi) Su sertliği
- vii) Bakteri direnci

Yeterli sterilizasyon etkinliğinin sağlanabilmesi için dezenfektan maddenin yüzey ile temas süresinin en az 2-3 dakika olması gerekmektedir. Dezenfektan maddeler tek başlarına kullanılacaklar ise uygulama sıcaklığının olabildiğince yüksek olması bakterisidal etkinin artması bakımından yararlı olmaktadır. Deterjanlar ile birlikte kullanılmaları durumunda ise sıcaklığın 50-55 °C dolayında olması gereklidir. Dezenfektan konsantrasyonunun artması ile birlikte bakterisidal etki de artış gösterecektir. Ancak, dezenfeksiyon etkisi ile konsantrasyon arasındaki ilişkinin test edilerek optimum konsantrasyonun belirlenmesi maliyeti azaltmak açısından yararlıdır. Ortam pH'sı dezenfektan maddelerin anti-mikrobiyel özelliğini etkileyebilmektedir. Örneğin, yüksek pH değerlerinde klor ve iyotlu

bileşiklerin anti-mikrobiyel etkinliği azalmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, dezenfeksiyon öncesi temizliğin yeterli düzeyde olmaması ortamda mikroorganizma gelişimini hızlandırmaktadır. Bu durum ise dezenfeksiyon etkinliğini azaltmaktadır. Su sertliği ile dezenfeksiyon etkinliği arasında ters ilişki bulunmaktadır. Özellikle, sert suların bileşiminde yer alan kalsiyum ve magnezyum tuzları, dördü amonyum bileşikleri gibi kimyasal dezenfektanların etkinliğini yavaşlatmaktadır. Bu nedenle, sudaki kalsiyum oranının 200 ppm'i aşması durumunda dezenfektan çözeltisine yüzey aktif madde ilave edilmesi yararlı olmaktadır (Metin ve Öztürk, 1995b). Dezenfeksiyon öncesi temizliğin yeterli olmaması durumunda bazı bakteriler kir kalıntılarına bağlanmakta ve özellikle klorlu bileşiklere karşı direnç göstermektedirler.

11.7.2.1. Kimyasal dezenfektanlar

Kimyasal dezenfektanların seçiminde bazı kriterler dikkate alınmaktadır. Buna göre, bir dezenfektanın geniş bir pH aralığında etkili olması, mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon etkilerinin yüksek olması, toksik ve korozif etki göstermemesi, bileşiminin sıcaklık ile değişmemesi, kokusunun kolay kaybolması ve ürüne yansımaması, kolay bulunabilir olması ve ucuz olması gibi faktörlere uygunluk göstermelidir. Kimyasal dezenfektanlar 7 gruba ayrılmaktadır (Atamer, 1996). Bunlar;

- Aktif klor bileşikleri
- Dördü amonyum bileşikleri
- İyotlu bileşikler
- Peroksit bileşikleri
- Amfoterik yüzey aktif maddeler
- Asidik anyonik dezenfektanlar
- Sodyum hidroksittir.

Klorlu Bileşikler

Aktif klorlu bileşikler en çok sodyum veya kalsiyum hipoklorit şeklinde ve ticari olarak toz ya da sıvı formda bulunmaktadır. Optimum kullanım oranları 50-200 ppm arasında değişmektedir. Hipokloritlerin anti mikrobiyel

etkileri oldukça geniştir. Ek olarak, yüksek konsantrasyonlarda kullanıldıklarında bakteriyofajlar üzerinde de etkili olmaktadır. Yeterli temizlik yapılmaması durumunda ortamda kalan organik sütün kalıntıları aktif klor ile reaksiyona girerek dezenfeksiyon etkinliğini azaltmaktadır. Benzer şekilde, ortamda tuz varlığı da hipokloritlerin dezenfeksiyon gücünü zayıflatmaktadır. Kloraminle, hipokloritlere göre ortamda yer alan organik bileşiklerden daha az etkilenmektedirler. Bu nedenle, kloraminlerin deterjan formülasyonlarında yer alması temizlik ve dezenfeksiyonun birlikte gerçekleştirilebilmesi bakımından avantaj teşkil etmektedir. Kloraminler, hipokloritlere oranla metal yüzeyler üzerinde daha az aşındırma etkisine sahiptir. Aktif klorlu bileşikler geniş anti-mikrobiyel etkileri, ucuz olmaları ve su sertliğinde fazla etkilenmemeleri nedeniyle tercih edilmektedirler. Ancak, depolama sırasında konsantrasyonlarında meydana gelen azalma, elle temizliğe uygun olmamaları ve pH değişimlerinden olumsuz etkilenmeleri kullanımlarını sınırlayıcı faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Yoğurt işletmelerinde dezenfeksiyon işleminde hipoklorit içeren dezenfektanların kullanımı durumunda uygulama sıcaklık-süre normunun 40 °C'de 10 dakika ya da çevre sıcaklığında 15 dakika olmasına dikkat edilmelidir. Daha yüksek sıcaklıklarda klorin evapore olduğundan konsantrasyonu ve dolayısıyla etkinliği azalmaktadır. Ayrıca, hipokloritlerin korozif etkileri nedeniyle alet-ekipmanlar kullanımdan hemen önce dezenfekte edilmelidir.

Dörtlü Amonyum Bileşikleri

Dörtlü amonyum bileşikleri yapılarında bir nitrojen atomuna bağlı dört organik grup içermektedir. Bu bileşikler katyonik özellikte yüzey aktif maddelerdir. Katyonik özelliklerinden dolayı dörtlü amonyum bileşikleri diğer deterjanlar ile birarada kullanılamamaktadır. Bu dezenfektan grubunun optimum uygulama konsantrasyonu < 40 °C'de 150-200 ppm'dir. Yeterli bir anti-mikrobiyel aktivite için uygulama süresinin ise en az 2 dakika olması gerekmektedir. Sudaki sertlik unsuru tuz iyonları ve iyonik olmayan bileşikler dörtlü amonyum bileşiklerinin etkinliğini azaltmaktadır. Depolama sırasında konsantrasyonları fazla değişmemektedir ve kullanım ömürleri klorlu bileşiklere oranla nispeten daha uzundur. Benzer şekilde, metal yüzeyler üzerindeki korozif etkileri daha düşüktür. Yüksek yüzey aktif özellikleri

nedeniyle fazla miktarda köpük oluşturdıklarından durulama işleminin dikkatli yapılması gerekmektedir. Dörtlü amonyum bileşikleri renksiz ve kokusuzdurlar ve toksik özellik taşımamaktadırlar. Geniş bir pH aralığında aktivitelerini korurken elle temizliğe uygunluk göstermektedirler.

İyotlu Bileşikler (İyodoforlar)

İyodun yüzey aktif madde özelliğine sahip iyonik olmayan bir bileşik içerisinde çözündürülmesi ile hazırlanan çözeltilere iyodofor adı verilmektedir (Atamer, 1996). Bu amaçla en yaygın kullanılan madde fosforik asittir. Asidik ortamlarda daha fazla iyot serbest hale geçtiğinden iyodoforların bakterisidal etkileri artmaktadır. Bu nedenle iyodofor çözeltilerinin pH'sı ≤ 3 olmalıdır. İyodoforların optimum kullanım konsantrasyonları 50-70 ppm arasında değişmektedir. İyodoforların bir kısmı aşırı köpük oluşturduğundan durulama işleminin özenli yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bu özelliklerinden dolayı C.I.P. temizliğine uygunluk göstermemektedirler. C.I.P. sistemi için daha az köpük oluşturan iyotlu bileşiklerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu dezenfektanlar Gr(+) ve Gr(-) bakteriler ile maya-küf ve virüslere karşı etkilidirler. Dezenfeksiyon sırasında evaporasyon yolu ile konsantrasyon kaybının oluşmaması için uygulama sıcaklığının <50 °C seçilmesi gerekmektedir. Suyun sertlik unsurları iyodoforların anti-mikrobiyel etkinliğini azalttığından yumuşatılmış su kullanılması gerekmektedir. Süt kalıntıları iyodoforların etkinliğini azalttığından dezenfeksiyon öncesinde temizlik işleminin uygun normlarda gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır. Kalıntı iyot, süt ürünlerinde tat bozukluklarına neden olabilmektedir. Ayrıca; iyot, kalıntı materyal ile reaksiyona girerek renk değişimi gerçekleştirdiğinden temizliğin etkin yapılıp yapılmadığının kontrolünde bir indikatör olarak kullanılmaktadır.

Peroksit Bileşikleri

Dezenfeksiyon amacıyla en yaygın kullanılan peroksitli bileşikler hidrojen peroksit ve perasetik asittir. Hidrojen peroksit yavaş ve uzun süreli, perasetik asit ise hızlı ve kısa süreli etki göstermektedir (Atamer, 1996). Yoğurt işletmelerinde peroksitli bileşiklerden ağırlıklı olarak ambalaj/paket materyallerin sterilizasyonunda yararlanılmaktadır. Vejetatif formdaki

mikroorganizmaların önemli bir bölümü peroksitli bileşiklerce inaktive edilirken, sporlar yüksek direnç göstermektedir. Hidrojen peroksit ve perasetik asitin optimum kullanım konsantrasyonları sırasıyla >300 ppm ve 50-750 ppm'dir. Kalıntı hidrojen peroksitin yüzeylerden uzaklaştırılabilmesi için kullanımdan hemen önce sıcak su sirkülasyonu uygulanmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda hidrojen peroksit kolay parçalandığından uygulama sıcaklığının 35-40 °C dolayında olması gerekmektedir. Ayrıca, peroksit bileşikleri, ağartıcı özellik taşıdığından elle sterilizasyona uygunluk göstermemektedir.

Amfoterik Yüzey Aktif Maddeler

Amfoterik yüzey aktif maddeler, hem deterjan hem de dezenfektan özellik taşımaktadırlar. Aşırı köpük oluşturmaları nedeniyle C.I.P. sistemleri için uygunluk göstermemektedirler. Normal konsantrasyonlarda vejetatif hücrelere, yüksek konsantrasyonlarda ise maya ve küflere karşı inaktivasyon etkisi yaratmaktadırlar. Ortamda organik maddelerin bulunması durumunda etkinlikleri azalmaktadır. Kullanım konsantrasyonları 250 ile 1000 ppm arasında değişmektedir. Daldırma ve püskürtme yöntemi ile temizlik/dezenfeksiyona uygunluk göstermektedirler. Aşındırma etkileri zayıftır.

Asidik Anyonik Dezenfektanlar

Bu dezenfektan grubu, anyonik ve iyonik olmayan yüzey aktif maddeler ile inorganik asitleri içermektedirler. İnorganik asit olarak en çok fosforik asit kullanılmaktadır. Bu deterjan grubu, hem uzun raf ömrüne sahiptir, hem de sütte oluşumunun engellenmesinde etkilidir. Organik süt kalıntıları ile sudaki sertlik unsurlarından etkilenmezler. Bununla birlikte, yalnızca asidik pH'larda antibakteriyel etki göstermektedirler. Bu dezenfektan grubunun paslanmaz çelik materyaller üzerinde korozif etkileri bulunmazken diğer metaller üzerinde aşındırıcı etki yaratmaktadırlar. Ayrıca, sporlara karşı etkili değildirler. C.I.P. sistemi ile temizliğe çok uygun olmamakla birlikte düşük köpük oluşturma yeteneğine sahip olan çeşitleri C.I.P. sisteminde kullanılabilir. Optimum kullanım konsantrasyonu 150-200 ppm dolayındadır.

Sodyum Hidroksit

Yüksek alkali karakteri nedeniyle sodyum hidroksit (=kostik soda) bakteriyostatik etkiye sahiptir. Özellikle >70 °C sıcaklıklarda sterilizasyon etkisi artmaktadır. Optimum kullanım konsantrasyonu 45 °C'de %1.5-2.0 arasındadır. Sodyum hidroksit özellikle cam yoğurt kaselerinin sterilizasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Dezenfeksiyon amacıyla ender de olsa brom-klorin (25-75 ppm konsantrasyonda) ve formaldehit (1000-4000 ppm konsantrasyonda) bileşiklerinden de yararlanılmaktadır.

11.7.3. Filtrasyon

Yoğurt işletmelerinde filtrasyon tekniği ile sterilizasyon uygulamasından ağırlıklı olarak starter kültür odalarının havasının sterilizasyonunda yararlanılmaktadır. Bu filtreler bakterilerin starter hazırlama odasına girişlerini engellemektedir. Son yıllarda, hava kaynaklı bakteriyofajları da tutan filtreler geliştirilmiştir. Bu filtrelerin etkinliği sterilize edilecek olan odaların girişlerine basınçlı hava perdelerinin yerleştirilmesi ile artırılabilir.

11.7.4. Radyasyon

Yoğurt işletmelerinde belirli bölgelere 180 nm ile 400 nm arasında değişen dalga boylarına sahip UV lambaları yerleştirilerek sterilizasyon sağlanabilmektedir. Radyasyon ile sterilizasyondan genellikle yoğurt işletmelerinde kullanılan suların dezenfeksiyonu aşamasında yararlanılmaktadır. Ayrıca, paketlenme ve dolum ünitesine monte edilen UV lambaları aracılığı ile de dolum sırasında kontaminasyon riski minimum düzeye indirilmektedir. Bazı işletmeler yoğurt kaplarının sterilizasyonunda da UV lambalardan yararlanılmaktadır.

11.7.5. Spreyleme ve Fümigasyon

Yoğurt ve ambalaj depolama odalarının sterilizasyonunda aktif klor veya formaldehitin spreyleme ya da fümigasyonundan da yararlanılmaktadır. Herhangi bir kontaminasyonun engellenmesi açısından spreyleme veya

fümigasyon öncesinde odaların boşaltılması gerekmektedir. Ayrıca, yüksek konsantrasyonda klor kullanılması durumunda metal yüzeylerde paslanma meydana gelme riski bulunmaktadır. Bu uygulama yoğurt işletmelerinde yaygın değildir.

11.8. Kaynaklar

- Ammann, S. 1980. Method and apparatus for sterilizing containers, particularly yoghurt cups. German Federal Republic Patent Application **No: 2 839 543**.
- Anonim. 1985a. *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. American Public Health Association. 15. baskı, APHA.
- Anonim. 1985b. *Guidelines for Drinking Water Quality*. WHO, Vol.1-3, Geneva:WHO.
- Anonim. 1995. *Tetra Alcip™ 100 System*, Technical Bulletin PB63072 en3, Tetra Pak A/B, Lund, Sweden.
- Atamer, M. 1996. *Süt Endüstrisinde Sanitasyon*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, **Yayın No: 1464**, 220 sayfa.
- Barron, 1990. Water supplies. "Alınmıştır: *CIP: Cleaning-in-Place*. Chapter 2, (ed.) A.J.D. Rowney, The Society of Dairy Technology Publications: Cambridgeshire, 7-16."
- Custer, E.W., 1982. "Alınmıştır: 1999. *Yoghurt. Science and Technology*. Tamime, A.Y. ve Robinson, R.K. Woodhead Publishing, London, 619 sayfa. "
- Metin, M. ve Öztürk, G.F. 1995a. Yoğurt işletmelerinde sanitasyon. *III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 2-3 Haziran 1994, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, **Yayın No: 548**, İstanbul, 145-165.
- Metin, M. ve Öztürk, G.F. 1995b. *Süt İşletmelerinde Sanitasyon*. Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları, **Yayın No: 17**, 410 sayfa.
- Tamime, A.Y. ve Robinson, R.K. 1999. *Yoghurt. Science and Technology*. Woodhead Publishing, London, 619 sayfa.
- Winfield J. ve Campbell, A. 1990. Assessment of cleaning efficiency. "Alınmıştır: *CIP: Cleaning-in-Place*. Chapter 10, (ed.) A.J.D. Rowney, The Society of Dairy Technology Publications: Cambridgeshire, 191-201."
- Wright, W.A. 1990. The chemistry of detergents. "Alınmıştır: *CIP: Cleaning-in-Place*. Chapter 3, (ed.) A.J.D. Rowney, The Society of Dairy Technology Publications: Cambridgeshire, 17-29."
- Zall, R.R. 1990. "Alınmıştır: *Dairy Microbiology*. Vol 1, (ed.) R K Robinson, Elsevier Applied Science, London, 115-161."