

TEREYAĞ TEKNOLOJİSİ_2

Yayıklama üzerine etkili faktörler

Yayık ile ilgili faktörler

- a) **Yayığın devir sayısı;** genelde yayıkların devir sayısı tip ve büyüklükle ilişkilidir. Yayıklarda devir sayısı 40 ile 60 devir/dk arasında değişim göstermektedir. Yayıklama süresince, yayığın dönme hızı sabit kalmalıdır. Optimum dönme hızının üzerinde veya altında üretilen tereyağı kalitesi ve randımanında bazı olumsuzluklar ortaya çıkar. Hızlı dönen yayıklar küçük taneli granüller oluşur ve tereyağı bünyesinde tutulan yayıkaltı miktarı artar. Yayığın hızı düşükse, büyük granüller/daneler oluşur. Büyük danelerden, malakse (yoğurma) aşamasında yayıkaltının uzaklaştırılması zordur. Kural olarak, yayığın dönme hareketinin yarattığı merkezkaç kuvveti yerçekimi kuvvetinden biraz düşük olmalıdır. Böylece, dönme hareketine bağımlı yayığın tepe noktasına taşınan kremanın bu noktadan alt noktaya düşmesi sonucu, mekanik etki yaratılabilir. Aşırı yüksek hızlı (yerçekimi kuvveti < merkezkaç kuvveti) yayıklarda, krema yayık ile birlikte dönmektedir. Sonuçta, yukarıda belirtildiği gibi, kremanın düşme hareketi gerçekleşmediği için, granüller oluşamaz. Aşırı düşük hızlı (yerçekimi kuvveti > merkezkaç kuvveti) yayıklarda ise, krema yayık tabanında hareketsiz kalır ve dolayısıyla tereyağlaşma gerçekleşmez.
- b) **Yayığın doldurulma oranı;** yayık hacminin 1/3-1/2'ine eşdeğer miktarda krema yayığa alınmalıdır. Aşırı oranda doldurulan yayıklarda, krema yayığın tepe noktasına taşınmaz. Yayığın dönme hareketi ile krema yayık içinde kayma hareketi yapar. Bu eğilim, mekanik bir etki yaratmadığı için granüller oluşamaz. Eğer yayık düşük oranda doldurulacak olursa, sabit dönme hızında ortaya çıkan merkezkaç kuvvetinin yerçekimi gücünden fazlalığı, kremanın yayıkla birlikte dönmeye neden olacaktır. Sonuçta, çarpma etkisi oluşmadığı için granüller meydana gelmeyecektir. Normal şartlar altında yayıklama süresi 30-45 dk.'dır. Yayıklama süresi gereğinden kısa olursa oluşan tereyağı danecikleri çok küçüktür. Bu nedenle yayıkaltına geçen yağ miktarı artar dolayısıyla randıman azalır.

Yayıklama süresinin aşırı düzeyde uzaması durumunda, tereyağı danecikleri birbirleriyle birleşerek büyük topaklar oluştururlar. Sonuçta; topaklar arasında fazla miktarda yayıkaltı kalır. Yıkama etkinliği azalır, yani yayıkaltının ortamdaki uzaklaştırılması zorlaşır ve buna bağımlı üretilen tereyağının dayanımı azalır.

Krema ile ilgili faktörler

- a) **Yağ fazının durumu:** önceki bölümlerde açıklandığı gibi, yayıklamanın gerçekleşebilmesi için kristal ve likit fazlar arasında bir denge bulunmalıdır. Kristal veya likit fazın aşırı fazlalığı yayıklamada sorun yaratır. Kristal ve likit fazlar arasındaki oran, tereyağı randımanı üzerine de etkilidir. Likit faz miktarındaki artış tereyağı randımanını olumsuz yönde etkiler. İlave olarak randıman üzerine kristal fazın likit fazı bağlayabilme özelliği de etkilidir. Örneğin toplam yüzey alanları küçük olmaları nedeniyle daha fazla likit yağ bağlayabilen küçük kristallerin varlığı randımanı olumlu, buna karşın toplam yüzey alanları küçük olan büyük kristaller daha az likit yağ bağlayabilme kapasiteleri nedeniyle, randıman olumsuz yönde etkilenmektedir.
- b) **Krema sıcaklığı (yayıklama sıcaklığı):** Yayıklama sıcaklığının normalden düşük olması durumunda, yağ globülleri aşırı sertleşmektedir. Böylece, yağ globüllerinden ayrılan likit yağ miktarında azalma, dolayısıyla yayıklama süresi uzamaktadır. İlave olarak kristal fazın fazlalığı nedeniyle yayıkaltı ile verilen yağ kaybı azalmaktadır. Açıklanmaya çalışılan bu durum belirli sıcaklıklar arasında geçerlidir. Örneğin, yayıklama sıcaklığının 3-4°C'ye düşürülmesi halinde, tereyağı granüllerinin oluşumuna mümkün değildir.
- c) Yayıklama sıcaklığının normalden yüksek olması, yağ globüllerinden ayrılan likit yağ miktarını artırmakta ve tereyağı granüllerinin oluşması hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Ancak, serum fazında fazla miktarda likit yağ bulunması, yayıkaltı ile verilen yağ kaybını artırmaktadır. Uygun yayıklama sıcaklığı birçok faktöre bağımlı değişim göstermektedir. Yayıklama sıcaklığının en düşük değeri tereyağı oluşumu olanaklı kılan sıcaklıktır. Pratik uygulamalarda ilkbahar-yaz kremaları için 6-10°C, sonbahar-kış kremaları için 10-14°C önerilmektedir.

d) Kremanın asitliği (yayıklama asitliği): Krema asitliğinin artması (pH'nın azalması) yağ globüllerinin elektrik yüklerini nötralize eder. Böylece, karboksil gruplarının iyonlaşmasından kaynaklanan ve globüllerin birbirlerini itmelerine neden olan negatif yüklerin ortadan kalması globüllerin biraraya gelme (topaklaşma) eğilimini artırır. Dolayısıyla asitlik artışına paralel yayıklama süresi kısalmaktadır. Ayrıca gelişen asitliğin yağ globül membranında gevşeme ve zayıflamaya neden olarak, likit yağın globül dışına çıkmasını kolaylaştırması da süreyi kısaltan diğer bir nedendir. Kural olarak, krema her asitlik düzeyinde yayıklanır.

e) Kremanın viskozitesi: Viskozite sıvının akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Süt veya kremanın viskozitesi birçok faktör (yağ oranı, yağsız kurumadde miktarı, sıcaklık, karıştırma, yağ fazının fiziksel durumu vb.) tarafından etkilenir. Süt bileşenleri içinde viskozite artışına en fazla katkısı olan proteinlerdir. Krema viskozitesinin artışı yağ globüllerinin biraraya gelmesini engelliyerek veya güçleştirerek yayıklama süresinin uzamasına neden olmaktadır. Bu nedenle kremadaki asitlik artışı gibi viskoziteyi azaltan uygulamalar yayıklama süresini kısaltırken, protein içeriğindeki artış gibi viskoziteyi artıran uygulamalar ise yayıklama süresini uzatırlar.

f) Kremanın yağ oranı: Genel olarak, yağ oranı azaldıkça yayıklama süresi uzamakta, buna karşın yağ oranı arttıkça kısalmaktadır. Açıklanan bu eğilim, belirli sınırlar arasında geçerlidir. Yayıklanacak kremada optimum yağ oranı % 30-40 arasındadır. Belirtilen değerden daha düşük yağ içeren kremalarda, serum fazının viskozitesi düşük olmasına karşın, konsantrasyonun yetersizliği nedeniyle yağ globüllerinin biraraya gelmesi (topaklaşması) güçleşmektedir. Yağ oranının yüksek olması durumunda ise, viskozitede aşırı artış yine yağ globüllerinin bir araya gelmesini engellemektedir.

Yayıkalıtı

Yayıklama işleminde süt yağı konsantre edilerek tereyağı granülleri oluşmaktadır. Bu aşamada az miktarda süt yağı ve süt kurumadmesini oluşturan diğer bileşenlerin yaklaşık tamamı yayıkalıtına geçmektedir.

Yayıkalıtına geçen yağın büyük bölümü küçük yağ globüllerinden oluşmaktadır (0,3 µm'den küçüktür). Ayrıca, yayıklama aşamasında membran dışına çıkan likit yağ fazı ve önemli miktarda fosfolipit özellikle lesitin de yayıkalıtına geçmektedir. Kremanın yağ oranı arttıkça yayıkalıtına geçen fosfolipit miktarı da artmaktadır. Örneğin % 22, % 29 ve % 44 yağlı kremalardan elde edilen yayıkalıtlarının fosfolipit içerikleri sırasıyla % 0,069; % 0,092 ve % 0,128 bulunmuştur. Tatlı krema tereyağlarına ait yayıkalıtının yağ oranı yaklaşık % 0,3-0,5, olgunlaştırılmış krema tereyağlarının ise yaklaşık % 0,7 civarındadır. Olgunlaştırılma aşamasında enzimatik prosesler sonucu yağ globül membranının gevşediği veya zedelendiği elektron mikroskopu yardımıyla belirlenmiştir. Bu değişim, olgunlaştırılmış krema tereyağlarına ait yayıkalıtının yağ içeriğinin, tatlı krema tereyağlarına ait yayıkalıtının yağ içeriğinden yüksek olmasına kaynaklık etmektedir.

Yayıkalıtı bileşiminde süt kurumadde bileşenlerinin tümü yer almaktadır. Ancak oransal açıdan farklılık vardır. Laktoz ve tuz içeriği yaklaşık süte benzemektedir. Farklılık özellikle protein içeriğinden ileri gelmektedir. Diğer bir deyişle, protein içeriği bakımından yayıkalıtı oldukça zengindir. Yayıkalıtı sitrik asit içermemektedir. Olgunlaştırmada bu asidin tamamı aroma maddeleri ve karbondioksit dönüşmektedir.

Yayıkalıtı bir çok olumlu özelliğe sahiptir. Taze yayıkalıtının tat ve aroması üstündür. Fosfolipit, doymamış yağ asitleri, kolin (cholin) ve presipite kazein partiküllerini içermesi nedeniyle yayıkalıtının besin değeri yüksektir. Ayrıca, fosfolipit yayıkalıtının ısı stabilitesini artırmaktadır. Ancak, fosfolipitlerin molekül yapısında fazla sayıda doymamış yağ asitleri bulunması yayıkalıtının oksidatif stabilitesini oldukça zayıflatmaktadır. Sonuçta, don yağı olarak tanımlanan tat bozukluğu kısa sürede ortaya çıkmaktadır.

Özetle, yayıkalıtının bileşimi çok değişik faktörlere bağlıdır. Bunlar içinde, kremanın yağ ve yağsız kurumadde oranı, yayıklama randımanı, yayıklama sıcaklığı, olgunlaştırmanın yapılıp yapılmaması, ısı programı (kristalizasyon) ve mevsimlere bağlılık önem kazanmaktadır.

Tereyağının yıkanması

Yayıklama sonunda elde edilen tereyağı granüllerinin yıkanması gerekir. Yıkamanın amacı, granül yüzeylerinde ve aralarında kalan yayıkalıtının ortamdaki uzaklaştırılmasıdır. Sürekli tereyağı yapım yönteminde yıkama ayrı bir bölümde gerçekleştirilir. Geleneksel yöntemde ise, yayıklama işlemi

tamamlandıktan sonra boşaltma musluğu açılarak yayıkaltının uzaklaşması sağlanır. İzleyen aşamada, su püskürtülerek veya belirli miktar su ile doldurulmuş yayığın birkaç kez döndürülmesi ile yıkama işlemi gerçekleştirilir. Son aşamada, boşaltma musluğu açılarak yıkama suyu ortamdan uzaklaştırılır. Hammadde kalitesinin düşük olması durumunda birden fazla yıkama yapılabilir. Genelde, yıkama suyunun miktarı ve sıcaklığı, yayıkaltı miktarı ve sıcaklığına eşdeğerdir. Ayrıca, yıkama suyu bakteriyolojik ve kimyasal açıdan yeterli düzeyde olmalıdır. Suyun demir ve manganez içeriği sırasıyla 0.5 mg/litre ve 0.02 mg/litre'den az olmalıdır. Anılan metaller oksidasyonda katalitik etkide bulunarak, tereyağlarında tat bozukluklarına neden olabilmektedir.

Tereyağı granüllerinin yıkanmasının sağladığı yararlar;

1. Yayıkaltının içerdiği besin maddeleri, yıkama ile birlikte ortamdan uzaklaşır. Böylece bakteri gelişimi inhibe edilerek, mikrobiyel bozulmalar belirli ölçüde engellenebilir. Bakteri gelişimi özellikle nötral ve yüksek pH'larda teşvik edildiği için, bu husus tatlı krema tereyağlarının mikrobiyel kalitesini olumlu yönde etkilemektedir.
2. Tereyağlarında lipaz aktivitesinin % 15-25 arasında azalmasına neden olur.
3. Tereyağının nem içeriğinin azaltılmasında etkilidir. Tereyağlarında nem içeriğinin % 16'nın altına inmesinde bazı sorunlar mevcuttur. Yıkama ile yüksek oranda su bağlama kapasitesine sahip proteinlerin ortamdan uzaklaşmasıyla, tereyağlarında nem içeriğinin düzenlenmesi kolaylaşmaktadır.
4. Hammadde kalitesinin bozuk olması sonucu, bozuk tat-aromaya neden olan bileşiklerden, suda çözünme özelliğine sahip olanların ortamdan uzaklaştırılması mümkündür. Böylece, bu bileşiklerden kaynaklanan bozuk tat-aroma kısmen önlenmektedir.
5. Malakse/işleme sıcaklığı, dolayısıyla tereyağı kıvamı ayarlanabilmektedir.
6. Yıkama suyunun sıcaklığı yayıklama sıcaklığının altında veya üstünde tutularak tereyağı kıvamı istenilen düzeye getirilebilir.

Buna karşın, yıkamanın yarattığı bazı olumsuz etkiler de mevcuttur.

1. Bazı kontaminantların gelişimini engelleyen laktik asit ortamdan uzaklaşmaktadır.
2. Yıkamanın yoğunluğuna/sayısına bağımlı olarak % 30-50 oranında diasetilin ortamdan uzaklaşmasıyla tereyağı aromasında kayıplar meydana gelmektedir.

Tereyağlarında bozulmaya neden olan birçok mikroorganizma patojenlere göre klora karşı daha dirençlidir. Bu nedenle sütçülükte kullanılan sularda klorlama düzeyi, günlük kullanılan sulardan daha fazla olmalıdır. Çünkü, yukarıda adı geçen mikroorganizmalar düşük düzeyde klorlamanın yapıldığı şebeke sularında canlı kalabilirler. Süt işletmelerindeki sularda klorlama düzeyi 20 ppm'dir. Tereyağı yıkama sularında sularda ise, klorlama düzeyi 200 ppm'e kadar çıkartılabilir. Belirtilen düzeylerde klor içeren suların, tereyağının tat-aroma üzerine etkisi çok az olmakta ya da bulunmaktadır. Suları düşük düzeyde klorlamak bozulmalara neden olan mikroorganizmalara imha etme etkisinin yetersizliğine ilaveten, suda oluşan klorofenoller de tereyağlarında tat bozukluğu meydana getirirler. Dolayısıyla, tereyağı yıkama sularını düşük düzeyde klorlama yerine, aşırı klorlama daha sağlıklıdır. Suların sertlik derecesi 5 Fr'den fazla olmamalıdır.

Tereyağının tuzlanması

Tuzlamanın amacı

Tereyağları, belirli tat özelliği kazandırmak ve dayanımı artırmak amacıyla, tuzlu olarak da üretilebilmektedir. Birçok ülkede, tüketici taleplerine göre tuz içerikleri farklı tereyağları piyasaya sürülmektedir. Örneğin, Danimarka'da üretilen tereyağlarının büyük bölümü standart düzeyde tuzludur. Bu tereyağları ortalama % 0.9-1.0 oranında tuz içermektedirler. Ülkemizde ise, mutfaklık tereyağlarının maksimum tuz oranı % 2'dir.

Tuzun antiseptik ve koruyucu niteliği eskiden beri bilinmektedir. Özellikle, tereyağı üretiminde hammadde olarak çiğ kremanın kullanıldığı ve soğuk zincirin sağlanamadığı dönemlerde ortama tuz ilavesi zorunlu bir uygulama niteliği taşımaktaydı. Ancak, tuzun koruyucu ve tat düzenleyici etkisi yanında, olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Tuzun, dayanım üzerindeki etki mekanizması tam olarak açıklanamamıştır. Ancak, mikroorganizmalar

üzerine zehir etkisi yaptığı ortamı onlar için rutubetçe elverişsiz duruma getirdiği, hücreyi plazmoliz yoluyla kuruttuğu ve nihayet osmotik basınç ile hücre etkinliğini durdurduğu ileri sürülmektedir. Nitekim, Na, K, Ca, Pb, Hg gibi birçok metal iyonları, düşük konsantrasyonlarda mikroorganizmaların gelişimini olumlu yönde etkilerken, yüksek konsantrasyonlarda zehir etkisi yaratmaktadır. Bu etki, muhtemelen anılan iyonların mikroorganizma protoplazmalarıyla birleşerek onların bileşimlerini bozmalarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, NaCl sulu ortamlarda iyonize olduğunda, her bir iyon bir molekül su çekerek "iyon hidrasyonu" gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, tereyağına tuz katıldığında, serbest su tuz tarafından çekilmekte ve ortam rutubeti mikroorganizmaların çoğalma ve gelişmeleri için gerekli düzeyden daha aşağıya düşmektedir. Tuzun kurutma etkisi hücre protoplazmasının suyunu almak suretiyle gerçekleşmektedir.

Tuzun bilinen ve kabul edilen en önemli etkisi, osmotik basıncı artırması ve böylece hücre permeabilitesini çoğaltarak mikroorganizma etkinliğini önlemesidir. Ancak, bunun için gerekli tuz konsantrasyonu üzerine ortam sıcaklığı, pH, protein oranı ve niteliği gibi çeşitli faktörlerin etkisi bulunmaktadır. Örneğin, 0°C'de % 8 tuz küf çoğalmalarını önlemesine karşın, aynı etki oda sıcaklığında % 12 tuz oranına kadar çıkmaktadır. Genel olarak tuzlu ortamda çalışan bakterilere "halophil" adı verilmektedir.

Tereyağında tuz, serum fazında çözünmüş halde bulunur. Yağ fazının ise, tuzu çözebilme özelliği yoktur. Belirli sıcaklıkta belirli miktar suda çözünebilir tuz miktarı sabittir. Bu nedenle tereyağının nem içeriğine bağımlı olarak serumda çözünebilir tuz içeriği sınırlıdır. Nitekim, tereyağının malakse edildiği sıcaklıkta bulunan suda (14°C, 15°C) çözünebilir tuz miktarı % 35.94' tür. Teorik olarak, tereyağı % 15 su içerdiğine göre, bu miktar suda çözünebilir tuz miktarı % 5.4'tür.

Tuzlamanın tereyağı dayanımı üzerine etkisi

Tuz, tereyağının dayanımını mikrobiyolojik ve kimyasal yönden etkilemektedir.

Mikrobiyolojik yönden: Tereyağında tuz ve mikroorganizmalar, serum fazında bulunmaktadır. Çeşitli grup mikroorganizmaların tuz karşı dirençleri birbirinden farklıdır. Örneğin, patojen mikroorganizmalar saprofitlere göre, çubuk şeklinde olanlarda koklara kıyasla tuza karşı daha fazla duyarlılık göstermektedirler. Tereyağın tuz oranındaki artışla, serum fazındaki tuz oranı artmaktadır.

Sonuçlara göre, tuz içeriği % 0.8 olan tereyağında serum fazındaki tuz oranı % 4.8'dir. Bu orandaki tuz belirgin koruyucu etkiye sahip değildir. Ancak, tuz içeriği % 1'e yani serum fazında % 6'ya ulaşıncaya belirli grup mikroorganizmaların gelişimi inhibe edilmektedir (spor yapan anaerobik bakteriler gibi). Bu grup mikroorganizmalar düşük pH nedeniyle de inhibe olmaktadır. Maya ve küfler ise, tuza karşı oldukça dirençli olduklarından yüksek tuz konsantrasyonlarında bile inhibe olmamaktadırlar. Genel olarak, tereyağında bulunan birçok mikroorganizma, 0°C ve üzerindeki sıcaklıklarda gelişebilmektedir. Bu nedenle, tuzun koruyucu etkisine rağmen, tereyağı üretiminde mikrobiyolojik kontaminasyondan kaçınılmalıdır. Sonuç olarak, tuzlu tereyağlarında mikrobiyolojik bozulmaların tamamen engellenmesi olanaksızdır. Bilindiği gibi mikroorganizmaların farklı tuz konsantrasyonlarına karşı tolerans limitleri birbirinden farklıdır. Ayrıca, bazı suşlar, tuza karşı göreceli olarak direnç kazanmakta yani tolerans limitleri artmaktadır. Dolayısıyla, yüksek tuz oranlarında bile aktivitelerini sürdürebilmektedirler.

Kimyasal yönden: Tereyağında tuzun varlığı, kimyasal bozulmaları hızlandırmaktadır. Tuza ilaveten asitliğin yüksek olması halinde de bu tip bozulmalar belirgin ve süratli bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Hatta, mikroorganizma faaliyetini engelleyebilecek çok düşük sıcaklıklarda bile tuzun varlığı, kimyasal bozulmaları hızlandırarak tat-aroma bozuklukları meydana getirmektedir. Özetle, tuz içeriğinin yüksekliği, mikrobiyolojik açıdan koruyucu etkiyi artırmaktadır. Ancak, kültürlenmiş krema tereyağlarında tuz tat bozukluklarına sebebiyet vermektedir.

Tuzlamada kullanılacak tuzun nitelikleri aşağıda verilmektedir:

- Tuz, kimyasal açıdan saf olmalıdır ve ağır metalleri içermemelidir.
- Temiz, suda çözüldüğünde berrak bir solüsyon oluşturmalı ve sediment meydana getirmemelidir.
- Tamamen çözünebilmesi için tuz partiküllerinin boyutları 0.2-0.5 mm olmalıdır.
- Bakteriyolojik niteliği uygun olmalıdır.

Tuz partiküllerinin boyutları mikrosalt yöntemiyle küçültülmektedir. Küçültme işlemi tuzun öğütülmesi veya doymuş tuz çözeltisinin sprey yöntemiyle kurutulmasıyla sağlanır. Böylece boyutları 30-50 µ olan

partiküller elde edilmektedir. Tuz içeriği % 100 NaCl'den meydana gelmeli ve tereyağında tat bozukluklarına neden olabilecek yabancı madde/maddeler bulunmamalıdır. Örneğin, tuzlarda çoğunlukla bulunan magnezyum bileşikleri tereyağında acı tada sebebiyet vermektedir. Mikroorganizma kontaminasyonunu önlemek amacıyla tuzlar sıkıca kapatılabilen kaplarda, kuru ortamlarda muhafaza edilmelidir. Böylece kontaminasyona ilaveten tuzun topaklaşması engellenebilir.

Tuzlama metotları

Tereyağının tuzlanması üç metottan yararlanılmaktadır. Bunlar;

- a) **Kuru tuzlama** : Tuz tereyağına direkt ilave edilir.
- b) **Islak tuzlama**: Tuz bir miktar su ile ıslatılarak, diğer bir deyişle nemlendirilerek veya tuz yeterli miktarda su ile karıştırılıp lapa oluşturulduktan sonra kullanılır.
- c) **Salamura** : Konsantrasyonu % 26 olan veya doymuş tuz çözeltileri kullanılır.

Kuru tuzlamada, tuz tereyağı granülleri üzerine serpilir veya tereyağı yayığın bir tarafına alınır, spatül yardımıyla tereyağı üzerinde yayık boyunca kanallar açılır. Bu kanallardan tuz homojen bir şekilde dağıtılır ve kanallar kapatılıp malakse işlemi uygulanır. Kuru tuzlamada, tuza su ilavesi olmadığı için kristallerin tereyağı bünyesinde çözünmesi zaman almakta ve ortamda çözünmemiş kristaller kalabilmektedir. Eğer tereyağının yapısı normal sıklıkta ise, kuru tuzlamada, tuzun bünyede çözünmesi ve homojen dağılması olanaklıdır. Diğer yandan yapı çok yumuşaksa, kristaller yağ tabakası ile sarılmakta, dolayısıyla su ile ilişkisi kesilen kristaller çözünmeden ortamda kalmaktadır. Sonuçta, tereyağında tuz kristallerinden kaynaklanan ve "kumlu yapı" olarak tanımlanan olarak tanımlanan bir fiziksel bozukluk meydana gelmektedir. Islak tuzlamada, tuz belirli miktar su ile karıştırıldığı için kristallerin çözünmesi kolaylaşmaktadır. Dolayısıyla, tereyağı bünyesinde tuz kristallerinin kalma riski büyük ölçüde önlenmiştir. Kuru tuzlamaya benzer şekilde, ıslak tuzlamada da tereyağı üzerinde oluşturulan kanallara tuz homojen bir şekilde dağıtılır ve kanallar kapatıldıktan sonra malakse işlemi uygulanır. Eğer tuz lapa halinde uygulanıyorsa, lapa hazırlanmasında kullanılan su miktarının, nem kontrolü için hesaplanan su miktarından çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca, pratikte tereyağında açılan kanallara dağıtılan kuru tuzun üzerine yeterli miktarda su serpilerek de tuzun nemlenmesi sağlanır. Özetle, bu yöntemde tuzun ıslatılması, kristallerin çözünmesinde yardımcı olmaktadır. Böylece, malakse işlemi tamamlandığında ortamda tuz kristalleri kalmamakta, dolayısıyla, kumluluk gibi fiziksel bozukluklar engellenebilmektedir.

Salamura tuzlamanın en önemli avantajı tuz kristallerinin tamamen çözünmesidir. Özellikle, düşük tuz içerikli tereyağlarının üretiminde bu metottan yararlanılmaktadır. Metodun olumsuz yönü, tuz kaybının oldukça fazla olmasıdır. Uygulamada ortama fazla miktarda su ilavesi nedeniyle, salamura katımından önce tereyağının nem içeriği malakse yardımıyla % 12-13 düzeyine düşürülmelidir. Çünkü, salamura tuzlama nem içeriğini % 2-3 artırmaktadır.

İlave edilecek tuz miktarı

Tereyağına ilave edilecek tuz miktarı tüketici taleplerine bağlıdır. Ülkeler arasında, hatta bölgeler arasında bile farklılıklar mevcuttur. Örneğin Amerika'da hafif tuzlu tereyağı % 1.5, orta düzeyde tuzlu tereyağı % 2.0-2.5, aşırı tuzlu tereyağı ise, % 3 civarında tuz içermektedir. Avrupa pazarlarında tuz oranı % 0.5 ile % 1 arasında değişen tereyağları tercih edilmektedir.

Katılacak tuz miktarının hesaplanmasında, yayıktaki yağ miktarı esas alınmaktadır. Genel olarak, yayıklama sonucunda üretilen tereyağı miktarı, hammadde olarak kullanılan kremanın yağ oranına bağlıdır. Tahmini olarak,

$$\text{Yayıktaki yağ miktarı} = \frac{\text{Krema miktarı} \times \text{kremanın yağ oranı}}{100}$$

formülüyle belirlenmektedir. Tereyağı miktarına göre gereksinim duyulan teorik tuz miktarı saptanır. Ancak, bu sonuç aşağıda açıklanacak nedenlerden ötürü 1.25 ile çarpılarak her 100 kg için gerekli tuz miktarı hesaplanır. Sonuç, toplam yağ miktarına göre açıklanmalıdır.

Örnek problem:Yayıklanacak krema miktarı 2000 kg ve yağ oranı da % 40'dır. % 2 tuz oranında tereyağı üretimi için katılacak tuz miktarı nedir ?

Üretilecek tereyağı miktarı : $2000 \times 0.400 = 800$ kg.
100 kg tereyağı için tuz miktarı : $2.0 \times 1.25 = 2.5$ kg.
800 kg için tuz miktarı : $800 \times 2/100 = 20$ kg tuz

Bu hesaplama yönteminde tereyağı randımanı, sadece kremanın yağ oranının bir fonksiyonu olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla, yağ oranı % 40 olan kremadan üretilen tereyağının randımanı da % 40 kabul edilmiştir. Ancak, pratikte bu doğru değildir. Çünkü, üretilecek tereyağının bileşiminde yağ ilaveten yaklaşık % 15 su, % 1-2 eterde erimeyen katı madde de yer almaktadır. Bu nedenle tereyağında randıman daima kremanın yağ oranından fazladır. Yine bu hesaplamada tuzun tamamının tereyağı bünyesine karıştığı varsayılmaktadır. Diğer bir deyişle, tuz kaybının meydana gelmediği kabul edilmektedir. Halbuki, tereyağı üretiminde tuz kaybı kaçınılmaz bir sonuçtur. Örneğin tuzlamadan sonra malakse işleminin uygulaması tuz kaybının artırmaktadır. En az düzeyde tuz kaybı için granül halindeki tereyağı, yıkamadan sonra tamamen drene edilerek, fazla su ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Nem kontrolü için ilave edilecek su miktarı doğru ve kesin saptanmalı ve yayıkta arzu edilen nem içeriğine yetecek düzeyde su bulunmalıdır. Bu bilgilerden anlaşılacağı gibi ortamda aşırı suyun varlığı, tuz kaybını artırmaktadır. Kremanın yağ oranına göre yürütülen hesaplama işleminden farklı olarak, tuz kaybını elimine etmek için tereyağından arzu edilen orandan yaklaşık % 0.1 kadar fazla tuz ortama ilave edilmelidir.

Bunlara göre, örnek problemin çözümünde aşağıda belirtilen yol izlenmelidir. Problemden, üretilen tereyağı miktarı 800 kg olarak tahmin edilmiştir. Tuz oranının % 2 olması için gereken tuz miktarı;

100 kg tereyağı için tuz miktarı : $2.1 \times 1.25 = 2.625$ kg.
800 kg tereyağı için tuz miktarı : $2.625 \times 800/100 = 21$ kg

Tereyağının malakse edilmesi

Malakse; tereyağı granülleri oluştuktan sonra, aşağıda belirtilen amaçları gerçekleştirmeye yönelik bir yoğurma işlemidir. Bu işlemin amaçları;

1. Yağ granüllerinin biraraya gelmesini, dolayısıyla sıkı bir yapının oluşumunu sağlamak,
2. Yayıltının ortamdan uzaklaşmasını sağlayarak, tereyağının su içeriğinin düzenlenmesini olanaklı kılmak.
3. Uygun su dağılımı sağlayarak, bazı görünüş bozukluklarını (beneklilik ve sızıntılı yapı gibi) ve randıman kayıplarını gidermek.
4. Tat-aroma açısından üniform ürün elde etmeyi sağlamak.
5. Tuzlu tereyağlarında, tuzun bünyede çözünmesi ve uygun bir şekilde dağılımını sağlamak.
6. Tereyağlarına yasalara uygun kompozisyon kazandırmaktır.

Tereyağlarında, kuru ve sıkı bir bünye elde edilinceye kadar malakse işlemine devam edilir. Uygun malakse işleminden sonra tereyağı yüzeylerinde su damlacıkları görülmez. Ayrıca, optimum konsistens sağlanır ve tereyağları opak bir renge sahip olurlar. Yıkama aşamasından sonra, tereyağı granüllerinde su iki şekilde bulunur.

- a) **Yayıltı:** Çok küçük damlacıklar halinde granüllerin içinde yer alan yayıltı, granüllere oldukça sıkı bağlıdır. Bu damlacıklar bakteri gelişimi için yeterli besin maddeleri içermesine karşın, çok küçük olmaları nedeniyle bakterilerin aktivitelerini göstermelerine uygun değildir. Bu damlacıkların büyük bölümü teorik olarak stabildir. Toplam miktarı tereyağı ağırlığında % 8-9'una eşdeğerdir.
- b) **Yıkama suyundan kaynaklanan su:** Granül yüzeyine gevşek olarak bağlı olan bu suyun damlacık çapı büyüktür. Dolayısıyla bakteri gelişimi için uygundur. Ancak, besin öğelerince yetersizdir.

Malaksenin başlangıç aşamasında, yıkama suyundan kaynaklanan suyun büyük bölümü ortamdan ayrılmaktadır. Malaksörün birkaç devir yapmasıyla, tereyağının su oranı normal koşullarda % 12-13'e düşer. Su içeriğindeki azalma tuzlu tereyağlarında, tuzsuzlara göre çok daha belirgindir. Çünkü, tuz bünyedeki suyu büyük agregatlar halinde bir araya toplamaktadır. Dolayısıyla, suyun malakse ile

ortamdan uzaklaşması kolaylaşmaktadır. Malakse işleminin ilerlemesiyle, tereyağı granül yapısını kaybederek plastik kütle haline dönüşmektedir. Bu noktaya ulaşıldıktan sonra eğer malakse işlemine devam edilirse, tereyağının bünyesine tekrar su/salamura alınmasına sebebiyet verilmektedir. Belirtilen nedenlerden ötürü, tereyağının bünyesine su alınması, yağın sertliğine, malaksörün dönüş hızına ve yayıkaltındaki serbest su miktarına bağlıdır.

Malakse uygulaması ile bünyeden ayrılan su miktarına etkili en önemli faktörlerden biri yağın kıvamı/sertliğidir. Yumuşak yağlarda suyun ayrılması oldukça güçtür. Çünkü, malaksörün yarattığı basınç, granüller arasındaki kanalların tıkanmasına neden olarak, serbest suyun bünyede kalması sonucunu doğurmaktadır. Sert yağlarda tıkanma meydana gelmediğinden su kolaylıkla ortamdan ayrılmaktadır.

Günümüzde malakse işleminin vakum altında yürütülmesi yaygınlaşmaktadır. Geleneksel yöntemle malakse edilen tereyağları hacim olarak % 5-7 hava içerirken, vakum altında işlenenlerin hava içeriği % 0.5-1 civarındadır. Bu değişim tereyağlarına homojen ve parlak bir görünüm kazandırmakta ve yağ normal malakse işlemi uygulananlara göre daha sıkı hale getirmektedir. Ancak, aşırı vakum uygulaması, globüllerden fazla miktarda likit yağın açığa çıkmasına neden olmaktadır. Sonuçta, tereyağında yumuşak ve yapışkan bir nitelik ortaya çıkmaktadır. Sıvı yağ ayrılmasını önlemek için yaz ve kış dönemlerinde malakse uygulamasında önerilen vakum değerleri aşağıdaki gibidir;

	Yaz	Kış
Temel aşama	15-20 cmHg	25-30 cm Hg
Son aşama	0-10 cmHg	10-12 cm Hg

Tereyağının ambalajlanması

Tereyağı gerek büyük miktarlarda (bulk), gerekse küçük, tüketime sunulabilecek miktarlar halinde ambalajlanmaktadır. Ambalaj materyali olarak polietilen film, alüminyum folye, lamine edilmiş plastik ve çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Büyük miktarlardaki tereyağlarının ambalajlanmasında, parşömen yerine polietilen film kullanılması yeni bir uygulamadır. Polietilen filmin hemen hemen steril olması ve bakır içermemesi en önemli avantajdır. Ambalajlama materyali olarak parşömen kullanılırsa, ürüne olabilecek küf kontaminasyonunu engellemek için özen gösterilmelidir. Nem oranının uygun olması durumunda suda çözünebilen organik madde içermesi nedeniyle küfler parşömen üzerinde gelişebilmektedir. Bu nedenle, parşömen ve diğer ambalajlama materyalleri uygun koşullarda saklanmalıdır. Pratikte, çeşitli kimyasal maddelerle işlem görmüş ambalaj materyalinin kullanılması önerilmektedir. Örneğin, sıcak salamura veya % 0.5 sorbik asit içeren konsantr salamura ile 24 saat muamele edilmiş parşömenden büyük miktar (yaklaşık 25 kg'lık) tereyağlarının ambalajlanmasında yararlanılmaktadır. Diğer bir uygulama da ambalaj materyalinin sodyum ve kalsiyum propiyonatla işlem görmesidir. Ancak, açıklanan uygulamalar küf gelişimini kesin olarak önleyememektedir.

Küçük miktarlardaki (1kg kadar) tereyağlarının ambalajlanmasında alüminyum folye ve laminantların kullanımı yaygındır. Metal folyelerin cezbedici görünüşlerinin yanısıra ışık geçirmeme özelliği ürün dayanımı açısından son derece önemlidir.

Mikrobiyolojik ve kimyasal dayanım açısından en uygun yol, üretimi izleyen aşamada tereyağının hemen paketlenmesidir. Tereyağının büyük miktarlarda ambalajlanıp, depolamadan sonraki aşamada tüketime sunulabilecek miktarlarda tekrar ambalajlanması üründe bazı olumsuz değişimlere sebebiyet vermektedir. Örneğin, bu tip uygulamalarda kontaminasyon riski artmaktadır. Ayrıca büyük miktarlarda depolanan tereyağlarında su damlacıkları büyümekte dolayısıyla mikroorganizmalar gelişebilmektedir. Doğal olarak su dağılımının bozulması sızıntılı yapıya ilaveten randımanı azalttığından ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu nedenle, bulk tereyağlarının ticari ölçülerde paketlenmeden önce özel ünitelerde karıştırılarak su damlacıklarının dağılımı yeniden düzenlenmelidir.

Geleneksel tereyağı üretiminde, hava kaynaklı kontaminasyon birçok sorun yaratmaktadır. Diğer süt ürünlerine göre bu çeşit kontaminasyon tereyağında çok daha önemlidir. Çünkü, özellikle ambalajlama aşamasında tereyağları hava ile uzun süre temas etmektedir. Gereken koşullar sağlanmadığı durumlarda, tereyağı ve paketlenme odalarındaki hava, küf sporları taşıyabilmektedir. Genelde bu sporların kaynağı, işletme dışındaki havadır. İşletme dışındaki havanın küf içeriği yaz döneminde öğle saatlerinde maksimum düzeydedir ve havadaki dominant küf florası tereyağı için zararlıdır. Bu nedenle tereyağı bölümlerinin steril hava ile ventilasyonu sağlanmalıdır. Ayrıca, ortam daima pozitif basınç

altında tutulmalıdır.

Hava kaynaklı kontaminasyon özellikle tuzsuz veya çok az tuzlu tereyağlarında tat-aroma ve görünüş bozuklukları yaratmaktadır. Çünkü, bu tip tereyağlarında küfler kolaylıkla gelişebilmektedir. Yapılan bir araştırmaya göre, *Cladosporium herbarum* sporları ile kontamine olmuş tuzsuz tereyağlarında, açık renkli beneklerin oluştuğu ve bu özelliğin 4-6 günde bütün bünyeye yayıldığı gözlenmiştir. Bu değişim az tuzlu tereyağlarında ise, 3 hafta sonra ortaya çıkmıştır. İlâveten, küf gelişiminin diğer bir nedeni de ambalajlamak için soğuk depolardan alınan tereyağı yüzeylerindeki nemin kondensasyonudur.

Açıklanmaya çalışılan bozuklukların meydana gelmesinden sonra, tereyağı üretimi durdurulmalıdır. Muhtemel kontaminasyon kaynakları belirlenerek başta temizlik ve dezenfeksiyon olmak üzere gerekli önlemler alınmalıdır.

Tereyağının depolanması

Yağ içeriğinin yüksek olması nedeniyle, ambalajlamadan sonra, tereyağının hızla soğutulması çok güçtür. Çünkü tereyağının termal iletkenliği yaklaşık $0.15 \text{ BTU ft}^{-2}\text{h}^{-1}\text{°F}^{-1}$ dir, yani ısı iletim katsayısı oldukça düşüktür. Bu nedenle çevre sıcaklığı -10°C olan ortamda, 9°C 'deki tereyağının sıcaklığını -8°C 'ye getirmek için 3 günden daha uzun süreye gereksinim duyulmaktadır. Pratik koşullarda, özellikle büyük miktarlar halinde ambalajlanan tereyağlarında soğutma yoğunluğu daha da düşüktür. Termal iletkenliğinin düşüklüğü nedeniyle, depolamanın başlangıç aşamasında tereyağlarında bakteri sayısında artış görülür. Artış, tuzsuz tereyağlarında çok belirgindir. Depolarda yüksek sıcaklık ve nemden kaçınılmalıdır. Çünkü bu koşulların varlığı, metal ambalajlarda korrozyon, paketlerde ve ürünlerde küf gelişimine neden olmaktadır. Depo nemi sürekli kontrol edilmelidir. Genel olarak soğuk depolamada koliform organizmalar ölmektedir. 0°C veya biraz üstündeki sıcaklıklarda koliform gelişimi son derece azdır. -15°C 'de ise koliform gelişimi tamamen durmaktadır. Genel bakteri sayısında ise -15°C 'de azalma meydana gelmektedir. Tat-aroma bozuklukları ve oksidasyonun büyük ölçüde engellenebildiği depolama sıcaklığı yaklaşık $-15, -20\text{°C}$ civarındadır.

Tereyağın Yapısı

Yayıklama aşamasında, likit ve kristal yağ fazlarını dengeli oranda bulundurmaya koşulu ile yağ globülleri biraraya gelerek küçük yağ taneciklerini (agregatları) oluştururlar. Bu aşamada yapı oldukça gevşektir. Yayıklamanın ilerlemesine paralel agregatlar biraraya getirilirken, aşırı su ortamdan uzaklaştırılarak büyük taneler (granüller) elde edilir. Malakse (yoğurma) aşamasında granüller sıkı ve homojen bir kütle haline dönüştürülür.

Bilindiği gibi sütte su sürekli, yağ ise dispers fazı oluştururlar. Yayıklama ve malakse uygulamasıyla yağ fazı, sürekli faz haline dönüşür. Anılan uygulamalar sonucu membranlar zarar görmesine karşın yağ globüllerinin büyük çoğunluğu özelliklerini içerdikleri kristal faz nedeniyle koruyabilirler. Ancak, yinede fazla miktarda yağ globülü zarar görmekte ve tahrip olmaktadır.

Tereyağının yapısal öğeleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Tereyağı başlıca yağ globülleri, globül fragmentleri (parçaları) ile bunların arasında dağılan su damlacıklarından oluşmaktadır.
2. Tereyağı sürekli yağ fazına sahiptir. Bu faz, biraraya gelmiş yağ globül fragmentlerinden ve globül dışına çıkan likit yağ fazından meydana gelmektedir. Lokal likit yağ fazı parçacıkları / adacıkları yapı içinde görülebilir.
3. Sürekli serum fazının kalıntıları da yapı içinde yer almaktadır. Bunlar, yayıkaltı damlacıkları, globül membranları, koagüle olmuş protein partikülleridir.
4. Hava kabarcıkları ve su damlacıkları (bunlar yayıklama ve malakse nedeniyle birbirleriyle birleşebilir)
5. Likit yağ fazı içinde kristallerin varlığı (özellikle düşük depolama sıcaklıklarında görülebilmektedir).

Sürekli yağ fazı

Genelde yağın tamamının sürekli faz olarak kabul edilmesi hatalıdır. Çünkü, yağ globüllerinin kısmen zarar görmesi ve fragmentlerine ayrılması likit yağ ve kristallerinin globüllerin içinde ve dışında bulunabilmesi sürekli yağ fazı ile dispers fazın birbirinden kesin çizgilerle ayırt edilmesini engellemektedir.

Su/ Serum fazı

Tereyağın içerdiği su orijinine bağımlı aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Granüllerin içinde tutulan su; tereyağı granüllerindeki globüller arasında tutulan süt plazması / serumu. Bu serum malakse ve yıkama ile ortamdan uzaklaştırılmaz. Boyut olarak serum damlacıkları yağ globüllerinden küçüktür.
- Granüllerin arasındaki su; granüllere yapışık halde bulunan yayıkaltı veya yıkama suyu, malakse uygulaması damlacık boyutlarını belirler.
- Yağın içerdiği su (% 0,2),
- Yağ globül membranı ve kalıntılardaki su (~ % 0,1) (bu su enzimler, fosfolipidler ve metal katalizatörler gibi aktif maddelerle ilişkilidir)
- İlave edilen su; tereyağında su ve tuz içeriğini düzenlemek amacıyla ilave edilen su veya salamura. Malakse işlemi damlacık boyutlarını belirler.
- Proteinlerin hidrat suyu

Yayıklama aşamasında sıklığa bağımlı, yağ globülleri az veya çok deforme olabilirler. Deformasyon globüller arası boşlukların hacmini etkiler. Bu boşluklar su içerirler. Bazı uygulamalar küçük granüllerin büyümesine neden olmaktadır. Ancak çok hızlı büyüme ile (likit yağ içeriğinin fazlalığı, yağ oranının yüksekliği nedeniyle) su içeriği yüksek, düzensiz agregatlar meydana gelmektedir.

Bilindiği gibi, malakse tereyağına sıkı bir yapı kazandırmak amacıyla ortamdaki fazla suyun uzaklaştırılmasıdır. Malakse yağ globüllerini; yağ kristal kafes yapısını (net-work) ve su damlacıklarını etkiler. Tereyağ granülleri içindeki su damlacıklarının boyutları çok küçük olması nedeniyle, malakse uygulamasından pek etkilenmez. Tereyağı granülleri arasındaki suyun büyük bölümü, malaksenin başlangıç aşamasında ortamdan uzaklaşır. Geri kalanı ise çok küçük damlacıklar halinde bünyede yayılır. Bu aşamada tereyağı gözle görülebilen su damlacıkları içermez.

Çeşitli araştırmacılar tereyağında su damlacıklarının sayısını 10^{10} ile 3×10^{10} adet/ml arasında bildirmişlerdir. Mikroskop ile yapılan incelemelerde, su damlacıklarının küresel oldukları gözlenmiştir (özellikle küçük olanlar).

Hava kabarcıkları

Taze tereyağı çoğunlukla % 5 hava içerir. Tereyağı bünyesinde havanın yaklaşık % 4 görülebilir (mikroskopla) niteliktedir. Geri kalanı su ve yağ fazında çözünmüştür. Oda sıcaklığı ve atmosferik basınç altında havanın yağdaki çözünürlüğü 8.7 ml/100 g. yağ'dır. Likit süt yağının hava ile teması sonucunda oksijen düzeyi % 0,004'dür. Hava kabarcıklarının büyük bölümünün çapı 20 μ m'dan büyüktür. Önemli miktarda hava, malakse işlemi sonucunda tereyağı bünyesine katılır. Vakum altında yürütülen malakse işlemi hava içeriğini % 50-80 azaltmaktadır.

Yağ globülleri ve özellikleri

Tereyağındaki yağ globüllerinin özellikleri, sütteki globüllere göre kısmen farklılık gösterirler. Polorize mikroskop ile yapılan incelemede, tereyağındaki yağ globüllerinin büyük bölümü "birefringent" etki sergilediği ve kısmen kristallere sahip olduğu belirlendi. Ayrıca yağ globülleri bir dış tabaka ile kuşatılmaktadır. Aynı sıcaklıkta sütteki yağ globülleri bu özellikleri taşımamaktadır. Genelde sütteki yağ globülleri küçük kristaller ile kaplanmıştır. Konu ile ilgili yürütülen çalışmalarda, tereyağı bünyesinde dört farklı tip globülün varlığı saptanmıştır, bunlar;

- 1.tip; membranında kristal içermeyen yağ globülleri (sadece yağ globül sınırında yansıma gözlendi)
- 2.tip; tamamen küçük iğne şeklinde kristallerle kaplı yağ globülleri;
- 3.tip; iki katmanlı bir dış tabakaya sahip yağ globülleri. (bu tabakanın iğne şeklindeki kristallerin, yağ globül yüzeyinde, parlak yüzeysel kristaller şeklinde yeniden düzenlenmesi ile oluştuğu düşünülmektedir.
- 4.tip; küçük kristallerin bütün bünyeyi kapsadığı ve bu kristallerin membran dış katmanında da yer aldığı yağ globülleri

Özetle yayıklama ve malakse aşamasında tahrip ve deforme olan veya özelliğini kaybetmeyen yağ

globüllerinde kristal dağılımı farklılık göstermektedir. Kristallerin yoğunlaştığı bölgeler özellikle yağ globül membranlarıdır. Çünkü yağ globül membranında kristalizasyonun başlayabilmesi için ön koşul olan "katalitik impurity"lerin varlığı dış tabakada küçük parlak yüzeysel kristallerin oluşum nedenidir.

Yayıklama öncesi kremanın belirli dereceye kadar soğutulup, belirli süre bekletilmesiyle, iğne şeklinde kristaller meydana gelmektedir. Bu kristallerin kristal kafes (net-work) içinde floküle olması globüllere belirli bir sıklık kazandırır. Yayıklama bölümünde açıklandığı gibi, kristal yapı oluşturulmadan yayıklama gerçekleştirilemez.

Tereyağındaki yağ globüllerinin büyük bölümü, sütteki orijinal nitelikleri taşımamaktadır. Özellikle yayıklama ve malakse uygulamaları yağ globüllerinin orijinal niteliklerinin yitirilmesinde etkilidir. Anılan teknolojik uygulamalar sonucunda membranlar zarar görmekte, likit yağ globül dışına çıkmakta, birçok globül parçalanmakta, globüllerin biraraya gelmesiyle çok sayıda yığın/kümeler oluşmaktadır. Ancak tereyağı bünyesinde yer alan bazı globüller ise orijinal nitelikleri kaybetmezler. Bu çeşit globüllerin miktarı, üretim metoduna ve yayıklama ve malakse işlemlerine bağlıdır. Genelde globülleri boyut ve sayıları üretim metodu ile ilişkilidir. Ortalama globül çapı 4.4 µm'dir. Ancak globüllerin birleşmesi (coalescence) sonucunda daha büyük boyutlu globüller tereyağı bünyesinde bulunabilir. İlaveten <1.6 µm globüllerin de bünyede yer aldığı belirtilmektedir.

Tereyağı Bozuklukları

Tereyağlarında çok çeşitli faktörlerin etkisiyle bozulmalar meydana gelmektedir. Bozulmaları kaynaklarına göre sınıflandırmak oldukça zordur. Örneğin, tereyağına aşırı tuz katımı sızıntılı görünüş bozukluğuna ilaveten, oksidatif bozulmaları da teşvik etmekte veya renk bozukluğuna neden olan küf kontaminasyonu aynı zamanda küflerin yağı hidrolize etmesi nedeniyle de tat bozukluğuna sebebiyet vermektedir. Bu çeşit örnekleri çoğaltabiliriz. Bundan dolayı tereyağlarında bozulma kaynaklarına göre bir sınıflandırma yapılamamaktadır. Genelde, tereyağlarında bozukluklar görünüş, yapı, tat-aroma olmak üzere üç grup altında toplanmaktadır.

Görünüş bozuklukları

Sızıntılı görünüş; yüzeylerde görülebilecek su damlacıklarının varlığı bu bozukluğun belirtisidir. Yetersiz malakse işlemi tuzun bünyeden tamamen çözünmemesinden veya homojen dağılmamasından kaynaklanmaktadır.

Sıvı yağ sızıntısı; yüzeylerde sıvı yağ damlacıklarının görülmesi, anılan bozukluğun göstergesidir. Özellikle yaz döneminde doymamış yağ asitlerinin yani sıvı yağ fazının fazlalığı ilişki olan bu bozukluk üzerine, malakse işleminin vakum altında yürütülmesi son derece etkilidir.

Benekli görünüş ; malakse işleminin uygun şekilde yürütülmemesi sonucu, tuz ve suyun bünyede homojen dağılmamasına bağlı ortaya çıkan bir bozukluktur. Tuzun dolayısıyla suyun yoğun olduğu bölgeler koyu diğer bölgeler ise açık renktedir.

Küflü görünüş; kontamine küflerin gelişerek, tereyağı yüzeyinde görülebilir bir nitelik kazanmasıdır. Kontamine küf'e bağlı üründe renk bozukluğu da meydana gelmektedir.

Açık görünüş; tereyağı yüzeylerinde centiklerin/noktaların görülmesidir. Bozukluk yüksek sıcaklıklarda yürütülen malakse işleminin bir sonucudur. Ayrıca, yetersiz temizliğin yapıldığı ünitelerden kalsiyum kalıntılarının tereyağı bünyesine geçmesi, veya asitlik düzeyi yüksek kremaların pastörize edilmesi halinde yapısal değişikliğe (denatürasyon, presipitasyon vb.) uğramış proteinlerin tereyağı bünyesinde kalması bu bozukluğun diğer nedenleridir.

Yapı bozuklukları

Kırılgan yapı; erime noktası yüksek yağ asitlerinin fazlalığından kaynaklanan bozukluk özellikle kış tereyağlarında ortaya çıkmaktadır. Bu bozukluğa sahip tereyağları plastik olmayan, kolayca kırılabilen yapıda olup, sürülebilme yetenekleri oldukça kötüdür.

Yumuşak yapı; doymamış yağ asitlerinin fazlalığı nedeniyle özellikle yaz tereyağlarında görülen bir bozukluktur. Aşırı malakse işlemi de yağa yumuşak yapışkan bir nitelik kazandırır.

Unumsu / kumumsu yapı; tereyağının ekmek üzerine sürüldüğünde küçük danelere parçalanması ile fark edilebilen bir bozukluktur. Başlıca nedenleri, süt yağı kompozisyonunda erime noktası yüksek yağ asitlerinin fazlalığı, hatalı teknolojik uygulamalar sonucu kremanın yağ ve serum fazının birbirinden ayrılması, aşırı nötralizan kullanılmasıdır.

Tat - Aroma bozuklukları

Yem tadı; Süt hayvanlarının beslenme rejimlerine bağımlı olan çeşitli nitelikteki bozukluklardır. Bu bozukluklar öncelikle sütlerde görülmekte ve buradan tereyağına geçmektedir. Bunlar içinde en önemli olanı şalgamla beslenen hayvanların sütlerinde karşılaşılmaktadır. Ayrıca, şeker pancarı, pancar, kötü kaliteli silaj da süt yağında kötü tat-aromaya neden olabilmektedir. Yemlerden kaynaklanan bozuklukların tamamen giderilmesi olanaksızdır. Sadece kremanın yüksek derecede pastörizasyonu ve fazla miktarda kültür kullanılarak, yem tadının yoğunluğu azaltılabilmektedir.

Asidik tat; asitlik düzeyi yüksek veya aşırı olgunlaştırılmış krema tereyağlarında karşılaşılan bir bozukluktur.

Yavan tat; özellikle, tereyağı granüllerinin aşırı yıkanması sonucu, tat-aroma bileşenlerinin ortamdan uzaklaşması ile belirginleşen bir bozukluktur.

Pişmiş tat; kremanın yüksek sıcaklıklarda uzun süre pastörizasyonuna bağımlı ortaya çıkan bir bozukluktur.

Bayat tat; yüksek sıcaklıklarda uzun süre depolanan tereyağlarında görülmektedir. Ayrıca, bayatlamış krema kullanımı da bu bozukluğun başlıca nedenidir.

Yoğurt benzeri tat; starter ve kremada asitlik gelişiminin veya sitrik asit fermentasyonunun yetersizliğinin bir sonucudur. Bu değişime bulk starterde *Leuconostoc cremoris*'in düşük oranda bulunması sonucu oluşan asetaldehitin diğer aroma bileşiklerine dönüşmemesi neden olmaktadır.

Malt tadı; *S.lactic var.maltigenes*'in süt ve kremaya kontamine olması ile ortaya çıkan bir bozukluktur.

Maya tadı; maya kontaminasyonu ile ilişkili bir bozukluktur.

Tuzlu tat; aşırı tuz oranına ilaveten tuz dağılımının uygunsuzluğundan ileri gelen bir bozukluktur.

Kimyasal madde tadı; son yıllarda sütte dolayısıyla krema ve tereyağında oldukça yoğun şekilde kimyasal tat bozukluklarıyla karşılaşılmaktadır. Bu bozukluklar özellikle zirai mücadele ilaçlarının aşırı kullanıldığı bölgelerde üretilen sütlerde görülmektedir. Ayrıca, ahır, hayvan ve sütçülük alet-ekipmanlarının sanitasyonunda kullanılan dezenfektan maddeler de bu tip bozuklukları yaratmaktadır. Örneğin, hayvan tedavisinde kullanılan iyot, civa, arsenik gibi maddeler tat bozukluğuna ilaveten miktarlarının belirli bir düzeyin üstüne çıkmasıyla zehir etkisi de yapmaktadırlar.

Küflü tat; çamurlu/bataklik alanlarda otlayan ineklerin sütlerinden elde edilen tereyağlarında hissedilen bir bozukluktur. İlaveten küflü yemlerle beslenme ve kötü kaliteli su tüketilmesi de bu bozukluğa neden olmaktadır.

Depolama süresinde tereyağlarında ortaya çıkan bozukluklar

Tereyağlarında tat-aroma bozukluklarının büyük bölümü depolama süresinde meydana gelmektedir. Bu tip bozulmalar üç ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar; oksidasyon, hidrolitik bozulma (lipoliz) ve proteolizdir. Özellikle yağ oranının yüksek olması nedeniyle oksidasyon ve lipoliz tereyağlarında son derece önemli bozulmalardır. Dolayısıyla, bu bölümde oksidasyon ve lipoliz hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

Oksidasyon

Doymamış yağ asitlerinde çift bağların ya da yağlardaki hidrokarbon zincirlerinde bulunan doymamış

kısımların oksijen ile reaksiyona girmeleri sonucu peroksit ve hidroperoksitlerin meydana gelmesine oksidasyon denir.

Hidroperoksitler tatsız ve kokusuz bileşiklerdir. Ancak hızla dekompoze olarak aromatik karbonil bileşikleri oluştururlar. Hidroperoksitlerin parçalanma ürünleri aldehitler, ketonlar, hidrokarbonlar, malonaldehitler ve alkoller'dir. Bu bileşiklere bağımlı olarak tereyağlarında "okside" tat olarak tanımlanan tat-aroma bozuklukları ortaya çıkar.

Oksidasyona etkili birçok faktör bulunmaktadır. Bunlardan bazıları (Örn:Cu, Fe vb.) oksidasyon üzerine direkt, bazıları (ortam pH'sı) ise indirekt etki yapmaktadır.

Lipid oksidasyonu otokatalitik özelliktedir. Oksidasyonun başlaması için, ortamda serbest radikalın oluşumunu sağlayacak maddelerin yani katalizatörlerin bulunması zorunludur. Bakır, demir, hidroperoksitler oksidasyon üzerine direkt etkili katalizatörlerdir. Buna karşın asitlik gelişimi ile serum fazından yağ globül membranına Cu taşınmasına neden olarak oksidasyonun başlatan indirekt etkili faktörlerden biridir. Özetle, oksidasyonun meydana gelebilmesi için doymamış yağ asitleri, oksijen ve katalizatörün ortamda bulunması önkoşuldur.

Lipoliz

Süt yağının enzimatik olarak hidrolizasyonudur. Trigliseridlerin hidrolizasyonu sonucunda serbest hale geçen küçük moleküllü yağ asitlerinin (C₄,C₆,C₈,C₁₀) miktarlarına bağımlı olarak süt ürünlerinde "ransid tat" veya "acılaşma" olarak nitelendirilen tat bozuklukları meydana gelmektedir.

Tereyağı gibi yağca yoğun süt ürünlerinde, hammadde olarak yararlanılan kremada psikrotrof mikroorganizmaların (Pseudomonas, Enterobacteria, Achromobacter, Alcaligenes, Bacillus, Flovabacterium vb.) gelişimi lipolizin başlıca nedenidir. Süt ve kremanın soğukta depolanması aşamasında anılan grubun ürettiği mikrobiyel enzimler, çok yüksek ısı uygulamalarında bile (130°-140°C) aktivitelerini koruyabilmektedirler. Ayrıca bu enzimler çok düşük sıcaklıklarda (örn: -28°C) bile aktivitelerini korumaktadırlar. Genelde, tereyağı üretiminde kremanın pastörizasyon sıcaklığı 80°-90°C arasında yoğunluk kazanmaktadır. Bu sıcaklıklarda aktivitesini tamamen koruyan veya kısmen kaybeden mikrobiyel orijinli lipaz ürünün depolanması aşamasında aktivitesini sürdürerek, trigliseridlerin hidrolizasyonunu sağlayabilmektedir.

Ayrıca, yağ globül membranını tahrip eden mekanik uygulamalarda (karıştırma, homojenizasyon, kremanın dondurulması vb) lipolizi teşvik etmektedir. Çünkü yağ globüllerinin etrafını koruyucu bir tabaka halinde kuşatan membran tabakasının tahrip olması sonucu enzim (lipaz) trigliseridler ile ilişki hale gelerek hidrolizasyonu gerçekleştirir. Bu nedenle kremanın karıştırılması, aktarılması ve benzeri mekanik uygulamalarda yağ globül membranının tahrip olmasında kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Atamer, M. 1993. Tereyağı Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Yayınları. Yayın No: 1313. Ankara 90s.
- Dairy Hand Book (tarihsiz) Alfa-Laval Yay. Sweden.
- Downey, W.K. 1969. Lipid Oxidation as a Source of Off-Flavour Development During the Storage of Dairy Products. J. of the Soc. of Dairy Tech.
- Downey, W.K. 1975. Butter Quality. Published by An Foras Taluntais 19 Sadyamount Avenue Dublin4, Dairy Research & Review Series No. 7, 142p.
- Fox, P. F. 1995. Advance Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids, Second Edition. Chapman and Hall,. London. 443 p.
- Gönül, N. 2000. Çok Fazlı Sistemler I. Yüzey Kimyası ve Biyokimyası Kolloidler Ankara Üniv. Eczalık Fak. Yay. No:81
- Gönül, N. 2000. Çok Fazlı Sistemler II. Süspansiyon ve Emülsiyon Teknolojisi. Ankara Üniv. Eczalık Fak. Yay. No:82
- Hunziker, O.F., 1940. The Butter Industry. Illinois. USA.
- Keogh, M.K. 1995. Chemistry and Technology of Milk Fat Spreads, 213-245.(alınmıştır ; Advanced Dairy Chemistry Volume 2. Lipids. Edited by P.F. Fox Chapman-Hall).
- Mulder, H., Walstra, P. 1974. The Milk Fat Globule. Centre For Agricultural Publishing and Documentation Wageningen/Netherlanans.

- Nielsen, E.W. and Ulum, J.A. 1989. Dairy technology 1. Danish Turnkey Dairies Ltd., Denmark, 286 p.
- Nielsen, E.W. and Ulum, J.A. 1989. Dairy technology 2. Danish Turnkey Dairies Ltd., Denmark, 286 p.
- Oğuz, B. 1976. Türk Halkının Kökenleri 1. İstanbul Matbaası, İstanbul, 928 s.
- Oysun, G. 1996. Tereyağ Teknolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yay. Teksir no: 38/1, İzmir.
- O'Conner, T.P. and O'Brien N.M. 1995. Lipid Oxidation: Advanced Dairy Chemistry Volume 2, Lipids, Second Edition, Edited by P.F. Fox, Chapman & Hall, UK, 309-333 p.
- Sauter, F., Puchinger, L. and Schoop, U. 2003. Studies in organic archaeometry VI¹Fat analysis sheds light on everyday life in prehistoric Anatolia:traces of lipids identified in chalcolithic potsherds excavated near Boğazkale, Central Turkey. ARKIVOC (xv);15-21
- Ünsal, A. 1997. Süt Uyuyunca, Türkiye peynirleri. Yapı Kredi Yayınları 4. Baskı, İstanbul. 221 s.
- Üçüncü, M. 1984. Tuz (NaCl) ve tuz üretim teknikleri. Ege Üniv. Müh. Fak. Der., 2(2), 107-122.
- Walstra, P. 1995. Physical Chemistry of Milk Fat Globules. 131-173. Alınmıştır: Advanced Dairy Chemistry Volume 2. Lipids. Edited by P.F. Fox Chapman-Hall.
- Walstra, P. and Jenness, R. 1984. Dairy Chemistry and Physics. Wiley Interscience Publishers, New York 58-197.
- Yaygın, H. 1985. Tereyağ Üretim Teknikleri. Süt Ürünleri Semineri. İstanbul Ticaret Odası. İstanbul.
- Yetisemiyen, A. (Editör). 2010. Süt Teknolojisi (Bölüm 1), Ankara Üniversitesi Yayınları No:1560, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, Türkiye, 298 sayfa. ISBN: 978-975-482-750-7.