



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI

TAGEM
ARGE & İNOVASYON 30. YIL

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü



KRİSTALİZASYON

ORDU



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI

TAGEM
ARGE & İNOVASYON 30. YIL

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü



KRİSTALİZASYON

ORDU



Kitaplık Adı : Kristalizasyon

Hazırlayanlar : Gıda Mühendisi Fazıl GÜNEY
Tekniker Hayriye ERTUĞRAL

Baskı : OLAY OFSET - Karapınar Mah. OSB. 1163. Sk.
No:6 Altınordu/ORDU - 0452 234 12 12

Enstitü Yayın No : AAEM/47

ÖNSÖZ

Enstitümüz Tarım ve Orman Bakanlığı Stratejik Plan, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) Tarımsal Araştırma Master Planı ile Tarımsal Araştırma Yönetimi Yönergesi kapsamında sektörle ilgili ulusal ve uluslararası temel öncelikler doğrultusunda Ar-Ge ve İnovasyon çalışmalarını sürdürmektedir.

Arıcılık dünya da olduğu gibi Türkiye’de de ekonomik ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir yere sahiptir. Genel anlamda arıcılık; arıyı, bitkisel kaynakları birlikte harmanlayarak bal, polen, perga (arı ekmeği), propolis, arı sütü gibi ürünlerin ve ana arı, oğul arı gibi canlı materyal üretilmesini sağlayan tarımsal bir faaliyettir. Çiçeklerin tozlaşması (polinasyon) için arılara, arıların da yaşamlarını idame ettirmek için çiçeklere ihtiyaçları bulunmaktadır. Arılar başlıca nektar ve polen toplamak amacıyla çiçekleri ziyaret ederler. Nektarı karbonhidrat kaynağı olarak, polenleri ise daha çok protein kaynağı olarak kullanılmaktadırlar. Böylece arı ürünleri üretimi gerçekleştirilirken aynı zamanda bitkisel üretimin verimliliği, devamlılığı ve dolayısıyla kalitesini artırmaktadır. Arıcılık, Apiterapi ve Apiturizm faaliyetleri ile de farklı bir bakış açısı sağlamaktadır.

Türkiye faunası, zengin florası ve arı materyalindeki genetik varyasyonu ile arıcılıkta Dünya da söz sahibi ülkelerden biridir. Türkiye bitki genetik çeşitliliği bakımından 163 familyaya ait ve 4.080’i (%32.70) endemik olmak üzere toplam 12.476 bitki türü ile Avrupada 1. sırada bulunmaktadır. Türkiye’nin on katından daha fazla yüzölçümüne sahip Avrupa kıtasının tamamında ise 12.500 civarında bitki türü bulunmakta ve bunların yalnızca 3.500’ü endemiktir. Ayrıca Dünyadaki 27 arı ırkından 5 i Türkiye de bulunmaktadır. Türkiye FAO (2020) verilerine göre 8.179.085 adet koloni varlığı dünyada ilk üç ülke arasında yer alırken 104.077 ton/yıl bal üretimi ile 2. sırada bulunmaktadır.

Dünya gıda üretiminin %90’ını sağlayan 82 bitki türü tozlaşma için polinatör böceklerle ihtiyaç duyarken bunların da %63’ü polinatör olarak bal arılarına gereksinim duymaktadır. Bal arıları böylece baldan 15 kat fazla değer üretmektedir. Ortalama 100 mg ağırlığında ve 42 günlük ömrü olan işçi bal arısı 6.10²⁴ kg kültesi olan dünyamızı neredeyse tek başına ağırlığını üzerine almış durumdadır.

Dünyanın en büyük ve geniş katılımlı Uluslararası Arıcılık Kongresi 47. APIMONDIA’nın 2017 yılından sonra ikinci defa kadim şehrimiz İstanbul’da gerçekleşmesi Türkiye’nin sektördeki önemini bir kez daha göstermektedir.

TAGEM’in kuruluşunun 30. yılında eserlerin yayınlanmasında üstün gayret gösteren araştırmacı personellerimize teşekkür ederim.

Büyük Önder Gazi Mustafa Kemal Atatürk’ün önderliğinde, 29 Ekim 1923 te Cumhuriyet ilan edilmiştir. 2023 yılının Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşunun 100. yılı olması hasebiyle eserler, kahraman şehit ve gazilerimize ithaf edilmiştir.

Şeref CİNBİRTOĞLU

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

1. Giriş	2
2. Kristalizasyon Nedir?	2
3. Ballar Niçin Kristalize olur?	3
4. Kristalizasyonu Etkileyen Faktörler	3
5. Kristalize Balların Tüketilmesi	7
6. Sonuç	8
7. KAYNAKLAR	9

1.Giriş

Türkiye elverişli iklimi, sahip olduğu coğrafyası ve 8.733.394 adet kovan varlığı ile önemli bir arıcılık ülkesidir. Ülkemiz yıllık 96.344 tonu bulan bal üretimi ile de dünyada ilk sıralarda yer almaktadır (Anonim, 2021). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde bal; bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının, bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristallenebilen doğal ürün olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2020). Balın bileşiminde; şekerler (% 79.7-80.5), su (% 17.2-16.3), mineraller (% 0.2-0.9), aminoasitler, proteinler (% 0.3-0.6) ve asitler (% 0.5-1.1) bulunmaktadır (Korkmaz, 2013). Ancak balın içeriği; çevre şartları, flora, iklim, arıcının yaptığı uygulamalar gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilir. İçeriği bu kadar farklılık gösteren balın yapısında zamanla bazı değişimlerin meydana gelmesi de doğaldır. Bu değişimlerden bir tanesi de kristalizasyon; yada halk arasındaki adıyla balın şekerlenmesi veya donmasıdır.

Eksik veya yanlış bilgilendirmenin bir sonucu olarak; kristalize olan balların sahte veya kalitesiz olduğu düşünülmekte ve tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Oysa ki kristalizasyon balın yapısında zamanla meydana gelen **DOĞAL** bir süreçtir. Kristalize olmuş balların besin içeriğinde herhangi bir değişiklik meydana gelmez ve tüketilmesinde de bir sakınca yoktur. Bu durum balların satışına engel olmadığı gibi bir hilenin de göstergesi değildir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde de bu durum belirtilmiş olup; süzme çiçek balının akışkan olmayan kıvamda, kontrollü koşullarda kristalize edilmesi halinde “krem bal”, kendiliğinden kristalize olması halinde ise “kristalize bal” adıyla piyasaya arz edilebileceği ifade edilmiştir (Anonim, 2020).



Şekil 1 :Homojen bir şekilde kristalize olmuş bal (Anonim, 2019a)

2. Kristalizasyon Nedir?

Kristalizasyon, balın sıvı ve akışkan yapıdan yarı katı hale dönüşmesi ile gerçekleşen bir olaydır. Kristalizasyon doğal bir olaydır ve ballar hasat edildikten sonra kristalize olma eğilimindedir. Sadece bu süreç bazı ballarda hızlı, bazılarında ise yavaş ilerler. Kristalize olan ballar kalitesiz veya hileli değildir. Kristalizasyon olayı balın kalitesini değiştirmez veya azaltmaz (Anonim, 2018).

Kristalizasyon, sıvı ve berrak ürün satın almak isteyen tüketicilerin tercihini olumsuz etkilediği ve balın dolumunda/paketlemesinde problemlere neden olduğu için istenmeyen bir durumdur. Ayrıca kristalizasyon balların su aktivitesini arttırmakta ve artan su aktivitesi ile birlikte maya hücreleri balda gelişerek fermantasyona neden olabilmektedir. Balın kristalize olmasında viskozitesi, depolanma sıcaklığı ve yapısında bulunan diğer maddelerin varlığı gibi faktörler etkili olmaktadır (Mutlu ve ark., 2017).

3. Ballar Niçin Kristalize olur?

Balın yapısında % 70'den fazla karbonhidrat (şekerler) ve % 20'den az su vardır. Bu haliyle bal konsantre bir şeker çözeltisidir ve balın içerisinde çözebileceğinden çok daha fazla şeker bulunmaktadır. Baldaki ana şekerlerden olan glukozun çözünürlüğü diğer şekerlere göre daha düşüktür. Kristalizasyon genellikle glukoz moleküllerinin, monohidrat formundan kurtularak birbirleriyle etkileşimleri sonucu gerçekleşmektedir (Mutlu ve ark., 2017). Kristalizasyon esnasında, glukoz ilk önce granül hale geçerek sudan ayrılır ve kristalize olmaya başlar. Glukozun kristalleşmesi ile su serbest hale geçer ve baldaki su aktivitesi artar (Laos ve ark., 2017). Balın akışkanlığı azalarak yarı katı-sıvı şeklinde faz ayrılmaları oluşur. Böylece kristalizasyon olayı gerçekleşmiş olur.

4. Kristalizasyonu Etkileyen Faktörler

Kristalizasyonda en önemli etkenlerden birisi balın içeriğidir. Balın karbonhidrat bileşiminde çok farklı şekerler bulunmakla birlikte; bu şekerlerin çok büyük bir kısmını fruktoz ve glukoz oluşturmaktadır. Balın içerisindeki bu iki temel şeker arasındaki denge, kristalizasyonun başlıca nedeni olup; şeker içeriği balların hızlı veya yavaş kristalize olmasını sağlar. Glukozun çözünürlüğü fruktoza göre daha düşüktür. Bu nedenle sudan ayrılır ve balın içerisinde küçük kristaller oluşturur. Genelde glukoz içeriği daha yüksek olan ballar çabuk kristalize olur. Balların kristalizasyon süresi ve eğilimi çoğunlukla Fruktoz/Glukoz (F/G) oranı ile ilişkilidir. Yonca, pamuk ve kanola gibi Fruktoz/Glukoz oranı düşük olan ve glukoz şekeri yüksek olan ballar daha çabuk kristalize olur. Diğer yandan akasya, kestane, çam gibi yüksek Fruktoz/Glukoz oranına sahip olan ve % 30'dan daha az glukoz içeren ballar oldukça yavaş kristalize olur hatta uzun yıllar akışkanlığını koruyabilir. Farklı bal örnekleri ile yapılan çalışmada polifloral ballardaki F / G oranının daha yüksek olduğu ve kristalizasyonun daha yavaş olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada kanola polenin baskın olduğu bal örneklerinde ise hızlı bir kristalizasyon gözlemlendiği rapor edilmiştir

(Laos ve ark., 2017). Diğer bir çalışmada F / G oranının 1.33 ve üzerinde olduğu balların uzun süre kristalize olmadığı; kristalize olan ballarda ise F / G oranının 1.11 'den düşük olduğu bildirilmiştir (Smanalieva ve Senge, 2009). Escuredo ve ark. (2014), tarafından balın baskın olan polen türü ve şeker bileşimi arasında kuvvetli ilişki olduğu belirtilmiştir. Aynı alışma sonunda, botanik kaynağın baldaki şekerlerin oranını belirlediği ve dolayısıyla balın elde edildiği kaynağın kristalizasyon olayı üzerinde de etkili olabildiği bildirilmiştir (Escuredo ve ark., 2014).

Kristalizasyonu etkileyen diğer bir faktör de balın su içeriğidir. Yüksek glukoz ve düşük su içeriğine sahip ballarda kristalizasyon hızlı olur. Baldaki Glukoz/Su (G/S) oranı 1.7'den daha düşük ballar kristalize olmazken, 2.1 den daha yüksek su oranına sahip ballar kısa sürede kristalize olmaktadır. Benzer şekilde Escuredo ve ark. (2014), tarafından G / S oranı 1.7'den az olduğunda balın yavaş kristalleştiği ve oran 2 'den büyük olduğunda balın hızlı ve tam olarak kristalize olduğu bildirilmiştir (Escuredo ve ark., 2014).




şekil 2: Kristalize olmuş ballar (AAEM,2019a)

Depolama sıcaklığının da kristalizasyon üzerinde önemli bir etkisi vardır. Genelde 10 °C ve altındaki sıcaklıklar, balın viskozitesini arttırır, kristallerin oluşumunu ve yayılmasını geciktirir. 10-21 °C arasında balın kristalizasyonu hızlanır. Özellikle 10-15 °C'de kristalizasyon için çok uygun bir ortam oluşur ve bu sıcaklıklarda en hızlı kristalizasyon görülür (Çelemlı ve Sorkun, 2013). 25-27 °C 'den daha yüksek sıcaklıklarda balın kristalizasyonu gecikir ancak bu sıcaklıklar balın yapısındaki bazı değerli bileşiklerin kaybına ve fermentasyona neden olabilir. Sıcaklık 40 °C olduğunda kristalizasyon engellenir fakat balda geri dönüşü olmayan bozulmalar meydana geldiği ve bala zarar verdiği için bu sıcaklıklardan uzak durulmalıdır (Hamdan, 2010). Ayrıca saklama sıcaklığındaki dalgalanmaların ve ani sıcaklık değişimlerinin de balların kristalize olmasına neden olacağını unutmamak gerekir. Yao ve ark. (2003), tarafından yapılan çalışmada 13 °C'de depolanan ballarda oda sıcaklığında saklanan ballara göre daha hızlı kristalizasyon görüldüğü bildirilmiştir (Yao ve ark., 2003). Benzer şekilde diğer bir çalışmada, balın kristalizasyon hızının, 10-15 °C'de en fazla olduğu, bu sıcaklığın altında ve üstünde kristalizasyonun azaldığı bildirilmiştir (Bhandari ve ark., 1999). Enstitümüzde yapılan bir projenin sonucunda; 4°C ve 12°C'de depolanan ballarda kristallenmenin hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada 40 °C'de depolanan ballarda kristalizasyon gözlenmediği ancak uzun süreli depolama şartlarında diastaz sayısı ve prolin miktarlarının düştüğü, HMF miktarının ise yükseldiği için uygun bir depolama sıcaklığı olmadığı ortaya konulmuştur (Yılmaz ve ark., 2015).

Kristalizasyonu etkileyen diğer bir etmen de balın içerisinde bulunan yabancı parçacıklardır. Balın içerisinde tohum kristalleri, polen taneleri, bal mumu parçaları ve benzeri maddelerin bulunması kristalizasyonu hızlandırır. Bu küçük parçacıklar kristalizasyon için bir çekirdek görevi görür. Isıtılmamış ve filtre edilmemiş ballarda balmumu, polen ve propolis bulunabileceğinden daha hızlı kristalize

Depolama sıcaklığı ile kristalizasyon arasındaki ilişki

<10 °C 	10-21 °C arasında 	21-27 °C arasında 	>27 °C 
Balın viskozitesi artar. Kristalizasyon oluşumu ve yayılması gecikir.	Balın kristalizasyonu hızlanır. Özellikle 10-15 °C arasında kristalizasyon için çok uygun bir ortam oluşur ve bu sıcaklıklarda en hızlı kristalizasyon görülür.	Kristalizasyon gecikir. Ancak uzun süre bu sıcaklıklarda muhafaza, baldaki bazı değerli bileşikleri olumsuz etkileyebilir.	Balın kristalizasyonu gecikir. Ancak balın yapısındaki bazı değerli bileşiklerin kaybına ve fermentasyona neden olabilir.

olur. Balların uygun sıcaklıklarda ve sürelerde ısıtılması ve filtre edilmesiyle şeker kristalleri çözünür, yabancı parçacıklar uzaklaştırılır. Böylece kristalizasyon engellenir.



Şekil 3: Farklı kaynaklardan elde edilmiş kristalize olmuş ballar (AAEM,2019b)

5. Kristalize Balların Tüketilmesi

Daha önce de ifade edildiği gibi balların kristalize olması; kalitesiz veya tüketilemeyecek durumda olduğu anlamına gelmez. Kristalize ballar hiçbir işleme gerek kalmadan doğrudan tüketilebilir. Ülkemizde henüz çok yaygın olmasa da diğer ülkelerde kontrollü şartlarda kristalize edilmiş ballar krem bal adıyla piyasada yer almaktadır. Üstelik depolanması, taşınması, kolayca sürülmesi ve kolayca tüketilebilmesi gibi nedenlerle daha pahalıya da satılmaktadır.

Diğer yandan kristalize ballara ısı işlem uygulanıp tekrar akışkan hale getirilerek de tüketilebilir. Ancak ısı işlem uygulanırken ısı kaynağının doğrudan bal ile temas etmemesine ve sıcaklığın 40 °C'yi geçmemesine özen gösterilmelidir. Bu amaçla kristalize olmuş balın bulunduğu kavanozlar sıcak su bulunan bir kaba yerleştirilerek benmari usulü ısıtılabilir. Isıl işlem uygulanırken süreye de dikkat edilmeli ve bu sıcaklıklarda dahi olsa bal uzun süre ısıya maruz bırakılmamalıdır. Balların akışkanlığı sağlandığında ısıtma işlemine son verilmelidir. Aksi takdirde balın içerisinde bulunan enzimler, vitaminler ve aroma bileşiklerinde kayıplar meydana gelebilir, HMF gibi zararlı bileşikler oluşabilir.



Şekil 4: Su banyosu ile kristalize balların tekrar akışkan hale getirilmesi (Anonim,2019b)

6. Sonuç

Sonuç olarak kristalizasyon ballarda meydana gelen doğal bir süreçtir. Ballar zamanla az veya çok kristalize olurlar. Kristalizasyonun sebepleri olarak sıcaklık, glukoz, fruktoz ve su içeriğine dayalı farklı mekanizmalar açıklanmıştır. Ancak mevcut yöntemlerin hiçbiri tek başına balın kristalizasyon davranışını açıklamak için yeterli değildir (Yao ve ark., 2003). Kristalize olmuş ballar hileli, bozulmuş veya kalitesiz demek değildir. Ballar kristalize olmuş haliyle tüketileceği gibi uygun şekilde su banyosunda akışkan hale getirilerek de tüketilebilir.

7. KAYNAKLAR

AAEM. (2019 a). Fazıl GÜNEY, Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ordu, Türkiye.

AAEM. (2019 b). Fazıl GÜNEY, Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ordu, Türkiye.

Anonim (2018). Why does honey crystallize? Available online at <http://honeypedia.info/why-does-honey-crystallize>, checked on 2/22/2018.

Anonim (2019a). Erişim adresi: <http://gulchathai.blogspot.com/2011/08/sweet-as-honey.html>

Anonim (2019b). Erişim adresi: <https://thegardendiaries.blog/tag/crystallized-honey/>

Anonim (2020). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7). 22.04.2020 tarih ve 31107 sayılı Resmi Gazete.

Anonim (2021). TÜİK, Hayvansal Üretim İstatistikleri, 2021.

Bhandari, B., D'Arcy, B., Kelly, C. (1999). Rheology and crystallization kinetics of honey. Present status. In *International Journal of Food Properties* 2 (3), pp. 217–226. DOI: 10.1080/10942919909524606.

Çelemlı, Ö.G., Sorkun, K. (2013). Balın kristalizasyonu doğal bir süreçtir. *ORAY-BİR'in Sesi*. Yıl:8, Sayı:9, sayfa:24-25.

Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., Seijo, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. In *Food chemistry* 149, pp. 84–90. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.10.097.

Hamdan, K. (2010). Crystallization of Honey. In *Bee World* 87 (4), pp. 71–74.

Korkmaz, A. (2013). Anlaşılabilir Arıcılık. Samsun GTH İl Müdürlüğü Yayınları 330 s. Türker Matbaacılık, Samsun.

Laos, K., Kirs, E., Pall, R., Martverk, K. (2011). The Crystallization Behaviour of Estonian Honeys. In *Agronomy Research* 9 (Special Issue II), pp. 427–432.

Mutlu, C., Erbaş, M., Tontul, S.A. (2017). Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Bazı Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda* 15(1), 75-83.

Smanalieva, J., Senge, B. (2009). Analytical and rheological investigations into selected unifloral German honey. In *Eur Food Res Technol* 229 (1), pp. 107–113. DOI: 10.1007/s00217-009-1031-2.

Yao, L., Bhandari, B.R., Datta, N., Singanusong, R., D'Arcy, B. R. (2003). Crystallisation and Moisture Sorption Properties of Selected Australian Unifloral Honeys. *J Sci Food Agric.*83:884–888.

Yılmaz, M., Güney, F., Karmaz, E., Yılmaz, Ö., Demir, T., Duman, M., Kuvancı, A., Yassıhüyük, N., Çakıcı, N., Tarakçı, Z. (2015). Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Ayçiçeği, Pamuk, Çam Kestane ve Şekerle Besleme ile Elde Edilen Balların Kristallenme Sürecinde Kimyasal ve Fiziksel Yapılarında Meydana Gelen Değişikliklerin İncelenmesi (Sonuç kitapçığı), Arıcılık Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 17, 33 s. Ordu



TARIMIN GELECEĞİ
GELECEĞİN TARIMI

İŞİMİZ ARAŞTIRMA

GÜCÜMÜZ İNOVASYON

TAGEM

AR-GE & İNOVASYON



Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

Ordu - Ulubey Karayolu 12 km Dedeli Yerleşkesi (Pk:10) Altınordu / ORDU

Telefon: 0 452 256 23 41 - Faks: 0 452 256 24 71

Web: www.arastirma.tarimorman.gov.tr/aricilik

e-posta: orduaricilik@tarimorman.gov.tr



Tüm Hakları Saklıdır ©2022