**KABUL VE ONAY**

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi (Veteriner) Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Nasuh MELTEM tarafından hazırlanan “Yatağan ve Çevresinde Üretilen Ballarda Halk Sağlığı Açısından Risk Oluşturacak Bazı Ağır Metal Düzeylerinin ICP-MS Tekniği ile Belirlenmesi” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 25/02/2021

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Üye (T.D.) :Dr. Öğr. Üyesi Sadık BÜYÜKYÖRÜK | Aydın Adnan Menderes Üniversitesi | ....……… |
| Üye : Prof. Dr. Filiz KÖK | Aydın Adnan Menderes Üniversitesi | ....……… |
| Üye : Prof. Dr. Ayşegül EYİGÖR | Bursa Uludağ Üniversitesi | ....……… |

ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsünün …………..……..… tarih ve ……………………..… sayılı oturumunda alınan ………………….… nolu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman AYPAK

Enstitü Müdürü

**TEŞEKKÜR**

Öncelikle tez çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında bana destek olan, deneyimleriyle yol gösteren, tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sadık BÜYÜKYÖRÜK’e, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Filiz KÖK’e, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı’nda görev yapan hocalarım Prof. Dr. Ergün Ömer GÖKSOY, Dr. Öğr. Üyesi Devrim BEYAZ, Arş. Gör. Dr. Pelin KOÇAK KIZANLIK ve Arş. Gör. Dr. Cemil ŞAHİNER’e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisansa başlama kararında beni cesaretlendiren ve yol gösteren Vet. Hekim Yasemin YALÇIN’a, Yüksek Lisans eğitimi süresince desteklerini esirgemeyen Yatağan İlçe Tarım ve Orman Müdürü Vet. Hekim Ayşe Didem BİBER ve mesai arkadaşım Arıcılık Teknikeri Turgay MEŞEBAŞI’na, Muğla’nın çeşitli bölgelerinde bal numuneleri toplama aşamasında bana yardımcı olan Muğla Arı Yetiştiricileri Birliği (MAYBİR) çalışanlarına ve arıcılarımıza teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her anında maddi ve manevi olarak yanımda olan anne ve babama, her zaman ve her koşulda yanımda olan ve desteğini esirgemeyen biricik eşim Şevval MELTEM’e ve hayatımın anlamı canım oğlum Aziz Efe MELTEM’e sonsuz teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER**

KABUL VE ONAY SAYFASI…….……………………………………………………………i

TEŞEKKÜR……………………………………………………………………………………ii

İÇİNDEKİLER..........................................................................................................................iii

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ……………………………………………….…...vi

ŞEKİLLER DİZİNİ…………………………………………………………………………....xi

TABLOLAR DİZİNİ................................................................................................................xii

ÖZET………………………………………………………………………………………...xiii

ABSTRACT………………………………………………………………………………….xiv

1. GİRİŞ......................................................................................................................................1

2. GENEL BİLGİLER……………….........................................................................................3

2.1. Geçmişten Günümüze Arıcılık……………………………………………………………..3

2.1.1. Dünya’da Arıcılık..............................................................................................................3

2.1.2. Türkiye’de Arıcılık............................................................................................................5

2.2. Balın Oluşumu……..............................................................................................................7

2.3. Balın Sınıflandırılması..........................................................................................................7

2.3.1. Gruplarına Göre Ballar (Arıların Yararlandığı Kaynağa Göre)..........................................7

2.3.1.1. Çiçek Balı.......................................................................................................................7

2.3.1.2. Salgı Balı........................................................................................................................8

2.3.1.3. Zehirli Bal (Deli Bal)………………………..…………………………………. …....8

2.3.2. Tiplerine Göre Ballar (Pazarlama Şekillerine Göre)..........................................................9

2.3.2.1. Petekli Ballar...................................................................................................................9

2.3.2.2. Süzme Ballar...................................................................................................................9

2.3.2.3.Pres Balı (Baskı Balı)......................................................................................................9

2.3.2.4. Filtre Edilmiş Bal............................................................................................................9

2.3.2.5. Fırıncılık Balı..................................................................................................................9

2.4. Balın Bileşimi.....................................................................................................................10

2.4.1. Balın Kimyasal Özellikleri..............................................................................................13

2.4.1.1. Su İçeriği.......................................................................................................................13

2.4.1.2. Karbonhidrat İçeriği.....................................................................................................13

2.4.1.3. Enzim İçeriği................................................................................................................14

2.4.1.4. Balın Asitliği.................................................................................................................14

2.4.1.5. Protein İçeriği...............................................................................................................15

2.4.2. Balın Fiziksel Özellikleri.................................................................................................15

2.4.2.1. Renk.............................................................................................................................15

2.4.2.2. Tat ve Aroma.................................................................................................................16

2.4.2.3. Elektriksel İletkenlik.....................................................................................................16

2.4.2.4. Viskozite.......................................................................................................................16

2.4.2.5. Kristalleşme (Granülasyon)..........................................................................................17

2.4.2.6. Fermantasyon (Ekşime)................................................................................................17

2.5. Balda Kimyasal Kalite Kriterleri........................................................................................18

2.5.1. Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarı..............................................................................18

2.5.2. Diastaz Sayısı..................................................................................................................19

2.5.3. pH Değeri ve Serbest Asitlik Değeri................................................................................20

2.5.4. İnvert Şekerler..................................................................................................................21

2.5.5. Prolin Miktarı..................................................................................................................21

2.5.6. Potasyum/Sodyum Oranı.................................................................................................21

2.5.7. Ticari Glikoz....................................................................................................................21

2.6. Balın Halk Sağlığı Üzerine Etkisi.......................................................................................22

2.6.1. Antimikrobiyal Etki.........................................................................................................22

2.6.2. Antioksidan Etki..............................................................................................................22

2.6.3. Sindirim Sistemi Üzerine Etkisi......................................................................................23

2.6.4. Kanser Üzerine Etkisi......................................................................................................24

2.7. Balda Kalıntı Problemleri...................................................................................................24

2.7.1. Antibiyotik…………………………………………………………………….………..24

2.7.2. Naftalin…………………………………………………………………………………25

2.7.3. *Clostridium botulinum*……………………………………………………...……..……25

2.7.4. Ağır Metaller....................................................................................................................26

2.7.4.1. Alüminyum (Al)….……………………………………………………………..……32

2.7.4.2. Demir (Fe)….…...……………………………………………………………………34

2.7.4.3. Mangan (Mn)……………………...…………………………………………....…….35

2.7.4.4. Kobalt (Co)…………………...…………………………………………….……...…36

2.7.4.5. Nikel (Ni)……………………………………………………………………………..37

2.7.4.6. Çinko (Zn)…………………………...……………………………………………….37

2.7.4.7. Kadmiyum (Cd)…………………...…………………………………………….……38

2.7.4.8. Krom (Cr)……..……………………………………………………………….……..39

2.7.4.9. Bakır (Cu)…………………………………………………………………………….40

2.7.4.10. Kurşun (Pb)……………………………………………………………..…………...41

3. GEREÇ VE YÖNTEM…………………………………………………….……………….44

3.1. Materyal Toplanması ve Örneklerin Hazırlanması………………………………….……44

3.1.1. Mikrodalga Yöntemi ile Örnek Çözünürleştirme……………………………………….45

3.1.2. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS)…………………………….47

3.2. Yöntem…………………………………………………………………………………...50

3.2.1. Örneklerin Çözünürleştirilmesi………………………………………………………...50

3.2.2. ICP-MS Cihazının Kullanımı…………………………………………………………..51

4. BULGULAR……………………………………………………………………………….58

5. TARTIŞMA………………………………………………………………………………..62

6. SONUÇ VE ÖNERİLER………………...………………………………………….…..…68

KAYNAKLAR.........................................................................................................................69

BİLİMSEL ETİK BEYANI ………………………………………………………………….83

ÖZ GEÇMİŞ…………...…………………………………………………………………..…84

**SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**

**AB** : Avrupa Birliği

**Ag** : Gümüş

**Al** : Alüminyum

**Al(OH)3** : Alüminyum Hidroksit

**Al2(SO4)3** : Alüminyum Sülfat

**Al2O3** : Alüminyum Oksit

**AlCl3** : Alüminyum Klorür

**AlH3** : Alüminyum Hidrür

**Ar** : Argon

**As** : Arsenik

**ATP** : Adenozin Trifosfat

**Au** : Altın

**B** : Bor

**Ba** : Baryum

**Be** : Berilyum

**Bi** : Bizmut

**Br** : Brom

**°C**  : Santigrat Derece

**Ca** : Kalsiyum

**CAC** : Kodeks Alimentaryus Komisyonu

**Cd** : Kadmiyum

**Ce** : Seryum

**Cl** : Klor

**cm3** : Santimetreküp

**Co** : Kobalt

**CO2** : Karbondioksit

**Cr** : Krom

**Cs** : Sezyum

**Cu** : Bakır

**dk** : Dakika

**DNA** : Deoksiribo Nükleik Asit

**Dy** : Disprozyum

**Er** : Erbiyum

**Eu** : Evropiyum

**FAO** : Gıda ve Tarım Örgütü

**Fe** : Demir

**Ga** : Galyum

**Gd** : Gadolinyum

**Ge** : Germanyum

**GIS** : Gastrointestinal Sistem

**g** : Gram

**H2O2** : Hidrojen Peroksit

**H2SO4** : Sülfürik Asit

**HCO3** : Bikarbonat

**HDL** : Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

**He** : Helyum

**Hf** : Hafniyum

**HF** : Hidroflorik Asit

**Hg** : Cıva

**HMF** : Hidroksimetil Furfural

**HNO3** : Nitrik Asit

**Ho** : Holmiyum

**I** : İyot

**IARC** : Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı

**ICP-MS** : İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi

**ICP-OES** : İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi

**In** : İndiyum

**Ir** : İridyum

**K** : Kelvin

**K** : Potasyum

**kg** : Kilogram

**km2** : Kilometrekare

**L** : Litre

**La** : Lantan

**Li** : Lityum

**Lu** : Lutesyum

**M.Ö.** : Milattan Önce

**m/Ze** : Kütle/Yük

**m3** : Metreküp

**Mg** : Magnezyum

**mg** : Miligram

**min.** : Minimum

**ml** : Mililitre

**mm** : Milimetre

**Mn** : Mangan

**Mo** : Molibden

**mS/ cm** : Mili Siemens/ Santimetre

**N** : Azot

**Na** : Sodyum

**Nb** : Niobyum

**Nd** : Neodimyum

**Ni** : Nikel

**O** : Oksijen

**O2** : Oksijen molekülü

**Os** : Osmiyum

**P** : Fosfor

**Pa.s** : Pascal-saniye

**Pb** : Kurşun

**Pd** : Paladyum

**pH** : Hidroyen iyonu potansiyeli

**ppb** : Milyarda bir kısım (µg/kg)

**ppm** : Milyonda bir kısım (mg/kg)

**Pr** : Praseodim

**Pt** : Platin

**PTFE** : Politetrafloroetilen (Teflon)

**Rb** : Rubidyum

**Re** : Renyum

**Rh** : Rodyum

**RNA** : Ribo Nükleik Asit

**Ru** : Rutenyum

**S** : Kükürt

**Sb** : Antimon

**Sc** : Skandiyum

**Se** : Selenyum

**Si** : Silikan

**Sm** : Samaryum

**Sn** : Kalay

**sn** : Saniye

**Sr** : Stronsiyum

**T.S.** : Türk Standartları

**Ta** : Tantal

**Tb** : Terbiyum

**Te** : Tellür

**TGK** : Türk Gıda Kodeksi

**Th** : Toryum

**Ti** : Titanyum

**TKG** : Teknik Konsantrasyon Göstergesi

**Tl** : Talyum

**Tm** : Tulyum

**TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu

**U** : Uranyum

**USDA** : Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı

**V** : Vanadyum

**vb** : Ve Benzeri

**W** : Tungsten

**W** : Watt

**WHO** : Dünya Sağlık Örgütü

**Y** : İtriyum

**Yb** : İterbiyum

**Zn** : Çinko

**Zr** : Zirkonyum

**μg** : Mikrogram

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

**Şekil 1.** Ağır metallerin doğaya yayılımları…………………………..……….…………..26

**Şekil 2.** İnsanın kurşun alım kaynakları…………………………………………….…......41

**Şekil 3.** Kurşunun yetişkinler ve çocuklar üzerine etkileri………………………….….....42

**Şekil 4.** Muğla ili haritası…..………………………...…….………………………….…..43

**Şekil 5.** Mikrodalga fırın…………………………………………………..……………….45

**Şekil 6.** ICP-MS şematik görünümü……………………………………………...…….….46

**Şekil 7.** ICP-MS sistem bileşenleri………………..…………………………………....…48

**Şekil 8.** Al için kalibrasyon grafiği………..……………….……………………………....51

**Şekil 9.** Fe için kalibrasyon grafiği……………………………………………………...….51

**Şekil 10.** Mn için kalibrasyon grafiği………………………………………..…………...…52

**Şekil 11.** Co için kalibrasyon grafiği…………………………………….…………………52

**Şekil 12.** Ni için kalibrasyon grafiği…………………..………….…………………..……53

**Şekil 13.** Zn için kalibrasyon grafiği…………………………………….………………..…53

**Şekil 14.** Cd için kalibrasyon grafiği…….………………………………………….………54

**Şekil 15.** Cr için kalibrasyon grafiği…………….………………………………….…….…54

**Şekil 16.** Cu için kalibrasyon grafiği…………………….……………………………….…55

**Şekil 17.** Pb için kalibrasyon grafiği……………………………………………………..…55

**Şekil 18.** Al ve Fe için internal standart eğrileri…………………………………………….58

**Şekil 19.** Mn, Co, Ni, Zn, Cd, Cr, Cu ve Pb için internal standart eğrileri……….……...…59

**TABLOLAR DİZİNİ**

**Tablo 1.** Koloni sayısına göre ülkelerin sıralaması.............................................................4

**Tablo 2.** Türkiye’de bölgelere göre arıcılık verileri...........................................................5

**Tablo 3.** Türkiye’de yıllara göre bal ve balmumu üretimi……………….………..….….6

**Tablo 4.** Balın içeriğini oluşturan başlıca bileşenler, (%).................................................11

**Tablo 5.** Baldaki mineral madde içeriği……………………………………….…….….12

**Tablo 6.** Sıcaklık uygulamasının HMF miktarı üzerine etkisi, (mg/kg)...........................18

**Tablo 7.** Çeşitli sıcaklıklarda muhafazanın bal parametrelerine etkisi.............................19

**Tablo 8.** Temel endüstrilerden çevreye bırakılan ağır metaller…………………..……..27

**Tablo 9.** Eser elementlerin canlılarda bulunuşuna göre sınıflandırılması………………28

**Tablo 10.** WHO verilerine göre nektarlar ve meyve suları gibi gıdalarda

bulunabilecek maksimum element düzeyleri ………………………………………………...29

**Tablo 11.** Ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri …………….….…….30

**Tablo 12.** Çinko içeren bazı metalloenzimler ve fonksiyonları…..……………………...37

**Tablo 13.** Örneklerin alındığı ilçeler……………..………………………...…………….44

**Tablo 14.** Mikrodalga fırının çalışma adımları ………………………………..…..…….49

**Tablo 15.** ICP-MS enstrümantal çalışma koşulları…………………………..…………..50

**Tablo 16.** Çalışma yapılan ballardaki Al, Fe, Mn, Co, Ni düzeyleri (µg/kg)………....…56

**Tablo 17.** Çalışma yapılan ballardaki Zn, Cd, Cr, Cu, Pb düzeyleri (µg/kg)……....……57

**ÖZET**

**YATAĞAN VE ÇEVRESİNDE ÜRETİLEN BALLARDA HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN RİSK OLUŞTURACAK BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN ICP-MS TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

**MELTEM N. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın 2021.**

**Amaç:** Bu çalışma, Muğla’nın Yatağan ilçesinde bulunan termik santrale ve mermer ocaklarına yakın bölgelerden temin edilen ballarda, bazı ağır metallerin varlığını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Toplanan ballarda alüminyum, demir, mangan, kobalt, nikel, çinko, kadmiyum, krom, bakır, kurşun miktarı yönünden ICP-MS ile belirlenmiştir. Sonuçların ilgili literatür verileriyle birlikte Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tolerans limitlerine göre değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

**Bulgular:** Analiz sonuçlarına göre incelenen bal örneklerinde ortalama değerler, alüminyum (Al) 27715,468 µg/kg; demir (Fe) 5923,415 µg/kg; mangan (Mn) 639,872 µg/kg; nikel (Ni) 301,964 µg/kg; çinko (Zn) 1094,215 µg/kg; krom (Cr) 47,165 µg/kg; bakır (Cu) 1317,268 µg/kg ve kurşun (Pb) 289,064 µg/kg olarak belirlenmiştir. Analiz edilen bu ballarda kobalt ve kadmiyum tespit edilmemiştir.

**Sonuç:** Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde ağır metallerin yüksek değerde olmadığı, ancak bazı elementler bakımından sınır değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak kovanların endüstriyel bölgelere yakın olmasının bazı ağır metaller yönünden halk sağlığını olumsuz etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, bal, halk sağlığı, ICP-MS, kalite.

**ABSTRACT**

**DETERMINATION OF SOME HEAVY METAL LEVELS CAUSING PUBLIC HEALTH RISKS IN HONEY PRODUCED IN YATAGAN PROVINCE BY ICP-MS TECHNIQUE**

**MELTEM N. Aydin Adnan Menderes University, Health Sciences Institute, Food Hygiene and Technology Program, Master Thesis, Aydin 2021.**

**Objective:** This study was carried out to determine the presence of some heavy metals in honey obtained from regions close to the thermal power plant and marble quarries in Yatağan, the district of Muğla.

**Material and Methods:** The amount of aluminum, iron, manganese, cobalt, nickel, zinc, cadmium, chromium, copper and lead were defined by ICP-MS in the collected honeys. The results were evaluated according to the World Health Organization (WHO) tolerance limits together with the relevant literature data.

**Results:** The average value of the analyzed honey samples, aluminum (Al) 27715,468 µg/kg; iron (Fe) 5923,415 µg/kg; manganese (Mn) 639,872 µg/kg; nickel (Ni) 301.964 µg/kg; zinc (Zn) 1094,215 µg/kg; chromium (Cr) 47.165 µg/kg; copper (Cu) 1317,268 µg/kg and lead (Pb) 289,064 µg/kg was determined according to the analysis results. Cobalt and cadmium were not detected in these analyzed honeys.

**Conclusion:** When the findings were evaluated it was observed that heavy metal’s amounts were not in high value, but they were at limit values in terms of some elements. Counsequently, it was concluded that the beehives close to the industrial areas may adversely affect public health in terms of some heavy metals.

**Keywords:** Heavy metal, honey, ICP-MS, public health, quality.