

## EV TİPİ MİKRODALGA FIRINLARDA SERAMİK PIŞİRİM ARAŞTIRMALARI VE MİKRODALGA PIŞİRİM HAZNESİ YAPIM ÖNERİLERİ



### CERAMIC FIRING RESEARCH IN HOME TYPE MICROWAVE OVENS AND SUGGESTIONS ON MICROWAVE FIRING CHAMBER CONSTRUCTION

Aziz Baha ÖRKEN\* – Kaan CANDURAN\*\*

**ÖZ:** Seramik pişirim çeşitliliğine olan yönelim son yıllarda artarak seramik dünyasının ilgi odağı olmuştur. Birçoğumuzun evlerinde yer alan mikrodalga fırınlar da bu ilgiyi fazlasıyla görmektedir. Mikrodalga fırınlarda uygun pişirim haznelерinin kullanımı ile seramik pişirimine olanak sağlanmaktadır. Gerek endüstriyel gerekse sanat seramiğinde mikrodalga fırınlar için pişirim haznesi yapımı, sır pişirimi, alternatif pişirim olanakları ile ilgili araştırmalar çeşitlenmektedir. Uzun yıllardır evlerimizde yemek ısıtmak ve pişirmek için kullanılan mikrodalga fırınlar son yirmi yıl içinde sır ve bünye denemeleri için hızlı ve düşük maliyetli bir seramik deneme fırını haline dönüşmeye başlamıştır. Geleneksel pişirme ve ısıtma yöntemlerinden farklı olarak mikrodalga fırınlarda pişirme ve ısıtma işlemlerinin sürelerinin ve enerji tüketiminin daha az olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda pişirme işlemi için ev tipi bir mikrodalga fırın kullanılmıştır. Mikrodalga fırınlarda seramik pişirmekte kullanılan hazır olarak satılan haznelere alternatif kişisel haznelerin yapım olanakları araştırılmıştır. Araştırma sonucunda doğru pişirme işlemlerinin yapıldığı kişisel haznelere, farklı kil bünyelerinin bisküvi pişirimi, normal sırlı pişirimleri ve alternatif bir pişirim tekniği olan Raku pişirimi uygulamaları yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Mikrodalga, Mikrodalga Fırın, Seramik, Kil, Pişirim.

**ABSTRACT:** The tendency towards ceramic firing diversity has increased in recent years and has become the centre of attention of the ceramic world. Microwave ovens, which are in the homes of many of us, also attract this interest. With the use of suitable firing chambers in microwave ovens, ceramic firing is possible. In both industrial and art ceramics, researches on firing chamber construction for microwave ovens, glaze firing, alternative firing possibilities are diversifying. Microwave ovens, which have been used for heating and cooking food in our homes for many years, have started to turn into a fast and low-cost ceramic trial kiln for glaze and ceramic structures trials in the last twenty years. Unlike traditional firing and heating methods, it is known that the duration and energy consumption of firing and heating processes in microwave ovens are less. In this context, a household microwave oven was used for the firing process. The possibilities of making personal containers as an alternative to the readily available containers used for ceramic firing in microwave ovens were investigated. As a result of the

\* Öğr. Gör.-Afyon Kocatepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü/Afyon-baha.orken@gmail.com (0000-0002-5767-0780)

\*\* Prof. Dr.-Hacettepe Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik ve Cam Bölümü/Ankara-kaancanduran@hacettepe.edu.tr (Orcid: 0000-0003-2170-2119)

*research, biscuit firing of different clay bodies, normal glazed firing and Raku firing, which is an alternative firing technique, were applied with personal containers in which the correct firing processes were performed.*

**Keywords:** Microwave, Microwave Oven, Ceramic, Clay, Firing.

## **Giriş**

Temel olarak seramik pişirimi bir kilin yeterli bir mukavemet kazanması veya yüzeyde sır oluşabilmesi için yeterli bir sıcaklık derecesinde ısıtılması işlemidir. Bu ısıtma işleminin yapılabilmesi için farklı biçimlerde fırınlar ve farklı yakıt türleri (odun, gaz, yağ, elektrik vb.) kullanılmaktadır. Seramiğin ilk pişirildiği günden günümüze kadar seramik fırınları ve yakıtları teknoloji ile birlikte gelişmiş ve çeşitlenmiştir. Günümüzde gelişen teknolojiler sayesinde daha verimli pişirim türleri seramik üretiminde ilgi görmekte ve araştırılmaktadır. Mikrodalga enerjisi kullanan mikrodalga fırınlarda bu yeni fırın tiplerinden bir tanesidir.

2. Dünya Savaşı'nda kullanılan mikrodalga enerjisi daha sonra ısıtma özelliğinin keşfedilmesi ile mikrodalga fırınlar gıdaları ısıtma ve pişirme işlemi için günlük yaşamımızda yoğun bir şekilde yerini almıştır. Mikrodalga fırınlar her ne kadar ev kullanımı için üretilmiş olsa da zaman içinde bu teknoloji ile kalsinasyon, kurutma ve pişirim işlemleri yaygınlaşmıştır. Literatür incelendiğinde deneysel ve küçük ölçeklerde geliştirilen pişirme haznelere ile mikrodalga fırınlarda seramik pişirimi yapıldığı görülmektedir.

Bu araştırmada ev tipi üretimi yapılmış bir mikrodalga fırın ile seramik bisküvi, sır pişirimi araştırmaları yapmak ve ayrıca pişirim için kullanılan hazne için yapım önerileri ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu çalışmanın önemi; elde edilen veriler ışığında sır ve bünye pişirimi denemelerinin daha kısa sürede yapılabilmesinin sağlanması ve kullanılan haznelere daha basit ve işlevsel biçimde kişisel üretimin kolaylaştırabilmesidir.

Geleneksel seramik üretimine uygun bir fırına olan ihtiyacın yerini alamayacak olsa da bir mikrodalga fırın, sır ve çamur bünyesi testlerinin hızlandırılmasına yardımcı olabilir veya küçük ölçekli seramik bünyelerin pişirilmesine olanak sağlayabilir. Geleneksel pişirim yöntemlerinde sır ve bünye pişirimi deneylerini yapmak maliyetli ve işlem süreleri uzundur. Mikrodalga fırınlarda pişirim maliyetleri daha düşük işlem süreleri daha kısadır.

## **1. Mikrodalga Fırınlar**

Mikrodalga ilk olarak II. Dünya Savaşında askeri amaçlar ile kullanılmaya başlamıştır. Zaman içerisinde geliştirilerek tıp alanında, radar sistemlerinde, telekomünikasyonda, gıda sektöründe ve ısıtma ve kurutma sistemlerinde sıkça kullanılmaya başlamıştır. Mikrodalga bir enerji çeşididir. "Mikrodalga enerjisi 300 MHZ ile 300 GHZ aralığında frekansa sahip iyonize olmamış elektromanyetik radyasyondur." (Kutbay ve Kuşkonmaz, 2004: 54). Mikrodalga enerjisinin en sık kullanıldığı araçlardan bir tanesi mikrodalga fırınlardır.

“Mikrodalga fırınların en temel parçası magnetrondur. Magnetron 2. Dünya Savaşında radar sistemleri için kullanılmıştı. Savaş sonrası radarlar ile ilgilenen bilim adamı Percy Spencer 1947’de magnetronun ürettiği mikrodalga enerjisi ile yiyecekleri ısıtabildiğini keşfetti ve bugün kullanılan mikrodalga fırınların patentini aldı. Zaman içinde geliştirilen bu fırınlar günlük yaşantımızda sıkça kullanılması yanında endüstride kurutma, kalsinasyon ve pişirim için kullanılmaya başladı” (URL-1).

“Mikrodalga fırınlar ısıtma işlemleri geleneksel yöntemlere göre daha kısa süreli hem de sadece malzeme ısındığı için daha verimlidir. Mikrodalga fırınlar saniyede 2,45 milyar kez titreşen mikrodalgalar malzemenin içine girdiklerinde, su moleküllerinde bir titreşim oluştururlar. Su molekülleri bir ileri bir geri saniyede 4,9 milyar kez titreşirler. Bu yüksek hızdaki titreşmeden dolayı birbirine sürtünen su molekülleri ısı enerjisini açığa çıkarırlar. Bu ısı sayesinde malzeme ısıtılmış olur. İçinde daha fazla su 17 molekülü olan malzemeler daha hızlı ısınırlar” (Mekonnen, 2018: 16).

“Seramik malzemelerin mikrodalga enerjisiyle işlenmesi olasılığı 1950’lerde biliniyordu ve 1960’larda Tinga, Levinson ve Bennett ve diğerleri tarafından sınırlı olarak araştırılmıştı. 1975 yılında, yüksek alümina dökülebilir malzemelerin mikrodalga ile kurutulmasını araştırırken, Sutton suyu uzaklaştırmanın yanı sıra mikrodalgaların seramiği ısıttığını gözlemledi. Mikrodalgayı absorbe etmeyen refrakterlerle kaplanmış endüstriyel bir mikrodalga fırın kullanılarak 1400°C’yi aşan sıcaklıklara ulaşılmıştır. Bu çalışmalar, mikrodalga enerjisinin tam ölçekli seramik ürünleri (düşük ve yüksek sıcaklık) işlemek için kullanılabileceğini göstermiştir.” (Tinga,1968: 190).

Günümüzde mikrodalga fırınların ısıtma özelliğinin birçok alanda kullanımının çoğalmasi ile seramik alanında da mikrodalga fırınlara olan ilgi artmış ve konu ile ilgili araştırmalar çoğalmıştır.

## 2. Mikrodalga Pişirim Haznesi Yapım Önerileri

Mikrodalga fırınlarda seramik pişirimleri yapılabilmesi için özel yapılmış hazneler kullanılmaktadır. Bu hazneler belli boyutlarda üretilerek satılmaktadır. Bu hazneler “Mikrodalga füzyon fırınları” olarak adlandırılmaktadır. “Fırınlar küçük ölçekte seramik yalıtım lifi malzemesinden iki parça şeklinde yapılmıştır. Bir kapak ve alt hazneden oluşan fırının üst kapağında iç yüzeyi grafit denilen siyah bir bileşik ile kaplanmıştır.” (Genç, 2023: 93). Bu çalışma kapsamında kişisel olarak uygulanabilecek üç ayrı hazne araştırması yapılmıştır.

**Hazne 1:** Birinci hazne uygulamasında; 1260°C ısıya dayanıklı 128 gr./cm<sup>3</sup> yoğunlukta 25 mm kalınlıkta fiber glass battaniye iki kat olarak kullanılmıştır. Fiber glass battaniye silindirik biçiminde rulo yapılmıştır. Sonrasında, mikrodalganın içinde pişirim yapılabilmesi için hazne ’nin alt ve üst kapakları kesilmiştir. Hazne içerisinde ısıyı arttırmak için, öncelikle haznenin dışına fırçayla sodyum silikat 20 ml’ye 100 ml oranında su eklenip seyreltilerek fırçayla uygulanmıştır. Ayrıca haznenin içerisine fırçayla

sodyum silikat çözelti 2 kat uygulanmış ve nemliyken 100 mikron kalınlığında silisyum karbür toz halinde serpiştirilerek iç haznede katman oluşturulmuştur.



**Görsel 1.** Hazne 1, Seger cone 07 denemesi (Kişisel arşiv)

Oluşturulan hazne 800W-2450 Mhz 1200 watt gücünde bir mikrodalga fırın kullanılarak en yüksek ayarda 30 dk süre ile çalıştırılmıştır. Fırın içindeki ısıyı ölçebilmek amacı ile Seger cone 07 piramidi kullanılmıştır. Pişirim sonunda Seger cone 07 piramidinin 1010 °C derece ısıya ulaştığı saptanmıştır.

**Hazne 2:** İkinci hazne uygulamasında; kare formda bir yapı oluşturulmuştur. Yapımında 12mm'lik silisyum karbür raf plakaları 100 x 100 x 100 mm ölçülerinde iç alan oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. Haznenin dış duvarları 1260°C'lik 25 mm kalınlığında fiber board kullanılarak desteklenmiştir. Ölçülerine göre kesilerek hazırlanan dış katman boardlar 20 ml'ye 100 ml su ile seyreltilen sodyum silikat, hazneli hava tabancasıyla dıştan uygulanmıştır. Fiber board 'un üst kapağına 15 mm. delik açılmıştır.



**Görsel 2.** Hazne 2 yapım aşaması (Kişisel arşiv)

*Hazne 2* 'ye de Seger cone 07 otuz dakika test için yerleştirilmiş ancak haznenin iç yapısı ısının homojen yayılımına müsaade etmemiş, köşelerde

yoğunlaşarak haznenin dış duvarında ve mikrodalga fırının elektromanyetik dalga yönlendiricisinde deformasyonlara sebebiyet vererek fırının yapısını bozmuştur.



**Görsel 3.** Hazne 2 deformasyonu (Kişisel arşiv)

*Hazne 2* 'nin mikrodalga fırına verdiği zarardan sonra fırın kullanılamaz hale gelmiştir. Bu zararın ana sebebi elektromanyetik dalga yönlendiricinin *hazne 2* iç yapısının kare yapısından kaynaklı, elektromanyetik dalgaların köşelerde toplanarak yönlendiriciyi eriterek mikrodalga fırının ısıtma becerisinin zarar görmesi olarak düşünülmektedir. Fırının bozulmasından dolayı aynı özelliklere sahip yeni bir fırın ile araştırmalara devam edilmiştir.

**Hazne 3:** Üçüncü hazne uygulamasında; Fiber board silindirik bir yapı oluşturacak şekilde iki ayrı yarım daire şeklinde kesilerek şaşırtmalı olarak üç katlı 85 x 100 mm boyutlarında iç hazne oluşturulmuştur. Alt ve üst kapaklar da dairesel olarak kesilip, üst kapağa 15 mm'lik delik açılmıştır. Diğer haznelerde de olduğu gibi dış yüzey 20 ml'ye 100 ml su ile seyreltilen sodyum silikat uygulanmış ve iç haznede 1000 mikron kalınlığında silisyum karbür tek katman oluşturacak şekilde kullanılmıştır.



**Görsel 4.** Hazne 3 ESC-3 bisküvi (Kişisel arşiv)

Hazırlanan üçüncü hazne 800 W-2450 Mhz 1200 watt gücünde II. fırınla kullanılmıştır. Test için ESC 3 döküm çamuru etüv fırınında nem kalmayacak şekilde kurutularak fırının en yüksek ayarında 25 dakika süre ile

bisküvi pişirimi yapılmıştır. Yapılan bisküvi pişiriminden sonra elde edilen ürün 1000°C 'lık transparan sır uygulanarak 30 dakika süre verilerek sırlı pişirim yapılmıştır.



Görsel 4. Hazne 3 ESC-3 sırlı (Kişisel arşiv)

### 3. Mikrodalga Fırında Seramik Pişirim Araştırmaları

#### 3.1. Bisküvi Pişirimi

Bisküvi pişirimi, "kurutulmuş ve rötuşu yapılmış seramik ürünün sırsız olarak, oksidif bir ortamda, içindeki gazlardan ve sulardan arındırılmak üzere 800-1100°C arasında yapılan pişirime ön pişirim (bisküvi pişirimi)denir. Bu işlem mamulün dayanımını arttırır, sırlamada rahatlık sağlar" (Özcan,1997:37). Bu doğrultuda belirlenen killerin seramik bisküvi pişirimi yapılması için 800 W-2450 Mhz 1200 watt gücünde ev tipi bir mikrodalga fırın kullanılmıştır. Seramik bisküvi pişirimlerinde *Hazne 1* ve *3*'ten en uygun sonuçlar alındığı için bu hazneler kullanılmıştır. Daha önce elde edilen veriler doğrultusunda mikrodalga fırının en yüksek (High) ayarında 25 dakika süre verilerek bisküvi pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Bisküvi pişirimi öncesi bütün seramik ürünlere nem oranını en aza düşürmek amaçlı etüv fırınında kurutma işlemi yapılmıştır.

Kil	Süre	Tekrar	Sonuç	Hazne
ESC-3 Döküm Kili	25dk.	5	Bisküvi	3
Şamotlu Çamur	25dk.	2	Bisküvi	3
Kınık Kırmızı Kili	25dk.	2	Bisküvi	1
Menemen Kırmızı Kili	25dk.	2	Bisküvi	1

Tablo 1. Seçilen killerin mikrodalga fırın içinde bisküvi pişirim süreleri



**Görsel 5.** Hazne 3 ESC-3 bisküvi (Kişisel arşiv)



**Görsel 6.** Hazne 3 Şamotlu çamur bisküvi (Kişisel arşiv)



**Görsel 7.** Hazne 1 Kınık kırmızı kil bisküvi (Kişisel arşiv)



**Görsel 8.** Hazne 1 Menemen kırmızı kil bisküvi (Kişisel arşiv)

Elde edilen sonuçlar aynı ısı aralığında elektrikli fırında pişirilen seramik bünyeler ile karşılaştırıldığında mukavemetlerinin ve sır emiliminin çok benzer olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2. Sır Pişirimi

Bisküvi pişirimi yapılan killere, dış etkenlere karşı dayanıklı, hijyen ve görsel olarak daha güzel görünmeleri için sır adı verilen reçete içeriğine göre farklı özellik ve ergime ısı aralığına sahip camsı dış katmanlar uygulanmaktadır. Bu aşamada bisküvi pişirimi yapılmış farklı özelliklerdeki ürünlere 1000 -1040°C'derecede gelişen standart transparan sır ve çeşitli artistik sır reçetelerine sahip sırlar, fırça ve daldırma tekniğiyle uygulanmıştır. Araştırma esnasında yapılan hazne denemelerinde ısının mikrodalga fırında, fırının teknik özelliklerine bağlı olarak en fazla 1010°C dereceye çıkarıldığı için sır denemelerinde daha yüksek ısılarda ergiyen sırlar kullanılmamıştır.

Kil	Süre	Sır	Hazne	Sonuç
ESC-3 Döküm Kili	30 dk.	Transparan Sır	3	Sır Gelişti
ESC-3 Döküm Kili	30 dk.	Botz AS-1080	3	Sır Gelişti
ESC-3 Döküm Kili	30 dk.	Botz 9136 light blue	3	Sır Gelişti
ESC-3 Döküm Kili	30 dk.	Elit sanat hazır Bakır Raku Sır	3	Sır Gelişti
Şamotlu Çamur	30 dk.	Transparan Sır	3	Sır Gelişti
Kıvık Kırmızı Kili	30 dk.	Transparan Sır	1	Sır Gelişti
Menemen Kırmızı Kili	30 dk.	Açık Mavi Transparan Sır	1	Sır Gelişti

**Tablo 2.** Bisküvisi yapılan bünyelere uygulanan sırlar ve süreler

Sırlı pişirim aşamasında uygulanan sırların özelliğine göre gelişme gösterdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aynı ısı aralığında elektrikli fırında aynı sırlar ile pişirilen sırlı seramikler ile karşılaştırıldığında parlaklık, renk ve mukavemet gibi özelliklerinin benzer olduğu saptanmıştır.



**Görsel 9.** Hazne 3, ESC-3 döküm kili transparan sırlı pişirim (Kişisel arşiv)



**Görsel 10.** Hazne 3, ESC-3 döküm kili (Botz AS-1080) sırlı pişirim (Kişisel arşiv)



**Görsel 11.** Hazne 3, ESC-3 döküm kili (Botz 9136 light blue) sırlı pişirim (Kişisel arşiv)





**Görsel 12.** *Hazne 3*, Şamotlu çamur transparan sırlı pişirim (Kişisel arşiv)



**Görsel 13.** *Hazne 1*, Kırılcı kırmızı kil transparan sırlı pişirim (Kişisel arşiv)



**Görsel 14.** *Hazne 1*, Menemen kırmızı kil (Açık Mavi Transparan) sırlı pişirim (Kişisel arşiv)

### **3.3. Alternatif Pişirim Yöntemlerinden Raku**

“Raku Japonca bir kelime olup, hoşlanma, mutluluk ya da rahatlık anlamına gelmektedir. 1580’de ilk defa çömlekçi Chijiro’nun bu tür kapları ürettiği düşünülmektedir. Chijiro, düşük dereceli bir üretim süreci olan raku tekniğini geliştirmiştir” (Genç, Taçyıldız,2012, 3 :43).

Mikrodalga fırınla yapılan sırlı pişirimlerden elde edilen sonuçlara göre; Alternatif pişirim yöntemlerinden olan Raku pişirimi denemesi yapılmıştır. Bu pişirimde bakır içerikli piyasada hazır şekilde satılan birçok raku pişirimi için sır araştırması yapılmış ve bu süreçte Elit Sanat marka hazır sır kullanılmıştır. Sır, daldırma yöntemiyle bisküvisi yapılmış bünyeye uygulanmıştır. Raku pişirimi için sırlaması yapılmış, ürün mikrodalga fırına *hazne 3* içinde yerleştirilmiştir. "Pişirim sırasında çamur karışımında kimyasal ve fiziksel değişim oluşmaktadır. Çamur 800 ° C'ye çıkıldığında biraz büyüme gösterir, sonra parçacıklar birbirine yaklaşarak ufalır" (Fournier, 1992: III).



**Görsel 15.** Hazne 3, ESC-3 bisküvi bünyeye raku sıırı uygulaması (Kişisel arşiv)

“Raku, seramik yüzeylerde heyecan verici renk değişimleri yaratan hızlı ve düşük dereceli tercih edilen bir pişirim tekniğidir. Bu eski tekniğin batı uygulamaları doğuda uygulananlardan farklıdır. Ancak raku’ dan elde edilen sonuçlar; kişiye vermiş olduğu enerji ve güzellik açısından hala sonsuz bir çeşitlilik sunmaktadır” (Watkins, Wandless, 2006: 13). Pişirim işleminden sonra seramik parça hava akımının yoğun olmadığı bir ortamda ya da metal bir kap içinde soğumaya bırakılır. Sır gelişimi tamamlanan bünye indirgen (redüksiyon) bir atmosfer oluşturmak için ortamı indirgen yapabilecek her türlü malzeme saman, kâğıt, çıra, çam iğnesi, kuru ot gibi yanıcı malzemeler kullanılmaktadır.

Mikrodalga fırında *hazne 3* içerisinde 30 dk. süre girilerek yapılan pişirimde ayrı olarak hazırlanan bir kap içinde indirgen bir atmosfer oluşturmak için kâğıt kullanılmıştır. Uygulanan sıırın ergimesinden bünyenin 1010°C’ a ulaştığı tahmin edilmektedir. Metal maşayla *hazne 3’* den çıkartılan ürün redüksiyon işlemi için bir kaba alınmıştır. Kabın ağzı hava girişi olmayacak şekilde kapatılmıştır. İndirgen atmosfer oluşturmak amaçlı kabın içine konmuş ürün soğuması için 15-20 dk. beklenmiştir.



**Görsel 16.** Hazne 3, ESC-3 raku uygulama süreci (Kişisel arşiv)

Kap içinde indirgeme işlemi uygulanmış raku denemesi çıkartılarak, elde edilen ürün su ile temizlenerek ürünün pişirim süreci sonlandırılmıştır.



**Görsel 17.** Hazne 3, ESC-3 raku uygulama sonucu (Kişisel arşiv)

## Sonuç

Bu araştırma kapsamında 800 W-2450 Mhz 1200 watt gücünde ev tipi mikrodalga fırını kullanılmıştır. Pişirim denemelerinin yapılabilmesi için “Füzyon Fırını” olarak adlandırılan hazır malzeme yerine kişisel olarak üretilebilecek üç farklı fırın haznesi denenmiştir. Bahsi geçen hazneler hazırlanırken ısının hazne içerisinde tutulması ve ısının hazne içerisinde yükselmesi mantığı üzerinden malzemeler seçilmiş ve kullanılmıştır. Hazne yapımında ısı izolasyonunu sağlamak için; Fiber Board, Fiber Glass Battaniye Yünü, silisyum karbür plakalar farklı haznelerde denenmiştir. Haznelerin içerisinde ısıyı tutabilmek ve yükseltebilmek için silisyum karbür toz belli kalınlıklarda haznenin iç yüzeyine sodyum silikat yardımı ile sabitlenmiştir. *Hazne 1* içerisine sabitlenen 100 mikronluk silisyum karbür toz iki kat yaklaşık 2mm kalınlığında, *hazne 3*'te 1000 mikron kalınlığındaki silisyum karbür toz çok ince 0,10 mm gibi bir katman oluşturacak şekilde uygulanmıştır. Uygulanacak silisyum karbür tozunun tane boyutuna göre katman kalınlığının 1 mm ile 4 mm gibi kalınlıklarda olmasının homojen ısı dağılımı ve ısının korunması için önemli olduğu anlaşılmıştır. Yapılacak yeni deneyler ile bu kalınlık miktarının daha uygun bir kalınlığa getirilebileceği düşünülmektedir. Daire şeklindeki haznelerin daha işlevsel olduğu ve ısıyı daha homojen olarak hazne içerisinde tutabildikleri görülmüştür. Köşeli planda yapılan haznede ısının homojen bir şekilde dağılmadığı düşünülmektedir. Köşeli haznede belli bölgelerde biriken ısı hazneye zarar vermiş ve aynı zamanda mikrodalga fırının bozulmasına sebep olmuştur.

Başarılı sonuçların alındığı 1 ve 3 numaralı hazneler dairesel planda yapılmış ve farklı pişirimlerde kullanılmıştır. Hazır şekilde piyasadan elde edilebilen pişirim haznelerine alternatif olarak farklı boyutlarda farklı malzemeler ile haznelerin oluşturulabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Atık malzeme olarak kırık silisyum karbür plakalar ve atık fiber glass battaniye yünlerinin kullanılabilir olması geri dönüşüm için önemlidir. Sır ve bisküvi pişirimlerde haznelerin zaman aralıklarını ve hazne içi ısı oluşumunu belirleyebilmek için referans olarak Seger cone 07 numaralı piramit kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda Seger cone kullanılarak hazne içerisinde ısının cone 07 yani 1010 °C derece ısıya hangi ısı ayarında kaç dakikada çıktığı hesaplanabilmiş ve diğer pişirimlerde referans olarak kullanılmıştır.

Araştırmada piyasada kolaylıkla bulunabilecek killerin bisküvi pişirimleri ve sır pişirimleri yapılmıştır. Zaman aralıkları, kullanılan hazne, sır ve bisküvi pişirimi sonuçları yukarıda tablo ve görseller ile desteklenerek verilmiştir.

Sonuç olarak, ev tipi fırınların boyutları ve güçleri sınırlı olduğu için seri üretim veya büyük boyutlu seramikler için yeterli değildir fakat; teknolojinin gelişimi ile fırın boyutlarının ve güçlerinin artabileceği ya da atölye tipi kamara ve üstten yüklemeli fırınlarda uygun malzemelerle mikrodalga enerjisi kullanabilen hibrit bir teknolojiyle kullanılabileceği öngörülmektedir. Ev tipi mikrodalga fırınların şu anda küçük boyutlu seramik bünyelerin ve sırların denemelerinde kullanılması için ideal durumda olduğu düşünülmektedir. Pişirme süreleri ve harcanan enerji miktarı düşünüldüğünde geleneksel fırınlarda yapılan pişirim denemelerinden daha verimli olduğu görülmektedir. Araştırma sürecinde pişirme haznelерinin kişisel olarak boyutlandırılabilеceđi ve atık malzemeler ile yapılabileceği denemeler ile saptanmıştır. Haznelerin kişileştirilerek boyutlarının ayarlanması farklı şekillerdeki seramik biçimlerin pişirilmesine olanak sağlayabileceği düşünülmektedir. Yemek endüstrisini incelediğimizde daha büyük haznelere ve güce sahip mikrodalga fırınların olduğu görülmektedir. İstenildiği durumlarda bu mikrodalga fırınlarda kişisel hazne uygulamaları ile daha büyük boyutlu ve daha yüksek ısı derecelерinde pişirimler yapılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca uygun atık malzemeler kullanıldığında maliyetleri de düşürülebilecektir.

Mikrodalga fırınlarda pişirim diğer elektrik ve yakıtlı fırınlardan farklı bir şekilde mikrodalga enerjisinin ısıya dönüştürülmesi sonucu olsa da pişirim sonuçları bakımından kil bünyelere bisküvi ve sır pişiriminde olumsuz bir sonuç ile karşılaşılmanmıştır. Bu araştırma kapsamında bir alternatif pişirim tekniği olan Raku pişirimi de gerçekleştirilmiştir. Raku yapımında kullanılan fırınlar, odun yakıtlı tuğla fırınlardır. Günümüzde bu fırınların, kullanımdaki zorlukları nedeni ile, teknolojinin imkanlarından yararlanmak isteyen sanatçıların denemeleri sonucunda raku tekniğinde gazlı ve elektrikli fırınlarda kullanılmaya başlanmıştır. Mikrodalga fırın kullanımının Raku gibi alternatif pişirim tekniklerinde daha temiz bir enerji kullanımıyla çevreye daha duyarlı üretim imkânı sağlayacaktır. Elde edilen veriler ışığında gelecek araştırmalarda diğer pişirim tekniklerinin de denenmesi ve başarılı sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

### Yazılı Kaynaklar

- Fournier R. (1992). *Illustrated dictionary of practical pottery*, A & C Black
- Genç, M. (2023). Mikrodalga fırın ile seramik pişirim uygulamaları. *Sanat Yazıları*, 48, 87-102.
- Genç S. – Taçyıldız, E. (2012). Farklı bünyeler üzerinde raku sırlarının araştırılması. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 3, 42-59.

- Kutbay, I.-Kuşkonmaz, N. (2004). Mikrodalga ısıtmanın seramik üretiminde kullanımı. *Metalürji Dergisi*, 137, 52-56.
- Mekonnen S. A. (2018). *Endüstriyel amaçlı bir mikrodalga fırının tasarım optimizasyon adımlarının belirlenmesi ve analizi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Tinga, W. R.- Voss, W. A. G. (1968). *Microwave power engineering*. New York: Academic.
- Özcan M. C. (1997). *Geleneksel raku tekniği ve artistik seramik formlarda uygulanması*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Watkins, J. C. – Wandless, P. A. (2006). *Alternative kilns & firing techniques*. New York-London: Lark Books, A Division of Sterling Publishing CO., INC.

### Elektronik Kaynaklar

- URL-1: Sığırcı, M. (2022), <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/mikrodalga-firin-kim-ne-zaman-icat-etti> (Erişim: 10.12.2023).

*“İyi Yayın Üzerine Kılavuzlar ve Yayın Etiği Komitesi’nin (COPE) Davranış Kuralları” çerçevesinde aşağıdaki beyanlara yer verilmiştir. / The following statements are included within the framework of "Guidelines on Good Publication and the Code of Conduct of the Publication Ethics Committee (COPE)":*

**Etik Kurul Belgesi/Ethics Committee Approval:** Makale, Etik Kurul Belgesi gerektirmemektedir./Article does not require an Ethics Committee Approval.

**Çıkar Çatışması Beyanı/Declaration of Conflicting Interests:** Bu makalenin araştırması, yazarlığı veya yayınlanmasıyla ilgili olarak yazarların potansiyel bir çıkar çatışması yoktur. / There is no potential conflict of interest for the authors regarding the research, authorship or publication of this article.

**Yazarın Notu/Author’s Note:** Makale, yazımı devam eden “Büyük Boyutlu Seramik Heykellerde Yakıtlı Fırınların Kullanımı ve Kişisel Uygulamalar” başlıklı sanatta yeterlik tezinin ikinci bölümünden üretilmiştir./ The article is derived from the second part of the thesis titled “The Use of Fuel Furnaces in Large-Scale Ceramic Sculptures and Personal Practices”.

**Katkı Oranı Beyanı / Author Contributions:** Deneysel olarak yaptığım çalışmada, tez danışmanım Prof. Dr. Kaan Canduran teorik olan kısımlarda yönlendirmeleriyle yardımcı olmuştur./In my experimental study, my thesis advisor Prof. Dr. Kaan Canduran helped me with his guidance in the theoretical parts.