

## Yüksek Frekans (RF) Teknolojisiyle Çay Kurutma

İ.Kurtuluş Tunçer

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 01330-Balcalı / Adana  
ktuncer@cu.edu.tr

**Özet :** 2005 yılı Türkiye çay rekoltesinde 1 milyon ton çay yaprağı alınmış ve bundan 220 bin ton kuru (siyah) çay üretilmiştir. Çay kurutma için yakıt olarak 240 bin ton kömür yakılmıştır. Kömürle kurutma çay kalitesini düşürür ve büyük ölçüde kirli hava birikir. Murpa çay fabrikasında, laboratuvar tipi bir 10 kw gücünde (27 Mhz) lik RF kurutucusuyla yapılan denemeler başarılı olmuştur. Kazanılan verilerin uygulanmasıyla RF teknolojisiyle bir çay kurutucusu projelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çay kurutma, yüksek frekansla kurutma

### The Radio Frequency Oven Designed for Tea-Drying

**Abstract :** Fresh tea produce of Turkey in 2005 was 1 million tons. From this amount of fresh tea, 220 tons of dry black tea was obtained. For drying this much tea, 240 tons of coal was used. Coal-drying is accompanied by air pollution and by a decrease in the quality of the dried tea. In Murpa Tea Manufacture, the use of a 10 Kw -27 Mhz test RF oven gave successful results. Using the data obtained in this plant, a radio frequency oven of industrial scale has been designed.

**Keywords:** Tea Drying, Drying with radio-frequency

### GİRİŞ

#### **Çay Kurutmada Yeni Teknoloji Uygulamaları Yüksek Frekans Uygulamalarıyla Çay Yaprakı Soldurması ve Çay Kurutma**

2005 yılı rekoltesi yaş çay yaprağı 1 milyon ton dur. 1 milyon ton yaş çay yaprağının soldurulması ve kıvırma fermentasyon işlemlerinden sonra kurutulması için çaydan 720 bin ton nem kurutulmalıdır. 720 bin ton nemin kurutucularda kurutulması için 240 bin ton kömür yakılması gerekir. Kömürün yakılması çay fabrikalarının yoğun yer aldığı Rize için hava kirliliği ve diğer çevre sorunlarını getirir. Ayrıca kömürle kurutmada çaya is ve kokuların sinmesi çayın kalitesini bozar.

Murpa çay sanayi Rize fabrikasında yüksek frekans yöntemiyle çay kurutma denenmiştir. Deneme sonuçları başarılı olmuştur. Daha az enerjiyle çay kurutmanın mümkün olduğu ve kurutulan çayın kalitesinin iyi olduğu kanıtlanmıştır.

Bu olumlu deney sonuçlarından yararlanılarak yüksek frekans teknolojisi ile çay kurutucu projelenmiştir.

#### **Kurutmada kullanılan ısıнын uygulaması Isının materyale uygulama metotları**

Isıtma metotları, ısı kaynaklarından kurutulacak materyalin bünyesine ısı enerjinin aktarılmasına göre sınıflandırılabilir.

Bu metotlar direkt (doğrudan) ve indirekt (dolaylı) olarak ikiye ayrılabilir.

İndirekt ısıtma metotlarında, ısı transferi materyalin dış yüzeyinden merkezine doğru olur. Isı transferinin ne kadar hızlı olacağı materyalin ısı iletkenliğine ve materyalin merkezi ile dış yüzeyindeki sıcaklık farkına göre değişir.

Ürünün ısı iletkenliğinin çok az olduğu durumlarda ürünün merkezine ısı transferini hızlı gerçekleştirmek, dış yüzeyinin aşırı ısınmasına ve kabuk bağlayıp sertleşmesine ve bunun neticesinde de sararma ve renk değişmesine neden olur. Bu istenmeyen bir durumdur.

İletken olmayan materyaller ayrıca çok zayıf ısı ileticileridir. Bu materyallere dışarıdan uygulanan ısıtma yöntemleriyle gerçekleşen ısı transferi çok yavaştır. Materyalin merkezi istenen ısıya ulaşınca

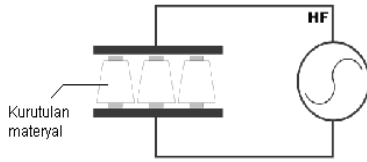
kadar, dış yüzeyi aşırı ısınmadan renk değiştirip yanmaya gider.

Direkt ısıtma metotlarında ise materyalin kendi içinde oluşan ısınma söz konusudur. Bu metotla ısıtmada iki teknik uygulanır.

### **Frekans (RF) ve Microwave (MW) Teknikleri**

Bu tekniklerin indirekt ısıtma tekniklerinden farkı materyalin içinde ısı üretmeleri ve bu ısıyı da materyalin dışına doğru transfer etmeleridir. Üretilen bu ısı miktarı ürünün fiziksel ve kimyasal karakteristiğiyle ve kullanılan frekansa göre değişir.

RF ve MW teknikleriyle yapılan ısıtma sonucunda çıktı mamuller birbirleriyle tam bir benzerlik gösterirler. Aralarında nemlilik farkı, renk farkı vs. olmaz.



**Şekil 1.YF (RF) Kurutma sistemi prensibi**

Radyo Frekans kurutuları/ısıtıcıları prensip olarak, mikrodalga fırınlarla benzer özelliklere sahiptir.

### **RF'in (Radyo Frekans) Basit Prensibi**

Bir materyalin ısı derecesi ya direkt ısıtma ile ya da indirekt ısıtma ile yükseltilir. Geleneksel yöntemler vasıtasıyla indirekt ısıtmada ısı kurutulacak materyalin dışında oluşturulup daha sonra konveksiyon-kondüksiyon ya da radyasyon yoluyla materyale transfer edilir. Bu ve buna benzer yöntemler indirekt ısıtma yöntemleridir.

Direkt ısıtma metotları ise materyalin kendi içinde ısı oluşturulması esasına dayanır. Radyo frekans ve mikrodalga metotları bunların tipik örnekleridir. Bu ısıtma metotları ayrıca dielektrik ısıtma olarak da adlandırılır.

Birçok yalıtkan (dielektrik materyal) madde, elektromanyetik alanda yüksek frekansa maruz kaldığında, benzer bir şekilde ısılarında yükseliş meydana gelir. Uygulanan RF alanının yönü her defasında tersine hareket eder. Böylelikle materyalin içindeki her molekülün polarizasyonu değişir. Bu sürekli moleküller hareketten dolayı materyalin

genel ısı seviyesinin yükselmesine neden olan sürtünmeler meydana gelir. Tahmin edileceği gibi elektromanyetik alanın frekansı ne kadar artarsa moleküller o kadar hızlı hareket edecek, bunun sonucu olarak daha fazla sürtünme ve neticesinde daha fazla ısı üretilecektir.

Dielektrik ısıtma için kullanılan cihazlar tarafından üretilen, RF alanlarının frekansları 13.56 Mhz ile 27.12 Mhz arasında sınırlandırılmıştır. (Bazı ülkelerde 40.68 Mhz de kullanılmaktadır.)

### **RF (Radyo Frekans) Isıtma**

Pek çok materyal direkt ısıtmaya karşı reaksiyonları bakımından birbirlerinden farklılık gösterirler. Örnek olarak suyun dielektrik ısıtma metotları uygulamalarına karşı uygunluğu çok yüksektir. Bu pratikte şu demektir; RF uygulamalarında nem içeren herhangi bir ürün (besin, kağıt, tekstil vb.) içindeki suyu çok çabuk atar.

RF ısıtma yöntemi sırasında ürünler, bir elektrot sisteminden geçerler ve böylelikle 27.12 Mhz frekansında güçlü bir RF voltajına maruz kalarak üzerlerine dielektrik alırlar. Örneğin, su gibi iyonik (dipolar) bir materyalin molekülleri, kendilerini bu yüksek manyetik alanı ile tekrar tekrar bir sıraya dizerek çok hızlı bir şekilde ısınır. Diğer yandan non-iyonik (non-polar) maddeler bu yöntemde etkilenmezler.

Kurutma alanında RF enerjisinin kullanımı, bu uygulama sırasında sadece su moleküllerini harekete geçirmesinden dolayı çok verimli bir yöntemdir. Ayrıca bu yöntem, lüzumsuz ısıtmaya (ya da güç tüketimine) sebep olmadığından dolayı kurutulmuş materyalin hiçbir yerinde enerji israf edilmemiş olur. Buna ek olarak ısıtma, materyalin her yerinde eşdüze ve aynı zamanda olduğu için, su moleküllerinin birlikte uzaklaştırılmasını sağlar.

Kurutma amacı olarak kullanılan RF enerjisinde ayrıca, kurutucunun içinde bulunan çalışma yüzeyleri (bunlar kurutulmuş ürünle temas eden parçalardır) bütün kurutma prosesinin şartı olarak kendilerinin de ısıtılmasına ihtiyaç duymazlar. Bu kurutma metodu ayrıca kendi çalışmasını düzenleyen, ayarlayan bir metottur. Malzemenin içinden atılması gereken nem oranında RF gücü talep eder. Bir başka deyişle eğer malzemede atılacak fazla su yok ise, prensip olarak güç kullanımını düşürecek için, gereksiz yere enerji

kullanmayarak optimum verimlilikte çalışır. (bu durumda kurutucudan geçirme artırılarak kurutma üretim miktarı ve RF gücü arttırılabilir.)

İşletmedeki çalışma ortamı bu yöntemle iyileştirilmiş olur.

Konvansiyonel ısıtıcılar, çalışma ortamına sıcak hava verirler. Bu tür cihazların dış yüzeyleri de işlem sırasında ısınır. RF kurutucuların dış yüzeyleri ise her zaman soğuktur ve bu da çalışan operatörler-işçiler için rahat ve verimli bir çalışma ortamı demektir. RF kurutucularda çalışma ve bakım da ayrıca basit bir görevdir. Kontrol edilecek unsurların sayısı da operatörlerin çabuk kavrayabilmeleri için minimize edilmiştir.

### ***Dielektrik ısıtma nedir?***

Dielektrik ısıtma sistemi ile sadece ısıtılmak istenen parçalar ve maddeler ısıtılır. Bu materyali ısıtmak için ortamı ısıtmak gerekmez.

Bu sistem tekstil, plastik, seramik, kauçuk, ağaç, yiyecek ve diğer iletken olmayan maddelere uygulandığında geleneksel ısıtma yöntemlerine göre daha hızlı ve etkili kurutma sağlanır.

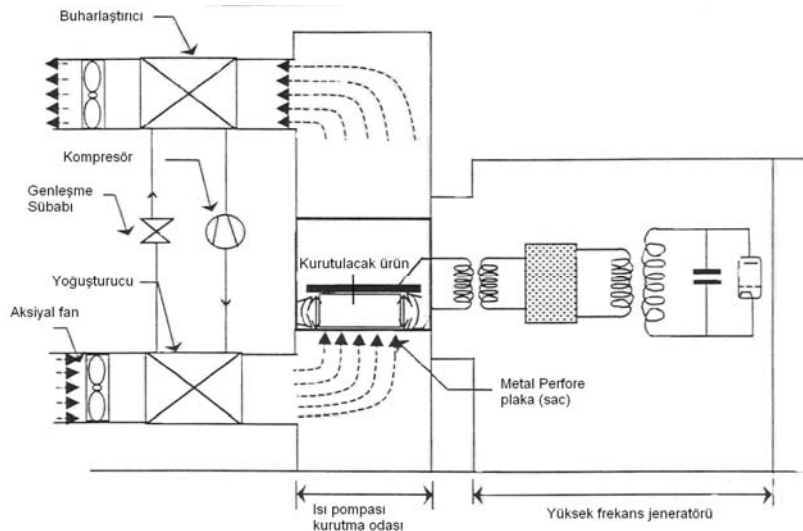
Ağaç, kâğıt, tekstil ve plastik gibi birçok yalıtkan, yüksek voltajda bir yüksek frekans elektrik alanına maruz kaldığında bu maddelerde elektriksel kayıplar meydana gelir. Bu kayıplar materyalin içinde ısı olarak ortaya çıkar.

Bazı materyallerin "kayıp faktörü" çok yüksektir. Bu maddeler ani ısınmaya çok hazırdırlar. Dielektrik ısıtma, en çok 10-100 Mhz aralığında gerçekleşir.

Isıtılacak materyal, genellikle birbirine paralel iki plaka arasında dielektrik ısınmaya maruz kalır. Bu olay, "dielektrik", "yüksek frekans", "Radyo Frekans" ya da "kapasitif ısıtma" gibi eş anlamlı terimlerle tanımlanır.

Yüksek frekans (RF) etkili ve ısı pompası kombinasyonlu kurutucuların avantajlarını özetleyecek olursak;

- İç ısınmayla ısı materyalin içinde oluşup, buharlaşan nem dışarı çıkar Materyalin yüzey rengi solmaz, değişmez.
- Kuruma sonunda materyalin yüzeyi sert kabuk bağlamaz, yüzey dokusunda büzülme ve yüzeyde çatlama oluşmaz.
- İçsel ve dışsal kurutma simultan kombinasyonu ile materyalin neminin en kısa kurutma zamanında indirgenmesi mümkün olur.
- Kuruma sonunda materyalin doku kalınlığı boyunca nem varyasyonu yoktur. Nem eşit dağılım gösterir. Özellikle yüksek büzülmeli materyaldeki büzülme en az düzeyde kalır.
- Dielektrik ısınma frekanslarını 13.56 Mhz veya 27.12 Mhz veya 40.68 Mhz gibi değişik etkilerden en uygununu seçerek, kurutulacak materyalin nemi uzaklaştırılırken, suyunu kaybetmeye hassas ürünlerde, nemin hassas şekilde uzaklaştırılması sağlanıyor.
- Materyalin kuruması sonunda kurutma dokunun her yerinde eşit nem derecesi veriyor.



**Şekil 2. Yüksek frekans etkili ısı pompası kombinasyonlu kurutucu**

### **Yeni Kurutma Yöntemiyle Yüksek Frekansla (RF) Çay Kurutmanın İrdelenmesi**

Ortodoks yöntemle kırmızı çay işlenmesinde çay kurutma

Ortodoks yöntemle (kırmızı) çay işlenmesinde %75 ortalama nem derecesi içeriğiyle alınan taze koparılmış yaş çay yapraklarının, %60 nem derecesine kadar nemi kaybettirilir. Bu nem kurutulmasına soldurma işlemi adı verilir. Soldurulan %60 nemli çay yaprakları kavrma ve fermentasyon işlemlerinden geçirilir ve kurucularda (çay kurutma fırınlarında) %5 nem derecesine kadar kurutulur.

**Çizelge 1. YF çay kurutmanın irdelenmesi**

Taze Çay Yaprığı Kurutma Kapasitesi (1000 kg/saat)	Çayın İçerdiği Nem	Kurutulan (buharlaştırılıp uçurulan nem)	Nem Derecesi
1000	750 kg	soldurulan nem 375 kg	75%
625	375 kg	kurutulmuş nem 362 kg	60%
263	13 kg		5%

Bu hesaplama göre çay yaprakları %75 nemden %5 neme kadar kurutulunca 737 kg nemin kurutulması gerekir.

1000 kg yeşil çay yaprağını bir saatte siyah çaya işlemek siyah çayda kurutmanın ödevi:

-375 kg suyun buharlaştırılmasıyla soldurma ve

-362 kg suyun buharlaştırılmasıyla kurutma işlemidir.

1000 kg yeşil çay yaprağından toplam 737 kg su uçurulmalıdır.

1 kg suyun (buharlaştırılıp) uçurulması için fizikte 580 kcal (teknikte 600 kcal) ısı enerjisi gerekir.

737 kgx600 kcal/kg=442200 kcal ısıya ihtiyaç vardır. Veya 514.2 KW

Bu değer fizik normaldir, %100 termik verimlilik demektir. Çay kurutmada bu değer altındaki ısı kullanımı imkansızdır.

### **Murpa –Rize Fabrikasında Yüksek Frekansla Çay Kurutma Denemeleri**

Mikrodalgayla kurutmada 1kg suyun buharlaştırılması için ortalama (3900 kJ/s) 933 kcal ısıya ihtiyaç vardır.

737 kgx933 kcal/kg=687621 kcal (800 kw)

Ortalama termik verimlilik

$\eta=514.2/800=\%62'$ dir.

### **Murpa- Rize radyo frekans denemeleri**

Radyo frekans ile kurutulmuş çayda 1 kg suyun buharlaştırılması için 3400 kJ/s) 813 kcal/kg ısı enerjisi gerekir.

1 kw =860 kcal/h

737 kg x 813 kcal/kg=599 473 kcal (697 kw) ısı enerjisi

Ortalama termik verim

$\eta=514.2/697=\%73.7$

### **Çay Kurutmada Kullanılan Isı Enerjisi Değerlerini Karşılaştırma**

**Çizelge 2. Çay kurutmada kullanılan ısı enerjisi değerlerinin karşılaştırılması**

	1 kg suyun kurutulması için gerekli enerji	Termik Verimlilik
Kömür	2390 kcal/kg	$\eta=0.25$
Mikrodalga	933 kcal/kg	$\eta=0.65$
Radyofrekans	813 kcal/kg	$\eta=0.74$

Buraya kadar çayın soldurma ve kurutulması için %75 başlangıç neminden %5 kurutulmuş çay nemine kadar 737 kg suyun buharlaştırılıp uçurulması düşünülmüştür.

**Bu deney verilerine göre;**

**YF (RF) kurutma en yüksek termik verimliliğine sahiptir. Kapasite yönünden, çay yapraklarını kalın yayılmasını kabul etmektedir.**

YF (RF) kurutma etkinliği çay yaprağının neminin fazla oluşuna bağlıdır.

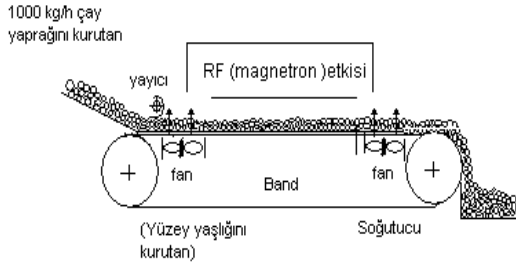
Düşük nem derecelerinde materyalin elektriksel iletkenliği azalır. Elektriksel iletkenlik materyalin içerdiği su miktarıyla (nem derecesiyle) orantılıdır. O halde RF'nın etkili olduğu alan yüksek nem derecesiyle sınırlıdır.

Düşük nem derecelerinde radyasyonla ısıyı ileten, (Infrarot-Infraruj)-kırmızı ışınlar yayan kuars veya keramik veya metalden yapılmış ısıtma plakaları-çubukları kullanılması uygun olur.

Çay kurutmada nem derecesi %25'e eriştikten sonra kurutmanın kızıl ötesi ışınlar yayan kuars veya keramik plakalarla yapılması uygun olur.

**Çay yapraklarını kurutacak Y.F(Radyo Frekans) kurutucusunda Tasarımda (konstrüksiyon- Dizaynda) istekler neler olmalıdır.**

Tekstilde boyanmış pamuk elyafı kurutan bir YF kurutucusu üzerinden düşünülerek çay kurutan kurutucu tasarlanabilir.



**Şekil 3. Çay kurutmada kullanılacak YF (RF) kurutucusu (Fırın)**

**YF (RF) Kurutucusu Tasarımı nelere cevap vermelidir?**

**LİTERATÜR LİSTESİ**

Tunçer, İ.K. 1976. Türkiye'deki Çay Fabrikalarında Çay İşleme makinelerini geliştirme ve çay kurutmayı iyileştirme olanakları üzerinde bir araştırma, 105 s. Çaykur Yayınları, Çağdaş Basımevi-Ankara.

- Saatte 1000 kg yaş çay yaprağı geçirilecek band eni, band boyu ve band hızı çayın özelliklerine göre belirlenmelidir. Çay yaprağının yoğunluğu 55 kg/m<sup>3</sup>tür. m<sup>2</sup> band yüzeyine 5.34 kg yaprak serilir. Yaprığın dökme kalınlığı 13 cm'dir.
- Bandın girişinde yaprağı örneğin 13 cm kalınlığında yayan döner paletli kalınlık ayarlayıcısı olmalıdır.
- Yaprakların yüzey yaşıllığıyla, yağmurlu hava şartlarında gelmesi olağandır. Girişte fanın cebri havasıyla yaprak yüzeyi kurutulmalıdır.
- Magnetron plaka ayarı yapılabilir. Anot akımında en uygun değer 500 miliamper bulunmuştur. Bu değer örneğin 400 miliampere düşürülebilmelidir.
- Bandda %75 nemden %25 neme kadar RF kurutması yapılmalıdır. 666 kg suyu bir saat kurutup, buharı ortamdaki uzaklaştıracak sistem (magnetron) düzenlenmelidir.
- Band sonunda, soğutucu düzen olmalıdır.

Mujumdar, A.S. 2000. Drying Technology in Agriculture and Food Sciences, 313 s, Science Publishers, Inc.Enfield, USA.