

KEK ÜRETİMİNDE FIRIN PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONUNDA 'RESPONSE SURFACE' METODUNUN KULLANIMI

APPLICATION OF RESPONSE SURFACE METHODOLOGY IN OPTIMIZATION OF OVEN PARAMETERS IN CAKE PRODUCTION

İsmail Sait DOĞAN¹, Chuck E. WALKER²

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, VAN

²Kansas State University, Department of Grain Science and Industry, Manhattan, KS, USA

ÖZET: Denemede şeker miktarı un oranından fazla olan bir kek çeşidi kullanılarak fırın sıcaklığı, pişirme süresi ve hava hızı gibi fırın parametrelerinin kek hacmi, kabuk rengi ve pişirme kaybı gibi kek özelliklerine etkisi 'Response Surface' istatistiksel metodu kullanılarak incelendi. RSM metodundan elde edilen bilgiler test edilen fırın parametrelerinin kek özelliklerine nasıl etkileyeceğini gösterdi. Ürün geliştirmede en iyi kombinasyonun bulunmasında bu metod başarı ile kullanılabilir.

ABSTRACT: A Response Surface Methodology (RSM) was used to study the effects of oven parameters (temperature, time and air velocity) on cake volume, crust color and bake loss. High-ratio cakes were baked using a common formula. The information obtained from the RSM design gave a reliable picture of how response variables vary with variations in tested parameters. This method can be used to find "the best combinations" for particular products.

GİRİŞ

Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde çoğu kez zamana karşı yarışılmakta ve kısa sürede karşılaşılan problemlere çözüm bulunması istenmektedir. Bazen de yeterli fon bulunamaması araştırmacıları eldeki kaynakları iyi şekilde kullanmaya zorlamaktadır. Karşılaşılan problemlerin çözümünde kısa zamanda güvenilir sonuç alınması ve üretimi yapılan ürünün sürekli olarak kalitesinin artırılması hedeflenir. Fakat bu nasıl gerçekleşecektir.

Bazen araştırmacı önemli olan parametreleri belirledikten sonra, belirli bir zamanda sadece bir parametrenin istenen özellikler üzerine etkisini incelemeyi tercih eder. Bu yaklaşımın planlaması oldukça kolaydır, fakat test edilen faktörün dışındaki diğer faktörlerin etkilerini göz önüne almadığı ve aralarında olabilecek etkileşimi ihmal ettiği için çoğu zaman yanlış sonuca varmamıza neden olur ve bir anlam ifade etmez. Ürün geliştirmede önemli olan optimum değer bulunması da bu yolla mümkün değildir. Bazen de test edilen parametrelerin her seviyesinde mümkün olabilecek bütün kombinasyonlarını denemek ister. Bu durumda da zaman ve kaynak sınırlamasının olmaması gerekir. Diğer taraftan elde edilen deneysel verilerin yorumlanması da zorlaşabilir (HANİKA, 1972).

Ürün ve proses dizaynındaki optimizasyon iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşama tarama aşamasıdır. Çok fazla sayıdaki potansiyel faktörlerden kritik olan faktörler belirlenir. Bunun gerçekleştirilmesi için iki seviyeli faktöriyel dizayn ve parçalanmış faktöriyel dizayn başarı ile kullanılabilir. İkinci aşama ise optimizasyon aşamasıdır. Bu aşamada kritik olan faktörler belirlendikten sonra arzu edilen kaliteye ulaşmak için faktörlerinin optimum değerleri belirlenir. Bunu gerçekleştirmek için 'Response Surface Methodology' diye adlandırılan metod tercih edilir. Bu konuda detaylı açıklama JOGLEKAR ve MAY (1987)'in çalışmasında bulunabilir.

RSM dizaynı 40 yıldan fazla zamanda beri başarı ile kullanılmaktadır. Gıda sanayinde kullanımı detaylı olarak HANİKA (1972) tarafından anlatılmıştır. RSM basit çoklu regresyona dayanan istatistiksel tekniktir. Çoklu korelasyon katsayısı (r) hesaplanır ve matematiksel denklikteki terimlerin katsayıları tahmin edilir. RSM dizaynı kullanarak araştırmacı iki veya daha fazla faktörün; örneğin zaman, sıcaklık ve bileşenlerin kalite kriterleri üzerine etkilerini araştırıp optimum değerleri bulunabilir. Sonuçlar üç boyutlu seri halinde veya kontur haritası olarak ifade edilir. RSM dizaynında her faktör için en az üç seviye olması gerekir (JOGLEKAR VE MAY,

1987). Oldukça az sayıda deneysel kombinasyon kullanılarak gerçekte test edilmeyen faktör değerleri ve bunların kombinasyonları hakkında tahmin yapılabilir. Klasik metotlar buna cevap veremez, fakat RSM verebilir (WALKER ve PARKHURST, 1984; DOĞAN ve WALKER, 1998ab).

Bu metot ürün dizaynı ve geliştirmesinde oldukça önemli bir araçtır. Örneğin eğer 3 farklı dozdaki 3 farklı faktörün (bağımsız değişkenin) bütün olabilecek kombinasyonları test edilecek olursa (33) 27 deneme yapılmalıdır. Fakat RSM dizaynı kullanılarak bu çalışma 11 denemede test edilip sonuca varılabilir (WALKER ve PARKHURST, 1984).

Bu çalışmada kek üretimde kritik olan proses parametrelerinden fırın sıcaklığı, pişme süresi ve hava hızının etkisi 'Response Surface' istatistiksel metodu kullanılarak incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Denemede %9.3 protein ve 0.44 kül içeren (%14 nem) klorinlenmiş un, emülsüfiye edilmiş bitkisel şor-tening, kurutulmuş yumurta beyazı, şeker, yağsız süt tozu ve mono kalsiyum fosfat ve sodyum asit pirofosfat içeren çift etkili kabartma tozu kullanılmıştır. Formüle giren bileşenlerin oranı aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 1). Kekler sıcak hava püskürtmeli bantlı fırında (Blodgett MT1820, Burlington, VT, USA) pişirilmiştir.

Çizelge 1. Kek Formülü

Bileşenler	g
Un	100
Şeker	140
Şortening	50
Yağsız süt tozu	12
Yumurta beyazı (kuru)	9
Tuz	6
Su	150

Yöntem

Kek hacmi ve indeksi, pişme esnasında küçülmesi AACC şablon metoduna göre (Metot 10-91), sertliği (sıkıştırılabilirliği) ise Volan Stevens tektür cihazında KİM ve WALKER (1992) tarafından belirtildiği gibi ölçülmüştür; 25 mm kalınlığında kekin ortasından alınan kek dilimleri 15 çapında başlık ve 0.2 mm/dak başlık hızı kullanılarak 6 mm sıkıştırılmış ve sonuçlar g olarak bildirilmiştir. Kabuk rengi ise Minolta CR210 Kromometre ile kek çevresinde altı noktada yapılmış ortalama L değeri rapor edilmiştir. Renk için kabul edilebilir değerler 58 ile 62 arasında olmalıdır. Yüksek değerler kabuk rengin açık olduğunu, küçük değerler koyu olduğunu gösterir. Ayrıca pişme sonunda meydana gelen ağırlıktaki azalma tartılarak pişme kaybı hesaplanmıştır.

Test edilen üç parametrenin değerleri ise; pişme sıcaklığı 145, 160 ve 175°C, fan hızı 35, 45, 55 Hz, pişme süresi 12, 16, 20 dakikadır. Fan hızı hava hızını etkileyen faktördür. İkisi arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir:

$$\text{Ortalama hava hızı} = 83.964 \times \text{Hz}^{0.8454} \text{ ft/dak.}$$

Çizelge 2 . Test Edilen Fırın Parametreleri İçin RSM Deneysel Dizaynı

		Fan Hızı (Hz)					
		35		45		55	
Sıcaklık (°C)	150	Pişirme Süresi (dak)					
		16	12	20	16		
	160	Pişirme Süresi (dak)					
		12	20	16	12	20	
	170	Pişirme Süresi (dak)					
		16	12	20	16		

* Gölge alanlar parametrelerin test edilen kombinasyonunu göstermektedir.

Alt ve üst plakalardan üflenen havanın oranı deneme boyunca sabit tutulmuştur. Alt plakaya gelen hava üst plakadan %30 daha fazladır.

Optimum şartların belirlenmesi için 3 seviyeli 3 parametrelili dizayn aşağıda gösterildiği gibi 13 denemede gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2). Korelasyon katsayısı ve standart hata hesaplanarak geliştirilen modelin deneysel verilere uygunluğu AEW Consulting firması tarafından geliştirilen RSMPlus bilgisayar programı kullanılarak araştırıldı. Program çoklu korelasyon katsayısını, standart hatayı hesaplayıp iki veya üç faktörün kalite kriteri üzerine etkisini gösteren model geliştirir. Program ayrıca test edilmeyen değerler için de tahminde bulunarak response surface haritasını verir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Normal konveksiyonel fırında ısının kek hamuruna penetrasyonu sıcaklık ve pişme süresi ile kontrol edilir. Denemede kullanılan sıcak hava püskürtmeli fırınlarda bu parametrelere ısınan havanın ürün üzerine püskürtülmesi eklenmiştir. Püskürtülen hava pişmekte olan ürün etrafında oluşan durgun hava tabakasını kırdığından ısının ürüne daha kolay işlemesi, ısı ve nem transfer hızının daha fazla olmasını dolayısıyla pişme süresinin kısalmasını sağlar.

Çizelge 3. Kek Özellikleri Üzerine Fırın Parametrelerinin Etkilerinin Eşitlik Katsayıları

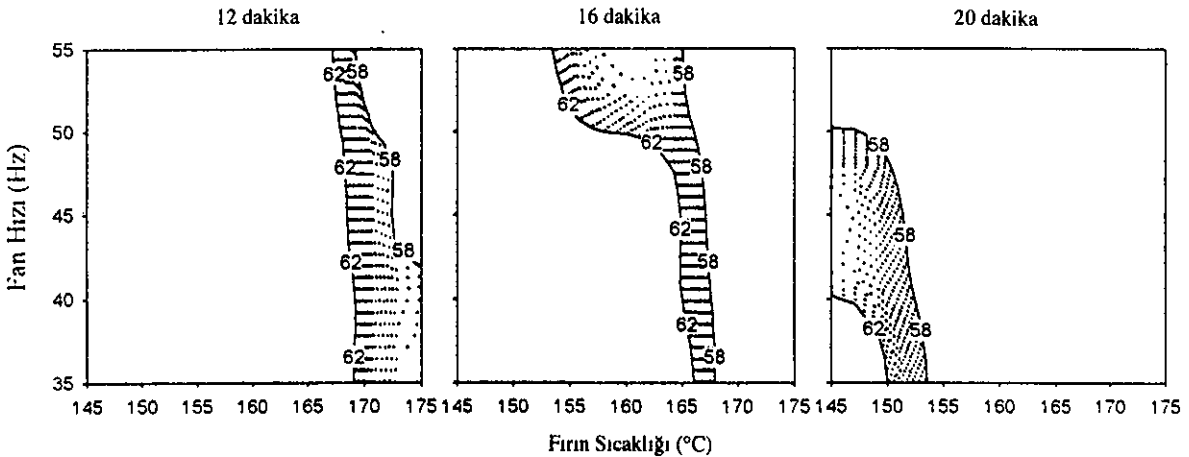
Parametreler	Hacim İndeksi	Pişme Kaybı	Kabuk Rengi	Sertlik
Katsayı (C)	206.242	85.640	-402.111	2573.539
Sıcaklık (FS)	-1.965	-0.850	5.591	-21.709
Fan Hızı (FH)	4.297	-0.538	1.821	-25.105
Pişme Süresi (PS)	4.992	-1.613	6.828	-41.083
FS*HH	-0.016	0.001	-0.002	0.112
HH*PS	-0.061	0.004	-0.029	0.156
FS*PS	-0.003	0.006	-0.022	0.098
PS*PS	0.007	0.003	-0.018	0.054
HH*HH	-0.009	0.004	-0.014	0.081
PS*PS	-0.072	0.033	-0.126	0.855
R	0.865	0.996	0.990	0.967
R ²	0.747	0.991	0.980	0.936
Standart Hata	4.719	0.252	1.920	15.403

$$\text{"Sonuç"} = C_0 + C_1 \cdot FS + C_2 \cdot FH + C_3 \cdot PS + C_4 \cdot FS \cdot FH + C_5 \cdot FH \cdot PS + C_6 \cdot FS \cdot PS + C_7 \cdot PS^2 + C_8 \cdot FH^2 + C_9 \cdot PS^2$$

me süresinin yeterli olmadığı kanaatine varılmıştır. DOĞAN ve WALKER (1998b) yaptıkları bir çalışmada da bu tür keklerde merkez sıcaklığındaki yükselmenin ve yapının kararlı hale gelmesi için 15-16 dakikalık pişme süresinin gerekli olduğunu tespit etmişlerdir.

Kabuk Rengi

Fırın sıcaklığına bağlı olarak kabuk rengi (L değeri) 40 ile 76 arasında değişmiştir. Pişirme süresi ve fırın sıcaklığı kabuk renginin oluşmasında hava hızından daha etkili bulunmuştur. Test edilen parametrelerin kabuk rengine nasıl etki ettiği Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir. Arzu edilen kek rengini (L=58-62) elde etmek için keklerin 16 ile 20 dakika süre ile sırasıyla 50 ve 60 Hz' de pişirilmesi gerekmektedir.

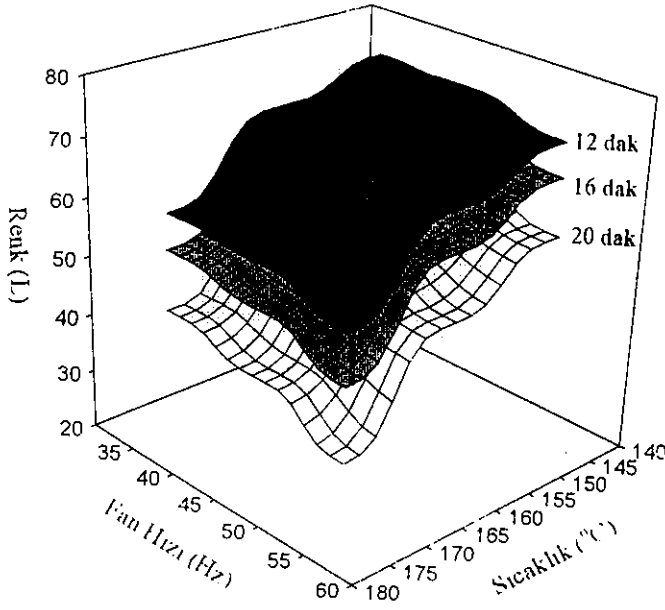


Şekil 1. Arzu edilen kabuk renginin (L=58-62) fırın parametrelerine göre değişimi

Denemede test edilen fırın parametrelerine ait katsayılar Çizelge 3 de verilmiştir. Korelasyon katsayılarının yüksek olması kullanılan modellerin uygunluğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca parametrelerin katsayılarının büyüklüğüne bağlı olarak kek özelliklerine ne derece etki ettiği çizelgeden görülebilir. Örneğin, pişme süresinin kek özelliklerine etkisi oldukça fazladır. İkinci derecede hava hızı hacim indeksine ve fırın sıcaklığı da kabuk rengine etki etmiştir.

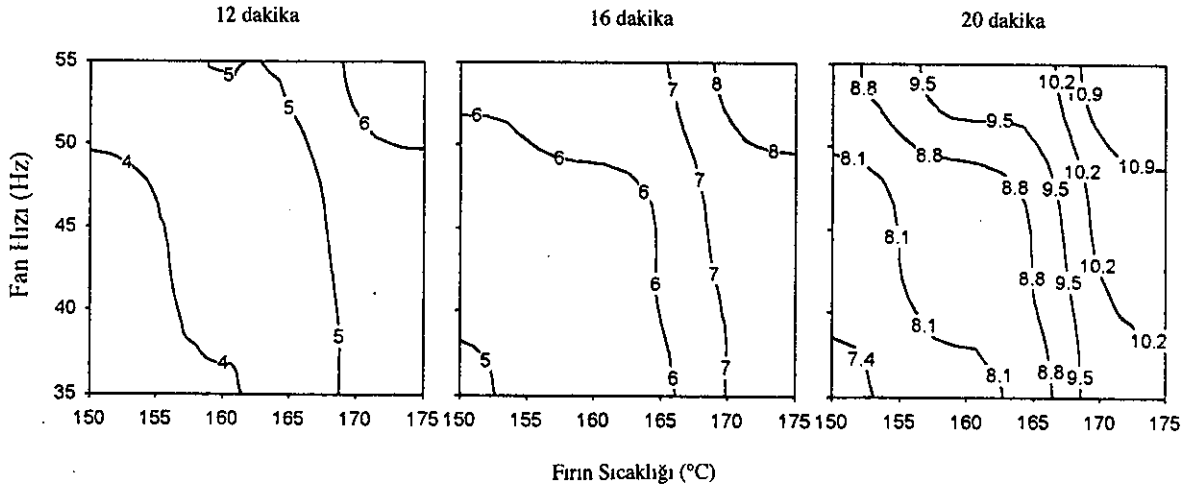
Pişirme Süresi

145 ve 160°C'de 12 dakikalık pişirme süresi sonunda kek içerisinde yeterli sıcaklığa ulaşamadığından kekler tamamen pişmemiş ve yapı kararlı hale gelmediğinden dolayı kekin ortasında çökme gözlenmiştir. Bunun için 12 dakikalık pişme



Şekil 2. Fırın parametrelerin kabuk rengine (L) etkisi

Buda paketlemede standart ağırlığın sağlanması gerekli olduğundan oldukça önemlidir. Bu yüzden kekin tamamen pişmesinin yanı sıra pişme kaybının da minimum ve belirli aralıkta olması gerekir. Genel olarak denemede kullanılan fırınlarda pişme kaybı normal konvensiyonel fırınlara göre ortalama %2 ile 4 daha azdır. Yapılan bir çalışmada normal konvensiyonel fırında pişirilen keklerde pişme kaybı %8.8 bulunmuştur (Doğan ve Walker, 1998b). Denemede pişme kaybı test edilen parametrelerden oldukça etkilenmiştir ($r=0.996$). Bu kayıp 170 °C ve akıcılık pişme süresinde oldukça fazladır. Yüksek sıcaklıkta hava hızının artması pişme kaybı üzerine etkili olmuştur. Farklı sıcaklık, hava hızı ve sürelerde pişirilen keklerdeki pişme kaybı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Fırın parametrelerin pişme kaybına etkisi

Optimum Pişirme şartları

Gözlemlenen kek özelliklerine ait RSMPlus sonuçları değerlendirilmiş pişme kaybı, kek hacmi, sertlik ve kabuk rengine ait kontur haritalarında kabul edilebilir alanlar tespit edildikten sonra bu alanlar üst üste getirilmiş ve test edilen üç parametreye için üst üste gelen alanda 165 °C fırın sıcaklığı, 50 Hz fan hızı ve 16 dakika pişirme süresinin arzulan kek kalitesini elde etmede optimum kombinasyon olduğu belirlenmiştir. Prog-

Kek Hacmi

Kabuk rengi ve kek tekstürü gibi kek hacmi kaliteyi etkileyen önemli bir parametredir. 175 °C'de pişirilen ve pişirme süresi 12 dakika olan keklerde arzu edilmeyen anormallikler ortaya çıkmıştır. Pişme süresi kıaldıkça tamamen pişmediğinden dolayı kekin ortası çökmüş, sıcaklık artışı da kekin daha az gözeneğe ve sert tekstüre sahip olmasına neden olmuştur. Diğer taraftan 160 °C'de 16 dakika süre ile pişirilen keklerin arzu edilen özellikte olduğu gözlenmiştir.

Pişme Kaybı

Pişme esnasında keklerdeki nem miktarının azalması sonuçta raf ömrünü ve ürünün ağırlığını etkiler.

ram tarafından verilen regrasyon eşitliğinin gücünü doğrulamak için bu pişirme şartları kullanılarak kek pişirilmiş ve bunlara ait veriler Çizelge 4'de verilmiştir. Görüleceği gibi deneyden elde edilen sonuçların program tarafından tahmin edilen değerler arasında kaldığı görülecektir. Kek kalitesi ve ağırlığının kontrol edilmesinde tüketicinin isteğine göre istenen özellikte ürün elde edilmesinde metot güvenilir sonuç vermektedir.

Çizelge 4. 165 °C, 50 Hz ve 16 Dakıkada Pişirilen Keki Ölçülen Özelliklerine Ait Deneyel Ve Tahmin Edilen Değerler.

Özellikler	Tahmin Edilen Değer	Deneyel Değer
Kabuk Rengi	60±2	58±1
Hacim indeksi	137±5	142±6
Pişme Kaybı	6.7±0.3	6.8±0.6
Sertlik	2±15	301±12

SONUÇ

Isı ve nem transfer derecesinin değişmesinden dolayı proses parametrelerinin değişmesiyle kek özellikleri etkilenmiştir. Hava hızının özellikle yüksek sıcaklıkta daha fazla etkili olduğu bulunmuştur. Denemede RSM deneyel metodunun kullanılmasıyla elde edilen bilgiler ikiden fazla parametrenin ürün kalitesine etkilerini çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır. RSM metodunun kullanılmasıyla formüldeki ve proses parametrelerindeki değişmelerin ürün kalitesi üzerine etkileri kısa zamanda incelenerek kalitenin artırılması sağlanabilir. Metodun özellikle ürün geliştirme ve 'trouble shooting' denilen kısa sürede problem çözmede oldukça önemli olduğu ve güvenilir sonuç verdiği bu çalışmayla da gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- DOĞAN, İ.S., WALKER, C.E. 1998a. Effect of impingement oven parameters and formula variation on sugar snap cookies (yayınlanmamış data).
- DOĞAN, İ.S., WALKER, C.E. 1998b. Effect of impingement oven parameters on high-ratio cake baking (yayınlanmamış data).
- HANIKA, R.G. 1972. Simple and effective system for use with response surface methodology. *Cereal Science Today* 17 (9):309, 312, 334.
- HUNTER, W.G., HOFF, M.E. 1967. Planning experiments to increase efficiency. *Ind. Eng. Chem.* 59:43.
- JOGLEKAR, A.M., MAY, A.T. 1987. Product excellence trough design of experiments. *Cereal Foods World* 32(12):857, 860.
- MULLER, K., ENNIS, D.M. 1979. Rotatable designs in product development. *Food Tech.* 33:74.
- MURPHY, T.D. 1967. Design and analysis of industrial experiments. *Chem. Engr.* 6:168.
- WALKER, C.E., PARKHURST, A.M. 1984. Response surface analysis of bake-lab data with a personal computer. *Cereal Foods World* 29(10):662.
- WALKER, A.E. 1992. RSMPlus, AEW Consulting, Lincoln, NE.
- WALKER, C.E. 1997. RSMPlus: Data analysis by a general equation solver. Special version for class room use. Kansas State Üniversitesi, Manhattan, Kansas, USA.

GIDA DERGİSİ 1999 yılı dizgi ücreti abone olanlar için 8.000.000.-TL.
abone olmayanlar için 10.000.000.-TL. olarak yeniden
belirlenmiştir.

Ayrı basım; talep eden araştırmacılara 2.000.000.-TL.
ek ücret karşılığında verilecektir.

GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ
YÖNETİM KURULU