

## KIRIK, LANCER, ARPA, ÇAVDAR, YULAF ve MISIR'IN SORPSİYON İZOSTERİK ISILARININ HESAPLANMASI

### THE CALCULATION OF ISOSTERIC HEATS OF KIRIK, LANCER, BARLEY, RYE, OAT AND CORN

Fatih ERTUGAY

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü - Erzurum

**ÖZET:** Bu araştırmada, Kırık, Lancer, arpa, çavdar, yulaf ve mısırın sorpsiyon izosterik ısıları Clausius-Clapeyron eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Tahıl örneklerinin sorpsiyon izosterik ısıları su içeriğinin artması ile birlikte azalma gösterilmiştir.

**ABSTRACT:** In this research, the isosteric heats of Kırık, Lancer, barley, rye, oat and corn were calculated by using Clausius-Clapeyron equation. Isosteric heats of cereal samples decreased as the water content of cereal samples increased.

#### GİRİŞ

Gıdaların muhafazasında gıdanın serbest su içeriği, ortam sıcaklığı ve nem içeriği, gıdanın çevresi ile nem alışveriş yeteneğini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu özellikler, her gıda için farklı büyüklüklerde olabileceği gibi, üretim veya yetiştirme koşullarına bağlı olarak aynı tip gıdalarda da farklılık gösterebilir.

Gıdalardaki su miktarı ile gıda bozulmalarının kinetiği ve kurutma prosesleri arasında oldukça yüksek bir korelasyon vardır (BENADO ve RIZVI, 1985). Bundan dolayı gıdaların kurutma işlemlerinde, sıcaklık ve su aktivitesinin fonksiyonu olarak gıdanın sorpsiyon ısı ve serbest enerji değişimi gibi termodinamik parametrelerin doğru olarak ifade edilmesi gerekir (ANDRIEU ve ark., 1986).

Sorpsiyon izotermelerinden yararlanılarak elde edilen sorpsiyon ısıları kurutma teknolojisinde gıdaların termodinamik yönünde analiz edilmesinde kullanılan önemli bir termodinamik parametredir. Kurutma ve pişirme gibi gıda işlem proseslerinde, sorpsiyon ısının bilinmesi, bu işlemler sırasında oluşan ısı ve kütle transferi ile depolama sırasındaki nem değişikliklerinin kontrol edilebilmesi bakımından son derece önemlidir (BALABAN ve ark., 1987). Sorpsiyon ısılarının hesaplanmasında Clausius-Clapeyron eşitliği kullanılmaktadır (CHUNG ve PFOST, 1967 a).

Bu yüzden gıdaların su buharı sorpsiyon özellikleri (BOLIN, 1980, IGBEKA ve BLAISDEL, 1982, MAZZA, 1982, LABUZA ve ark., 1985, AJIBOLA, 1986, DE GOIS ve CAL-VIDAL, 1986, IGLESIAS ve ark., 1986, APOSTOLOPOULOS ve GILBERT, 1990, CURME ve ark., 1990, TSAMI ve ark., 1990, ACHOBA ve ark., 1991, MOK ve DICK, 1991, HAGEMAN ve ark., 1992, CERTEL ve ERTUGAY, 1996, MIZRAHI ve ark., 1997), sorpsiyon ısı ve izotermelerin sıcaklığa bağımlılığı (GAL, 1975, IGLESIAS ve ark., 1986, IGLESIAS ve ark., 1989, PAAKKÖNEN ve ROOS, 1990) ve matematik modeller (CHIRIFE ve ark., 1983, ASBI ve BAIANU, 1986) ile ilgili çalışmalar oldukça artmıştır.

Bu çalışmanın amacı; Kırık, Lancer buğdayları, biralık arpa, çavdar, yulaf ve yemeklik tatlı mısırın sorpsiyon izosterik ısılarını incelemektir.

#### MATERYAL ve YÖNTEM

##### Materyal

Araştırma materyali olarak Erzurum Toprak Mahsülleri Ofis'inden temin edilen 1994 yılı ürünü buğday (Lancer ve Kırık), çavdar, yemeklik tatlı mısır, biralık arpa ve yulaf kullanılmıştır.

## Metot

### İzotermiler

Sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi için izopiastik metot uygulanmıştır (GAL, 1975, LABUZA, 1984). Sorpsiyon izotermeleri, 20, 25, 35, 50 ve 70°C sıcaklıklarda klima dolabı ve 0.2'den 0.9'a kadar su aktivitesi sağlayan çeşitli doymuş tuz çözeltileri içeren desikatörler yardımıyla belirlenmiştir. Sorpsiyon için tüm örnekler, 35°C'de 72 saat hava sirkülasyonlu kurutma dolabında, %4-5 su içeriğine kurutulduktan sonra, 4 paralel olarak ağız tıraşlı cam şişeciklere 50'er mg tartılarak, 5 gün süreyle istenilen nispi nem ortamı sağlayan çeşitli tuz çözeltileri içeren desikatörlerde şişeciklerin ağız yarı açık vaziyette bekletilerek, örneklerin buldukları ortamla nem dengesine gelmesi sağlanmış ve daha sonra örnekler klima dolabından çıkarılarak, ağızları, kapalı vaziyette 0.01 mg hassasiyetle tartılarak ağırlık artışı belirlenmiştir (MUNZING, 1987, CERTEL, 1990). Örneklerin buldukları ortamla, su içeriklerinin dengeye getirilmesinde bir hafta önceden hazırlanmış ve her gün karıştırılmak suretiyle kararlılık kazandırılmış doymuş tuz çözeltileri kullanılmıştır. Hazırlanan doymuş tuz çözeltileriyle tabanı doldurulan desikatörlerde, elektro higrometrik yöntemle, 20°C sıcaklıktaki nispi nem miktarları belirlenmiş ve bunlar sorpsiyon özelliklerinin saptandığı denge nispi nem ortamları olarak kabul edilmiştir. Kullanılan doymuş tuz çözeltiler ve nispi nem ortamları (20°C) şöyledir: Potasyum asetat %23.11, Magnezyum klorür %33.07, Potasyum karbonat %43.16, Magnezyum nitrat %54.38, Sodyum bromür %59.14, Sodyum klorür %75.47, Potasyum klorür %85.11 ve Baryum klorür %90.69 (CERTEL, 1990).

### Sorpsiyon İzosterik Isıları

Sorpsiyon izosterik ısılarının hesaplanması için modifiye edilmiş Clausius-Clapeyron eşitliği (RIZVI ve BENADO, 1984) kullanılmıştır:

$$Q_s = R \left[ \frac{\ln a_{w2}}{\ln a_{w1}} \right] + \left[ \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \right] \dots \dots \dots (1)$$

$Q_s$  = Sorpsiyon izosterik ısı, kcal/mol       $a_w$  = Su aktivitesi  
 $R$  = Gaz sabiti       $T$  = Sıcaklık, °C

İzosterik ısıların hesaplanması için en az 2 farklı sıcaklık ve 2 farklı su aktivitesi gerekmektedir. 20, 25, 35, 50 ve 70°C sıcaklık değerleri ile 6 farklı su aktivitesi değeri kullanılarak tahılların izosterik ısıları 1 nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### Sorpsiyon İzosterik Isıları

Sorpsiyon izosterik ısı, adsorplanan su molekülleri ile su buharı molekülleri arasındaki ve adsorbent yüzeyi ile adsorbat molekülleri arasındaki bağ enerjilerinin veya moleküller arası kuvvetlerin büyüklüğünü göstermektedir (CHUNG ve PFOST, 1967). Ayrıca, sorpsiyon izosterik ısı su buharı ve adsorbent arasındaki interaksyonun bir ölçüsüdür (AYRANCI ve ark., 1990).

Tahıl örneklerinin adsorpsiyon izosterik ısı değerleri ve % su içerikleri (m) toplu olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

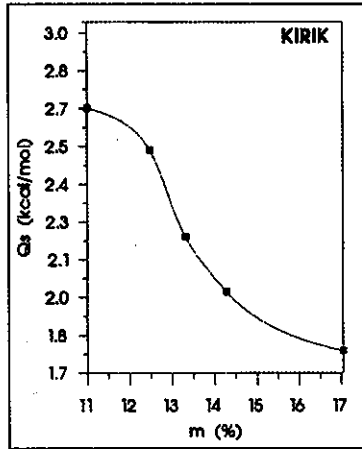
Çizelge 1'den görüldüğü gibi, araştırmada kullanılan tahıl örneklerinin tümünde, su içeriğinin artmasıyla birlikte sorpsiyon izosterik ısı değerleri azalmaktadır.

Elde edilen sorpsiyon izosterik ısılarına karşı tahıl örneklerinin su içerikleri grafik edilmiş ve Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6'da gösterilmiştir. Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6'da görüldüğü gibi tüm tahıl çeşitlerinde, adsorplanan su miktarının artması ile birlikte, sorpsiyon izosterik ısıları da başlangıçta keskin bir şekilde ve gittikçe azalan bir eğimle ve asimptotik olarak sifıra yaklaşmaktadır. Başka bir ifadeyle, düşük su içeriklerinde sorpsiyon izosterik ısı değeri yüksek, yüksek su içeriklerinde ise bu değer düşüktür.

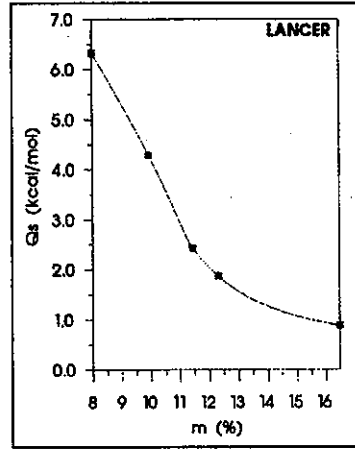
Çizelge 1. Kırık, Lancer, Arpa, Çavdar, Yulaf ve Mısırın Sorpsiyon İzosterik Isıları

Örnek	Qs (kcal/mol)	m (%)	Örnek	Qs (kcal/mol)	m (%)	Örnek	Qs (kcal/mol)	m (%)
KIRIK	2.681	10.927	LANCER	6.328	8.234	ARPA	5.530	8.513
	2.526	12.401		4.289	10.167		3.604	10.012
	2.205	13.234		2.429	11.666		2.19	11.562
	2.001	14.206		1.872	12.546		1.862	12.284
	1.782	16.973		0.885	16.691		1.423	13.756
ÇAVDAR	5.309	7.777	YULAF	7.858	5.993	MISIR	8.951	6.607
	3.524	9.042		5.839	6.88		6.651	7.406
	2.06	10.698		3.292	8.204		4.519	8.56
	1.742	11.429		2.339	9.175		2.096	9.278
	0.891	15.743		1.211	13.95		1.439	14.204

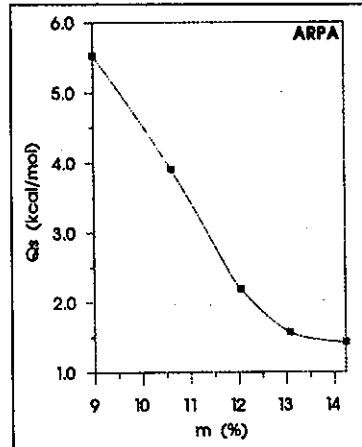
Şimdiye kadar yapılan tüm çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (CHUNG ve PFOST, 1967a, HAYAKAWA ve ark., 1978, IGBEKA ve BLAISDEL, 1982, ROMAN ve ark., 1982, AGUERRE ve ark., 1984, BENADO ve RIZVI, 1985, ANDRIEU ve ark., 1985, LABUZA ve ark., 1985, ZURITZ ve SINGH, 1985, a,b,



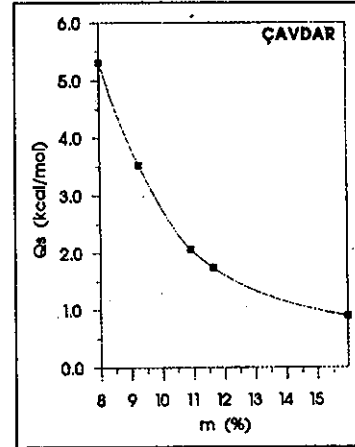
Şekil 1. Kırık'ın izosterik ısılarının su içeriğinin fonksiyonu olarak gösterilmesi



Şekil 2. Lancer'ın izosterik ısılarının su içeriğinin fonksiyonu olarak gösterilmesi



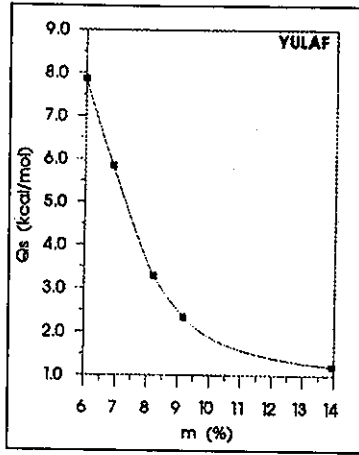
Şekil 3. Arpa'nın izosterik ısılarının su içeriğinin fonksiyonu olarak gösterilmesi



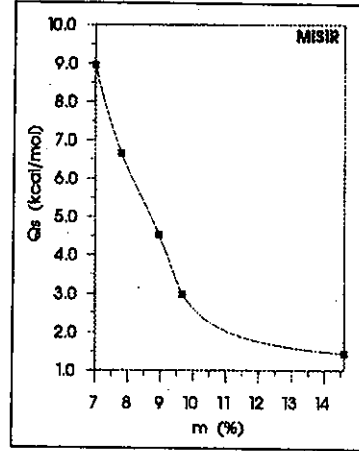
Şekil 4. Çavdar'ın izosterik ısılarının su içeriğinin fonksiyonu olarak gösterilmesi

BALABAN ve ark., 1987, EZEIKE, 1988, IGLESIAS ve ark., 1989, APOSTOLOPOULOS ve GILBERT, 1990, AYRANCI ve ark., 1990, TSAMI ve ark., 1990, ACHOBBA ve ark., 1991, CERTEL ve ERTUGAY, 1996).

Sorpsiyon izosterik ısılarının sıcaklığa bağımlılığı, çeşitli sıcaklıklarda higroskopik dengeye ulaşmak için gerekli olan zaman esnasında yükselen sıcaklığa maruz kalan gıdalarda meydana gelen bazı geriye dönüşümsüz değişimlerle (proteinlerin denatürasyonu, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, nişastanın moleküller üzeri yapı değişimleri vb.) açıklanabilir (IGLESIAS ve ark., 1989). Sorpsiyon izosterik ısıları Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 6'dan görüldüğü gibi, aynı zamanda gıdaların su içeriklerine de bağlıdır. Çünkü, düşük su içeriğine sahip bu gibi tahıl çeşitlerinde, su, fiziksel ve kimyasal reaksiyonları seyrini önemli derecede etkilemektedir. Dolayısıyla, su miktarındaki dalgalanmalara bağlı olarak sorpsiyon izosterik ısıları da değişmektedir.



Şekil 5. Yulaf'ın izosterik ısılarının su içeriğinin fonksiyonu olarak gösterilmesi



Şekil 6. Mısır'ın izosterik ısılarının su içeriğinin fonksiyonu olarak gösterilmesi

## KAYNAKLAR

- ACHOBA, I.I., ELEPHEDE, J.A., AGBAJI, A.S., AGBAJI, E.B., 1991. Moisture isotherms of cornchips at three temperature, *Int. J. Food Sci. and Tech.*, 26, 547-552.
- AUERRE, R.J., SUAREZ, C., VIOLLAZ, P.E., 1984. Calculation of the variation of the heat of desorption with moisture content on the basis of the BET theory, *J. Food Tech.*, 19, 325-331.
- AJIBOLA, O.O., 1986. Desorption isotherms for plantain at several temperatures, *J Food Sci.*, 51, 169-171.
- ANDRIEU, J., STAMATOPOULAS, A., ZAFIROPOULAS, M., 1985. Equation for fitting desorption isotherms of durum wheat pasta, *J. Food Tech.*, 20, 651-657.
- ANDRIEU, J., STAMATOPOULAS, A., ZAFIROPOULAS, M., 1986. Corn pasta water desorption isotherms, *Lebensm. - Wiss. u.-Tech.*, 19, 415-418.
- APOSTOLOPULOS, D., GILBERT, S., 1990. Water sorption of coffee solubles by frontal inverse gas chromatography: thermodynamic considerations, *J. Food Sci.*, 55, 475-479.
- ASBI, B.A., BAIANU, I.C., 1986. An equation for fitting moisture sorption isotherms of food proteins, *J. Agric. Food Chem.*, 34, 494-497.
- AYRANCI, E., AYRANCI, G., DOĞANTAN, Z., 1990. Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20°C and 36°C, *J. Food Sci.*, 55, 1591-1593.
- BALABAN, M. O., ZURITZ, C.A., SINGH, R.P., HAYAKAWA, K.I., 1987. Estimation of heat of moisture sorption and improved criteria for evaluating moisture sorption isotherm equations for foods, *J. Food Process Eng.*, 10, 53-70.
- BENADO, A.L., RIZVI, S.S.H., 1985. Thermodynamic properties of water on rice as calculated from reversible and irreversible isotherms, *J. Food Sci.*, 50, 101-104.
- BOLIN, H.R., 1980. Relation of moisture to water activity in prunes and raisins, *J. Food Sci.*, 45, 1190-1193.
- CERTEL, M., 1990. Makarnalık (*Tr. durum*) ve ekmeklik (*Tr. aestivum*) buğdaylardan farklı ısı işlem uygulamalarıyla üretilen bulgur ve ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri, Doktora tezi, Atatürk Üni. Ziraat Fak. Erzurum.
- CERTEL, M., ERTUGAY, M.F., 1996. Tarhananın nem adsorpsiyon izotermi, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 21, 475-479.
- CHIRIFE, J., BOQUET, R., FERRO FONTAN, C., IGLESIAS, H.A., 1983. A new model for describing the water sorption isotherms of foods, *J. Food Sci.*, 48, 1382-1383.
- CHUNG, D.S., PFOST, H.B., 1967a. Adsorption and desorption of water vapour by cereal grains and their products, Part I: Heat and free energy changes of adsorption and desorption, *Trans. of the ASAE*, 549-555.
- CURME, A.G., SCHMIDT, S.J., STEINBERG, M.P., 1990. Mobility and activity of water in casein model systems as determined by H NMR and sorption isotherms, *J. Food Sci.*, 55, 430-433.
- DE GOIS, V.A., CAL-VIDAL, J., 1986. Water sorption characteristics of freeze dried papaya in powdered and granular forms, *Can. Inst. Food Sci. Tech. J.*, 19, 7-11.
- EZEIKE, G.O.I., 1988. Hygroscopic characteristics of unshelled egusi (melon) seeds, *Int. J. Food Sci. and Tech.*, 23, 511-519.
- GAL, S., 1975. Recent advances in techniques for the determination of sorption isotherms, In *water relations of foods*, R.B. Duckworth (Ed.), p. 139. Academic Press, New York.

- HAGEMAN, M., J., POSSERT, P.L., BAUER, J. M., 1992. Prediction and characterisation of the water sorption isotherm for bovine somatotropin, *J. Agric. Food Chem.*, 40, 342-347.
- HAYAKAWA, K.I., MATAS, J., HWANG, M.P., 1978. Moisture sorption isotherms of coffee products, *J. Food Sci.*, 43, 1026-1027.
- IGBEKA, J.C., BLAISDEL, J.L., 1982. Moisture isotherms of a processed meat product-Bologna, *J. Food Tech.*, 17, 37-46.
- IGLESIAS, H.A., CHIRIFE, J., FERRO FONTAN, C., 1986. Temperature dependence of water sorption isotherms of some foods, *J. Food Sci.*, 51, 551-553.
- IGLESIAS, H.A., CHIRIFE, J., FERRO FONTAN, C., 1989. On the temperature dependence of isosteric heats of water sorption in dehydrated foods, *J. Food Sci.*, 54, 1620-1623.
- LABUZA, T.P., 1984. Moisture sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use, American Association of Cereal Chemist. Minneapolis, MN.
- LABUZA, T.P., KANANNE, A., CHEN, J.Y., 1985. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods, *J. Food Sci.* 50 385-391.
- MAZZA, G., 1982. Moisture sorption isotherms of potato slices, *J. Food Tech.*, 17, 47-54.
- MIZRAHI, S., RAMON, O., BOUHNİK, M.S., EICHLER, S., COHEN, Y., 1997. Scaling approach to water sorption isotherms of hydrogels and foods, *Int. J. of Food Sci. and Tech.*, 32, 95-105.
- MOK, C., DICK, W.J., 1991. Moisture adsorption damaged wheat starch, *Cereal Chem.*, 68, 405-409.
- MUNZING, K., 1987. Wasser, ein wichtiger physikalisch her qualitätsfaktor bei Getreide, *Getreide Mehl und Brot.*, 41, 362-365.
- PAKKONEN, K., ROOS, H.I., 1990. Effects of drying conditions on water sorption and phase transitions of freeze-dried horseradish roots, *J. Food Sci.*, 55, 206-209.
- RIZVI, S.S. H., BENADO, A.L., 1984. Thermodynamic Properties of dehydrated foods, *Food Tech.*, 38, 83-87.
- ROMAN, G.N., URBICAIN, M.J., ROTSTEIN, E., 1982. Moisture equilibrium in apples at several temperatures: Experimental data and theoretical considerations, *J. Food Sci.*, 47, 1484-1487.
- TSAMI, E., MARINOS-KOURIS, D., MAROULIS, Z.B., 1990. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. *J. Food Sci.*, 55, 1594-1597.
- ZURITZ, C., SINGH, R.P., 1985a. Heat of evaporation of water from rough rice during drying, ASAE paper No. 85-6001.
- ZURITZ, C., SINGH, R.P., 1985b. An equation to compute the heat of evaporation of water for rough rice during drying. *Drying Tech.*, 3, 421-424.