

## YOĞURT YAPIMI VE MUHAFAZASI SIRASINDA KARBONHİDRATLARIN DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

### RESEARCHES ON THE CHANGES OF CARBOHYDRATES DURING THE PRODUCTION AND STORAGE OF YOGHURT

Sibel AKALIN, Sıddık GÖNÇ, Harun Reşit UYSAL, Cem KARAGÖZLÜ  
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü-İZMİR

**ÖZET:** Araştırmada yağsız kurumaddesi % 12'ye, yağı % 3'e standardize edilen inek sütlerinde ve bunlardan üretilen yoğurtlarda inkübasyonun 1., 2. ve 3. saatleri ile depolamanın 1., 3. ve 7. günlerinde bulunan şeker tipleri ve miktarları belirlenmiştir.

Süt ve yoğurt örneklerinde bulunan esas karbonhidratların  $\alpha$ - ve  $\beta$ -laktöz ile glukoz ve galaktoz olduğu tespit edilmiştir. İnkübasyonun başlangıcından, depolamanın 1. gününe kadar  $\alpha$ - ve  $\beta$ -laktöz oranı düşerek glukoz ve galaktoz oranı artmıştır. Bu durum söz konusu süre içinde laktöz fermentasyonunun devam ettiğini göstermektedir.

**SUMMARY:** In this research the carbohydrate types and amounts of cow milk standardized to 12 % solids non fat and 3 % fat and yoghurts produced from standardize milks have been determined. Yoghurt samples have been taken at the end of 1., 2. and 3. hours of incubation and 1., 3. and 7. days of storage.

The main carbohydrates found in the milk and yoghurt samples were  $\alpha$ - and  $\beta$ - lactose, glukoz and galactose.  $\alpha$ - and  $\beta$ - lactose rate of samples increased and glucose and galactose rates decreased from the beginning of incubation to the first day of storage. It means that the lactose fermentation has been continued in the mentioned interval.

#### GİRİŞ

Geleneksel gıdalarımızdan biri olan ve ilk olarak Türkler tarafından üretilen ve tüketilen yoğurdun insan sağlığı ve beslenme üzerindeki yararlı etkisi uzun süredir bilinmektedir. Üretim teknolojisinde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* adı verilen süt asidi bakterileri sütte bulunan laktozu parçalayarak glukoz ve galaktoza hidrolize eder. Bu her iki bileşen de fermentasyon sonucu laktik aside dönüşür. Oluşan laktik asit sütü pıhtılaştırarak yoğurt meydana gelir. Koyu kıvamlı, hoş lezzetli, kolay hazımlı ve ferahlatıcı bir süt mamülü olan yoğurdun oluşum mekanizması kısaca bu şekilde gerçekleşmektedir (ANONYMOUS, 1981; RASIC ve KURMANN, 1978).

Sütteki karbonhidratlar fizyolojik yönden büyük önem taşır ve bakteriyel metabolizmanın temel enerji kaynağını oluşturur. İnek sütlerinde yaklaşık olarak % 4,7 oranında bulunan laktöz miktarı çeşitli faktörlere bağlı olarak değişir (Yöney, 1974). Bu konuda yapılan çalışmalarda piyasadan temin edilerek yoğurt yapımında kullanılan inek sütlerinin laktöz değerleri % 4,22 - % 4,28 ile % 4,54 - % 4,66 arasında bulunmuştur (OCAMPO ve ark., 1978; PEDERSEN, 1981).

Sütte gerçek çözelti halinde bulunan laktözün yanısıra çok az miktarlarda glukoz ve galaktoza, ayrıca eseri olarak da azot içeren oligosakkaritlere rastlanmaktadır. İnek sütlerinde yaklaşık olarak % 0,0075 oranında bulunan galaktoz ile % 0,002 oranında bulunan glukozun kaynağı tam olarak bilinmemekle birlikte memenin sütü sentezleme faaliyeti sırasında oluştukları düşünülmektedir (YÖNEY, 1974).

Yoğurt üretiminde özellikle inkübasyon döneminde kültür bakterilerinin ürettiği laktaz (=  $\beta$  - galaktosidaz) enzimi ile hidrolize olan laktözün bir bölümü monosakkaritleri olan glukoz ve galaktoza ayrışmaktadır. Bu durumda laktöz miktarı azalarak, glukoz ve galaktoz miktarları artmaktadır. Açığa çıkan glukoz da *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*'un fruktoz di fosfat yolu ile katabolizması sonucu laktik aside parçalanmaktadır. Galaktoz ise daha zor bir biçimde ve önce glikoza dönüştükten sonra laktik aside parçalanmakta ve bu parçalanmalar inkübasyon sırasında hızlı olup daha sonra yavaşlayarak mamul tüketimine kadar az çok devam etmektedir. Süt şekerinde meydana gelen bu parçalanmalar hem sindirimi kolaylaştırmakta, hem de laktoza duyarlı kişilerin yoğurt ve benzeri fermente süt mamüllerini rahatlıkla tüketmelerini sağlamaktadır (GÖNÇ ve ark, 1990; GÖNÇ, 1994).

Piyasalardan toplanan sade yoğurt örnekleri ile ilgili çalışmalarda laktöz oranı süte göre daha düşük, glukoz ve galaktoz oranı ise daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmalardan birinde yoğurt örneklerinin ortalama % 4,26 laktöz, % 0,37 galaktoz ve % 0,32 glukoz içerdiği belirlenirken (SHANLEY, 1971), bir diğesinde ortalama % 2,66 laktöz, % 1,35 galaktoz ve % 0,03 glukoz tespit edilmiştir (BLANC, 1974).

Goodenough ve Kleyn (1976), 18 ticari yoğurt örneğinin % 3,44 - % 4,47 arasında laktoz içerdiğini, Brathen (1977) 12 örnekte bu değerlerin % 3,98 ile % 4,61 arasında değiştiğini belirlemiştir. Dean (1981) ise; fındıklı yoğurtların şeker içeriklerini % 3,2 laktoz, % 0,9 glukoz ve % 1,3 galaktoz olarak tespit etmiştir.

Bu araştırmanın amacı, yoğurdun üretimi ve muhafazası sırasında bileşiminde bulunan karbohidrat çeşitlerini ve miktarlarını tespit ederek değişimlerini saptamak yoluyla, daha sonraki sürede yoğurt kalitesi ile özellikle de aroma maddeleri oluşumu ve sonradan görülen ekşime ile ilgili araştırmalara ön bilgi sağlamak ve katkıda bulunmaktadır.

### MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmamızda Zootečni Bölümünden temin edilen inek sütlerinin yağsız kurumaddesi % 12'ye yağı da % 3'e standardize edildikten sonra 90°C de 10 dakika süreyle ısıtılmıştır. Daha sonra 42 - 43°C ye soğutulan sütler bölümümüzde üretilen yoğurt kültürü ile % 3 oranında aşulararak aynı sıcaklıkta pH 4,7'ye kadar inkübasyona tabi tutulmuştur. Oda sıcaklığında 15 dakika bekletildikten sonra buzdolabına alınan ürünler, 7 gün süreyle burada depolanmıştır. Standardize sütte ve yoğurt üretimi sırasında inkübasyonunun 1., 2. ve 3. saatlerinde, ayrıca depolamanın 1., 3. ve 7. günlerinde yoğurtların karbohidrat değişimleri incelenmiştir. Araştırma 3 tekrerrür halinde gerçekleştirilmiştir.

Karbohidrat miktarlarının tespitinde gaz kromatografisinden yararlanılmıştır. Örneklerden ağız silifli balonlara 20 - 25 g tartılarak liyofilizatör cihazında (Edward Liyofilizatör) -65°C ye dondurulup daha sonra (-45) - (-50) °C de kurutulmuştur. Kurutulan bu örneklerden 20 mg alınarak piridin, BSTFA (N,N - bis - trimethylsilyl - trifluoracetamid), trimetilklorsilan ile muamele edilmiştir. Ayrıca örneklere iç standart olarak % 2,5'luk arabit ilave edilmiştir. Kapalı tüplerde oda sıcaklığında şeker bileşiminin erimesi için 2 gün bekletildikten sonra berrak çözeltilerinden 2 µl alınıp 180-280°C kolon sıcaklığında, N<sub>2</sub> taşıyıcı gaz kullanılan alev emisyon dedektörlü gaz kromatografisine (Carlo Erba Fractovab 2350 Model) enjekte edilmiştir. Elde edilen değerler iç standart eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (HAKERLERLER ve ark; 1994).

Araştırma sonuçları varyans analizi ve t - testi uygulanarak değerlendirilmiştir (AÇIKGÖZ, 1988).

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Standardize sütte ve yoğurt örneklerinde inkübasyon ve depolama sırasında tespit edilen % şeker değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Görüldüğü gibi standardize edilen sütlerde % 2,31 α-laktoz, % 3,70 β - laktoz az miktarda da glukoz ve galaktoz tespit edilmiştir. İnek sütlerinde ortalama % 4,7 civarında olduğu bildirilen karbohidrat oranı araştırmamızda sütün yağsız kuru maddesi yağsız süt tozu ile % 12'ye ayarlandığı için dikkate değer bir artma göstermiş ve % 6,14'e yükselmiştir. Romero ve arkadaşları (1989) yağı % 3,8, yağsız kuru maddesi de yağsız süt tozu ile % 10,25'e ayarlanan süttten yoğurt yapımı ile ilgili çalışmalarında standardize sütün laktoz oranının arttığını tespit etmişlerdir.

İnkübasyonun 1., 2. ve 3. saatinde alınan örneklerde α - ve β - laktoz oranının düştüğü, galaktoz ve glukoz oranlarının yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durum inkübasyon sırasında yoğurt kültürünün laktozu parçalayarak glukoz ve galaktoza ayrıştırmasından kaynaklanmıştır.

Nitekim laktoz fermentasyonu sonucu 1. saat sonunda % 0,07 olan galaktoz oranının, 2. saatte % 0,23'e, 3. saatte % 0,35'e, glukoz oranlarının da aynı zamanlarda % 0,22'den % 0,44 ve % 0,45'e yükseldiği tespit edilmiştir. Bu süre içerisinde α + β laktoz oranı düşerek, 1. saat sonunda % 5,59'a, 2. saatte % 4,60'a, 3. saatte % 3,78'e inmiştir (Çizelge 1). Ancak inkübasyon boyunca ve daha sonra yoğurt örneklerinin glukoz ve galaktoz oranındaki artışla α + β laktoz oranındaki düşüş kıyaslandığında düşüşün daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum; fermentasyonda glukoz ve galaktozun laktik aside dönüşmesinden kaynaklanmaktadır.

Ocampo ve arkadaşları (1981); laktoz içeriği % 4,22 - % 4,28 arasında olan süttten yoğurt yapmışlar ve inkübasyon sonundaki laktoz oranlarının % 2,88 - % 3,25 arasına düştüğünü tespit etmişlerdir. Bu değerler araştırma sonuçlarımızla iyi bir uyum sağlamıştır. Laboratuvar şartlarında üretilen yoğurtörneklerinin üretim ve depolanması sırasında içerdikleri şeker oranlarının incelendiği bir çalışmada, kültür ilave edilen sütte tespit edilen % 5,92'lik laktoz oranının inkübasyondan 30 dakika sonra % 4,93'e, 1,5 saat sonra % 4,33'e, 2,5 saat sonra % 4,05'e, soğutma sonunda da % 3,88'e düştüğü tespit edilerek,

Çizelge 1. Yoğurt üretim ve muhafazası sırasında ortalama % şeker miktarları

	% ŞEKER FRAKSİYONLARI					(% TOPLAM)
	GALAKTOZ	GLUKOZ	α-LAKTOZ	β-LAKTOZ	α+β LAKTOZ	
STANDARDİZE SÜT	0,03 a ±0,01 l	0,10 a ±0,01 l	2,31 a ±0,05 l	3,70 a ±0,19 l	6,01	6,14
İNKÜBASYON 1. SAAT	0,07 a ±0,01	0,22 ab ±0,01	2,26 a ±0,17	3,33 ab ±0,15	5,99	5,88
İNKÜBASYON 2. SAAT	0,23 b ±0,015	0,44 b ±0,02	1,94 ab ±0,11	2,66 bc ±0,12	4,60	5,27
İNKÜBASYON 3. SAAT	0,35 bc ±0,005	0,45 b ±0,13	1,63 ab ±0,18	2,15 cd ±0,11	3,78	4,58
DEPOLAMA 1. GÜN	0,37 c ±0,065	0,77 c ±0,015	1,13 b ±0,20	1,42 d ±0,08	2,55	3,69
DEPOLAMA 3. GÜN	0,39 c ±0,01	0,81 c ±0,01	1,13 b ±0,18	1,58 d ±0,06	2,71	3,91
DEPOLAMA 7. GÜN	0,40 c ±0,01	0,76 c ±0,01	1,99 ab ±0,17	1,69 d ±0,14	3,68	4,80
HKO	0,001	0,005	0,063	0,061		
LSD	0,131	0,250	0,880	0,865		

a,b,c,d: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,01).

sonuçlarımızla benzerlik göstermiştir. Galaktoz oranlarının ise bu süreler içerisinde araştırmamızda olduğu gibi yükseldiği, ancak glukoz değerlerinin inkübasyon ve soğutma sırasında azaldığı belirlenmiştir (MOUILLET ve ark. 1977). Desmaison ve arkadaşları (1990) tarafından yapılan bir araştırmada inkübasyonun başlangıcından 2. saatin sonuna kadar şeker içeriklerine bakıldığında araştırma sonuçlarımızda olduğu gibi, laktoz oranının düşerek glukoz ve galaktoz oranının arttığı bulunmuştur.

Çeşitli ülkelerde üretilen ticari yoğurtların içerdikleri şeker oranları ile ilgili çalışmalarda; yoğurt örneklerinde tespit edilen laktoz ve galaktoz oranlarının araştırma sonuçlarımızla uyum sağladığı, glukoz oranlarının ise daha düşük olduğu görülmüştür.

İngiltere ve İran'da üretilen bazı ticari yoğurtlarda laktozun % 1,05 - % 5,99, galaktozun % 0,05 - % 1,7, glukozun % 0,04 - % 0,38 değerleri arasında bulunduğu tespit edilmiştir (AZADEH ve ark. 1980). Danimarka'da yapılan bir çalışmada 35 sade yoğurt örneğinin laktoz miktarı % 1,86 - % 3,11 arasında ortalama % 2,94±0,31, galaktoz miktarı % 0,88-% 1,40 arasında ortalama % 1,14±0,13, glukoz miktarı da % 0,01'in altında bulunmuştur (PEDERSEN, 1981). Salji ve arkadaşları (1987)da Suudi Arabistan'daki süt işletmelerinden alınan yoğurtlarda ortalama laktoz miktarının % 3,19 olduğunu belirlemişlerdir.

Araştırmamızda depolama sırasında yoğurt örneklerinde şeker oranlarının farklı değişimler gösterdiği bulunmuştur. Depolamanın 1. gününde % 0,37 olan galaktoz miktarı; 3. günde % 0,39 ve 7. günde % 0,40'a yükselmiştir. Glukoz miktarı ise aynı günlerde sırası ile % 0,77, % 0,81 ve % 0,76 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 1. gününe kadar düşüş gösteren α- ve β- laktoz oranı 3.ve özellikle 7. günde artış eğilimine girmiştir (Çizelge 1). Bu durum laktaz aktivitesinin yani laktozun parçalanmasıyla süt asidi oluşumunun depolamanın 1. gününe kadar devam ettiği, bundan sonra aktivitenin azalarak yada durarak parçalanmanın çok az olduğu veya hiç olmadığı anlamına gelmektedir.

Azadeh ve arkadaşları (1980); ticari yoğurtlarda % 1,5 - % 5,99 arasında bulunan laktozun araştırmamızda olduğu gibi depolamanın 4. gününe kadar düşüş gösterdiğini; ancak galaktozun 3.günde % 1,6 ile en yüksek değerine ulaştığını tespit etmişlerdir. Ocampo ve arkadaşları (1981)da aynı şekilde inkübasyon sonunda % 2,88 - % 3,25 laktoz içeren yoğurt örneklerinde bu değer depolamadan 2 gün sonra % 2,47 - % 2,88'e düştüğünü belirlemişlerdir. Bir diğer çalışma da Mouillet ve arkadaşları (1977) tarafından yapılmış olup; laboratuvar şartlarında üretilen yoğurtlarda soğutma sırasında tespit edilen % 0,01 glukoz 7 gün depolama sonunda bulunamamış, galaktoz ise % 1., 3'den % 1,16'ya yükselmiştir. Laktoz oranı da sonuçlarımızda olduğu gibi azalarak % 3,88'den % 3,65'e düşmüştür. Desmaison ve arkadaşları (1990) ise; piyasadan toplanan ve +4°C de depolanan yoğurt örneklerinde başlangıçta ortalama % 3,93 oranında bulunan laktozun 5 güne kadar depolamada ortalama % 3,90, 20 güne kadar ise % 3,75'e düştüğünü,

başlangıçta % 1,04 olan galaktoz miktarının da 5 gün sonra değişmediğini, 15 gün sonra % 1,10'a yükseldiğini belirlemiştir.

Araştırma sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesinde, varyans analizine göre gerek inkübasyon gerekse depolama süresinin yoğurt örneklerinin galaktoz, glukoz,  $\alpha$ -laktöz ve  $\beta$ -laktöz değerleri üzerinde etkili olduğu bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). t-testi ile yapılan değerlendirme sonucunda yoğurtlarda bulunan en düşük galaktoz oranının standardize süt ve inkübasyonun ilk 1 saatinde elde edildiği ve bu değerlerin istatistiki yönden önemli farklar göstermediği, en yüksek oranların inkübasyonun 3. saati ile depolama sonuna kadar tespit edildiği belirlenmiştir. Glukoz oranlarının da standardize süt ve inkübasyonunun 1. saatinde en düşük, depolamanın 1., 3. ve 7. günlerinde en yüksek oranda bulunduğu belirlenmiştir. Standardize süt ve inkübasyonun 1. saati ile depolamanın 1. ve 3. günlerinde elde edilen  $\alpha$ -laktöz değerleri arasındaki farklar ise istatistiksel yönden önemli bulunmuştur.  $\beta$ -laktöz oranının da en fazla standardize süt ve inkübasyonun 1. saatinde, en az da inkübasyonunu 3. saati ile 1., 3. ve 7. depo günlerinde bulunduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,01$ ). (Çizelge 1).

## SONUÇ

Araştırmada yoğurt yapımı ve muhafazası sırasında tespit edilen esas karbonhidratların öncelikle  $\alpha$ -laktöz ve  $\beta$ -laktöz ile glukoz ve galaktoz olduğu belirlenmiştir. Inkübasyon başlangıcından depolamanın 1. gününe kadar toplam şekerin azalması laktöz fermentasyonunun bu devrede devam ettiğini göstermektedir. Toplam şeker içindeki glukoz ve galaktoz oranının artışı ise laktözün laktik aside çevrilmesinden önce monosakkaritlerine parçalandığını ifade etmektedir. 1. depolama gününden sonra karbonhidratlarda genel olarak gözlenen artış bu devreden sonra laktaz aktivitesinin durmasına ve yoğurtta su kaybindan kaynaklanan kurumadde artışına yorumlanabilir.

## KAYNAKLAR

- AÇIKGÖZ, N. 1988. Tarımda Araştırma ve Deneme Metodları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 478, İzmir.
- ANONYMOUS. 1981. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. SEGEM Yay. No: 103, Ankara.
- AZADEH, B., A. ABDULNOUR, P.M. BRAMLEY, R.S. MENZIES. 1979. The quantitative analysis of sugars in commercially - available yoghurts. Proceedings of Nutrition Society 38 (2) 394. "Almn." D.S.A. 42 (2) 1980.
- BLANC, B. 1974. Valeur des produits laitiers fermentés dans l'alimentation moderne. Buchdruckerei Kühn and Co., Schaffhausen 3614314. Tire - a - part du Laitier romand no 21 et 23.
- BATHEN, G. 1977. Laktoseinholdet i syrned melkeprodukter. Saertrykk av Meieriposten. Nr. 9, 1 -7.
- DEAN, A.C. 1978. Method for the estimation of available carbohydrates in food. Food Chem. 3(4) 241-250. "Almn." D.S.A. 43 (6) 1981.
- DEMAISON, A.M., H.PASCAUD, M. TIXIER. 1990. Teneur en lactose et en galactose des yogurts et des lait's fermentes. Sciences Des Aliments 10 (2) 357-368.
- GOODENOUGH, E.R., D.H. KLEYN. 1976. Qualitative and quantitative changes in carbohydrates during the manufacture of yoghurt. Journal of Dairy Science 59 (1) 45-48.
- GÖNÇ, S., E. AKÇİÇEK, S. ENFİYECİ. 1990. Yoğurdun terapötik etkisi. E.Ü. Ziraat fakültesi Dergisi 27 (2) 245-264.
- GÖNÇ, S. 1994. Yoğurtta fermentasyon, aroma maddelerinin oluşumu ve yoğurtmanın önemi. III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sem. 2-3 Haziran 1994, İstanbul.
- HAKERLERLER, H., N. SAATÇI, S. HEPAKSOY, U. AKSOY, L. UÇDEMİR. 1994. Bazı kayısı ve şeftali meyve çeşitlerinin karbohidrat fraksiyonları ile bunların yaprak ve meyvelerindeki besin maddeleri içerikleri ile ilişkileri. E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 31 (1) 17-24.
- MOUILLET, L., F.M. LUOQUET, J.F. BOUDIER. 1977. Determination des sucres par chromatographie en phase gazeuse. Application a la mesure de l'activite de la beta-galactosidase dans les ultrafiltrats de lactoserum et a l'etude de l'evolution du lactose dans les yaourts nature. Le Lait, 57, 1-18.
- OCAMPO, J.C., M. LOPEZ LOZANO, H.A. AINCIBURU,. 1979. Conversion of lactose to glucose - galactose and lactic acid in yoghurt. Revista de la Facultad de Agronomia Universidad National 55 (1-2) 79-83. "Almn." D.S.A. 43 (7) 1981.
- PEDERSEN, H. 1981. Carbohydrates, lactic acids and citric acid in liquid milk products. 243. Beretning. Statens Forsogsmejeri 3400, Hillerod.
- RASIC, L.L.J., J.A. KURMANN. 1978. Yoghurt. Scientific Grounds Technology, Manufacture and Preparations 1. Tech. Dairy Pub. House, Denmark.
- ROMERO, C., S. JIMENEZ-PEREZ, A. GOICOECHEA. 1988. Hatbarkeit von kühlgelagertem Joghurt. Deutsche Molkerei - Zeitung (22) 686-689.
- SALJI, J.P., W.N. SAWAYA, M. AYAZ, A. MASHHADI. 1987. Production Processing and Quality Assessment of dairy products in the Western Province of Saudi Arabia. Milchwissenschaft 42 (1) 27-31.
- SHANLEY, R.M. 1973. Analysis of free sugars in yoghurt. The Australian Journal of Dairy Tech. 2 (28) 58-60.
- YÖNEY, Z. 1974. Süt Kimyası. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yay. 530. Ders Kitabı: 175, Ankara.