

Süt Verimi ve Bileşimine Genetik, Biyokimyasal ve Çevresel Faktörlerin Etkisi

Cafer Öztürk^{1,a} 

¹Kafkas University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Biochemistry, Kars, Türkiye.

^aORCID: 0000-0002-9976-0805

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

caferiozturk@gmail.com

Başvuru/Submitted: 27/03/2025

1. Revizyon/1st Revised: 10/04/2025

Kabul/Accepted: 19/05/2025

Yayın/Online Published: 30/06/2025

Atıf/Citation: Öztürk, C. (2025). Süt Verimi ve Bileşimine Genetik, Biyokimyasal ve Çevresel Faktörlerin Etkisi. *Kafkasya Journal of Health Sciences*, 2(1), 21-27.

Doi: [10.5281/zenodo.15700957](https://doi.org/10.5281/zenodo.15700957)

Authorship Contributions: The study was designed by C.O. It was also written and read.

Financial Disclosure: This research received no grant from any funding agency/industry.

Conflict of Interest: The authors declared that there is no conflict of interest.

Öz

Süt, biyokimyasal içeriği ve üretim miktarı açısından birçok genetik ve çevresel faktör tarafından şekillenen kompleks bir biyolojik sıvıdır. Bu derleme, süt bileşimi ve verimi üzerinde belirleyici olan hayvan ırkı, laktasyon dönemi, yaş, sağlık durumu, çevresel sıcaklık, sağım zamanı ve yöntemi, besleme stratejileri, hayvanın psikolojik durumu ve bakım uygulamaları gibi faktörlerin bilimsel temellerini ele almayı amaçlamaktadır. Süt üretiminde genetik yapı temel belirleyici olmakla birlikte, besleme rejimi, çevresel stres faktörleri ve yönetim uygulamalarının da süt miktarı ve bileşimi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Laktasyonun ilerleyen evrelerinde süt veriminde azalma gözlemlenirken, makro ve mikro besin bileşenlerinde kayda değer değişimler meydana gelmektedir. Özellikle yetersiz beslenme, patolojik durumlar ve çevresel stres unsurları, sütün biyokimyasal kompozisyonunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Sağımın sıklığı ve yöntemi, süt salgılanma mekanizmaları üzerinde belirleyici olup, optimal sağım uygulamaları verimliliği artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, hayvan refahı ve bakım koşulları, süt üretim süreçleri üzerinde doğrudan etkili olup, optimal yönetim stratejilerinin geliştirilmesi sürdürülebilir süt üretimi açısından elzemdir.

Anahtar Kelimeler: Besleme, laktasyon, sağım, süt bileşimi, süt verimi.

The Effect of Genetic, Biochemical and Environmental Factors on Milk Yield and Composition

Abstract

Milk is a complex biological fluid shaped by many genetic and environmental factors in terms of its biochemical content and production amount. This review aims to address the scientific basis of factors such as animal breed, lactation period, age, health status, environmental temperature, milking time and method, feeding strategies, psychological state of the animal and care practices which are determinants of milk composition and yield. Although genetic structure is the main determinant of milk production, feeding regime, environmental stress factors and management practices also have important effects on milk quantity and composition. While a decrease in milk yield is observed in the later stages of lactation, significant changes occur in macro and micronutrient components. Especially malnutrition, pathological conditions and environmental stress factors can negatively affect the biochemical composition of milk. The frequency and method of milking are determinant on milk secretion mechanisms and optimal milking practices play a critical role in increasing productivity. In addition, animal welfare and care conditions have a direct impact on milk production processes, and the development of optimal management strategies is essential for sustainable milk production.

Keywords: Feeding, lactation, milking, milk composition, milk yield.

Giriş

Süt ve süt ürünleri, insanların beslenmesinde ilk sıralarda yer alan en önemli hayvansal kaynaklı gıdaların başında gelmektedir. Dünya süt üretiminin %96 gibi büyük bir kısmı büyükbaş hayvanlardan karşılanmakta olup inek sütü bu üretimde %83'lük payla ilk sırada yer almaktadır. İnek sütü, tüm süt ürünleri arasında en yaygın olarak tüketilendir. İçecek olarak tüketiminin yanı sıra, çok çeşitli süt ürünlerinin üretiminde hammadde olarak da kullanılmaktadır. Sonuç olarak, inek sütü hakkında diğer türlerin sütlerine kıyasla daha fazla bilgi mevcuttur (FAO, 2024). Süt veriminin hem miktarı hem de bileşimi üzerinde etkili olan çok sayıda faktör tespit edilmiştir. Süt bileşimini değiştirebilecek faktörleri inceleyen bir araştırmanın sonuçlarının geçerliliğini sağlamak için, bu faktörlerin kontrol edilmesi önemlidir. 1995 ve 2001 yılları arasında Roche ve ark. (2009) tarafından yürütülen bir çalışma, hava şartları, ot kalitesi ve ot mineral konsantrasyonunun birleşik etkisinin süt sığırları üretimindeki varyasyonun %22'sini açıkladığını göstermiştir. Ayrı bir çalışmada, Roesch ve ark. (2005) organik ve entegre tarım sistemlerindeki ineklerin performansını incelemiştir. Süt veriminin, sistemden bağımsız olarak ırk (özellikle Holstein), konsantre yemleme, rutin meme daldırma ve kışın artan açık hava erişimi ile pozitif ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Organik ve entegre ineklerde daha düşük süt veriminin ırk, beslenme, yönetim ve meme sağlığı gibi bireysel hayvan ve çiftlik içi faktörlere atfedilebileceği sonucuna varmışlardır. İlgili bir çalışmada, Waiblinger ve ark. (2002) aile tarafından işletilen 30 küçük süt çiftliğini incelemiş ve yönetimin sağım sırasında ineklerle etkileşime girme konusunda olumsuz bir tutum sergilediği çiftliklerde süt üretiminin daha düşük olduğunu öne sürmüşlerdir. İnek sütünün bileşimi hem hayvanın kendisine hem de içinde bulunduğu ortama özgü çok sayıda faktörden etkilenir. Bu faktörler beslenme (Larsen ve ark.2010), ırk (Palladino ve ark. 2010), bireysel hayvan genetiği (Soyeurt ve ark.2008) ve laktasyon aşamasını (Stoop ve ark.2009), yönetim (Coppa ve ark., 2013) ve mevsim (Heck ve ark. 2009) ve bunların etkileşimleri (Stergiadis ve ark. 2013) süt bileşimini etkilemektedir ve bu etkilerin arkasındaki mekanizmaların çoğu henüz tam olarak anlaşılmamıştır.

Süt Bileşimini Etkileyen Faktörler

Sütün temel bileşenleri su, yağ, protein, laktoz ve minerallerdir. Sütün bileşimi sırasıyla şu şekildedir: su (%88,32), karbonhidrat (%4,52), protein (%3,22), yağ (%3,25), kül (%0,69) (USDA-ARS, 2004). Süt bileşimi çok sayıda faktörden etkilenir (Schwendel ve ark.2015). Sütün kalitesi, kimyasal bileşimine ve genetik, beslenme, coğrafi köken, laktasyon dönemi, mevsim, sağlık durumu (yani hayvanın sağlıklı veya hasta olması), işleme, depolama, kontaminasyon, sahtecilik

vb. dahil olmak üzere bir dizi faktöre bağlı olarak değişime tabidir. Metabolitlerin büyük bir kısmı süt hayvanlarının hücre aktiviteleri ve metabolizmalarından kaynaklandığından, süt hayvanlarının türleri ve ırkları süt kalitesinin belirlenmesinde birincil faktör olarak kabul edilir. Çevre, besleme sistemi ve süt hayvanlarının durumu (örneğin gebelik, laktasyon, hastalık) gibi ikincil faktörler de süt verimi ve bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Süt sağımı sonrası süte uygulanan ısıtma işlemi, soğutma ve depolama gibi işlemlerde sütün kimyasal bileşimlerinde mikrobiyal reaksiyonlar yoluyla süt kalitesini ayrıca etkiler. Bu faktörlere ek olarak, sütün kalitesi, sütün üretimi, işlenmesi ve depolanması sırasında herhangi bir aşamada meydana gelebilecek kontaminasyon ve sahtecilik nedeniyle tehlikeye girebilir (Suh 2022). Süt verimini ve bileşimini etkileyen faktörler iki ana gruba ayrılabilir. Birincisi genetik yapı veya ırk, diğer etken ise çevresel ve beslenme faktörleri ile beslenme dışındaki diğer faktörler oluşturmaktadır.

Genetik Yapı veya Irk

Sütün bileşimi, yapısı ve fizikokimyasal özellikleri, farklı genetik özelliklere sahip süt hayvanı türleri ve ırkları arasında değişiklik göstermektedir. Tarihsel olarak süt sığırları, manda, keçi, koyun ve develer tarafından üretilmiştir. Sığırlar 1960'larda küresel üretimin %90'ından fazlasını oluşturarak süt üretiminin birincil kaynağı iken, sığır dışı süt oranı kademeli olarak artarak günümüze kadar ilerlemiştir. Bu gelişme, sığır dışı sütün işlevselliğini vurgulamakta ve potansiyel olarak geleneksel sığır sütünün yerini alacak alternatif bir gıda kaynağı olma potansiyelinin altını çizmektedir. Sonuç olarak, sütün kalitesini ve güvenliğini sağlamak için türe veya ırka özgü düzenleyici standartlara olan ihtiyaç artmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, sütteki bileşimsel ve yapısal farklılıkların yalnızca genetik özelliklerle ilgili olmadığını, aynı zamanda süt hayvanı türlerinin sindirim davranışlarıyla da bağlantılı olduğunu göstermiştir (Ye ve ark. 2019, Roy ve ark. 2020). Bu bulgu, sığır sütünden daha kolay sindirilebilir veya tolere edilebilir olduğu gösterilen sığır sütü dışındaki bazı sütlerin (keçi sütü) sergilediği ayırt edici özellikler için kısmi bir açıklama sunmaktadır (Ye ve ark. 2019). Ayrıca, aynı tür içinde, farklı ırklar sütün kimyasal bileşiminde ve kalitesinde farklılıklara yol açabilir. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) tabanlı metabolomik yaklaşım kullanılarak sığır ve keçi sütündeki metabolik farklılıkları incelemek için bir çalışma yapılmıştır (Scano ve ark. 2014). Çalışma, keçi ve sığır sütü arasındaki şeker (örn. glikoz, fruktoz, riboz, taloz) ve amino asit (örn. glisin, valin) seviyelerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. İstatistiksel bir yöntem (çok değişkenli regresyon) kullanan metabolik sonuçlar, %5 kadar az miktarda sığır sütü içeren keçi sütünü saf keçi

sütünden başarılı bir şekilde ayırmış ve böylece modelin keçi sütü taşımasının tespitinde uygulanabilirliğini göstermiştir. Sonraki bir çalışma (Caboni ve ark. 2019) keçi ve koyun sütünün metabolik özelliklerini araştırmış ve iki tür arasında çeşitli metabolik farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, koyun sütünde keçi sütüne kıyasla daha yüksek seviyelerde miyo-inositol, sitrat, arabitol, α -ketoglutarik asit, gliserik asit ve glisin ve daha düşük seviyelerde mannoz-6-fosfat, valin, piroglutamik asit, fukoz ve lösin gözlenmiştir. Her bir türde bol miktarda bulunan metabolitler, toplam süt proteinleri ve yağ içeriği ile ilişkilendirilmiş ve bu da metabolomların her bir türün sütünün bileşimi ve kalitesindeki rolünü göstermiştir. Ayrıca, başka bir çalışmada (Yang ve ark. 2016) nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi ve sıvı kromatografi-kütle spektrometresi (LC-MS) tabanlı metabolomik kullanılarak altı süt hayvanı türünde (sığır, manda, yak, keçi, at ve deve) süt metabolitleri izlenmiştir. Analiz, sığır sütünün göstergesi olduğu ve onu diğer süt hayvanlarının sütünden ayırdığı gösterilen süksinik asit ve kolin gibi metabolitlerin varlığını ortaya koymuştur. Diğer süt hayvanı grupları arasında, amino asit biyosentezi ve lipid metabolizması (örn. gliserofosfolipidler, doymamış yağ asitleri) ile ilişkili metabolitler, ruminant (manda, yak, keçi) ve ruminant olmayan (at, deve) hayvanlar arasında farklı şekilde ifade edilmiş olup, bu metabolitlerin hayvanların sindirim davranışlarından etkilendiğini düşündürmektedir. LC-MS tabanlı metabolomiklerin kullanıldığı bir çalışmada sığır, at ve keçi sütünde metabolik farklılıklar tespit edilmiştir (Wu ve ark. 2021). Çalışma, farklı türler (sığır, at ve keçi) arasında metabolizmalarda değişiklikler olduğunu ve bu değişikliklerin bazılarının (örneğin gliserofosfolipidler, linoleik asit, araşidonik asit) altı süt hayvanının karşılaştırılmasından elde edilen önceki bulgularla örtüştüğünü ortaya koymuştur (Wu ve ark. 2021; Yang ve ark. 2016). Bu bulgu, çeşitli süt türlerinde farklı şekilde ifade edilebilen ve farklı türlerden sütlerin ayırt edilmesinde faydalı olabilecek temel metabolizmaların varlığına işaret etmektedir. Elde edilen metabolit bilgileri daha sonra, farklı hayvanlardan elde edilen sütün besin değerini ve bebek maması olarak potansiyelini değerlendirmek amacıyla insan sütü metabolomu ile karşılaştırılmıştır. Irka özgü metabolomikler bağlamında, Holstein ve Jersey olmak üzere iki farklı sığır ırkının süt metabolitlerini analiz etmek için nükleer manyetik rezonans (NMR) tabanlı metabolomiklerin kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır (Sundekilde ve ark. 2011). Laktoz ve karnitin de dahil olmak üzere metabolitlerin seviyelerinin ırklar arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiş, bu da süt örneklerini irka göre sınıflandırmak için kullanılabileceklerini düşündürmüştür. LC-MS kullanılan bir başka çalışmada, üç manda ırkının (Akdeniz, Murrah ve Crossbred) sütünde farklı metabolitler ve ilişkili metabolizmalar tespit edilmiştir (Shi ve ark.2021).

Araştırmada yağ asidi biyosentezi (oleik asit, risinoleik asit, 12-hidroksisteirik asit, 16-hidroksiheksadekanoik asit ve konjuge linoleik asit) ve gliserolipid metabolizması (monogliseritler: MG (14:0), MG (20:2), digliseritler: DG (8:0/8:0), DG (10:0/8:0), etil tetradekanoat, sorbitan palmitat, vb. farklı manda ırkları arasında farklılık gösterdiği bulunmuştur. Bu bulgu, manda ırklarında süt kalitesinin değerlendirilmesinin lipid bolluğu ve metabolizmasının analizi ile kolaylaştırılabileceğini göstermektedir. Metabolomik, genetiği değiştirilmiş (GD) sığırlardan elde edilen süte de uygulanmıştır (Wang ve ark.2020). LC-MS ve GC-MS analizlerinin kullanımı, kontrol (CK) sütüne kıyasla GD sütte artan şeker (ksiloz, ksilüloz ve ribüloz), şeker alkolleri (arabitol, sorbitol ve mannitol) ve şeker asitleri (glukuronik asit) ve amino şeker metabolitleri (N-asetilgalaktozamin, vb.) seviyelerini ortaya çıkarmıştır. Buna ek olarak, çalışmada fukoz-1-fosfat (Fuc-1P), glukoz-6-fosfat (Glc-6P), fruktoz-6-fosfat (Fru-P), galaktoz-1-fosfat (Gal-1P), mannoz-6-fosfat (Man-6P) ve diğerleri dahil olmak üzere fosforlanmış şekerlerin varlığı tespit edilmiştir. Gözlemlenen fosforlanmış şekerler, enerji üretim süreci için aşağı akış şekerlerinin ve şeker alkollerinin öncüleri olarak hizmet ettiğinden, glikoliz ve pentoz fosfat yolu gibi enerji metabolizmasının GD sığırlarda farklı şekilde ifade edileceği varsayılmaktadır. Bu farklı ifadenin GD sütün besin değerini ve kalitesini etkileyeceği öngörülmektedir.

Çevresel ve Beslenme Faktörleri

Çevresel faktörlerin (örneğin mevsimler, coğrafi kökenler) ve besinsel faktörlerin (örneğin besleme sistemleri) süt bileşimi ve veriminde farklılıklara neden olabileceği görülmektedir. Günümüzde, yüksek besin değerine sahip süte yönelik artan tüketici talebi ve beklentileri, coğrafi kökenlerin ve besleme programlarının düzenlenmesi ile birleştiğinde, bu faktörleri süt üretimi alanında çok önemli hususlar haline getirmiştir. Mevsimsel verim ve kimyasal bileşim örneğin yağ farklılıkları dikkate değer bir örnektir (Yano ve ark.2014). Bölge ve rakım gibi coğrafi özelliklerin de süt kalitesini etkilediği gösterilmiştir (Pu ve ark. 2021). Aslında, yemlerin bileşimi coğrafi kökenlere ve mevsimlere göre değişebildiğinden ve süt hayvanlarını ve süt üretimini etkileyebildiğinden, çevresel faktörler beslenme faktörleriyle yakından ilişkilidir (Schwendel ve ark. 2015). Beslenme perspektifinden bakıldığında, geleneksel ve organik yem uygulamaları gibi besleme sistemleri, süt kalitesinin birincil belirleyicileri olarak kabul edilmektedir ve çok sayıda grup tarafından kapsamlı araştırmaların odak noktası olmuştur (Rocchetti ve ark., 2020, Manis ve ark., 2021;). Bu çalışma, LC-MS ve NMR spektroskopisi (Tian ve ark. 2016) ve amino asitler (izolösin, glisin, prolin, orotik asit) kullanılarak kontrollü bir ortamda (tür, diyet vb.) sıcak hava koşulları (ısı stresi) altında sığır sütündeki metabolik değişiklikleri araştırmaktadır. Bu çalışmanın bulguları,

sıcak hava koşulları altında sığırlarda karbonhidrat, lipid ve amino asit metabolik yollarının değiştiğini göstermiştir. Ayrıca, sıcak hava koşullarında bağırsak mikrobiyomlarından türetilen trimetilamin seviyesinde önemli bir değişiklik gözlemlenmiştir, bu da yüksek sıcaklığın sığırlarda bağırsak mikrobiyomunu bozabileceğini göstermiştir. Sığır sütündeki lipid içeriğindeki mevsimsel değişimler de LC-MS kullanan başka bir grup tarafından doğrulanmıştır (Liu ve ark. 2017). Bu çalışmada, polar lipidlerin (PC, SM, fosfatidiletanolaminler (PE), vb.) sağım mevsimi boyunca (ilkbahardan sonbahara) kademeli olarak arttığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, bu dönemde ısı stresinin varlığı aydınlatılmayı beklemektedir. Bir başka çalışmada, farklı rakımlarda üretilen manda sütündeki metabolik farklılıklar sıvı kromatografi-quadrupole time-of-flight kütle spektrometrisi kullanılarak değerlendirilmiştir (Pu ve ark., 2021). Düşük ve orta rakımlı bölgelerden elde edilen sütler, yüksek rakımlı bölgelerden elde edilen sütlerle kıyasla daha yüksek amino asit (örn. piroglutamik asit, glutamin) ve mikro besin (piridoksin, B6 vitamini) konsantrasyonları göstermiştir. Düşük rakımlı bölgelerden gelen süt, amino şekerlerin, nükleotid şekerlerin ve galaktozun metabolizmasında rol oynayan karbonhidratların (mannoz-1-fosfat (Man-1P), glukoz-1-fosfat (Glc-1P), Gal-1P, vb) nispeten yüksek seviyelerini sergilemiştir. Buna karşılık, yüksek rakımlı yerlerden gelen süt, yağ asidi biyosentetik yolu ile ilişkili olan serbest yağ asitlerinin (örneğin, dodekanoik asit, kaprilik asit, kaprik asit, palmitik asit, miristik asit) nispeten yüksek seviyelerini göstermiştir. Sonuçlar, düşük rakımlı yerlerden elde edilen sütün, şekerler, amino asitler ve vitaminler dahil olmak üzere yüksek besin içeriğine sahip fonksiyonel süt üretimi için çok uygun olabileceğini göstermiştir. Buna karşılık, yüksek rakımlı yerlerden elde edilen süt, önemli miktarlarda yağ asidi sentezine elverişli olan çiğ süt üretimi için daha uygun olabilir. Hem büyük ölçekli dağıtım merkezlerini hem de yerel çiftlikleri kapsayan farklı çiftliklerden gelen sütleri birbirinden ayırmak için NMR tabanlı bir metabolomik yaklaşım kullanılmıştır (Tenori ve ark. 2018). Kısmi en küçük kareler ve kanonik analiz (PLS-CA) istatistiksel modeli, metabolit profilleri ile sütün coğrafi kökenini tahmin etmek için bazı yararlı bilgiler sağlamış olsa da, mevsimsel varyasyonlar ve beslenme faktörleri gibi diğer faktörlerin de süt bileşimini etkilemesi muhtemel olduğundan, sağlam bir sonuç için daha fazla araştırma yapılması gerekebilir. Yüksek besin kalitesine sahip süt üretimine yönelik artan talep, son yıllarda özellikle beslenme sistemleri (yani beslenme faktörleri) ile ilgili olarak metabolomik araştırmalara odaklanan çalışmalarda bir artışa neden olmuştur. Geleneksel ve biyolojik olarak beslenen mandalardan toplanan sütün metabolit mikroizlemesi nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Mazzei ve Piccolo, 2018).

Temel bileşen analizi (PCA) tekniği kullanılarak metabolit verilerinin analizi, iki farklı beslenme

grubunun başarılı bir şekilde ayırt edilmesini sağlamıştır. Biyolojik olarak beslenen mandaların sütü, bol miktarda laktoz ve PC ile tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri gibi bazı lipidlerle karakterize edilmiştir. Benzer bir sonuç, organik sığır sütü üzerine yapılan bir çalışmada da bildirilmiştir (Tsiafoulis ve ark. 2019) burada doymamış yağ asitlerinin (9-cis, 11-trans-konjuge linoleik asit, linoleik asit, α -linolenik asit) bileşiminin organik sütte konvansiyonel süte kıyasla önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgu, organik beslemenin süt hayvanlarında yağ asidi yollarının düzenlenmesi yoluyla daha yüksek seviyelerde faydalı yağ asitleri ile beslenme kalitesini artırdığını göstermektedir. 2021 yılında, meraya dayalı bir besleme sistemi altında yetiştirilen sığırların sütünde bulunan metabolitlerin analiz edildiği bir çalışma yürütülmüştür (Ashokan ve ark. 2021). Çalışmada, otlayan ve otlamayan sığırların sütünde farklı ifade sergileyen toplam 35 metabolit (karbonhidratlar, nükleositler, amino asitler ve vitamin türevleri dahil) tespit edilmiştir. Bir diğer tartışma konusu da, mısır ve saman bazlı diyetler başta olmak üzere, farklı diyetlerin süt kalitesi üzerindeki etkisidir. Farklı besleme rejimlerine (mısır, saman ve saman ile taze yem karışımı) sahip sığırlardan elde edilen sütün kimyasal bileşimi LC-QTOF-MS kullanılarak araştırılmış ve farklı besleme sistemlerinin sütte metabolik farklılıklara yol açabileceği ortaya konmuştur (Rocchetti ve ark., 2020). Süt örneklerinin analizi, 3,3',4',5'-tetrahidroksistilben ve schisandrin gibi fenolik metabolitler de dahil olmak üzere bazı ayırt edici metabolitlerin varlığını ortaya koymuştur. Bu metabolitler yemden elde edilirken, PC, DG, SM ve TG dahil olmak üzere lipidler gibi diğerleri hayvanlardan elde edilmiştir. Yüksek çözünürlüklü kütle spektrometresi (DART-HRMS) ile birleştirilmiş gerçek zamanlı doğrudan analiz, mısır, mera samanı ve ekin silajı ile saman bazlı diyetlerin karışımından elde edilen sütün kimyasal profillerini doğrulamak için kullanılmıştır (Riuzzi ve ark. 2021) Yirmi beş metabolit (laktat, hidroksisinnamik asit, glutamik asit, kreatinin, nogramin, metil 2-furoat, MG(18:2), MG(20:2), MG(22:2), O-metillenmiş flavonoid, palmitik asit, gliserik asit, vb) yem botanik kökenleri arasında ayırım yapmak amacıyla sütteki göstergeler olarak seçilmiştir. Ayrıca, GC-MS tabanlı bir metabolomik yaklaşım kullanılarak koyun sütündeki farklı otlatma sistemlerindeki kimyasal bileşimlerin bir karşılaştırması yapılmıştır (Scano ve ark. 2020).

Beslenme Dışındaki Diğer Faktörler

Süt hayvanlarında gebelik, laktasyon ve hastalık gibi durumlar süt bileşimi ve veriminin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Süt bileşenlerinin (proteinler, lipidler, besin maddeleri, su vb.) transselüler ve paraselüler yollarla süte taşınması için genel yollar vardır. Bu yolların düzenlenmesi karmaşıktır ve taşıma ve salgılama süreçlerini etkileyen bir dizi biyolojik mekanizma aracılığıyla gerçekleşir. Bu mekanizmaların kendileri de süt

hayvanlarındaki çeşitli hormonal, gelişimsel, fizyolojik ve patolojik durumlardan etkilenmektedir. Paraselüler yoldaki akışın gebelik veya iltihaplanma ile önemli ölçüde değişebileceği ve bunun da süt verimi ve kalitesinde değişikliklere neden olabileceği gösterilmiştir (McManaman ve Neville, 2003). Laktasyon da süt hayvanlarının karmaşık bir biyolojik aktivitesidir. Laktasyonun başlatılması ve sürdürülmesi, meme bezindeki bir dizi farklı biyokimyasal ve endokrinolojik süreç tarafından yönetilir. Laktasyon aşaması, süt üretimi ve beslenme kalitesi üzerindeki önemli etkisi nedeniyle genetikten metabolizmaya kadar çeşitli biyolojik seviyelerde kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (Quinn ve ark. 2020). Geçiş dönemi olarak bilinen ve süt hayvanlarının süt üretmediği bir diğer aşama, çeşitli araştırma grupları tarafından çalışma konusu olmuştur (López-Racendo ve ark. 2021). Metabolik açıdan bakıldığında, laktasyon aşaması enerji metabolizmasıyla yakından bağlantılıdır çünkü süt sentezi önemli miktarda enerji ve besin gerektirir. Erken laktasyon döneminde süt hayvanları, yem alım kapasitelerinin süt üretimi ve bakımı için enerji gereksinimlerini karşılayamaması nedeniyle sıklıkla negatif enerji dengesi veya enerji açığı yaşar (Vries ve Veerkamp, 2000). Erken laktasyon döneminde enerji dengesini iyileştirmek ve süt kalitesini artırmak amacıyla, beslenme yönetimi ve kuru dönemin azaltılması gibi stratejiler kullanılmaktadır (Rastani ve ark. 2005, Santos ve ark. 2008). Süt hastalıklarının süt hayvanlarının vücudunda önemli patofizyolojik değişikliklere neden olduğu ve bunun sonucunda süt üretimini ve bileşimini olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bazı durumlarda, bu durum ürün güvenliği ile ilgili endişelere yol açabilir. Ketozis, mastitis ve süt humması gibi önemli süt hastalıkları, süt çiftlikleri için zorluk teşkil etme potansiyeline sahiptir (Pacheco ve ark. 2018, Zhang ve Ametaj, 2020, Hu ve ark. 2021). Sonuç olarak, bu hastalıkların etkili bir şekilde tespit ve teşhis edilmesi, süt çiftliklerinin sorunların daha da kötüleşmesini önlemesi ve ekonomik kayıpları en aza indirmesi için gereklidir. Örneğin ketozis; idrarda, kanda ve sütte keton cisimlerinin yüksek seviyelerde bulunması ile karakterize edilir ve süt hayvanlarında buzağılamadan sonraki laktasyonun ilk birkaç haftasında ortaya çıkar (Zhang ve Ametaj 2020, Schmitz ve ark. 2021). Metabolik bir bozukluk olan süt humması, süt hayvanları laktasyonun başlangıcında yüksek miktarda kalsiyum talebine uyum sağlayamadığında ortaya çıkar (Pacheco ve ark.2018). Bu durum, anormal derecede düşük kan kalsiyum seviyeleri (hipokalsemi) ile karakterize edilir ve kalsiyum homeostazının bozulmasına neden olur. Süt hayvanlarında yaygın bir hastalık olan mastitis, süt üretiminin düzenlendiği ve düzenlendiği bez dokusunda kalıcı bir enflamatuar reaksiyon ile karakterize edilir (Pacheco ve ark. 2018). Mastitis, patojenik enfeksiyon (örn. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus*) ve genetik ve

evresel faktörler dahil olmak üzere çeşitli faktörler tarafından tetiklenir (Hu ve ark. 2021).

Bu hastalıklar laktasyonla ilişkili olduğundan ve meme bezinde bir dizi metabolik süreci içerdiğinden, süt metabolizması (laktasyonun bir ürünü olarak) süt hayvanlarında değişen metabolizma ve hastalık durumunda süt kalitesi hakkında anlamlı bilgiler sağlayabilir. Laktasyon süreci, araştırmacıların farklı laktasyon aşamalarındaki sütlerde incelediği çok sayıda çalışmanın odak noktası olmuştur (Klein ve ark. 2010, Tomassini ve ark. 2019). Erken ve geç laktasyon aşamalarındaki sığırların sütündeki metabolik farklılıkların araştırılmasında nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi kullanılmıştır (Klein ve ark. 2010). Bu çalışmanın bulguları, sütte β -hidroksibütirat ve aseton gibi metabolitlerin varlığını göstermiş ve bunların erken laktasyondaki sığırların durumuyla ilişkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, laktasyonun sonlarında β -hidroksibütirat seviyesinde bir düşüş gözlenmiş ve bu da β -hidroksibütiratın laktasyon aşamasının potansiyel bir belirteci olarak kullanılabileceğini düşündürmüştür (Tomassini ve ark. 2019). Ayrıca, çalışmada laktasyon sırasında elde edilen diğer ayırt edici metabolitler (örn. 1,2-propandiol, bütirik asit, Gal-1P, Glc-1P, N-asetilglukozamin) tanımlanmış ve bunlardan bazılarının enerji metabolizmasına dahil olduğu bulunmuştur (O'Callaghan ve ark. 2021). Kolostrum ve olgun sütün amino asit içeriğini karşılaştıran bir başka çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmış ve kolostrumda 14 amino asitte (valin, lösin, izolösin, fenilalanin, histidin, treonin, metiyonin, triptofan, glisin, etanolamin, prolin, 3-metilhistidin, hidroksprolin ve sarkozin) önemli artışlar bulunmuştur. Sığırlarda süt somatik hücre sayısındaki (SHS, mastitis enfeksiyonunun bir göstergesi) değişikliklerle bağlantılı olan sütteki metabolik değişiklikleri belirlemek için NMR tabanlı bir metabolomik çalışması yapılmıştır (Sundekilde ve ark. 2013). Bu çalışmanın sonuçları, süt SHS seviyelerinin subklinik veya klinik mastitis iltihabı varlığında arttığını ve süt örneklerinde artan laktat, asetat, izolösin, bütirik asit ve β -hidroksibütirat seviyeleri ve azalan hippurik asit ve fumarat seviyeleri ile güvenilir bir şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu metabolitler, hastalık altındaki süt kalitesi hakkında bazı bilgiler sağlayarak mastitis teşhisi için potansiyele sahiptir. Gelişmiş bir NMR spektroskopi tekniği kullanan yeni bir çalışma (2021), mastitis sütünde hippurik asit ve fumarat seviyelerinin azalmasıyla birlikte yüksek laktat, asetat, izolösin ve β -hidroksibütirat seviyelerini göstererek bu bulguyu desteklemiştir. Çalışma ayrıca, tirozin de dahil olmak üzere ilave aday metabolitlerin potansiyel biyobelirteçler olarak daha fazla araştırılması gerektiğini öne sürmüştür. mastitis sütünde glisin, prolin, lösin, valin, arginin, dimetilamin, laktoz, maltoz, kolin, N-asetilglukozamin, kreatin, kreatinin, karnitin, O-asetil-karnitin, trimetilamin N-oksit, sitrat, 2-oksooglutarat, cis-akonitat, vb. Bu bulgu 2021 yılında Zhu ve arkadaşları tarafından rapor edilmiştir. Zhu ve

ark. (2021) tarafından gösterildiği gibi, amino asit metabolizması (glisin, serin ve treonin metabolizması ve fenilalanin, tirozin ve triptofan biyosentezi) ve trikarboksilik asit (TCA) döngüsü dahil olmak üzere ilgili metabolik yollar, bu bileşiklerdeki değişikliklere dayanarak tanımlanmıştır. LC-MS kullanılarak sağlıklı ve mastitisli sığırların metabolomikleri üzerine yapılan bir çalışma, subklinik ve klinik mastitisli sığırlardan alınan süt örneklerinin sağlıklı sığırlardan alınan örneklerle kıyasla daha düşük seviyelerde karnitin ve gliserol-1-fosfat ve daha yüksek seviyelerde arginin ve bir dipeptid olan Leu-Leu içerdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, lipid (gliserofosfolipidler) ve peptid metabolizmalarının da mastitisten etkilendiğini göstermektedir (Xi ve ark. 2017). Ketozis ve süt hummasının patogenezi ağırlıklı olarak süt hayvanlarının plazma veya serumunda çalışılmıştır ve bu derlemenin kapsamı dışındadır (Zhang ve ark. 2017, Wu ve ark. 2020). Bununla birlikte, nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi kullanılarak sığır sütünde yapılan bir metabolomik çalışma, laktasyonun ilk haftalarında sütteki GPC/PC oranının ketoz riski için hassas ve seçici bir prognostik gösterge olarak hizmet edebileceğini göstermiştir (Klein ve ark. 2012).

Sonuç

Süt verimi ve bileşimini özellikle genetik yapı/ırk faktörü etkilemekle birlikte biyokimyasal süreçler, sürü yönetim uygulamaları ve hayvan refahı gibi birçok değişkenin etkileşimiyle şekillenmektedir. Özellikle enzimatik aktiviteler, hormonal düzenlemeler ve metabolik süreçler gibi biyokimyasal faktörler sütün besin içeriği ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak çevresel ve besleme uygulamaları sürü yönetiminde doğru uygulanması olumlu sonuçlar sağlar iken yanlış uygulanması da olumsuz yönde katkı sağlamaktadır. Bu nedenle çevresel ve beslenme stratejilerinin optimizasyonu süt verimi ve bileşimine olumlu katkı sağlayarak süt verimi ve kalitesinin artmasına, sonuçta sürdürülebilir bir üretimi ve insan sağlığına katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Ashokan, M., Ramesha, K. P., Hallur, S., Karthikkeyan, G., Rana, E., Azharuddin, N., ... & Keshava Prasad, T. S. (2021). Differences in milk metabolites in Malnad Gidda (*Bos indicus*) cows reared under pasture-based feeding system. *Scientific Reports*, 11(1), 2831.
- Caboni, P., Murgia, A., Porcu, A., Manis, C., Ibba, I., Contu, M., & Scano, P. (2019). A metabolomics comparison between sheep's and goat's milk. *Food research international*, 119, 869-875.
- Coppa, M., Ferlay, A., Chassaing, C., Agabriel, C., Glasser, F., Chilliard, Y., ... & Martin, B. (2013). Prediction of bulk milk fatty acid composition based on farming practices collected through on-farm surveys. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4197-4211.
- De Vries, M. J., Veerkamp, R. F. (2000). Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of dairy science*, 83(1), 62-69.
- Heck, J. M. L., Van Valenberg, H. J. F., Dijkstra, J., & Van Hooijdonk, A. C. M. (2009). Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of dairy science*, 92(10), 4745-4755.
- Hu, H., Fang, Z., Mu, T., Wang, Z., Ma, Y., & Ma, Y. (2021). Application of metabolomics in diagnosis of cow mastitis: a review. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 747519.
- Klein M. S., Almstetter, M. F., Schlamberger, G., Nürnberger, N., Dettmer, K., Oefner, P. J., ... & Gronwald, W. (2010). Nuclear magnetic resonance and mass spectrometry-based milk metabolomics in dairy cows during early and late lactation. *Journal of dairy science*, 93(4), 1539-1550.
- Klein M. S., Buttchereit, N., Miemczyk, S. P., Immervoll, A. K., Louis, C., Wiedemann, S., ... & Gronwald, W. (2012). NMR metabolomic analysis of dairy cows reveals milk glycerophosphocholine to phosphocholine ratio as prognostic biomarker for risk of ketosis. *Journal of proteome research*, 11(2), 1373-1381.
- Larsen, M. K., Nielsen, J. H., Butler, G., Leifert, C., Slots, T., Kristiansen, G. H., & Gustafsson, A. H. (2010). Milk quality as affected by feeding regimens in a country with climatic variation. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 2863-2873.
- Liu, Z., Logan, A., Cocks, B. G., & Rochfort, S. (2017). Seasonal variation of polar lipid content in bovine milk. *Food Chemistry*, 237, 865-869.
- López Radcenco, A., Adrien, M. D. L., Rupprechter, G., de Torres, E., Meikle, A., & Moyna, G. (2021). Monitoring the transition period in dairy cows through 1H-NMR-based untargeted metabolomics. *Dairy*, 2(3), 356-366.
- Manis C., Addis M., Sitzia, M., Scano, P., Garau, V., Cabiddu, A., Caboni P. (2021). Untargeted lipidomics of ovine milk to analyse the influence of different diet regimens. *Journal of Dairy Research*, 88(3), 261-264.
- Mazzei P., Piccolo, A. (2018). NMR-based metabolomics of water-buffalo milk after conventional or biological feeding. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 5, 1-10.
- McManaman J. L., & Neville, M. C. (2003). Mammary physiology and milk secretion. *Advanced drug delivery reviews*, 55(5), 629-641.
- O'Callaghan, T. F., O'Donovan, M., Murphy, J. P., Sugrue, K., Tobin, J. T., McNamara, A. E., ... & Brennan, L. (2021). The bovine colostrum and milk metabolome at the onset of lactation as determined by 1H-NMR. *International Dairy Journal*, 113, 104881.
- Pacheco, H. A., Da Silva, S., Sigdel, A., Mak, C. K., Galvão, K. N., Texeira, R. A., ... & Peñagaricano, F. (2018). Gene mapping and gene-set analysis for milk fever incidence in Holstein dairy cattle. *Frontiers in genetics*, 9, 465.
- Palladino, R. A., Buckley, F., Prendiville, R., Murphy, J. J., Callan, J., & Kenny, D. A. (2010). A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. *Journal of Dairy Science*, 93(5), 2176-2184.
- Pu J., Vinitchaikul, P., Gu, Z., Mao, H., & Zhang, F. (2021). The use of metabolomics to reveal differences in functional substances of milk whey of dairy buffaloes raised at different altitudes. *Food & Function*, 12(12), 5440-5450.
- Quinn, E. M., O'Callaghan, T. F., Tobin, J. T., Murphy, J. P., Sugrue, K., Slattey, H., Hickey, R. M. (2020). Changes to the oligosaccharide profile of bovine milk at the onset of lactation. *Dairy*, 1(3), 2.
- Rastani, R. R., Grummer, R. R., Bertics, S. J., Gümen, A., Wiltbank, M. C., Mashek, D. G., & Schwab, M. C. (2005). Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: Milk production, energy balance, and metabolic profiles. *Journal of dairy science*, 88(3), 1004-1014.
- Riuzzi, G., Tata, A., Massaro, A., Bisutti, V., Lanza, I., Contiero, B., ... & Segato, S. (2021). Authentication of forage-based milk by mid-

- level data fusion of (+/-) DART-HRMS signatures. *International Dairy Journal*, 112, 104859.
- Rocchetti, G., Gallo, A., Nocetti, M., Lucini, L., & Masoero, F. (2020). Milk metabolomics based on ultra-high-performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry to discriminate different cows feeding regimens. *Food Research International*, 134, 109279.
- Roche, J. R., Turner, L. R., Lee, J. M., Edmeades, D. C., Donaghy, D. J., Macdonald, K. A., ... & Berry, D. P. (2009). Weather, herbage quality and milk production in pastoral systems. 4. Effects on dairy cattle production. *Animal Production Science*, 49(3), 222-232.
- Roesch, M., Doherr, M. G., & Blum, J. W. (2005). Performance of dairy cows on Swiss farms with organic and integrated production. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2462-2475.
- Roy D. Ye, A., Moughan, P. J., & Singh, H. (2020). Composition, structure, and digestive dynamics of milk from different species – A review. *Frontiers in Nutrition*, 7, 577759.
- Santos, J. E. P., Bilby, T. R., Thatcher, W. W., Staples, C. R., & Silvestre, F. T. (2008). Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 23-30.
- Scano, P., Murgia, A., Pirisi, F. M., & Caboni, P. (2014). A gas chromatography-mass spectrometry-based metabolomic approach for the characterization of goat milk compared with cow milk. *Journal of dairy science*, 97(10), 6057-6066.
- Scano, P., Carta, P., Ibba, I., Manis, C., & Caboni, P. (2020). An untargeted metabolomic comparison of milk composition from sheep kept under different grazing systems. *Dairy*, 1(1), 30-41.
- Schmitz, R., Schnabel, K., Frahm, J., von Soosten, D., Meyer, U., Hüther, L., Dänicke, S. (2021). Effects of energy supply from roughage and concentrates and the occurrence of subclinical ketosis on blood chemistry and liver health in lactating dairy cows during early lactation. *Dairy*, 2(1), 25-39.
- Schwendel, B. H., Wester, T. J., Morel, P. C. H., Tavendale, M. H., Deadman, C., Shadbolt, N. M., & Otter, D. E. (2015). Invited review: Organic and conventionally produced milk—An evaluation of factors influencing milk composition. *Journal of dairy science*, 98(2), 721-746.
- Shi W. Yuan, X. Cui, K. Li, H., Fu, P., Rehman, S. U. Li, Z. (2021). LC-MS/MS based metabolomics reveal candidate biomarkers and metabolic changes in different buffalo species. *Animals*, 11(2), 560.
- Soyeurt, H., Dardenne, P., Dehareng, F., Bastin, C., & Gengler, N. (2008). Genetic parameters of saturated and monounsaturated fatty acid content and the ratio of saturated to unsaturated fatty acids in bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3611-3626.
- Stergiadis, S., Seal, C. J., Leifert, C., Eyre, M. D., Larsen, M. K., Butler, G. (2013). Variation in nutritionally relevant components in retail Jersey and Guernsey whole milk. *Food Chemistry*, 139(1-4), 540-548.
- Stoop, W. M., Bovenhuis, H., Heck, J. M. L., & Van Arendonk, J. A. M. (2009). Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of dairy science*, 92(4), 1469-1478.
- Suh, J. H. (2022). Critical review: Metabolomics in dairy science—Evaluation of milk and milk product quality. *Food Research International*, 154, 110984.
- Sundekilde, U. K., Frederiksen, P. D., Clausen, M. R., Larsen, L. B., & Bertram, H. C. (2011). Relationship between the metabolite profile and technological properties of bovine milk from two dairy breeds elucidated by NMR-based metabolomics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(13), 7360-7367.
- Tenori L., Santucci C., Meoni G., Morrocchi V., Matteucci G., Luchinat C. (2018). NMR metabolomic fingerprinting distinguishes milk from different farms. *Food Research International*, 113, 131-139.
- Tian, H., Zheng N., Wang, W., Cheng, J., Li, S., Zhang, Y., & Wang, J. (2016). Integrated metabolomics study of the milk of heat-stressed lactating dairy cows. *Scientific reports*, 6(1), 24208.
- Tomassini, A., Curone, G., Solè, M., Capuani, G., Sciubba, F., Conta G.,Vigo, D. (2019). NMR-based metabolomics to evaluate the milk composition from Friesian and autochthonous cows of Northern Italy at different lactation times. *Natural Product Research*, 33(8), 1085-1091.
- Tsiafoulis C. G., Papaemmanouil, C., Alivertis, D., Tzamaloukas, O., Miltiadou, D., Balayssac, S., Gerothanassis, I. P. (2019). NMR-based metabolomics of the lipid fraction of organic and conventional bovine milk. *Molecules*, 24(6), 1067.
- Waiblinger, S., Menke, C., & Coleman, G. (2002). The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Applied animal behaviour science*, 79(3), 195-219.
- Wang Y., Nan, X., Zhao, Y., Wang, H., Wang, M., Jiang, L., Xiong, B. (2020). Coupling 16S rDNA sequencing and untargeted mass spectrometry for milk microbial composition and metabolites from dairy cows with clinical and subclinical mastitis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(31), 8496-8508.
- Wu R., Chen, J. Zhang, L. Wang, X. Yang, Y. Ren, X. (2021). LC/MS-based metabolomics to evaluate the milk composition of human, horse, goat and cow from China. *European Food Research and Technology*, 247(3), 663-675.
- Wu, Z. L., Chen, S. Y., Hu, S., Jia, X., Wang, J., & Lai, S. J. (2020). Metabolomic and proteomic profiles associated with ketosis in dairy cows. *Frontiers in Genetics*, 11, 551587.
- Xi, X., Kwok, L. Y., Wang, Y., Ma, C., Mi, Z., & Zhang, H. (2017). Ultra-performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight mass spectrometry MSE-based untargeted milk metabolomics in dairy cows with subclinical or clinical mastitis. *Journal of dairy science*, 100(6), 4884-4896.
- Yang Y., Zheng N. Zhao, X. Zhang, Y. Han, R. Yang, J. & Wang, J. (2016). Metabolomic biomarkers identify differences in milk produced by Holstein cows and other minor dairy animals. *Journal of proteomics*, 136, 174-182.
- Yano, M., Shimadzu, H., & Endo, T. (2014). Modelling temperature effects on milk production: a study on Holstein cows at a Japanese farm. *SpringerPlus*, 3, 1-11.
- Ye, A., Cui, J., Carpenter, E., Prosser, C., & Singh, H. (2019). Dynamic in vitro gastric digestion of infant formulae made with goat milk and cow milk: Influence of protein composition. *International Dairy Journal*, 97, 76-85.
- Zhang, G., Ametaj B. N. (2020). Ketosis an old story under a new approach. *Dairy*, 1(1), 5.
- Zhang, G., Dervishi, E., Dunn, S. M., Mandal, R., Liu, P., Han, B., Ametaj, B. N. (2017). Metabotyping reveals distinct metabolic alterations in ketotic cows and identifies early predictive serum biomarkers for the risk of disease. *Metabolomics*, 13, 1-15.
- Zhu, C., Tang, K., Lu, X., Tang, J., & Laghi, L. (2021). An untargeted metabolomics investigation of milk from dairy cows with clinical mastitis by 1H-NMR. *Foods*, 10(8), 1707.