

BÖLÜM 4

GIDA MADDELERİNDE MİKROORGANİZMALARIN MEYDANA GETİRDİĞİ BOZULMALARIN KİMYASI

1. Giriş

Gıda maddeleri tüketiciler tarafından görme, koklama, tatma ve dokunma gibi duyular yardımı ile seçilir ve satın alınır. Gerek pazarda satın alımda, gerekse de evlerde tüketim için hazırlamada, gıdanın tüketime elverişli olup olmadığına da bu duyular ile karar verilir. Ancak, tüketici bireylerin yaşam periyotları boyunca kazandıkları deneyimler farklı olduğu için, aynı gıda hakkında çelişkili kararlar verebilmektedirler.

Genel olarak gıda maddelerinin bozulmasından; böcek ve kemirgenler gibi küçük hayvanlar, fiziksel etkiler, enzimatik olmayan kimyasal değişiklikler, gıda maddesinin kendi doğal enzimleri ve mikroorganizma faaliyetleri sorumludur.

Mikroorganizmalar enerji temini ve hücrel çöğalma için çeşitli besin öğelerine ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaçlarını karşılamak üzere bir çok organik materyal üzerinde gelişip, bunlarda bazı değişimlere neden olurlar. Bu değişimler; gıda maddesi açısından değerlendirildiğinde, onun görünüşü, yapısal tekstürü, kokusu ve aroması üzerinde etkili olabilir. Görünüş bozukluğu olarak, vizkoz madde üretimi, renk değişimi ve gaz kesecikleri sonucu oluşan şişme gibi olaylar ile karşılaşılabılır. Tekstürel yönden gıda maddesinde yumuşama, hatta pelte haline gelme ve bazen sert kistlerin oluşumu, koku ve aroma yönünden ise amonyak, hidrojen sülfür, bütirik asit vb. kötü kokuların oluşumu ile karşılaşılabılır.

Gıda maddelerinde, belirtilen bir istenilmeyen mikrobiyal değişimlerin çeşitini etkileyen faktörler; gıdanın bileşimi (su, karbonhidrat, protein, yağ ve diğer besin öğeleri içeriği), bulaşık mikroorganizma türü ve sayısı ile bir önceki bölümde anlatılan, mikrobiyal faaliyeti etkileyen diğer iç ve dış faktörlerdir.

Gıda maddesinin bileşiminde çok farklı yapıda organik bileşikler bulunmakta ve gelişen mikroorganizmanın metabolitik aktivitesine bağlı olarak, bunların tümünde birbirinden farklı biyokimyasal değişimler ve sonuçta da çok değişik kimyasal yapıda ürünler ortaya çıkabilmektedir. Ancak, ders konusu içerisinde sadece gıdalardaki temel yapı maddelerinin parçalanması ve oluşan önemli ürünler ele alınacaktır. Bundan hareketle, gıdalardaki mikrobiyal bozulmalar iki ana başlık altında toplanmıştır.

- Azot İçeren Organik Bileşiklerde Oluşan Değişimler
- Azot İçermeyen Organik Bileşiklerde Oluşan Değişimler

2. Azot İçeren Organik Bileşiklerde Oluşan Değişimler

Gıda maddelerinde bulunan azotlu maddeler denilince, ilk akla gelen proteinlerdir. Proteinler peptid bağı ile bağlanmış amino asitlerden meydana gelirler. İşte kompleks yapıyı oluşturan bu peptid bağları, bazı mikroorganizmalar tarafından, sahip oldukları proteaz enzimi ile polipeptid ve dipeptidlere parçalanır. Proteazlar genellikle ekstra sellüler enzimler olup hücre dışındaki büyük molekülü proteinleri hidrolize ederek daha küçük ünitelere parçalarlar. Polipeptid ve dipeptidlerin insanı rahatsız edici kokuları yoktur. Ancak, acı ve istenilmeyen tat oluşumuna yol açabilirler.

Proteinlerin hidrolizi ile oluşan polipeptid ve dipeptidler de reaksiyonlarda görüldüğü üzere, peptidaz enzimleri ile daha basit peptidlere ve amino asitlere parçalanır. Genel olarak proteinlerin buraya kadar olan parçalanmaları arzu edilmeyen ürünler oluşturmaz, hatta bir kısım peynirlerin olgunlaşmasında belirli bir düzeyde serbest amino asit birikimi, karakteristik tat için gereklidir.



Proteinli gıdaların, kötü tat ve kokular vererek bozulmalarında ki asıl etken, amino asitlerin parçalanmasıdır. Bu sırada oluşan ürünler mikroorganizmanın türüne, amino asitin çeşitine, ortam sıcaklığı ve oksijenin var olup olmasına göre değişmektedir.

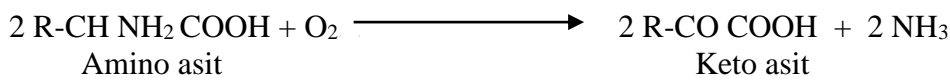
Amino asitlerin anaerobik parçalanması (putrefikasyon, kokuşma) sonucu genellikle kötü kokulu bileşikler (çeşitli aminler, indol, hidrojen sülfür, skatol, merkaptan, amonyak ve yağ asitleri gibi) meydana gelmektedir. Aerobik parçalanmada ise, genellikle kötü koku oluşmamaktadır. Aerobik parçalanmada oksidasyon olayı gerçekleşmekte ve bu durum “**çürüme**” olarak tabir edilmektedir.

Mikroorganizmaların amino asitler üzerine etkisi üç genelde temel mekanizma ile olmaktadır; deaminasyon, dekarboksilasyon ve transaminasyon. Oluşan bu üç temel reaksiyon ve parçalanma ürünleri ile amino asitlerin diğer parçalanma mekanizmaları aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Deaminasyon

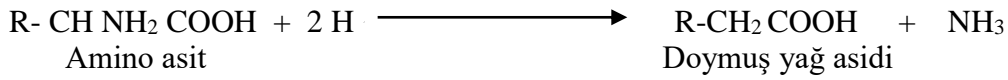
Bu olayda amino asit, amin (NH₂) grubu çıkarılarak hidrolize edilir. Başlıca üç tip deaminasyon vardır. Bunlar ve mekanizmaları aşağıdaki gibidir:

2.1.1. Oksidatif Deaminasyon



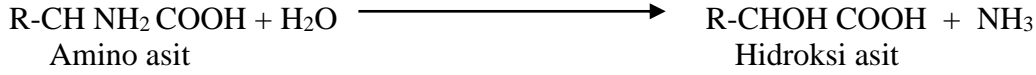
Reaksiyon formülünde görüldüğü gibi oksidatif deaminasyonda amino asitten amin grubu çıkarılarak, amino asit bir keto asit ve amonyağa dönüştürülmektedir.

2.1.2. Redüktif Deaminasyon



Bu reaksiyonda ise görüldüğü gibi amino asitten yine amin grubu uzaklaştırılmakta, ancak sonuçta doymuş yağ asiti ve amonyak meydana gelmektedir.

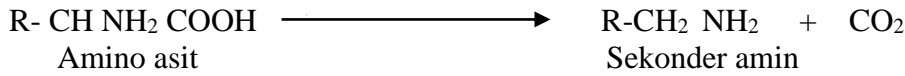
2.1.3. Hidrolitik Deaminasyon



Hidrolitik deaminasyonda da amino asitten amin grubu uzaklaştırılmakta, ancak, bu reaksiyon sonucu hidroksi asit ve amonyak meydana gelmektedir.

2.2. Dekarboksilasyon

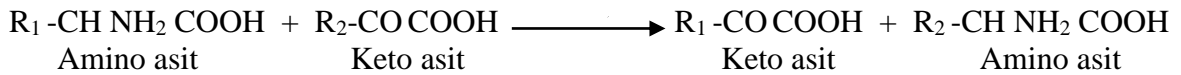
Bu olayda amino asit, karboksil grubundan (COOH) karbondioksit (CO₂) çıkarılarak hidrolize edilmektedir. Reaksiyon sonucunda CO₂ ve amin (R-CH₂ NH₂) meydana gelmektedir.



Mikroorganizmalar özellikle asit karakterli ortamlarda çoğaltıldıkları zaman, amino asitleri dekarboksilasyon ile parçalama yönüne hız verirler. Bu yüzden aminler genellikle 5.5 pH'nın altındaki ortamlarda meydana gelmektedir. Deaminasyon reaksiyonları ise daha ziyade alkali ortamlarda oluşmaktadır.

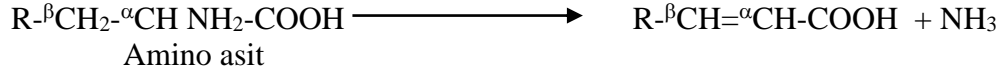
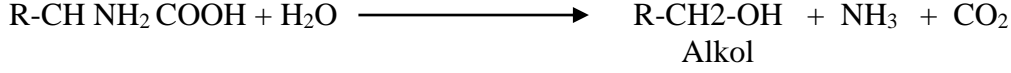
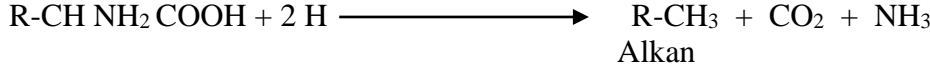
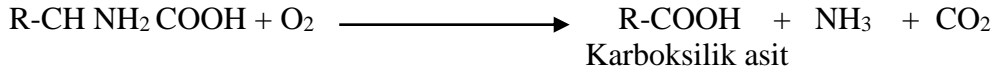
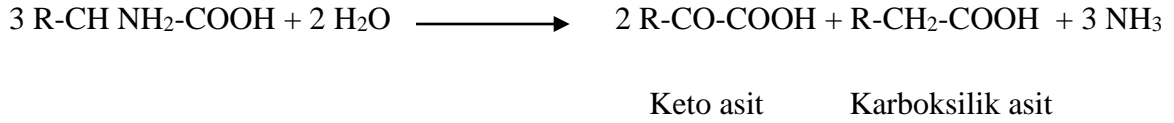
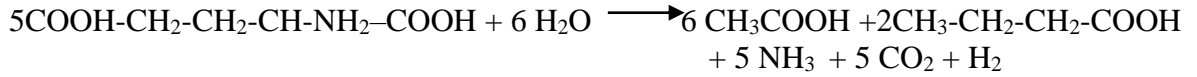
2.3. Transaminasyon

Bu olayda serbest amonyak meydana gelmeksizin bir amino asitin amino grubu ile bir α-keto asitin çift karbonlu oksijeni yer değiştirir. Sonuçta bir amino asitten bir keto asit, bir keto asitten de bir amino asit meydana gelmiş olur.

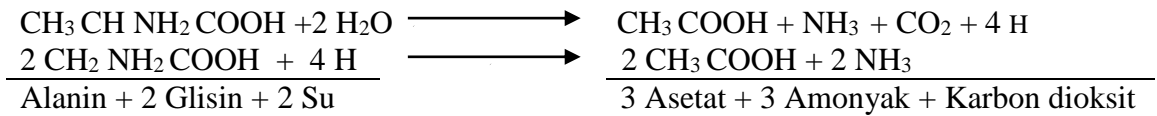


2.4. Aminoasitlerin Diğer Parçalanma Yolları

Amino asitlerin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasında takip edilen temel 3 metabolik yola ilaveten, yine mikroorganizmalar tarafından aşağıda belirtilen reaksiyonlar yolu ile de amino asitler parçalanmaktadır.

Deaminasyon ve Desaturasyon (α ve β pozisyonlarda)**Hidrolitik Deaminasyon ve Dekarboksilasyon****Redüktif Deaminasyon ve Dekarboksilasyon****Oksidatif Deaminasyon ve Dekarboksilasyon****Oksidasyon-Redüksiyon (Amino asit çiftleri arasında)****Anaerobik Parçalanma****Bağlantılı Oksidasyon-Redüksiyon (Stickland reaksiyonları)**

Amino asit parçalanmasında rastlanılan bazı özel durumlar da bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; bir çok amino asit ortamda tek başına bulunduğu parçalanmamaktadır. İlk olarak 1934 yılında Stickland *Clostridium sporogenes*'in alanin ve glisinini tek başına parçalayamadığı halde, ikisinin karışımını hızla parçaladığını saptamıştır. Bu reaksiyonun şu eşitliğe göre olduğunu belirtmiştir:



Bu reaksiyonlar için gerekli enerji birbirine bağlı olarak oluşan bir oksidasyon-redüksiyon reaksiyonu ile gerçekleşmektedir ki buna "Stickland reaksiyonu" denmektedir. Bu tür parçalanmaların meydana geldiği amino asitlerden alanin, lösin, izölösin, valin, serin ve methionin gibileri hidrojen donörü, glisin, prolin, arginin ve triptofan gibileri de hidrojen akseptörü olarak görev yapmaktadırlar.

Amino asit parçalanmasında dikkat edilecek ikinci husus; bir amino asit farklı reaksiyonlar ile parçalanabilir ve bunun sonucunda farklı ürünler oluşturabilir. Örneğin, triptofandan önemli olarak indol ve skatol oluşmaktadır. İndol üretimi bazı mikroorganizmaların özellikle koliformların identifikasyonunda kullanılır iken, skatol yüksek konsantrasyonda çok kötü kokuya neden olmaktadır. Sistein ve methionin gibi kükürt içeren amino asitlerin en önemli parçalanma ürünleri hidrojen sülfürdür. Lisin ve ornitin gibi amino asitler kadaverin ve putresin, arginin ise ornitin üzerinden putresine, histidin de histamine parçalanır. Biyojen aminler olarak tanımlanan bu parçalanma ürünleri (putresin, kadaverin ve histamin) toksik hatta kanserojen etkilidir. Amino asit metabolizmasından bunlara ilaveten, karbon dioksit, hidrojen, amonyak, organik asit, alkol, merkaptan gibi ürünler de meydana gelmektedir. Bu ürünlerden amonyak ve aminlerin oluşumu ortam pH'sının yükselmesine de neden olmaktadır.

Amino asit metabolizmasında bilinmesi gerekli üçüncü husus ise, aynı amino asitten farklı mikroorganizmaların farklı ürünler oluşturabileceğidir. Bazı amino asitlerden *E. coli* ile *Clostridium* ve *Pseudomonas* türlerinin oluşturduğu ürünler Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Bazı Amino Asitlerden Çeşitli Mikroorganizmaların Oluşturdukları Parçalanma Ürünleri

Amino Asit	Mikroorganizma Türü	Oluşan Metabolik Ürün
Glisin	<i>E. coli</i>	glikosilik asit, asetik asit, amonyak
	<i>Pseudomonas</i> türleri	metil amin, karbondioksit
	<i>Clostridium</i> türleri	asetik asit, amonyak, metan
Alanin	<i>E. coli</i>	α -keto asit, amonyak, karbondioksit
	<i>Pseudomonas</i> türleri	asetik asit, amonyak, karbondioksit
	<i>Clostridium</i> türleri	propiyonik asit, asetik asit, amonyak, karbondioksit
Serin	<i>E. coli</i>	pirüvik asit, amonyak
	<i>Clostridium</i> türleri	propiyonik asit, formik asit, amonyak

Yine mikroorganizmalar tarafından amino asit olmayan azotlu bileşenler de parçalanabilmektedir. Bunlardan amid, imid, üre, guanidin ve keratin temel ürün olarak amonyak oluşumu ile, amin, pürin ve pirimidinler ise temel ürün olarak karbon dioksit, organik asit ve az da olsa amonyak oluşturarak parçalanabilmektedir.

3. Azotsuz Organik Bileşiklerde Oluşan Değişimler

Azot içermeyen organik bileşikler mikroorganizmalar tarafından enerji temini için ve karbon kaynağı olarak kullanılır. Mikrobiyal faaliyet sonucu önemli ürünlere dönüşen bu bileşikler; karbonhidratlar, lipitler, organik asitler ve alkoller olarak belirtilebilir. Mikroorganizmaların bunlar üzerine tesirleri farklı olduğu için hepsini ayrı ayrı ele alarak incelemek gerekmektedir.

3.1. Karbonhidratlar

Karbonhidratlar, karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenden (O) oluşmuş organik bileşiklerdir. Bu komponentler $(CH_2O)_n$ formülüne göre değişik n sayısında polimerize olarak farklı

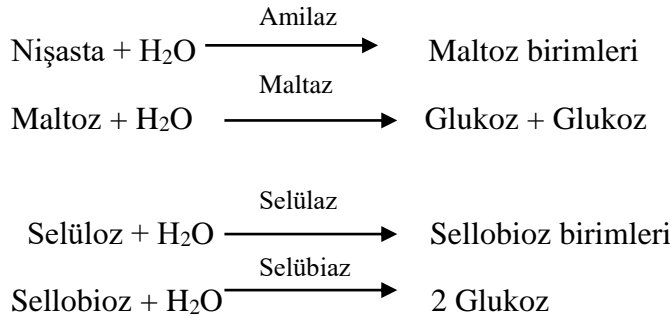
özellikle bileşikler oluştururlar. Mono, di ve polisakkarit olmak üzere 3 temel bölüme ayrılırlar. Mikrobiyal metabolizma açısından önem taşıyan bazı karbonhidratlar Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Karbonhidratlar ortamda bulunan mikroorganizmalar tarafından enerji kaynağı olarak, diğer gıda bileşenlerine göre öncelikli olarak kullanılırlar. Ortamda bulunan yüksek moleküllü karbonhidrat kaynakları (di, tri veya polisakkaritler) öncelikle kendilerini oluşturan monosakkaritlere parçalanır ve daha sonra metabolize edilirler. Gıda maddelerinde monosakkaritler bulunabilmekle beraber, doğal olarak en fazla bulunan disakkaritler ve polisakkaritlerdir. Bu yüzden mikroorganizmalar tarafından bunların kullanılabilmesi öncelikle, mikrobiyal enzimler tarafından monosakkaritlere hidroliz olabilmelerine bağlıdır.

Tablo 4.2. Mikroorganizmalar Tarafından Kullanılan Bazı Önemli Karbonhidrat Kaynakları

Monosakkaritler	Disakkaritler	Trisakkaritler	Polisakkaritler
Triozlar	Maltoz	Rafinoz	Homopolisakkaritler
Gliseraldehit	Laktoz	Melezitoz	Nişasta
Dihidroksiaseton	Sakkaroz		Selüloz
Pentozlar			Glikojen
Riboz			Dekstran
Deoksiriboz			Kitin
Heksozlar			Heteropolisakkaritler
Glukoz			Pektin
Galaktoz			Hyaluronik Asit
Fruktoz			

Bu işlem gerekli enzimleri içeren mikroorganizmalar tarafından aşağıda kısaca gösterildiği şekilde gerçekleştirilir:



Gıda maddelerinde yaygın olarak bulunan polisakkaritler selüloz, nişasta ve pektindir. Selüloz; bitkisel ürünlerde bulunan önemli yapısal karbonhidrat kaynağıdır. Ancak, selülaz ve selübiaz enzimlerine sahip mikroorganizmalar tarafından glukozla hidroliz edilebilir. Oluşan glukoz aşağıda geniş şekilde anlatıldığı üzere parçalanır.

Pektin; bitki dokusunun sertliğinin oluşturulmasında çok önem taşıyan bir heteropolisakkarittir. Bazı mikroorganizmalar tarafından oluşturulan pektolitik enzimler ile parçalanır ve üründe tekstürel yumuşama meydana gelebilir. Daha ileri parçalanmada ürün lapamsı bir hal alır. Pektini parçalayan enzimler aynı zamanda bitkisel materyalin tabiatında da vardır ve onun olgunlaşmasından sorumludur. Pektik enzimler içerisinde,

glukozidik bağları rastgele parçalayarak yumuşama ve erimeye neden olanların başlıcaları pektin esteraz, poligalakturonaz ve pektat transeliminazlardır.

Nişasta; birçok bitkisel ürünün önemli bir depo bileşenidir. Amilaz ve maltaz enzimi içeren mikroorganizmalar tarafından glukozu kadar hidroliz edilir ve glikolitik yolla ileri derecede parçalanmaya, oksidasyona uğrar.

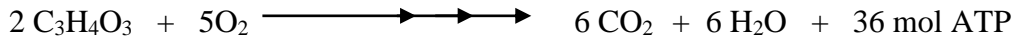
Di, tri ve polisakkaritlerin parçalanma ürünü olan glukoz mikroorganizmalar tarafından aerobik veya anaerobik olarak parçalanabilmektedir. Aerob parçalanması sonucu CO₂ ve suya ayrışırken, anaerob parçalanması sonucu asitler, alkoller gibi farklı ürünler oluşmaktadır. Glukozun son ürüne kadar parçalanması tek bir basamakta olmayıp bir seri reaksiyonları içermektedir. Her basamak birbirinden bağımsız olarak değişik enzimler tarafından kataliz edilmektedir. Glukozun prokaryotik ve/veya ökaryotik hücreler tarafından aerob veya anaerob parçalanmasında, temel bir ara ürün olan pirüvik asite kadar olan parçalanma reaksiyonları aynıdır ve glikolizis olarak adlandırılır. Glukoz ve bazı şekerlerin bu parçalanma basamakları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Temel ara ürün olarak pirüvik asit mikroorganizmanın metabolik parçalanma yoluna ve çevre şartlarına bağlı olarak fermentatif veya oksidatif olarak parçalanır.

3.1.1. Oksidatif Parçalanma (Aerobik Parçalanma)

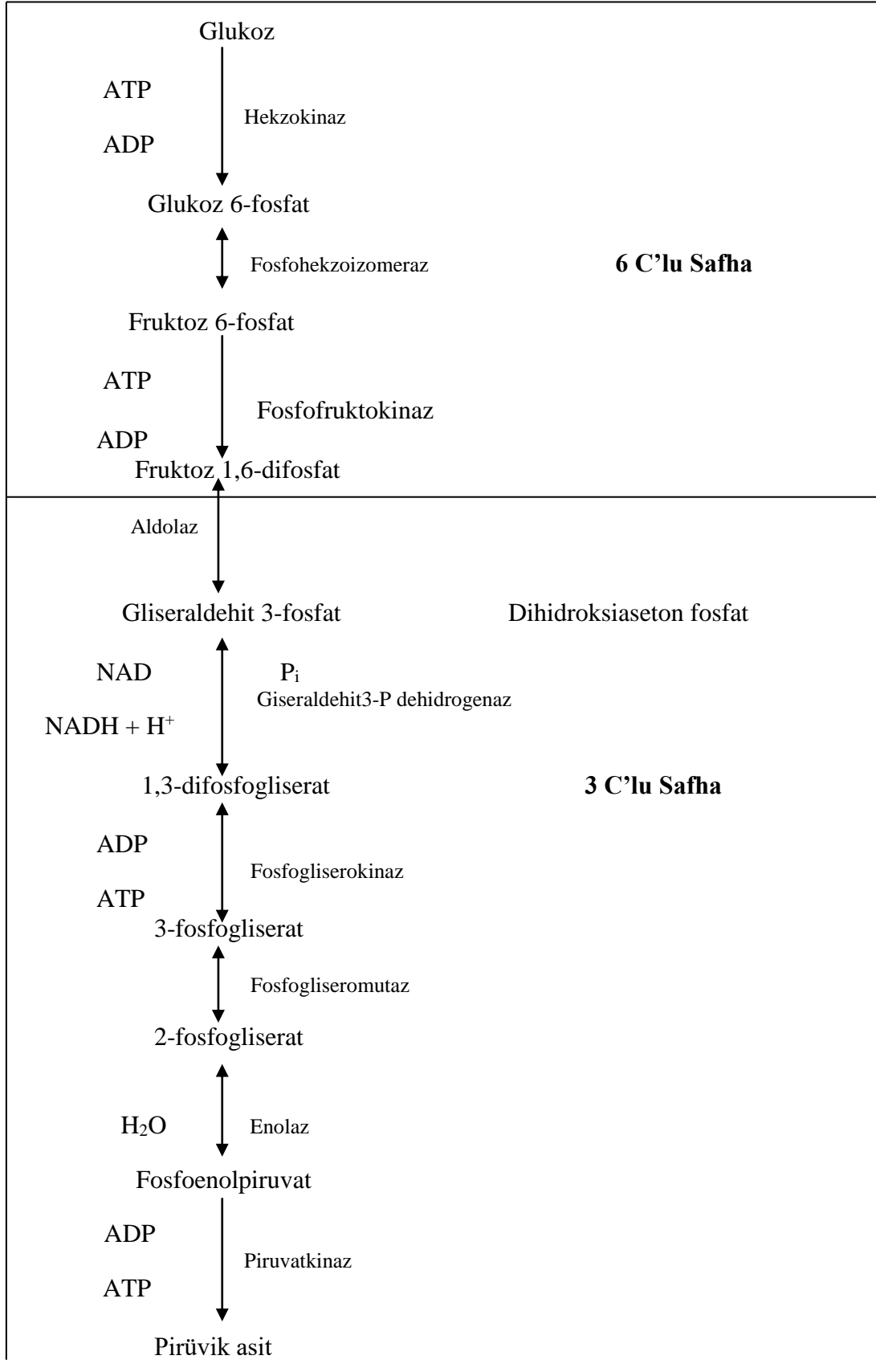
Oksijen bulunan ortamda pirüvik asitin trikarboksilik asit siklusu (TCA) (veya Krebs veya sitrik asit siklusu) ile CO₂ ve H₂O’ya kadar parçalanması olayıdır. Tam bir TCA devrine yalnızca aerob veya bazı fakültatif anaerob mikroorganizmalar sahip bulunmaktadır. TCA siklusu da Şekil 4.2’de görüldüğü üzere birçok basamağı içermektedir.

Şekil 4.1 ve 4.2’de açık olarak gösterildiği şekilde; glikolizis sonucu bir mol glukozdan oluşan 2 adet pirüvik asitten Krebs siklusu sonucunda 6 mol karbondioksit, 6 mol su oluşur ve 36 mol ATP sentezlenebilir.

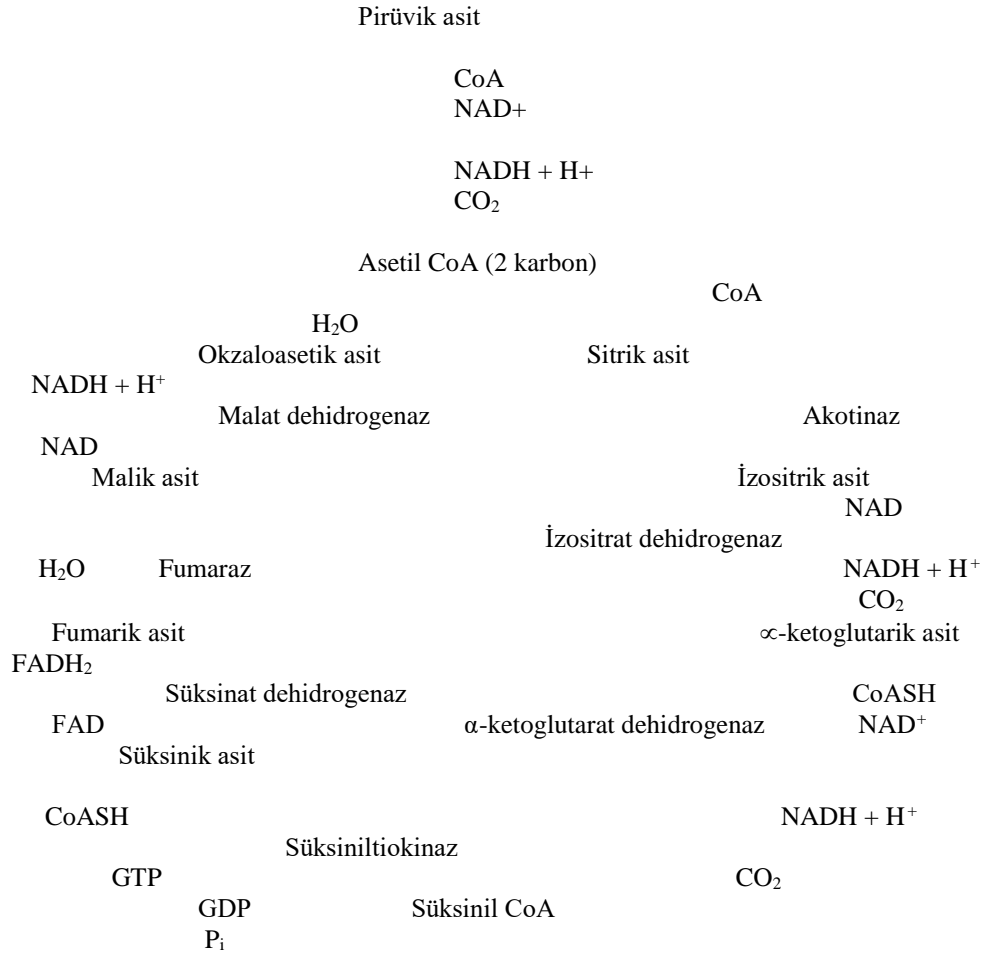


3.1.2. Anaerobik Parçalanma

Glukozun ortamda oksijen olmadığı durumlarda parçalanması olayıdır. Çok değişik ürünler meydana gelmektedir. Son elektron alıcısı anorganik madde (anaerobik solunum) veya organik bileşik (fermantasyon) olabilmektedir. Gıda maddelerinde meydana gelen bozulmalar veya bazı endüstriyel üretimler açısından önem taşıyan fermentasyon olayı 5 farklı şekilde gerçekleşmektedir.



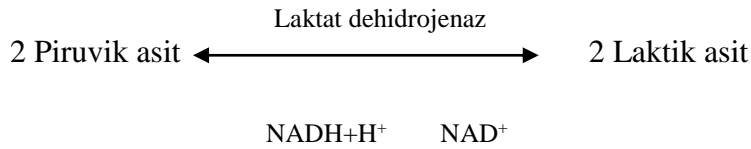
Şekil 4.1. Çeşitli şekerlerin glikolitik parçalanma yolu.



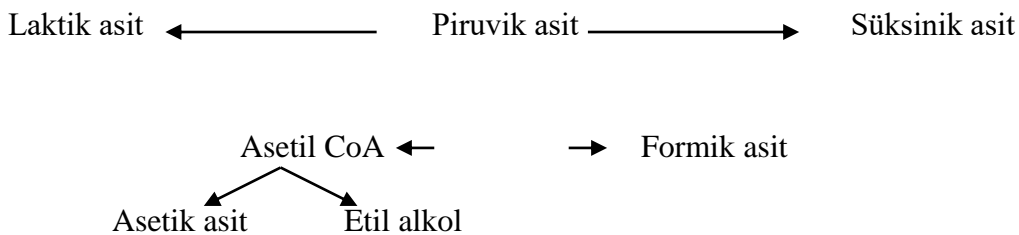
Şekil 4.2. Pirüvik asitin oksidatif parçalanması (Krebs Siklusu).

3.1.2.1. Laktik Asit Fermentasyonu

Homo ve heterofermentatif laktik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilişine göre farklı ürünler meydana gelir. Homofermentatif laktik asit bakterileri tarafından fruktoz difosfat yolu (FDP) kullanılarak şekerlerin parçalanması ile oluşan pirüvik asit reaksiyonda görüldüğü şekilde tek basamaklı bir reaksiyon ile laktik asite dönüştürülür.

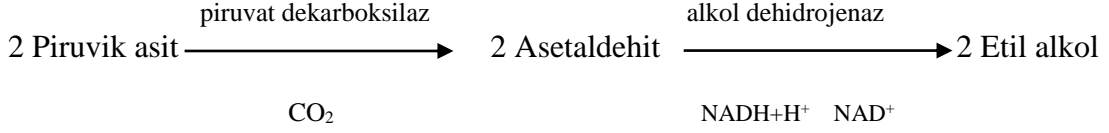


Heterofermentatif laktik asit bakterileri ise, şekerlerden heksos monofosfat yolunu (HMP) kullanarak oluşturdukları pirüvik asitin fermentasyon sonucunda ara ürünler olarak asetik asit, etil alkol, süksinik ve formik asit ile CO₂ de oluştururlar.



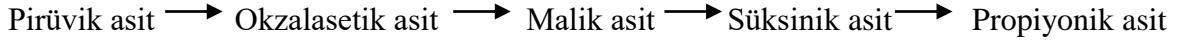
3.1.2.2. Alkol Fermentasyonu

Özellikle mayalar tarafından gerçekleştirilen etil alkol fermentasyonu gıda sanayii açısından büyük önem taşımaktadır. Bu fermentasyon ile mikroorganizmalar temel ara ürün olan pirüvik asitten alkol ve CO₂ oluşturmaktadırlar.



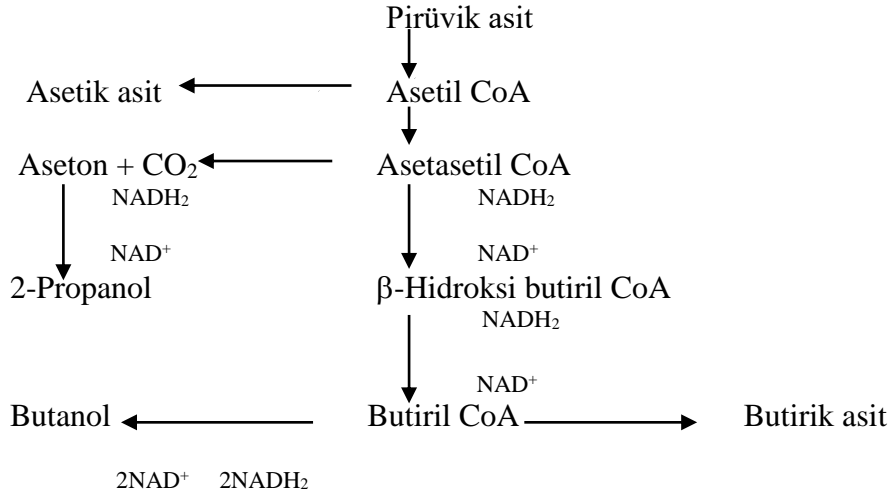
3.1.2.3. Propiyonik Asit Fermentasyonu

Bu fermentasyonda propiyonik asit bakterileri tarafından son ürün olarak propiyonik asit ve CO₂ oluşturulur.



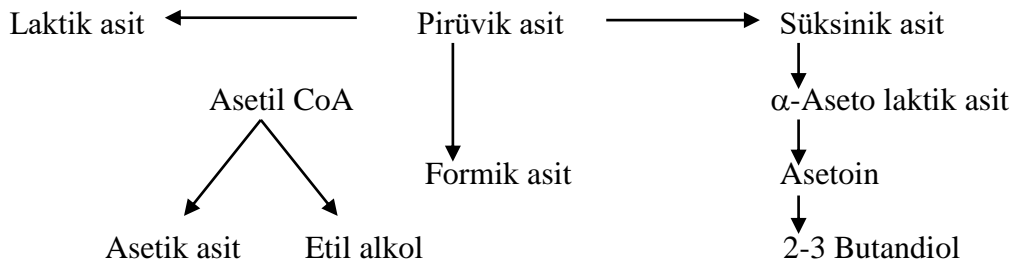
3.1.2.4. Butirik Asit Fermentasyonu

Anaerobik bakteriler tarafından oluşturulan fermentasyon sonucu pirüvik asit, butirik, asetik asit, CO₂, hidrojen ve bazı durumlarda da butilen glikol, butanol ve 2-propanol dönüştürülür.



3.1.2.5. Karışık Fermentasyon

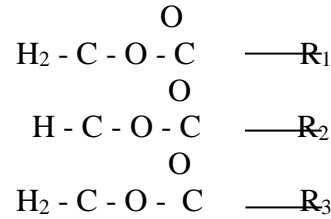
Bu fermentasyonda birçok ara ürünler özellikle de organik asitler meydana gelir.



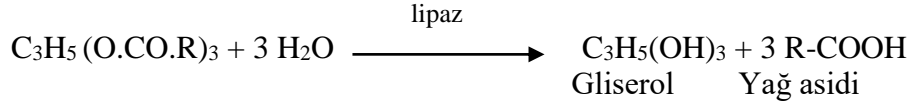
Farklı parçalanma mekanizmalarında görüldüğü üzere glukoz, pirüvik asit üzerinden etil alkol, karbon dioksit, asetik, laktik, butirik, propiyonik, formik, süksinik asit gibi organik asitlere, gliserin, aseton, butanol, izoamil alkol, izobutil alkol, butil alkol, propil alkol, asetoin, diasetil, 2-3 bütandiol gibi bir çok ürüne parçalanabilmektedir. Bunların bir kısmı gıda maddelerinde arzu edilmeyen tat, koku ve görünüm bozukluklarına neden olabildikleri gibi, bir kısmı ise faydalı olabilmektedir.

3.2. Lipidler

Gıda maddelerinin bileşiminde bulunan veya yemeklerin hazırlanmasında kullanılan yağ, gliserol ve yağ asitlerinin esterleri olup genellikle trigliseritler şeklinde bulunmaktadır. Trigliseritlerin genel formülü aşağıdaki gibidir:



Yağ içeren gıdalar hidroliz veya oksidasyon ile parçalanarak arzu edilmeyen aroma değişikliklerine neden olabilirler. Trigliseritleri hidroliz eden enzimler lipazlar olarak adlandırılmaktadır. Bu enzimlere sahip lipolitik mikroorganizmalar, trigliseritleri yapı taşları olan yağ asiti ve gliserole parçalamaktadır. Yağ asitlerinin daha ileri parçalanması sonucunda ise aldehitler, ketonlar ve alkoller gibi ürünler meydana gelmektedir.



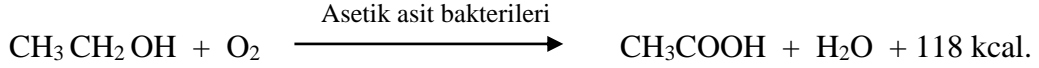
Yağların hidrolitik olarak parçalanması sonucu oluşan, suda kısmen çözünen kısa zincirli yağ asitleri (butirik, kaproik ve kaprilik asitler) sütte kötü kokulu bir aromaya neden olurlar. Gıda maddelerinde meydana gelen oksidasyon olayı mikrobiyal aktiviteden ziyade, otooksidasyon veya doku enzimleri ile olmaktadır. Ancak, bazı *Penicillium* ve *Aspergillus* türleri serbest yağ asitlerinin oksidasyonunda katalitik etkileri olan enzimler oluşturabilmektedirler.

Mikroorganizmalar gelişebilmeleri ve faaliyet gösterebilmeleri için diğer besin öğeleri ile birlikte suya da ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden, saf yağ mikroorganizmalar tarafından parçalanamaz. Ancak, tereyağı, margarin, krema gibi yağlı gıdalarda, diğer besin öğelerini az da olsa içeren bir sulu faz bulunmaktadır ve bu nedenle mikroorganizmaların gelişebilmeleri için uygun ortamda tutulmaları sonucu bozulmaya uğrarlar. Mikroorganizmaların lipolitik özellikleri geliştikleri ortamda yağ bulunmasına bağlıdır. Yani lipolitik enzimler adaptif enzimlerdir.

3.3. Alkoller

Bazı mikroorganizmalar alkolü enerji ve karbon kaynağı olarak değerlendirebilmektedirler. Bunun en tipik örneği; etil alkolün asetik asit bakterileri tarafından asetik asite, bazı

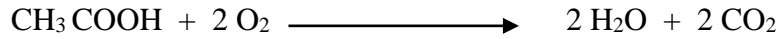
funguslar tarafından su ve karbondioksite parçalanması olayıdır. Bu parçalanmalar alkollü ürünlerde bozulmaya neden olurken, sirke üretiminde ise gerekli bir uygulama olmaktadır.



Bazı funguslarda, yine oksijenli ortamlarda bira ve şarap gibi içeceklerin yüzeyinde gelişerek alkolü tümünden karbon dioksit ve suya parçalarlar. Üç değerli bir alkol olan gliserin de (gliserol) mikroorganizmalar tarafından heksozlara benzer şekilde parçalanır. Bu olay da yağlarda ve gliserin içeren şarap gibi ürünlerde bozulma etmeni olabilmektedir. Aynı şekilde; mannitol, sorbitol ve dulsitol gibi polihidrik alkoller de bazı mikroorganizmalar tarafından değişik ürünlere parçalanabilmektedir.

3.4. Organik Asitler

Organik asitler de bazı mikroorganizmalar tarafından enerji ve karbon kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir. Bu reaksiyonlarda organik asitler, ya karbon dioksit ve suya kadar parçalanmakta veya diğer organik asitlere veya benzeri ürünlere dönüştürülmektedir. Örneğin *Acetobacter aceti*, ortamda alkol kalmaması durumunda oluşturduğu asetik asiti “üst oksidasyon” olarak tanımlanan reaksiyon ile parçalar ve su ile karbondioksit oluşturur.



Salamura besinlerden turşu veya zeytin üretimi sırasında oluşan laktik asit, bazı mayalar tarafından karbon kaynağı olarak kullanıldığından, giderek asitlik azalır ve ürün, pH yükselişi nedeniyle bozulmaya uygun hale gelir. Yine meyvelerde bulunan 2 değerlikli malik asit, tek değerlikli laktik asit ve karbon dioksite dönüştürülerek ortam asitliğinin azalışı nedeniyle, bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların gelişmesi için daha uygun hale gelir. Daha önce de bahsedildiği üzere, pirüvik asit ve yağ asitleri de mikroorganizmalar tarafından değişik ürünlere parçalanabilmektedir.

4. Gıda Maddelerinde Mikrobiyal Faliyet Sonucu Meydana Gelen Temel Değişimler

Gıda maddelerinde meydana gelen mikrobiyal değişimlerin nedenleri, ögelerine göre tek tek anlatılmış olmakla birlikte, gıda maddelerinin mikrobiyal olarak bozulmalarında, yukarıda sıralanan reaksiyonların pek çoğu birlikte seyredilmektedir. Ancak, mikrobiyal olarak bozulmakta olan gıda maddeleri, bunlardan bazılarını ağırlıklı olarak içermektedirler. Örneğin bitkisel ürünler birinci derecede karbonhidratlardan oluştuğu halde, hayvansal ürünler protein ve yağdan oluşmaktadır. Sütte ise bu üç öge dengeli olarak bulunmaktadır (Tablo 4.3). Bir gıda maddesinde öncelikle ağırlıklı olarak taşıdığı besin ögesindeki bozulma önemli olabilmekle birlikte, karbonhidratlar, yağlar, proteinler ve diğer bileşenlerin tümünde de bozulma meydana gelebilmektedir.

Tablo 4.3. Bazı Gıda Maddelerinin Temel Besin Ögesi Bileşimleri

Gıda	Besin Ögesi			
	Su (%)	(%) Karbonhidrat	Protein (%)	Yağ (%)
Hayvansal Ürünler				
Sığır Kıyması (Yağlı)	54.2	-	15.8	25.0
Sığır Budu	69.0	-	19.5	11.0
Toklu Eti	66.3		17.1	14.8
Sığır Karaciğeri	69.7	6.0	19.7	3.2
Hindi Eti (Orta Yağlı)	58.3	-	20.1	20.2
Tavuk Eti (Broiler)	71.2	-	20.2	7.2
Domuz Eti (Orta Yağlı)	42.0	-	11.9	45.0
Yumurta	73.7	0.9	12.9	11.5
Sosis (Frankfurter Tipi)	56.5	2.5	13.1	25.5
Salam (Tütsülenmiş)	56.5	-	17.5	23.0
Mezgit Balığı	80.5	-	18.3	0.1
Süt	87.4	4.9	3.5	3.5
Süt Tozu	2.0	38.2	26.4	27.5
Yoğurt	89.0	5.2	3.4	1.7
Bitkisel Ürünler				
Taze Fasulye	91.1	1.1	1.9	0.2
Patates	79.8	17.1	2.1	0.1
Elma	84.3	14.1	0.2	0.6
Muz	75.7	22.2	1.1	0.2
Portakal	86.0	12.2	1.0	0.2
Kuru Üzüm	18.8	77.4	2.5	0.2
Diğer Bazı Ürünler				
Buğday Unu	12.0	71.0	13.3	2.0
Makarna	10.4	75.2	12.5	1.2
Kraker	4.0	70.6	9.2	13.1
Granüle Şeker	0.5	99.5	0	0
Bal	17.2	82.3	0.3	0

Genel sonuç olarak, mikrobiyal metabolizma sonucunda; pektin ve selülozun parçalanması ile meyve ve sebzeler yumuşar, birçok mikroorganizma için bozulmaya müsait hale gelir. Monosakkarit, yağ ve proteinlerin parçalanması ile gıda maddelerinin tat, aroma ve kokularında değişiklikler meydana gelir. Bazı mikroorganizmalar tarafından oluşturulan renk pigmentleri veya küf gelişimi ile gıdanın görünüşü değişerek kabul edilemez bir hale gelir. Ayrıca, yine şekerlerin metabolizması sonucu oluşan dekstran ve levan gibi viskoz maddeler nedeni ile süt, ekmek ve fermente et ürünlerinde bozulmalar oluşur.