

Domatesin salçaya işlenmesi sırasında metabolitlerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi

Esra ÇAPANOĞLU*, Dilek BOYACIOĞLU

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Pek çok endüstriyel ürünüyle domates, oldukça önemli ve bol tüketilen meyvelerin başında gelmektedir. Domatesin zengin besin değeri, gıda işlemenin antioksidan aktiviteye sahip değerli bileşenlerine etkilerinin araştırılmasını önemli hale getirmiştir. Genel olarak salça üretimi; yıkama, parçalama, ayıklama, pulper ve ince elekten geçirme, buharlaştırma, kutulama, pastörizasyon (veya sterilizasyon ve aseptik ambalajlama) ve soğutma aşamalarından oluşmaktadır. Bu çalışmada üretim sürecinin her bir aşaması LC-QTOF-MS yöntemiyle tüm metabolitleri açısından analizlenerek meydana gelen değişimler incelenmiştir. Tüm metabolitler değerlendirildiğinde, toplam 3177 metabolitle ilişkili kütle sinyalinin %40'undan fazlasının işleme esnasında önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir. Metabolik profilde önemli ölçüde farklılığa neden olan iki üretim basamağı ise parçalama ve kabuk ve çekirdeğin ayrılması olarak bulunmuştur. Örnekler arasında yapılan karşılaştırmalar, meyvede salçaya göre önemli ölçüde yüksek bulunan bileşikler arasında bir grup glikozilatlanmış alkaloidler, hidrokisisinamat, flavonoidler ve tomatozit A'nın bulunduğunu göstermiştir. Diğer taraftan sadece likoperozit H ve naringenin meyveye oranla salçada yüksek bulunmuştur. Salçada düşük düzeyde bulunan bileşikler, kabuk ve çekirdeğin uzaklaştırılması sırasında üretim zincirinden kaybolmuştur. Bu nedenle, kabuk ve çekirdek fraksiyonu çok sayıda flavonoidin yanı sıra, çeşitli alkaloidleri de içermektedir. Meyve ve parçalanmış meyve arasında önemli ölçüde farklı olan bileşikler incelendiğinde ise çeşitli flavonoidlerin ve glikoalkaloidlerin olduğu belirlenmiştir. Özellikle narincenin, narincenin kalkon, rutin, rutin apiozit, kamferol rutinozit ve likoperozit H bileşiklerinin parçalama işleminden sonra 1.3-4.3 kat oranında arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates işleme, salça, metabolit, flavonoid, glikoalkaloit, LC-QTOF-MS.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Esra ÇAPANOĞLU. capanogl@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 60 15.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Changes in antioxidant profiles, metabolites and enzymes during development of tomato fruit and tomato paste processing" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 28.05.2008 tarihinde dergiye ulaşılmış, 12.06.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 30.11.2010 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Investigation of changes in metabolites during tomato paste processing

Extended abstract

Tomato is an important and highly-consumed fruit that has many different industrial products. The consumption of tomatoes has been proposed to reduce the risk of several chronic diseases such as cardiovascular diseases and certain types of cancer. In addition, tomato consumption leads to decreased serum lipid levels and low density lipoprotein oxidation. The nutritional value of tomato created a great interest in the effect of processing on its valuable compounds showing antioxidant activity.

In general, tomato paste production includes the basic steps of cleaning, breaking, finisher-separating the pulp from skin, and seeds, evaporating, canning, pasteurizing (or sterilizing and aseptic packaging), and final cooling. In this study, every step of processing was investigated in detail to elucidate the changes in untargeted metabolomics. In order to determine which of the processing steps mostly affects the overall metabolite composition of the final paste, all tomato samples were extracted in aqueous-methanol and analyzed using an untargeted LC-QTOF MS - based metabolomics approach. The mass profiles obtained were processed and aligned across all samples using Metalign™ software. After filtering out mass signals that were < 10 times the local noise in all 30 samples, the resulting data matrix contained intensity values (calculated as peak heights) of 3177 mass signals aligned across all samples. The mass intensity data were 2 log-transformed and then subjected to multivariate analysis using GeneMaths™ software.

The results of LC-QTOF MS-based metabolomics approach was applied on a principal component analysis (PCA) diagram. The first principal component (36% of the total variation in the dataset) pointed to the most dominant step in the paste-production process, and it clearly corresponded to the separation of seed and skin from the rest of the tomato material. The second component explained 20% of the variation and corresponded to the step-wise processing from fruit to paste. The largest overall variation between the 5 biological replicates at each processing step, calculated over all 3177 mass signals detected, was observed within the pulp samples where this value was 32% in all the other samples.

The most important differences in those metabolites were observed in between fruit and paste, fruit and seed and the skin, and fruit and breaker. In general, nearly 43% (1356 signals) of the total number of mass signals differed significantly ($p < 0.05$) between fruit and paste samples. Likewise, about 60% of the signals were statistically different between fruit and seed and skin, and about 25% between fruit and breaker.

Among the compounds that were significantly higher in fruit versus paste were a range of glycosylated alkaloids (lycoperoside- and esculeoside-isomers), hydroxycinnamates (mono-, di- and tricaffeoyl derivatives), flavonoids (specifically naringenin chalcone and two of its glycosides), and the saponin tomatoside A. The ratio for the compounds higher in the fruit compared to the paste, changed from 1.4 to 62.3 as in pantothenic acid-hexose and tomatoside A, respectively. In contrast, only the alkaloid lycoperoside H and the flavonoid naringenin were, respectively, 2-fold and 6-fold higher in paste compared to original fruit.

Clearly, most compounds that were lower in paste were lost from the production chain upon removal of the seed and skin fraction. This fraction, therefore, contained relatively high levels of all flavonoids, as well as several alkaloids. On the other hand, compounds that were relatively low in the seed and skin fraction were several hydroxycinnamates (chlorogenic acid and 3 caffeic acid hexosides), citric acid, a glycoside of pantothenic acid (vitamin B5), and UDP-Glucose which is 22-fold higher than in the seed and skin fraction. For the rest of the compounds the seed and skin fraction contained 3 to 14-fold higher amounts compared to the fruit as in coumaric acid-hexose, and α -tomatin, respectively.

When the compounds that were significantly different between fruit and breaker samples were investigated, again several flavonoids and glycoalkaloids were determined. The relative levels of compounds including, naringenin, naringenin chalcone, rutin, rutin apioside, kaempferol-rutinoside, lycoperoside H, increased with ratios of 1.3 to 4.3-fold after the breaking treatment as compared to the intact fruits. On the other hand, only pantothenic acid-hexose, UDP-Glucose, ferulic acid-hexose decreased by 25% to 50% when fruit was processed into breaker.

Keywords: Tomato processing, paste, metabolite, flavonoid, glycoalkoloid, LC-QTOF-MS.

Giriş

İşlemenin meyve ve sebzeler üzerindeki etkileri genellikle, kalitesiyle ilişkilendirilerek renk, lezzet ve doku özelliklerinin ölçümüne dayandırılmıştır. Temel besin öğeleri açısından ele alınması ise daha az olmakla beraber, askorbik asit gibi bazı bileşenlerin işlemeden nasıl etkilendiğine ilişkin veriler bulmak mümkün olabilmektedir (Lindley, 1998). Bunun dışında özellikle yüksek antioksidan aktivitesine sahip bileşenler içeren sebze ve meyvelerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle, işlenmeleri, depolanmaları gibi konular önem kazanmakta ve her geçen gün daha fazla araştırmaya konu olmaktadır.

Bu meyvelerden domates, dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerinin başında gelmesi, insan beslenmesinde vazgeçilmez ürünlerden olması ve gıda sanayinde dondurulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle önemli meyvelerin başında gelmektedir. Domates dünyada birçok ülkede yetiştirilmekle birlikte, uygun iklim koşulları nedeniyle Türkiye de domates üretimi yapan önemli ülkelerden biridir (Keskin ve Gül, 2004). Domatesin içerdiği antioksidan aktivitesi yüksek bileşenler de son yıllarda domatese olan ilgiyi arttırmış ve sağlık üzerindeki faydaları pek çok çalışmada ele alınmıştır. Domates tüketiminin kardiyovasküler rahatsızlıklar, başta prostat kanseri olmak üzere bazı kanser türleri gibi çeşitli kronik rahatsızlıkları azaltmada ve serum lipid seviyesini düşürmede ve düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu engellemede pozitif bir etkisinin olduğu çalışmalarla tespit edilmiştir (Shahidi ve Naczki, 1995; Clinton, 1998; Agarwal vd., 2001; Campbell vd., 2004). Domateste mevcut bileşenler, C vitamini gibi suda çözünebilen bileşikler, likopen ve karotenler gibi hidrofobik bileşikler ve orta hidrofobiklikte olan kuersetin glikozitleri, narincenin kalkon ve klorojenik asit gibi bileşenlerden oluşmaktadır.

Pek çok araştırmacı, pastörizasyon, sterilizasyon gibi ısı işlemler veya kesme, parçalama gibi fiziksel işlemler sonucu domates antioksidanlarında meydana gelen değişimleri ele alan çalış-

malar yapmıştır (Goula vd., 2005; Shi ve Le Maguer, 2000; Zanoni vd., 1999; Sharma ve Le Maguer, 1996). Fakat yapılan bu çalışmalar, genellikle domatesteki likopen içeriği üzerine odaklanmış olup flavonoidler, glikoalkoidler, fenolik bileşikler gibi diğer metabolitlere ilişkin bilgi oldukça sınırlıdır. Ayrıca, domates ürünleri için, sadece domates ve son ürün üzerinde çalışılmış olup, üretimin ara basamaklarında meydana gelen değişimler detaylı olarak incelenmemiştir.

Son yıllarda, çeşitli bitki örneklerinde mevcut tüm metabolitlerin incelenmesi ve bu yolla primer veya sekonder bileşenler gibi yapısında doğal olarak bulunan metabolitler hakkında geniş bilgi edinilmesi mümkün olmuştur. Bu amaçla çeşitli yöntemler geliştirilmiş olup bunların başında Kütle Spektrometresi (MS) gelmektedir (Tikunov vd., 2005; Moco vd., 2006; Fraser vd., 2007). Bunun dışında Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) (Keun vd., 2002; Kochhar vd., 2006; Griffin ve Kauppinen, 2007) veya Sıvı Kromatografisi (LC) (Porter vd., 2006), Infrared ve Raman Spektroskopisi (Ellis ve Goodacre, 2006) gibi yöntemlere de başvurulmuştur. Bu teknikler yardımıyla, bitki sistemlerindeki biyokimyasal kompozisyon detaylı olarak incelenebilir hale gelmiş ve metabolik fonksiyonlarla bağlantı kurulması mümkün olmuştur (Hall, 2006; Schauer ve Fernie, 2006).

Bu çalışmanın amacı, domatesin salçaya işlenmesi sırasında flavonoidler, glikoalkoidler, hormonal metabolitler ve fenolik asitler gibi metabolitlerde meydana gelen değişimlerin yüksek basınçlı sıvı kromatografisi- uçuş kırımını süresi tekniği- kütle spektroskopisi (LC-QTOF-MS) yöntemiyle tüm üretim basamakları için ele alınarak incelenmesidir.

Materyal ve yöntem

Çalışmada kullanılan domates, salça ve salça üretimi ara basamak mamülleri Tamek Gıda ve Konsantre San. ve Tic. A.Ş., Bursa/Karacabey fabrikasından temin edilmiştir. Örnek alınan ana basamaklar: taze domates, parçalayıcı altı, finişer-pulp, finişer-çekirdek ve kabuk, evapor-

töre girdikten sonra pulp ve son ürün domates salçası şeklindedir (Şekil 1). Tüm basamaklardan 2005 yılında 2 seri, 2006 yılında 3 seri olmak üzere toplam 5 biyolojik tekrarlı örnek alınmıştır. Örneklerin tamamı, -30 °C de depolandıktan sonra, analiz öncesinde sıvı azot altında önceden soğutulmuş kahve öğütücüsü içinde ince toz haline kadar öğütülmüştür. Daha sonra dondurularak kurutulan örnekler analize kadar -80 °C'deki dondurucularda saklanmıştır. Ekstraksiyon için, 0.025 g tartılan dondurularak kurutulmuş örnekler, 2 ml %75 metanolde (%0.1 formik asit içeren) çözündürülmüştür. 15 dakika ultrasonik banyoda tutulan örnekler, 2500 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiş ve 0.2 µm'lik filtrelerden süzümüştür.

Ekstraktlardaki metabolitlerin analizlenebilmesi için LC-QTOF-MS analizi yapılmıştır. Kullanılan sistemde yüksek çözünürlüklü uçuş zamanı kütle spektrometresi kilit kütle düzeltmesi ile ve fotodiyot dizisi dedektörü (PDA) kullanılarak spektral analiz ile kombin haldedir.

Örnekler LUNA 150x4.60 mm kolonda, 1 ml/dakika hızla %5'den %30'a kadar artan asetonitril (%0.05 formik asit ile asitlendirilmiş) çözgen sistemi kullanılarak Waters Alliance 2795 HT yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC)'nde ayrılmıştır.

Ayrılan bileşikler öncelikle 210-700 nm aralığındaki Waters 2996 PDA dedektörden geçtikten sonra elektrosprey iyonizasyon (ESI) kaynağı ve ayrı bir Kilit-Sprey ünitesi ile birleştirilmiş QTOF Ultima API model kütle spektrometresine girmiştir. Eluent akışı PDA dedektörden sonra bölünerek 0.2 ml/dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Analizdeki diğer koşullar şu şekildedir: uygulama sıcaklığı 300 °C olup azot gazı akış hızı 500 l/saattir. Kapiler sprej 2.5 (ESI-) kV, kaynak sıcaklığı 120 °C, koni 35 eV (azot gazı akışı 50 l/saat)'dur. M/z oranı 100-3000 olan iyonlar tarama zamanı olarak 0.9 saniyede ve ara-tarama bekleme süresi olarak 0.1 saniyede tespit edilmiştir. Tarama kolisyon enerjisi 10 (ESI-) eV'de uygulanmıştır. Kütle spektrometresi %50 asetonitril (fosforik asit ile asitlendirilmiş) ile kalibre edilmiştir. 20 µM

amonyum asetat içinde çözünmüş lösin enkafalin (Sigma) kilit kütle olarak kullanılmış ve her 10 saniyede bir ölçüm alınmıştır. Dataların değerlendirilmesi Masslynx™ programı ile yapılmıştır.

Deneysel çalışma sonuçları

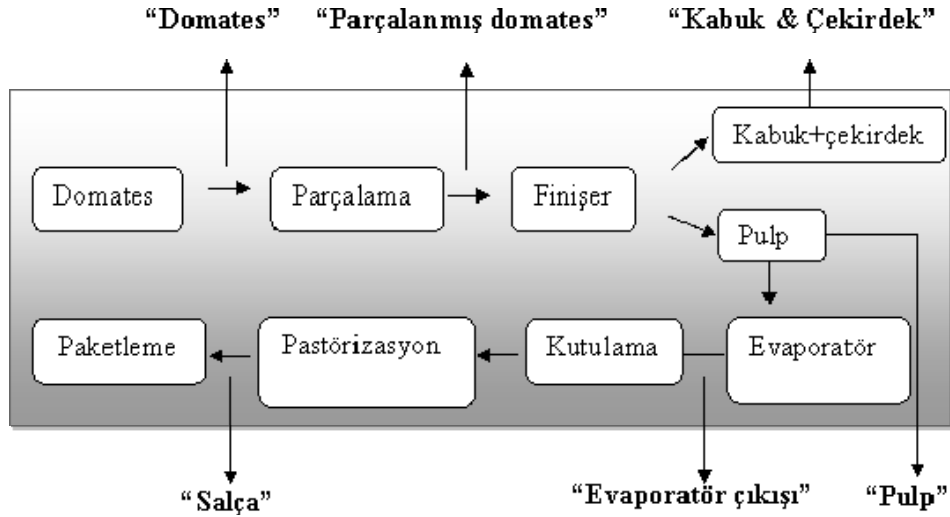
Çalışmada elde edilen kütle profilleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Elde edilen bu değerler, Metalign™ programı yardımıyla proses edilerek düzenlenmiştir. Örneklerin kirlilik olarak algılanabilecek kütle sinyallerinden on kat daha düşük sinyallerden temizlenmesinden sonra elde edilen data matrisinin 3177 adet kütle sinyali içerdiği tespit edilmiştir. Kütle dataları 2 log-transformasyonuna tabi tutulduktan sonra istatistiksel olarak değerlendirilmek üzere GeneMaths™ programından yararlanılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde domatesin son ürün olan salçaya işlenmesi sonrasında rutin, rutin apiozit veya narincenin kalkon gibi bazı flavonoidlerde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, likoperozit gibi glikolizatlanmış alkoloidlerin veya tomatın gibi bileşenlerin miktarının da azaldığı belirlenmiştir (Şekil 2).

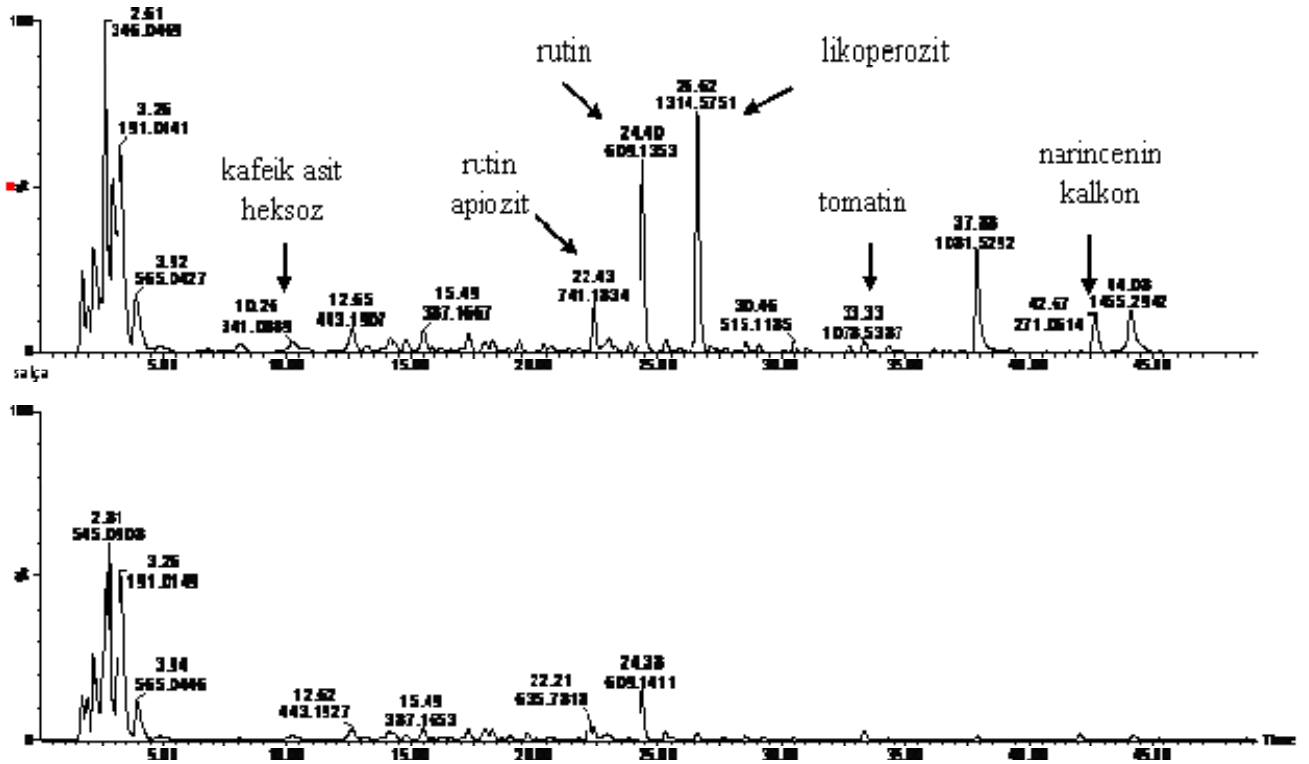
İncelenen metabolitlerin hangi üretim basamağından en çok etkilendiğini tespit etmek üzere Temel Bileşen Analizi (TBA) uygulanmış ve grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 3).

TBA analizine göre, beş biyolojik tekrarın da birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği ve belirgin şekilde üretim basamaklarından etkilendiği görülmüştür. Bu durum, metabolitlerin farklı domates partilerinin (farklı varyete) kullanılmış olmasından çok üretim basamaklarından etkilendiğini ortaya koymaktadır.

TBA diyagramındaki ilk temel bileşen (veri setindeki toplam varyasyonun %36'sı) salça üretimindeki en baskın basamağa işaret etmiş ve belirgin şekilde domatesten kabuk ve çekirdek kısımlarının ayrılmasıyla ilişkili bulunmuştur. İkinci bileşen varyasyonun %20'sine karşılık gelmiş ve domatesin salçaya kademeli olarak işlenmesiyle ilişkilendirilmiştir. Çeşitli işleme



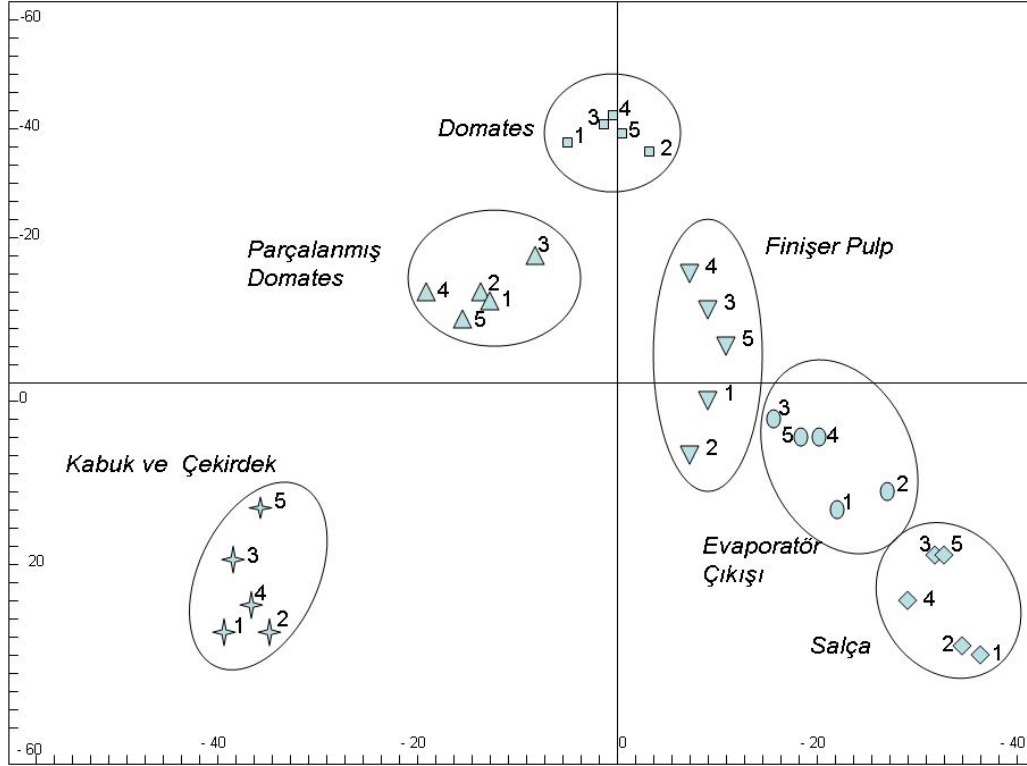
Şekil 1. Salça üretim basamakları



Şekil 2. Domates ve salça için LC-QTOF-MS sonuçlarının karşılaştırılması

basamaklarından etkilenen bileşikler farklı kütle sinyalleri ile ortaya konmuştur. Toplam kütle sinyallerinin yaklaşık olarak %43'ü (1356 sinyal) meyve ve salça örneklerinde önemli düzeyde farklıdır ($p < 0.05$). Benzer şekilde, sinyallerin %60'ı meyve ve kabuk kısımları arasında, %25'i ise meyve ve parçalanmış meyve arasında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Meyvede salçaya göre daha yüksek miktarda bulunan metabolitler Tablo 1'de gösterilmektedir. Buna göre, glikolizatlanmış alkaloidler (likoperozid ve eskulozid türevleri), hidroksisinamatlar (mono-, di- ve trikafeoil türevleri), flavonoidler (özellikle narincenin kalkon ve onun iki glikoziti) ve saponin tomatozit A'dır.



Şekil 3. Üretim basamakları için TBA diyagramı

Tablo 1. Metabolitlerin meyve: salça oranı

Alıkonma süresi (dk.)	Metabolit	(Meve):(Salça) oranı
42.10	Narincenin	0.16
26.57	Likoperosit H	0.54
7.29	Pantotenik asit-heksoz	1.36
13.17	Kafeik asit heksoz	1.46
14.81	Klorojenik asit	1.79
23.85	Likoperozit G ya da F veya eskulozit A	2.26
31.06	Kuersetin-heksoz-deoksiheksoz-pentoz-p-kumarik asit	2.36
39.27	Trikafeoilkuinik asit	2.87
20.45	Eskulozit B	3.04
30.52	Dikafeoilkuinik asit	3.14
33.39	Likoperozit A, B, ya da C	3.39
33.42	Narincenin kalkon-heksoz	6.70
32.75	Narincenin kalkon-heksoz	8.64
25.87	Likoperozit G ya da F veya eskulozit A	14.53
26.64	Likoperozit G ya da F veya eskulozit A	16.86
42.67	Narincenin kalkon	22.82
37.90	Tomatozit A	62.33

Meyvede daha yüksek miktarda bulunan metabolitlerin oranı 1.4-62.3 arasında değişecek şekilde sırasıyla pantotenik asit heksoz ve tomatozit A'dır. Diğer taraftan, salçada domatese göre yüksek miktarda bulunan metabolitler sadece alkaloid likoperozit H ve narincenin flavonoidi, olup sırasıyla 2-kat ve 6-kat daha yüksektir.

Salçada daha az miktarda bulunan metabolitlerin pek çoğu, kabuk ve çekirdek kısmının ayrılması sonucudur. Bu nedenle bu fraksiyon yüksek miktarda tüm flavonoidleri ve bazı alkaloidleri içermektedir (Tablo 2).

Diğer taraftan, kabuk ve çekirdek kısmında düşük olan metabolitler çeşitli hidroksisinamatlar (klorojenik asit ve 3-kafeik asit heksoz), sitrik asit, pantotenik asidin (vitamin B5) bir türevi ve UDP-glukozdur. Örneğin, UDP-glukoz gibi metabolitlerin meyvede kabuk ve çekirdeğe göre 22-kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bunlar dışındaki tüm metabolitler kabuk ve çekirdek kısmında meyveye oranla 3

ila 14-kat arasında değişen oranlarda daha yüksek bulunmuştur (kumarik asit heksoz, alfa-tomatin).

Tablo 2. Metabolitlerin meyve: kabuk&çekirdek oranı

Alıkonma süresi (dakika)	Metabolit	(Meyve): (Kabuk&Çekirdek) oranı
33.39	α -Tomatin	0.07
42.10	Narincenin	0.09
22.47	Rutin apiozit	0.12
33.39	Likoperozit A, B, C	0.14
42.67	Narincenin kalkon	0.16
24.40	Rutin	0.19
15.51	Kuersetin-diheksöz-deoksiheksöz	0.19
27.41	Kamferol-rutinozit	0.19
15.82	Narincenin-diheksöz	0.23
31.06	Kuersetin-heksöz-deoksiheksöz-pentoz-p-kumarik asit	0.26
37.90	Tomatozit A	0.26
39.27	Trikafeoilkuinik asit	0.31
32.75	Narincenin kalkon-heksöz	0.34
26.57	Likoperozit H	0.39
13.85	Kumarik asit-heksöz	0.39
3.26	Sitrik asit	1.92
13.17	Kafeik asit heksoz	2.29
14.81	Klorojenik asit	2.50
11.73	Kafeik asit heksoz	2.63
4.83	Fenilalanin	2.68
15.90	Benzil alkol-heksöz-pentoz	3.15
7.29	Pantotenik asit-heksöz	3.72
10.19	Kafeik asit heksoz	4.51

Meyve ve parçalanmış meyve arasındaki metabolit farklılıkları incelendiğinde, benzer şekilde bazı flavonoid ve glikoalkoloidlerin farklı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Parçalama işleminden sonra, narincenin, naringenin kalkon, rutin, rutin apiozit, kamferol-rutinozit, likoperozit H gibi metabolitlerin 1.3-4.3 kat arttığı görülmüştür. Diğer taraftan, sadece pantotenik asit heksoz, UDP-glukoz ve ferülik asit heksoz %25 ve %50 arasında değişen oranlarda azalmıştır.

Çalışmanın sonucunda, metabolitlerin iki önemli üretim basamağından etkilendiği tespit

edilmiştir. Bu basamaklar, kabuk ve çekirdek kısmının finişer basamağına ayrılması ve ikinci olarak da parçalama basamağıdır.

Tablo 3. Metabolitlerin meyve: parçalanmış meyve oranı

Alıkonma süresi (dakika)	Metabolit	(Meyve): (Parçalanmış meyve) oranı
42.10	Narincenin	0.23
33.39	Likoperozit A, B, C	0.35
24.40	Rutin	0.41
42.67	Narincenin kalkon	0.47
22.47	Rutin apiozit	0.49
15.82	Narincenin-diheksöz	0.56
27.41	Kamferol-rutinozit	0.59
26.57	Likoperozit H	0.66
15.51	Kuersetin-diheksöz-deoksiheksöz	0.67
20.45	Eskuleozit B	0.79
7.29	Pantotenik asit-heksöz	1.34
3.92	UDP-Glukoz	1.80
12.90	Ferülik asit-heksöz	1.98

Kabuk ve çekirdeğin ayrılması sonucu önemli sayıda flavonoidin ve alkaloidin meyveye oranla salçada azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum flavonoidlerin ve çeşitli alkaloidlerin domates meyvesinin kabuk kısmında bulunmasından ileri gelmektedir (Bovy vd., 2002; Moco vd., 2006).

Bu nedenle, salça üretimi sırasında flavonoidler ve alkaloidlerde görülen kayıpların, bu bileşiklerin kabuk kısmından yetersiz ekstraksiyonu sonucu olabileceği düşünülmektedir. Bu bileşikler içinden sadece tomatozit A için durum, bu bileşiğin çekirdeğe spesifik olması nedeniyle farklıdır (Moco vd. 2007) ve çekirdek ve kabuk kısmında yüksek miktarda bulunmaktadır.

İkinci olarak, meyvenin parçalanması metabolit kompozisyonu açısından önemli değişikliklere neden olmuştur. Bu basamaktan sonra pek çok flavonoid ve bazı alkaloidler 2 veya 3 katı oranında artmıştır. Bu basamaktan önce meyve yıkanmakta daha sonra ise su kanallarıyla

taşınarak parçalanmaktadır. Bu durum tam olarak açıklanamamış olup meyvenin parçalama işlemine karşı gösterdiği bir stres/berelenme etkisi olabileceği düşünülmektedir. Benzer durumlar bitkinin kesilmesi veya bazı diğer stres koşullarına maruz kalması sonucu çeşitli bitkilerde görülmüştür (Tudela vd., 2002; Vina ve Chaves, 2006 ve 2007). Ayrıca, domatesin stres etkisine maruz kalması sonucunda antioksidanların rejenerasyonunda rol alan bazı enzimlerin üretiminin teşvik edildiği de araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Grantz vd., 1995).

Sonuçlar

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Salça üretimi sırasında metabolitler açısından önemli değişiklikler gözlenmiştir. Metabolit kompozisyonu temel olarak üretim basamaklarından etkilenmekte olup, farklı domates partileri, mevsim ya da işleme tekniğinden kaynaklanan varyasyonlar daha az önemlidir.
- Metabolitler iki önemli üretim basamağından etkilenmektedir. Bunlar, kabuk ve çekirdek kısmının ayrılması ve parçalama basamağıdır. Kabuk ve çekirdeğin ayrılması sonucunda önemli düzeyde flavonoid ve alkaloidin kaybolduğu görülmüştür. Diğer taraftan, parçalama basamağıyla birlikte pek çok flavonoid ve bazı alkaloidler önemli ölçüde artmış olup bu durumun meyvenin parçalama işlemine karşı tepki olarak flavonoid biyosentezini teşvik etmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Agarwal, A., Shen, H., Agarwal, S. ve Rao, A.V., (2001). Lycopene content of tomato products: Its stability, bioavailability and in vivo antioxidant properties, *Journal of Medicinal Food*, **4**, 9-15.

Bovy, A., De Vos, C.H.R., Kemper, M., Schijlen, E., Almenar Pertejo, M., Muir, S., Collins, G., Robinson, S., Verhoeyen, M., Hughes, S., Santos-Buelga, C. ve van Tunen, A., (2002). High-flavonol tomatoes resulting from the heterologous expression of the maize transcription factor genes LC and C1, *The Plant Cell*, **14**, 2509-2526.

Campbell, J.K., Canene-Adams, K., Linshiedl, B.L., Boileau, T.W.M., Clinton, S.K. ve Erdman, Jr., J.W., (2004). Tomato phytochemicals and prostate cancer risk, *Journal of Nutrition*, **134**, 3486-3492.

Clinton, S.K., (1998). Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease, *Nutrition Reviews*, **56**, 35-51.

Ellis, D.I. ve Goodacre, R., (2006). Metabolic fingerprinting in disease diagnosis: biomedical applications of infrared and Raman spectroscopy, *Analyst*, **131**, 875-885.

Fraser, P.D., Enfissi, E.M.A., Goodfellow, M., Eguichi, T. ve Bramley, P.M., (2007). Metabolite profiling of plant carotenoids using the matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry, *The Plant Journal*, **49**, 552-564.

Goula, A.M. ve Adamopoulos, K.G., (2005). Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp, *LWT-Food Science and Technology*, **38**, 479-487.

Grantz, A.A., Brummell, D.A. ve Bennett, B.A., (1995). Ascorbate free radical reductase mRNA levels are induced by wounding, *Plant Physiology*, **108**, 411-418.

Griffin, J.L. ve Kauppinen, R.A., (2007). A metabolomics perspective of human brain tumours, *Federation of European Biochemical Societies Journal*, **274**, 1132-1139.

Hall, R.D., (2006). Plant metabolomics: from holistic hope, to hype, to hot topic, *New Phytologist*, **169**, 453-468.

Keskin, G. ve Gül, U. (2004). Domates, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, T.E.A.E. Bakış, **5**, 1-4.

Keun, H.C., Ebbels, T.M.D., Antti, H., Bollard, M.E., Beckonert, O., Schlotterbeck, G., Senn, H., Niederhauser, U., Holmes, E., Lindon, J.C. ve Nicholson, J.K., (2002). Analytical reproducibility in H-1 NMR-based metabolomic urinalysis, *Chemical Research in Toxicology*, **15**, 1380-1386.

Kochhar, S., Jacobs, D.M., Ramadan, Z., Berruex, F., Fuerhoz, A. ve Fay, L.B., (2006). Probing gender-specific metabolism differences in humans by nuclear magnetic resonance-based metabolomics, *Analytical Biochemistry*, **352**, 274-281.

Lindley, M.G., (1998). The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables, *Trends in Food Science and Technology*, **9**, 336-340.

- Moco, S., Bino, R.J., Vorst, O., Verhoeven, H.A., de Groot, J., van Beek, T.A., Vervoort, J. ve De Vos, C.H.R., (2006). A liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolome database for tomato, *Plant Physiology*, **141**, 1205-1218.
- Moco, S., Capanoglu, E., Tuginov, Y., Bino, R., Boyacioglu, D., Hall, R.D., Vervoort, J. ve De Vos, R., (2007). tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit, *Journal of Experimental Botany*, **58**, 4131-4146.
- Porter, S.E.G, Stoll, D.R., Rutan, S.C., Carr, P.W. ve Cohen, J.D., (2006). Analysis of four-way two-dimensional liquid chromatography-diode array data: Application to metabolomics, *Analytical Chemistry*, **78**, 5559-5569.
- Schauer, N. ve Fernie, A.R., (2006). Plant metabolomics: Towards biological function and mechanism, *Trends in Plant Science*, **11**, 508-516.
- Shahidi, F. ve Naczki, M., (1995). *Food phenolics: Sources, chemistry, effects, applications*, Technomic Publishing, Lancaster, PA.
- Sharma, S.K. ve Le Maguer, M., (1996). Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions, *Food Research International*, **29**, 309-315.
- Shi, J. ve Le Maguer, M., (2000). Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing, *Critical Reviews in Biotechnology*, **20**, 293-334.
- Tikunov, Y., Lommen, A., De Vos, C.H.R., Verhoeven, H.A., Bino, R.J., Hall, R.D. ve Bovy, A.G., (2005). A novel approach for nontargeted data analysis for metabolomics. Large-scale profiling of tomato fruit volatiles, *Plant Physiology*, **139**, 1125-1137.
- Tudela, J.A., Cantos, E., Espin, J.C., Tomas-Barberan, F.A. ve Gil, M.I., (2002). Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 5925-5931.
- Vina, S.Z. ve Chaves, A.R., (2007). Respiratory activity and phenolic compounds in pre-cut celery, *Food Chemistry*, **100**, 1654-1660.
- Vina, S.Z. ve Chaves, A.R., (2006). Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage, *Food Chemistry*, **94**, 68-74.
- Zanoni, B., Peri, C., Nani, N. ve Lavelli, V., (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying, *Food Research International*, **31**, 395-401.