

MAYA EKSTRAKTI ÜRETİMİ*

THE PRODUCTION OF YEAST EXTRACT

Hasan TANGÜLER¹, Hüseyin ERTEN

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET: İnsanoğlu çok eski zamanlardan beri şarap, bira ve ekmek yapımında bilerek veya bilmeyerek mayalardan yararlanmıştır. Mayalar endüstride alkollü içki, ekmek, endüstriyel etil alkol, enzim, renk maddesi ve maya ekstraktı üretiminde kullanılmaktadır.

Maya ekstraktı, mayanın kendi enzimleri tarafından veya hidroklorik asit gibi asitlerin ilavesi sonucu hücre duvarı ve hücre içerisinde bulunan kompleks bileşenlerin parçalanması ile elde edilen bir üründür.

Maya ekstraktı, gıda maddelerine lezzet verir. Besin içeriği ve ete benzeyen aromasından dolayı hazır yemekler, soslar, çorbalar, salça ve baharatlar gibi birçok üründe değişen miktarlarda, genellikle aroma artırıcı veya aroma düzenleyici olarak kullanılmakta ve monosodyum glutamat'ın yerini almaktadır. Bunun yanında, gıdalara vitamin ilavesi ve mikrobiyolojik uygulamalarda besiyeri olarak kullanılır.

Üretimde *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus* ve *Candida utilis* gibi mayalar kullanılır. Maya ekstraktı, otoliz, plazmoliz ve hidroliz işlemlerinden biri uygulanarak üretilir. Bu derlemede maya ekstraktı üretim yöntemleri ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Maya ekstraktı, otoliz, plazmoliz, hidroliz

ABSTRACT: Since ancient times, knowingly or unknowingly mankind has benefited from yeasts for the production of beer, wine and bread. Yeasts are used in the industry to produce alcoholic beverages, bread, industrial ethyl alcohol, enzymes, colour pigments and yeast extracts.

Yeast extract is obtained by the breakdown of cell wall and cell components found within the cell by the activity of yeast's own enzymes.

Yeast extract gives savoury flavor to the food materials. Yeast extract is used in food products such as ready foods, sauces, soups, tomato sauce and spices because of its nutrient value and meaty flavour. It can replace monosodium glutamate as flavor enhancer and flavor regulator. In addition, yeast extract is also used as a vitamin supplement to the foods and as a source of nutrients for the growth of microorganisms.

Yeasts, *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus* and *Candida utilis* are used for the production. There are three manufacturing processes for the production of yeast extract; autolysis, plasmolysis and hydrolysis. In this review the production methods of yeast extract were discussed.

Keywords: Yeast extract, autolysis, plasmolysis, hydrolysis

GİRİŞ

Mayalar gıda sanayiinde en iyi bilinen mikroorganizmalardır ve bunlardan şarap, bira ve ekmek yapımında çok eski zamanlardan beri yararlanılmaktadır (Joseph 1999). Maya hücresinin kimyasal yapısı, maya türüne ve çoğaltıldığı ortama bağlı olarak değişir. Maya ortalama %75 su ve %25 kuru maddeden oluşur. Kuru maddede %30-75 protein ve %25-50 oranında karbonhidrat vardır. Ayrıca, lipid, vitamin ve mineral maddeler de bulunur (Canbaş 1995, Walker 1999). Genellikle gıda olarak kullanımı güvenlidir ve besleyici değeri yüksektir (Chae, Joo ve In 2001). Mayadaki protein miktarı mayanın çoğaltılma koşullarından ve genetik yapısından etkilenir. Maya proteinleri genellikle sülfür amino asitlerince fakir buna karşın lizin bakımından zengindir (Reed ve Nagodawithana 1991). Maya hücresi metionin dışında tüm temel aminoasitleri fazla miktarda içer-

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

¹ E-posta: tanguler@cu.edu.tr

mesinin yanısıra, tiamin (B₁), riboflavin (B₂), niasin, pridoksin (B₆), pantotenik asit, biotin, folik asit gibi vitaminlerce de zengindir. C vitamini ve kobalamin (B₁₂) miktarı çok azdır ve yağda eriyen A, D, E ve K vitaminleri mayada bulunmaz (Stone 1998). Maya hücresinde ayrıca fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi önemli mineral maddeler de bulunmaktadır (Hay 1993). Endüstride mayalardan alkollü içki, ekmek mayası, endüstriyel etil alkol, tek hücre proteini, renk maddeleri ve enzim üretiminde yararlanılır. Bu ürünler yanında, maya ekstraktı üretiminde de mayalar kullanılır (Walker 1999). Bu makalede maya ekstraktı üretim yöntemleri ele alınmıştır.

2. MAYA EKSTRAKTI ÜRETİMİ

Maya ekstraktı, hücre duvarı ve hücre içerisinde bulunan polimerik yapıdaki bileşenlerin, mayanın kendi enzimleri tarafından veya hidroklorik asit gibi asitlerin ilavesi sonucu parçalanması ile elde edilen ve temel olarak aminoasitler, peptidler, mineraller, suda çözünür vitaminler ve karbonhidratların karışımını içeren bir üründür (Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1992). Uluslararası Hidrolize Protein Konseyi tarafından otolize maya ekstraktlarında önerilen kimyasal bileşenlerin değerleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Maya ekstraktları sıvı, konsantre, granül veya toz şeklinde elde edilebilir (Reed ve Nagodawithana 1991, Izzo ve Ho 1991, Nagodawithana 1992).

Maya ekstraktları, önemli gıda katkı maddeleridir (Peppler 1982, Verduyn, Suksomcheep ve Supthantharika 1999). B vitaminlerinin kaynağı olarak önem taşıması yanında (Bender ve Bender 1999), gıda maddelerine etimsi, peynirimsi lezzet verir (Dziezak 1987, Bender ve Bender 1999). Besin içeriği ve ete benzeyen aroması ile başta hazır yemekler, çorbalar, çeşniler, mezeler, et ürünleri, peynir ürünleri, konserve sebzeler, soslar, salça ve baharatlar olmak üzere

bir çok üründe genellikle aroma artırıcı veya aroma düzenleyici olarak değişik oranlarda kullanılmakta ve monosodyum glutamatın yerini almaktadır (Reed ve Nagodawithana 1991, Göksungur 1993). Maya ekstraktlarının ete benzeyen lezzetleri, otoliz sırasındaki parçalanma ürünleri olan glutamik asit ve 5' nükleotidlerden kaynaklanmaktadır (Reed ve Nagodawithana 1991).

Maya ekstraktı genellikle ekmek ve bira mayasından elde edilir. Bira sanayiinde fermantasyon sonucu elde edilen atık bira mayası, ekmek mayası ve diğerlerine göre daha az maliyete sahiptir (Nagodawithana 1994, Saksinchai, Supthantharika ve Verduyn 2001, Zhang, Reddy, Buckland ve Greastram 2003). Maya, gıda ve fermantasyon endüstrilerinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere büyük miktarlarda kullanılmaktadır (Reed ve Nagodawithana 1991). Dünyada 1995 yılında 47 000 ton maya ekstraktı üretilmiştir. Üretilen ekstraktın yarıdan fazlası Avrupa'da tüketilmektedir (Nagodawithana 1992, Stam, Hoogland ve Laane 1998).

Ekstraktların üretiminde *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces carlsbergensis*, *Saccharomyces lactis*, *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces fragilis* gibi mayalar kullanılmaktadır (Peppler 1982, Nagodawithana 1992, Sommer 1996). Bunların yanında ekstrakt üretiminde kullanılan diğer mayalar, *Candida tropicalis*, *Candida lyophilica*, *Candida stellata*, *Kloeckera apiculata*, *Saccharomyces rouxii* ve *Saccharomyces uvarum*'dur (Lukondeh, Ashbolt ve Rogers 2003).

Maya ekstraktının özellikleri, elde edildiği kaynağa göre değişmektedir. Atık bira mayasından elde edilen maya ekstraktı, nispeten ucuz ve büyük miktarlarda elde edilebilmesine rağmen, şerbetçiotu reçinelerinden kaynaklanan humulon ve izohumulon bileşiklerini içerebilir. Bu bileşikler uzaklaştırılmaz ise, tatta acılığa neden olurlar. Alkali ile muamele sonucu acılık kısmen giderilir. Ekmek mayasından elde edilen ekstraktın ise tadı acı değildir. Ancak, atık bira mayası, düşük maliyetinden dolayı, maya ekstraktı üretiminde daha fazla kullanılmak-

Çizelge 2.1. Otolize maya ekstraktlarının kimyasal bileşimi (Peppler 1982)

Toplam azot, Sodyum klorürsüz kuru madde de (%)	En az 9.0
α-Amino azot, Sodyum klorürsüz kuru madde de (%)	En az 3.5
Glutamik asit, Kuru madde de (%)	En çok 12.0
Toplam sodyum, Kuru madde de (%)	En çok 20.0
Kurşun (mg/l)	En çok 10.0
Arsenik (mg/l)	En çok 3.0
Çözünürlük ^a (%)	En az 99.0
pH değeri ^b	4.5-6.0

^a20°C de 5 g/100 ml su, ^b Saf suda % 2'lik çözelti

tadır (Peppler 1982, Reed ve Nagodawithana 1991, Sombutyanchit, Supphantharika ve Verduyn 2001). Maya ekstraktı üretiminde pres maya yanında sıvı maya da kullanılmaktadır (Nagodawithana 1994). Düşük maliyeti nedeniyle tercih edilen atık bira mayası kullanılırken, şerbetçiotundan gelen humulon ve izohumulon gibi acılık veren maddelerin maya hücrelerinin yüzeyinden ayrılması için genellikle NaOH veya Na₂CO₃ kullanılır. Acılık veren maddelerin alkali ile muamele sonucu suda çözünür sodyum tuzlarına dönüşümü sağlar. Daha sonra, maya süspansiyonu su ile yıkanır, bu işlem süspansiyonun pH'sı nötr olana kadar 2-3 defa tekrar edilir. Nötrleştirme işleminden sonra acılığın tam olarak giderilmesi için maya süspansiyonu separatörlerden geçirilir (Supphantharika, Varavinit ve Shobsngob 1997, Sombutyanchit vd 2001, Chae vd 2001).

Maya ekstraktı; otoliz, plazmoliz ve hidroliz işlemlerinden biri uygulanarak üretilir (Walker 1999, Kim, Kim, Shim, Kim, Park ve Pek 1999). Bu yöntemler yanında, bunların çeşitli kombinasyonları, termoliz (100°C su içerisinde mayanın kaynatılması) ve mekanik yöntemler de maya ekstraktı üretiminde kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en yaygın olanlar otoliz ve plazmoliz işlemleridir (Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1992, Sommer 1996).

2.1. Otoliz

Otoliz, mayanın kendi bileşiminde bulunan maddelerin kendi enzimleri tarafından daha küçük moleküllü maddelere (proteinler, aminoasitler ve peptidler) parçalanması olarak tanımlanır (Izzo ve Ho 1991, Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1994, Verduyn vd 1999). Otoliz işlemi canlı maya kullanılarak başlatılır ve kullanılan maya *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens*, *Streptococcus faecalis* gibi patojenik mikroorganizmaları içermemelidir (Nagodawithana, 1994). Tipik bir otoliz işleminde kuru madde içeriği %15-20 olan bir süspansiyon hazırlanır ve 45-60°C'de, 8-36 saat bırakılır (Peppler 1982, Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1994, Joseph 1999). Otoliz pH 4.0-8.5 arasında özellikle 5.0-5.5'te gerçekleştirilir, pH ayarlaması işlemi NaOH ve HCl ile yapılır (Nagodawithana 1994, Champagne, Barrette ve Goulet 1999). Bunun yanında, tuz oluşumu NaOH yerine KOH kullanımı ile de azaltılabilir. KOH'ın maya ekstraktında bulunan bileşikler ile birleşerek acı tadın kısmen azaltılmasında da etkili olduğu bildirilmektedir (Nagodawithana 1994).

Sıcaklık ve mekanik parçalama, maya hücrelerinin ölümüne neden olur (Sommer 1996). Hücre ölümünden hemen sonra (Zhao ve Fleet 2003) otolizin başlamasıyla enzim faaliyeti başlar (Peppler 1982, Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1992). Proteaz, mannanaz, glukanaz, kitinaz, fosfodiesteraz ve ribonükleaz gibi maya hücresinde bulunan enzimler, polimerik yapıdaki hücre bileşenlerinin parçalanmasında anahtar rol oynar (Nagodawithana 1994). Ancak, proteaz ve glukanaz tüm hücrenin parçalanması için gereklidir (Babayan ve Bezrukoz 1985). Otolitik durumlar altında proteaz tarafından desteklenen β (1-3) glukanaz enzimleri hücre duvarını parçalarlar (Reed ve Nagodawithana 1991). Hücre duvarının geçirgenliği artar ve parçalanma ürünleri hücre dışına çıkar (Peppler, 1982; Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1992). Mayada 40'tan fazla proteolitik enzim tanımlanmış ve bunlardan bazılarının otolizde önemli olduğu bildirilmiştir (Babayan ve Bezrukoz 1985, Nagodawithana 1994). Otoliz esnasında, proteinaz ysc A, proteinaz ysc B, karboksipeptidaz ysc Y ve karboksipeptidaz ysc S olmak üzere 4 proteaz etkilidir. Bu enzimler hücre içinde vakuolde bulunurlar (Reed ve Nagodawithana 1991, Göksungur 1993).

Otoliz işlemi üzerine fiziksel, biyolojik ve kimyasal faktörler etki eder. Fiziksel faktörlerden en önemlisi sıcaklıktır. Yüksek sıcaklık membran yapısının değişmesine neden olur. Bunun yanında, donma, erime, ozmotik basınç gibi fiziksel faktörler de önemlidir (Babayan ve Bezrukov 1985). Kimyasal faktörler olarak etil asetat, amil asetat, kloroform, eter, toluen gibi organik çözücü maddeler, NaCl, sakkaroz, papain ve antibiyotikler hücre membranının geçirgenliğini artırırlar ve hücrenin parçalanmasını kolaylaştırırlar. Ayrıca, bakteriyel gelişmeyi de önlerler (Peppler, 1982; Reed ve Nagodawithana 1991, Martinez-Rodriguez ve Polo 2000). Otolizi hızlandıran bu maddelerin kullanımı plazmoliz işlemi olarak incelenmektedir (Peppler, 1982). Biyolojik faktörler olarak otoliz üzerine havalandırma derecesi, ortamdaki besin maddelerinin azalması veya tükenmesi gibi faktörler etkili olur (Babayan ve Bezrukov 1985, Martinez-Rodriguez ve Polo 2000).

Otoliz sonunda elde edilen ürünler; sıvı maya ekstraktı, koyulaştırılmış ekstrakt ve toz ekstraktlardır. Otoliz işlemi gıda endüstrisinde geniş kabul gören düşük sodyum içerikli maya ekstraktların üretimine uygundur. Bu ekstraktların tadı hafif olmasına rağmen bunlar diğer katkı maddeleri ile birleştirilerek aroma profilini geliştirirler. Düşük sodyum içerikli maya ekstraktları, bebek mamalarının formülasyonunda önemlidir (Reed ve Nagodawithana 1991).

2.2. Plazmoliz

Maya ekstraktı üretiminde plazmoliz işlemi Avrupa'da geniş ölçüde kullanılmasına karşın Amerika Birleşik Devletlerinde daha az kullanılmaktadır (Nagodawithana 1994). Plazmoliz, hücre parçalanması işleminin hızlı bir şekilde başlamasını sağlamak için kullanılan bir yöntemdir (Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1994). Plazmoliz olayında mayada, hücre dışında yüksek derişimli bir ortam oluştuğu taktirde, enzimatik tepkiler durur ve hücre içeriği hücre dışına çıkar. Burada ozmotik basınç arttığından, maya hücreleri dış ortam ile ozmotik basıncı dengelemeye çalışır, bu sırada maya hücresi içinden dış ortama sıvı akışı olur. Sıvı kaybı hücrelerin büzülmesine neden olur ve işlem devam ettirildiğinde parçalayıcı enzimler inaktive olmaksızın zamanla maya hücresi ölür ve parçalayıcı işlemler öncesi hücre parçalanması kolaylaşır (Bridson ve Brecker 1970, Nagodawithana 1992, Nagodawithana 1994). Bu parçalayıcı işlemler sıcaklığın yükseltilmesi ve mayaya uygun olmayan koşulların oluşturulması ile artırılabilir. Hücrede ölümün belirtisi, dış tarafta bulunan hücre zarının parçalanmasıdır (Nagodawithana 1994). Plazmolizde, hücre dışına çıkan maddelerin molekül büyüklükleri, otoliz olayına göre daha büyük olduğu gibi tadları da otolizattan farklıdır (Reed ve Nagodawithana 1991).

NaCl yanında, organik çözenlerden etil alkol, etil asetat, izo-amil asetat, fenol, eter, toluen, izopropanol, formaldehit ve kloroformda plazmoliz amacı ile kullanılmaktadır (Peppler, 1982, Reed ve Nagodawithana 1991).

Plazmolizin otolize göre bazı avantajları vardır. Basit bir işlemidir ve özel ekipmana gerek yoktur, çözümler maddelerin hücreden ayrılması fazladır, aroma oranı yüksektir. Mikrobiyal kontaminasyon riski düşüktür. Ayrıca, otolizin hızlı bir şekilde başlamasını sağlar. Belirtilen avantajlarına rağmen yaygın olarak plazmolizde tuz kullanıldığından, elde edilen ekstraktta tuz miktarı yüksek olur (Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1994).

2.3. Hidroliz

Hidroliz işleminde, maya hücrelerindeki protein, karbonhidrat ve diğer bileşenlerin daha küçük ünitelere parçalanması, hidroklorik asit gibi kuvvetli asitler kullanılarak sağlanır. Bu yöntemde, canlı maya kullanımına gerek yoktur (Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1994) ve en yüksek etkiyi sağlamak için hidroliz işlemi kuru maya ile başlatılır (Peppler 1982, Hough, Briggs, Stevens ve Young 1982).

Hidroliz işlemi, en etkili maya çözündürme yöntemidir. Otolizin aksine, hidrolizde proteinlerin hemen hepsi amino asitlere parçalanır ve mayanın hücre duvarı çözünür. Ayrıca, bu yolla elde edilen ekstrakt otoliz ile elde edilene göre daha fazla etimsi aromaya sahiptir. Bununla beraber güçlü asit hidrolizi sırasında triptofan kaybolur ve tirozin, sistein ve metionin içeriğinde azalmalar olur (Peppler 1982, Nagodawithana 1994). Son ürün yaklaşık %40 tuz, %13 toplam azot, %5-8 glutamik asit ve %8 α -amino azot içerir. Salça, baharat ve benzeri ürünlere aroma verici olarak kullanılmaya başlandıklarından sonra hidrolizatların tüketimi artmaya başlamıştır. Daha kısa süre ve daha yüksek verime rağmen asit hidrolizi, monokloropropanol ve dikloropropanol gibi karsinojenik bileşikler içerme olasılığı, yüksek tuz içeriği ve yüksek yatırım maliyetinden dolayı endüstriyel boyutta fazla tercih edilmemektedir (Hough vd 1982, Reed ve Nagodawithana 1991, Nagodawithana 1992, Stam vd 1998, Chae vd 2001). Bunların yanında, konsantre edilen asitlerin kullanımı pahalıdır ve tehlikeli sorunlar ortaya çıkarabilir (Reed ve Nagodawithana 1991).

KAYNAKLAR

- Babayan, T. L., Bezrukov, M. G., 1985. Autolysis in Yeasts. *Acta Biotechnology*, 5(2):129-136.
 Bender, D. A., Bender, A. E., 1999. *Bender's Dictionary of Nutrition and Food Technology*. 7th edn, Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England.

- Bridson, E. Y., Brecker, A., 1970. Yeast Extract. In: *Methods in Microbiology*. J. R. Norris and D. W. Ribbons. (eds), Vol.: 3A. Academic Press, London, p:505.
- Canbaş, A., 1995. Ekmek Mayacılığı. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No: 22, Ankara, 44s.
- Chae, H. J., Joo, H., In, M.-J., 2001. Utilization of Brewer's Yeast Cells for the Production of Food-Grade Yeast Extract. Part 1: Effects of Different Enzymatic Treatments on Solid and Protein Recovery and Flavor Characteristics. *Bioresource Technology*, 76:253-258.
- Champagne, C. P., Barrette, J., Goulet, J., 1999. Interaction Between pH, Autolysis Promoters and Bacterial Contamination on the Production of Yeast Extracts. *Food Research International*, 32:575-583.
- Dziedzic, J. D., 1987. Yeast and Yeast Derivatives: Applications. *Food Technology*, 41(2):122-125.
- Göksungur, Y., 1993. Maya Ekstraktı Üretimi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir.
- Hay, J. D., 1993. Novel Yeast Products From Fermentation Processes. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 58:203-305.
- Hough, J. S., Briggs, D. E., Stevens, R., Young, T. W., 1982. *Malting and Brewing Science*. Vol: II, Hopped Wort and Beer, 2nd edn. Chapman and Hall, London, p:914.
- Izzo, H. V., Ho, C-T., 1991. Isolation and Identification of the Volatile of an Extruded Autolyzed Yeast Extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39:2245-2248
- Joseph, R., 1999. Yeasts: Production and Commercial Uses. Central Food Technological Research Institute, Mysore, India. 2335-2341.
- Kim, J-S., Kim, J-W., Shim, W., Kim, J-W., Park, K-H., Pek, U-H., 1999. Preparation of Flavor-Enhancing Yeast Extract Using a *Saccharomyces cerevisiae* Strain with High RNA Content. *Korean Journal of Food Science Technology*, 31(2):475-481.
- Lukondeh, T., Ashbolt, N. J., Rogers, P. L., 2003. Evaluation of *Kluyveromyces marxianus* as a Source of Yeast Autolysates. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30:52-56.
- Martinez-Rodriguez, A. J., Polo, M. C., 2000. Enological Aspects of Yeast Autolysis. *Recent Research Developments in Microbiology*, 4:285-301.
- Nagodawithana, T., 1992. Yeast-Derived Flavors and Flavor Enhancers and Their Probable Mode of Action. *Food Technology*, pp: 138-144.
- Nagodawithana, T., 1994. Savory Flavors. In *Bioproses Production of Flavour Fragrance and Color Ingredients*. A. Gabelman, (ed), John Wiley and Sons, pp: 135-168.
- Peppler, H. J., 1982. Yeast Extracts. In *Economic Microbiology*, Vol: 7, Fermented Foods, Ed. A. H. Rose, Academic Press, London, pp:293-312.
- Reed, G., Nagodawithana, T. W., 1991. *Yeast Technology*. 2nd edn. Avi Publishing, New York, p: 765.
- Saksinchai, S., Supphantharika, M., Verduyn, C., 2001. Application of a Simple Yeast Extract from Spent Brewer's Yeast for Growth and Sporulation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*: A Physiological Study. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17:307-316.
- Sombutanuchit, P., Supphantharika, M., Verduyn, C., 2001. Preparation of 5'-GMP-Rich Yeast Extracts from Spent Brewer's Yeast. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17:163-168.
- Sommer, R., 1996. Yeast Extract: Production. Properties and Components. 9th International Symposium on Yeasts, 1996, Sydney.
- Stam, H., Hoogland, M., Laane C., 1998. Food Flavours from Yeast. In *Microbiology of Fermented Foods*. Brian J. B. Wood (ed), 2nd edn., Vol: 2, Blackie Academic, London, p: 869.
- Stone, W. C., 1998. Yeast Products in the Feed Industry: A Practical Guide for Feed Professionals. <http://www.diamondv.com/articles/booklet/booklet.html>, 16s.
- Supphantharika, M., Varavinit, S., Shobsngob, S., 1997. Determination of Optimum Conditions for Autolyzed Yeast Extract Production. *Asean Journal of Science Technology and Development*, 14(1):21-28.
- Verduyn, C., Suksomcheep, A., Supphantharika, M., 1999. Effect of High Pressure Homogenization and Papain on the Preparation of Autolysed Yeast Extract. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 15:57-63.
- Walker, G. M., 1999. *Yeast Physiology and Biotechnology*, John Wiley & Sons, London, p: 350.
- Zhang, J., Reddy, J., Buckland, B., Greastram, R., 2003. Toward Consistent and Productive Complex Media for Industrial Fermentations: Studies on Yeast Extract for a Recombinant Yeast Fermentation Process. *Biotechnology and Bioengineering*, 82(6):640-652.
- Zhao, J., Fleet, G. H., 2003. Degradation of DNA During the Autolysis of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 30:175-182.