ÖZET

SERİ ENZİMATİK REAKSİYON TABANLI SICAKLIK ZAMAN İNDİKATÖRÜ-AKILLI GÖSTERGELER

İki enzimatik ve sonrasında kimyasal reaksiyonun gerçekleştirilmesi ile sıcaklık ve zamana bağlı olarak renk değiştiren ve bu sayede üzerine yapıştırıldığı gıda, ilaç, aşı ve benzeri sıcaklığa duyarlı ürunlerin kullanımına kadar maruz kaldıkları sıcaklık geçmişleri hakkında tüketiciye bilgi veren göstergeler (1) bu buluşun konusudur. Tüketiciler sıcaklık zaman indikatörü-akıllı göstergeyi (1) okuyarak, gıdanın üretim sonrası bulunduğu koşullar hakkında, dolayısıyla da tüketilebilirliği hakkında bilgi edinebilmektedirler. Buluş kapsamında seri enzimatik reaksiyonlar takip edilerek ürünün raf ömrü sürecinin daha hassas ve doğru bır şekılde takip edilmesi sağlanmıştır. Akıllı göstergelerde (1) seri enzimatik ve kımyasal reaksiyon kullanılarak çok farklı raf ömürlerine sahip gıdalar ıçin kullanılabılirliği sağlanmıştır. Ayrıca geliştirilen üretim yöntemi sayesinde gösterge (1) maliyeti düşürülmüştür. Buluşa konu olan gösterge (1), çoklu enzim ıçeren çözeltının indikatör içerikli kağıda emdirilmesi, çok katmanlı sızdırmaz polietilenle (2) kaplanması ve dış katmana yapışkan bandın (3) yerleştirilmesi ile oluşturulmuştur.

TARİH

İMZA

İsmail Hakkı BOYACI



İSTEMLER

1. İçerisinde en az bır çeşit enzim, söz konusu enzim ile reaksiyona girecek uygun substrat, ortamın pH değerine göre renk değiştiren en az bir indikatör bulunan bir gösterge çözeltisi, söz konusu gösterge çözeltisinin emdirildiği bir gösterge (1) ve göstergenin (1) muhafaza edildiği bir çok katlı polietilen kaplama (2) içeren; enzim tabanlı olması nedeniyle reaksiyonun ve renk dönüşüm hızının sıcaklık ve zamana bağlı olarak değişen hızlarda gerçekleştiği, uygun sıcaklıkta depolanan gıdanın son tüketim tarihinde renk dönüşümunü tamamlayan ve ortam sıcaklığı arttıkça renk dönüşümünün arttığı; sıcaklığa duyarlı ürünlerin, üreticiden tüketiciye ulaşana kadar her aşamada sıcaklık-zaman geçmişlerini göstererek bu gıdaların tüketilebilirliği hakkında tüketıciye bilgi vermek, soğuk zincirin kontrolünü ve üreticinin ürettiği gıdayı fabrikadan tüketiciye ulaşana dek ızleyebilmesini sağlamak amacıyla oluşturulan sıcaklık zaman indikatörü-akıllı göstergeler (1) olup özelliği;
Göstergeye (1) gösterge çözeltisinin emdirılmiş olması, söz konusu gösterge çözeltisinin hidrolaz ve oksideredütaz enzimlerini içermesi, çözeltinin kullanılana kadar donmuş vaziyette saklanması ve eridiğinde aktif hale gelerek uygun pH'da substratla seri reaksiyon sonucu ortamın asitliğini arttırması, asıdik ortamda bahsi geçen indikatörun renk değiştirmesidır.

2. Istem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği; bahsi geçen gösterge çözeltisinin oksidereduktaz ve hidrolaz enzimlerinden β-galaktosidaz ve glukoz oksidazı, substrat olarak laktoz, indikatör olarak resazurın içermesı ve bu kimyasalların pH 7.00 fosfat tamponunda çözünmüş halde bulunmasıdır.

3. İstem 2'ye uygun bir gösterge (1) olup özelliği, β-galaktosidaz enzımının laktozu glukoz ve galaktoza donüştürmesı, glukoz oksidaz enziminın oluşan glukozu glukonik aside okside etmesi ve son ürün olan glukonik asidin, ortamın pH'sını düşürerek, resazurin indikatörünün mordan pembeye renk değiştirmesini sağlamasıdır.

4. İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, bahsi geçen gösterge çözeltisinin, ınvertaz ve glukoz oksidaz enzimlerini, substrat olarak sakkaroz, indikatör olarak

bromcresol green ve metiloranj içermesi, bu kimyasalların pH 6.12 fosfat tamponunda çözünmüş halde bulunmasıdır.

5. İstem 4'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, invertaz enziminin sakkarozu glukoz ve fruktoza dönüştürmesi, glukoz oksidaz enziminin oluşan glukozu glukonik aside okside etmesi ve son ürün olan glukonik asidin, ortamın pH'sını düşürerek göstergenin (1) renginin yeşilden turuncuya dönmesidir.

6. İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, gösterge çözeltisinin alfa amilaz, amiloglukozidaz ve glukoz oksidaz enzimlerini, substrat olarak amilopektin, indikatör olarak congo red içermesi ve bu kimyasalların pH 6.12 fosfat tamponunda çözünmüş halde bulunmasıdır.

7. İstem 6'ya uygun bir gösterge (1) olup özelliği alfa amilaz ve glukoamilaz enzimlerinin amilopektini glukoz birimine kadar parçalaması, glukoz oksidaz enziminin, oluşan glukozu glukonik aside okside etmesi, son ürün olan glukonik asidin, ortamın pH'sını düşürerek göstergenin (1) renginin kırmızıdan maviye dönmesidir.

8. İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özeliği, göstergedeki (1) renk değişiminin, göstergenin (1) bulunduğu sıcaklık ve süreye bağlı olarak çok hassas bir şekilde gerçekleşmesini ve farklı sıcaklık ve süre aralığında kullanılabilmesini sağlamak amacıyla, hidrolaz ve oksidoredüktazların katalizledikleri seri reaksiyonların kullanılmasıdır.

9. İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, enzimin çalışma hızının optimum koşullarda olmasının sağlanabilmesi için farklı pH'larda tampon çözeltileri kullanılmasıdır.

10. İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, gıdayla temasının olmaması, bulaşı olması halinde ise toksik olmamasıdır.

11 İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, göstergede oluşan renk değişiminin geridönüşümsüz olması, gıdanın depolanması gereken sıcaklık sağlandığında göstergenin (1) ilk rengine dönmemesi, duşük sıcaklıklarda daha yavaş olmak üzere

renk dönüşümünün devam etmesi, gıda materyalı dondurulduğunda ise gösterge çözeltisinin de donarak inaktif hale gelmesi ve katı haldeki çözeltide renk dönüşümünün durmasıdır.

12. İstem 1'e uygun bir gösterge olup özelliği, gıdanın tüketilebilirliğinin belirlenmesi için gösterge (1) renginin karşılaştırılabileceği bir gösterge renk çizelgesi (4) içermesidir.

13. İstem 1'e uygun bir gösterge (1) olup özelliği, raf ömrü farklı olan maddelere uygulanabilmesi için kullanılan enzim(ler), substrat(lar), tampon pH'sı ve indikatörlerin değiştirilmesi veya sadece derişım ve miktarlarının değiştirilmesidir.

TARIH

IMZA

İsmail Hakkı BOYACI

TARİFNAME

SERİ ENZİMATİK REAKSİYON TABANLI SICAKLIK ZAMAN İNDİKATÖRÜ-AKILLI GÖSTERGELER

İlgili Teknik Alan

Buluş, sıcaklığa duyarlı gıdaların tüketilebilirliğini saptamak için ambalaja uygulanan, seri enzimatik reaksiyon tabanlı sıcaklık zaman indikatörü-akıllı göstergeler (1) ile ilgilidir.

Tekniğin bilinen durumu

Raf ömrü sınırlı, zamanla bozulmaya uğrayan kimyasallar, ilaçlar ve gıda ürünleri gibi maddelerin, sağlıklı kullanımını sağlamak amacıyla, uretıcı tarafından son kullanım tarihleri belirlenmektedir. Ancak söz konusu urünlerin saklama koşulları, raf ömrünü önemli ölçüde etkilemektedir. Uygun sıcaklık şartları altında saklanmayan ürünler, daha kısa sürede bozulmaya uğramaktadır.

Bilinen teknikte, raf ömrü sınırlı ürunlerin saklama koşullarını belırlemek amacıyla çeşitli indikatörler üretilmiştir. Mevcut sıcaklık zaman indikatörü-akıllı göstergeler enzimatik reaksiyonlara, polimerleşme reaksıyonlarına ve difüzyon esasına dayanmaktadır. Bunun yanı sıra, elektronik yönteme dayalı göstergeler de geliştirilmiştir.

WO 9205415 numaralı patent başvurusunda alkalin fosfataz enzimi kullanılarak geliştirilmiş bir enzim tabanlı sıcaklık-zaman indikatörü anlatılmaktadır. Bu yöntemde enzimatik reaksiyon öncesinde çözelti renksizken, reaksiyon sonunda oluşan ürün sarı renklidir. Söz konusu yöntemde gosterge çözeltisinin düşük hacımlerde kullanılması durumunda göstergenin renk dönüşümü gorsel olarak belirgin şekilde saptanamamaktadır ve taşıyıcı kullanımı ekstra maliyet gerektirmektedir.

Tekniğin bilinen durumu ile ilgili bir başka örnek **WO 2006015961** numaralı patent başvurusunda ifşa edilmektedir. Söz konusu başvuruda immobilize enzım kullanılarak sıcaklık-zaman indikatörü geliştirilmiştir. Renk dönüşümüne bakılarak sıcaklık-zaman geçmişinin izlendiği bu çalışmada enzimin immobilize edilmiş olmasının, enzim aktivitesının doğru olarak saptanamaması, ekstra maliyet getirisi, göstergenin depolanması sırasında enzim aktivitesinde zamanla azalma olabileceği gibi dezavantajları vardır.

US 3977945 numaralı belgede lipaz enziminin yağlardan yağ asidi oluşturması ve ortamın pH'sının düşmesiyle indikatörün renk değiştirmesi prensibine dayalı sıcaklık-zaman indikatörü geliştirilmiştir Söz konusu sistemde, enzim, bir matrıks sistemin içerinde yer almaktadır. Matrıkste tutuklu enzimin aktıvitesi serbest enzime oranla düşüktür. Aktıviteyi artırmak için daha fazla enzim gerekecektir. Bu da maliyeti artırmaktadır.

US 4826762 numaralı patent başvurusunda enzımatik reaksiyona dayalı sıcaklık-zaman indikatörü geliştırilmiştır. Sabit erime noktasına sahip organık çözücüde enzim ve diğer materyaller çözünmüş halde bulunmaktadır. Çözücünün erime noktasından duşük sıcaklıklarda etiketin inaktif olması, yöntemin en büyük dezavantajıdır. Verilen ornekte çözücü olarak hekzadekan kullanılmıştır. Etiketin 18.2°C'de erimesiyle enzımatik reaksiyon başlamakta ve renk dönüşümü gerçekleşmektedir. Ancak 18.2°C'nin altındaki etiket katı haldedir. Bu sıcaklığın altında beklemiş olan gıda tüketılebilırlığini yitirse de göstergede henüz bir reaksiyon gözlenmeyecek, etiket uyarı vermeyecektir.

US 2671028 numaralı başvuruda yine enzim tabanlı bir sıcaklık-zaman indikatörü anlatılmaktadır. Söz konusu sıstemde, reaksiyon sonucu renk dönüşümü gerçekleşmektedir. Sıcaklığın artması reaksiyon hızını yani renk dönüşüm hızını artırsa da, gelıştirilen etiket gıdanın doğru saklama koşullarında inaktiftir. Gıdanın belirli bir sıcaklığın altında bozulmadığı varsayılmaktadır Bu durum tüketiciyi yanıltacağı gibi, tüketilebilirliğin saptanması için son tüketim tarihine de ihtiyaç duyulacaktır.

Buluşun Amacı

Mevcut buluşun amacı, zamana ve sıcaklığa bağlı olarak bozulmaya uğrayan ürünlerin hangı koşullarda saklandığını, sıcaklık zaman geçmişini göstererek belirten, düşük maaliyetli ve teknikte yer alan diğer benzer örneklerin sahip olduğu dez avantajları çözümleyen bir akıllı indikatör geliştırmektir.

Şekillerin Açıklaması

Bu buluşun amacına yönelik gerçekleştirilen sıcaklık zaman indikatörü-akıllı gostergeler (1) Şekil-1 ve Şekil-2'de gösterıldığı gibi tasarlanmış olup şekilde numaralandırılmış olarak gösterılen bölmelerin karşılıkları aşağıdaki gibidir:

(1) Gösterge
(2) Çok katlı izolasyon maddesı-polietilen kaplama
(3) Yapışkan bant
(4) Gösterge renk çizelgesı

Buluşun Açıklaması

Sıcaklık zaman ındikatörü-akıllı göstergeler, raf ömru sınırlı kimyasallarla ilaç ve gıdaların depolama sıcaklık ve sürelerinin saptanması amacıyla kullanılır. Gıda sektöründeki kullanım amaçları, soğuk zincir kontrolü, gıdaların sıcaklık-zaman geçmişinin izlenmesi, tüketılebilirliklerinin saptanması ve fabrikadan tüketicıye ulaşana dek izlenebilirliğin sağlanmasıdır. Bu buluş çerçevesinde, tüm bu ihtiyaçları karşılamak için sıcaklık zaman indikatorü-akıllı göstergelerin (1) üretilmesi amaçlanmıştır. Sıcaklığa duyarlı bu göstergeler (1), gıdanın depolama sıcaklığı ve süresine göre farklı bileşimlerde olup o gıdanın raf ömrü süresince renk dönüşümünü gerçekleştirmektedir. Gıda ambalajlarının üzerıne yapıştırılan göstergeler (1), gıda uygun sıcaklıkta depolandığında tüketım tarihının sona ermesiyle renk değişimini tamamlamaktadır. Uygun olmayan koşullarda depolamada ise ortam sıcaklığındaki artışla orantılı olarak renk değişimi de hızlanıp daha erken tamamlanmaktadır.

Buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen sıcaklık zaman indikatörü-akıllı göstergeler (1), oksidereduktaz ve hidrolaz enzımlerinin, seri reaksiyonu sağlayacak

şekilde, birlikte kullanılmasıyla üretilmiş olup, enzımatik reaksiyon sonucu oluşan ürünlerin görsel olarak izlenebilirliği, renkli indikatörlerde gerçekleşen kimyasal reaksiyonla sağlanmıştır.

Gösterge (1) tamponda çözunmüş oksıderedüktaz ve hidrolaz enzimleriyle bu enzimlerin substratlarından ve ındıkatör/indikatörlerden oluşmaktadır. Göstergede (1) gerçekleşen seri enzimatik reaksiyonlar sonucunda oluşan ürün, ortamın pH'sını düşurmektedir. pH düştüğünde ındikatör/ler renk değiştirmektedir. Renk dönüşüm hızı, enzimlerin çalışma hızına dolayısıyla da sıcaklığa bağımlıdır ve sıcaklık arttıkça hızlanır.

Gerçekleştirilen enzimatık reaksiyonlar, göstergenin uygulanacağı gıdanın saklama koşullarına göre seçilir. Gıdanın raf ömrü ve depolama sıcaklığı dikkate alınarak seçilen enzimler, bu sıcaklık aralığında, ortam sıcaklığından ve süreden yüksek hassasıyette etkilenmelidir. Enzimlerin saflık oranı, derişimleri ve tampon pH'sı, enzim kinetığini etkileyen unsurlardır. Enzimlerin çalışma hızlarının istenilen düzeyde olması ıçın gereklı koşullar, tampon çözeltisinin pH'sı ve derişımiyle sağlanır. Göstergede (1) renk dönüşümünün gözlenebilmesi ıçin uygun pH aralığına sahip indikatör veya indikatörler seçilir Birden fazla ındikatör kullanımı, renk değışiminin gözlendiği pH aralığının genişlemesini ve göstergenin sıcaklığa duyarlılığının artmasını sağlar Aynı pH aralığında renk değiştiren farklı ındıkatörlerin seçilmesi, gösterge (1) renginde çeşitliliği artırır

Göstergenın (1) farklı raf ömrüne sahip ürünlere uygulanabilmesı için, göstergeyi (1) oluşturan bileşenlerin derişimlerinin değiştirılmesi yeterli olabilmektedir. Göstergenin (1) geliştirilmesinde gıdaların saklama koşullarının yanı sıra göstergeyi (1) oluşturan bileşenlerin ışıktan etkilenmemesı, göstergenın (1) ambalaj materyaliyle etkileşime gırmemesı, gıdaya herhangi bir bulaşı söz konusu olduğunda toksik etki yaratmaması gıbi faktörlere de dikkat edilmiştir.

Buluşun gelıştirılmesinde kullanılan yöntemler şunlardır:

Örnek 1

Buluş kapsamında üretılen gösterge (1) sisteminde oksideredüktaz ve hidrolaz enzimlerinden β-galaktosidaz ve glukoz oksıdaz, substrat olarak laktoz, indikatör olarak resazurin kullanılmış, bu kimyasallar pH 7.00 fosfat tamponunda çözünerek gösterge çozeltisi elde edilmiştır. Gösterge çözeltisi 0.45 µm gözenek çapına sahip mikrofiltreden geçirilerek küf gelişimi engellenmiştir. Düşük derişimlerde enzimlerle hazırlanmış gösterge çözeltisi, indikatör içeren göstergeye (1) emdirilir. Gösterge (1) polietilen kaplamayla kaplanır ve dondurularak muhafaza edılir. Donmuş haldeki gösterge (1) stabildir, renk dönüşümü gerçekleşmez. Gösterge (1) kullanılacağı zaman gıda ambalajına dondurulmuş halde yapıştırılır. Göstergeye (1) emdilirmiş gösterge çözeltisi eridiğinde, gösterge (1) aktive olur. Seri enzimatik reaksiyonların başlamasıyla renk dönüşümü gerçekleşir. β-galaktosidaz enziminin laktozu glukoz ve galaktoza dönuştürdüğü sistemde, glukoz oksidaz enzimi, oluşan glukozu glukonik aside okside eder. Son ürün olan glukonık asit, ortamın pH'sını düşürür. Asidik ortamın oluşmasıyla resazurin indıkatörü mordan pembeye renk değıştirir. Göstergeyi (1) çevreleyen gösterge renk çizelgesinde (4) mor renk gıdanın güvenle tüketilebilir olduğuna, pembe renk ise tüketilmemesi gerektığine işaret edecektir

Örnek 2

Bu sistem ornek 1'e benzemekle birlikte, gösterge (1) pH'sı farklıdır, dolayısıyla enzimlerin çalışma hızları farklıdır Bu örnekte iki indikatör kullanılarak renk dönüşümünün gözlendiği pH aralığı genişletilmiştir. Enzim olarak invertaz ve glukoz oksidaz, substrat olarak sakkaroz, indıkatör olarak bromcresol green ve metiloranj kullanılmış, bu kimyasallar pH 6.12 fosfat tamponunda çözünerek gösterge çözeltisi elde edilmiştir. Gösterge çozeltisi 0,45 µm gözenek çapına sahip mıkrofiltreden geçırilerek küf gelişimi engellenmiştir. Düşük derişimlerde enzimlerle hazırlanmış gösterge çözeltisi, indikatör içeren göstergeye (1) emdirılır. Gösterge (1), polietilen kaplamayla kaplanır ve dondurularak muhafaza edilir Donmuş haldeki gösterge (1) stabıldir, renk dönüşümü gerçekleşmez. Gösterge (1) kullanılacağı zaman gıda ambalajına dondurulmuş halde yapıştırılır. Göstergeye (1) emdirilmiş enzim çözeltisi eridiğinde gösterge (1) aktive olur. Seri enzımatik reaksiyonların başlamasıyla renk donuşumü gerçekleşir. İnvertaz enziminin sakkarozu glukoz ve fruktoza dönüştürdüğü

sistemde, glukoz oksidaz enzimı, oluşan glukozu glukonik aside okside eder. Son ürün olan glukonık asit, ortamın pH'sını düşürür. Asidik ortamın oluşmasıyla gösterge (1) rengi yeşilden turuncuya döner. Göstergeyi (1) çevreleyen gösterge renk çizelgesinde (4) yeşil renk gıdanın güvenle tüketilebilir olduğuna, turuncu renk ise tüketilmemesi gerektığine ışaret edecektir. Göstergenin (1) ilk ve son renkleri zıt renkler olduğundan tüketici tarafından anlaşılabilirliği kolaylaşır.

Örnek 3

Bu sistem de örnek 1'e benzemekte, ancak göstergenin (1) raf ömrü uzun ürünlere uyarlanabilmesi için üç enzim seri olarak kullanılmış, uzun süreli saklama koşullarının takip edilebilirliği sağlanmıştır. Enzım olarak alfa amilaz, amiloglukozidaz ve glukoz oksıdaz, substrat olarak amilopektın, indikatör olarak congo red kullanılmış, bu kimyasallar pH 6.12 fosfat tamponunda çözünerek gösterge çözeltisi elde edilmiştir. Gösterge çözeltisi 0,45 µm gözenek çapına sahip mikrofiltreden geçirilerek küf gelişimi engellenmiştir. Düşük derişimlerde enzimlerle hazırlanmış gösterge çözeltisi, indikatör içeren göstergeye (1) emdirilir. Gösterge (1), polietılen kaplamayla kaplanır ve dondurularak muhafaza edilir. Donmuş haldeki gösterge (1) stabildir, renk dönüşümü gerçekleşmez. Gösterge (1) kullanılacağı zaman gıda ambalajına dondurulmuş halde yapıştırılır. Göstergeye (1) emdirılmış enzim çozeltisi eridiğinde gösterge (1) aktive olur. Seri enzimatik reaksiyonların başlamasıyla renk dönüşümu gerçekleşir. Alfa amilaz ve glukoamilaz enzımleri amilopektini glukoz birimine kadar parçalar Sistemde, glukoz oksidaz enzimi, oluşan glukozu glukonik aside oksıde eder. Son ürün olan glukonik asıt, ortamın pH'sını düşürür. Asidik ortamın oluşmasıyla gösterge (1) rengi kırmızıdan maviye doner. Alfa amilaz enzimi, amilopektını, amiloglukozidaz enziminin daha kolay parçalayabileceği duruma indırger. Bu sayede zamana ve sıcaklığa üstel olarak bağlı bir şekılde glukoz üretimi ve sonrasında rengin değişmesi sağlanır. Göstergeyi (1) çevreleyen gösterge renk çizelgesınde (4) kırmızı renk gıdanın güvenle tüketilebilir olduğuna, mavi renk ise tüketılmemesi gerektığine ışaret edecektir.

Göstergenin (1) hazırlık aşamasında, çoklu enzimlerin substratlarını içeren, uygun pH'daki tamponda çozünmüş gösterge çözeltisi, 0,45 mikron gözenek çapına sahip filtre kağıdından süzülerek küf gelişimi engellenır. Gerekli enzimler gösterge

çözeltisine eklendikten sonra gösterge çözeltisi, indikatör içeren göstergeye (1) emdirilir ve ardından gösterge (1) izolasyon maddesiyle (2) izole edilir İzolasyon maddesi (2) sıvıyı geçirmemeli, ince olmalı, göstergeyle (1) reaksiyona girmemeli, göstergenin (1) renk dönüşümünün gözlenmesini engelleyen bir renkte veya koyulukta olmamalıdır.

Çok katlı izolasyon maddesiyle (2) ile izole edilen göstergenin (1) bir yuzeyi yapışkan bant (3) ile kaplanır. Yapışkan bant (3) hem kuvvetli bır izolasyon sağlayarak gösterge çözeltisinin dışarı sızmasını engeller hem de göstergenin (1) gıda ambalajına yapıştırılabilir hale gelmesini sağlar.

Yukarıdaki işlemlerden sonra kullanıma hazır hale gelmiş olan gösterge (1), kullanımdan önce oluşabilecek istenmeyen renk donüşümünün engellenmesi amacıyla dondurularak saklanır.

Gösterge (1) kullanılacağı zaman gıda ambalajına dondurulmuş halde yapıştırılır. Gösterge çözeltisi eridiğinde gösterge aktive olur. Enzimatık reaksiyonun başlamasıyla renk dönüşümü gerçekleşir.

Göstergenin (1) rengi, izolasyon maddesinin (2) çevresine göstergeyi (1) kapatmayacak şekilde yapıştırılmış renk çizelgesıyle (4) karşılaştırılır. Renk çizelgesindekı (4) renkler sabıt olup, göstergenin (1) kullanımı süresince izlediği renk dönuşüm sırasını gösterir. Göstergenin (1) rengi, çizelgedeki (4) ilk veya ara renklerden herhangi bırıyle aynı olduğunda gıda güvenle tüketilebilır. Gösterge, çizelgede (4) de gösterılen son rengını aldığında o gıdanın tüketilmesı sakıncalıdır.

Yöntemın avantajları

1. Renk dönüşüm hızı sıcaklık ve süreye bağlı olarak gerçekleşmektedir. Ortam sıcaklığı ve göstergenin (1) o sıcaklıkta bekleme suresi, reaksiyon hızını, dolayısıyla da renk dönüşüm hızını belirlemektedir. Göstergeye (1) emdirilmiş çözeltidekı enzimin donma sıcaklığı ile denatüre olduğu sıcaklık aralığında, reaksiyon hızı, ortam sıcaklığındaki düşük artışlara dahi çok duyarlıdır.
2. Gösterge (1) üretildikten sonra dondurularak, kullanıma kadar güvenle saklanabılır. Bu durum reaksiyonun kontrollü olarak gerçekleşmesini

sağlamaktadır. Gösterge çözeltisi, ambalaja yapıştırıldıktan sonra erimekte ve enzimatik reaksiyon başlamaktadır.

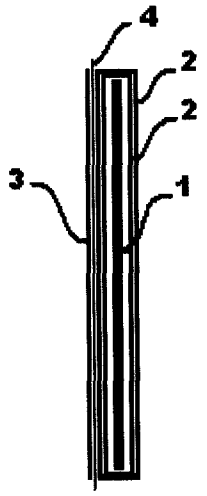
3. Gösterge çözeltisinin hazırlanması aşamasında, tampon çözeltisinin pH'sı ayarlanarak enzım aktivitesi istenilen değere getirilir. Yine aynı aşamada enzim ve substrat derişimi değiştirilerek göstergenin (1) renk dönüşüm süresi ayarlanabilir. Gerektiğinde farklı indikatörler kullanılarak çeşitli renklerde göstergeler (1) elde edilebilir. Dönüm noktası aynı olan indikatörlerle çeşitli renklerde göstergeler (1) üretılebılir. Donüm noktası farklı olan indikatörler aynı göstergede (1) kullanılarak birden fazla renk dönuşümü elde edilebildiği gibi renk dönüşumünün gerçekleştiği pH aralığı genişletilebilır. Bu tür göstergeler (1) dondurulmuş gıdalara ve bozulabilen gıdalardan raf ömrü kısa veya uzun olan her türlu gıda maddesine uyarlanabildiği için kullanım alanı geniştir.
4. Renk geri dönüşümsüz olarak değişmektedir Uygun olmayan sıcaklıkta saklanan gıda maddesinin göstergesi (1), raf ömründen daha kısa sürede renk dönüşümünu tamamlamaktadır. Uygun sıcaklıkta depolanmayan gıda maddesi, bir süre bu sıcaklıkta bekletildikten sonra uygun depolama sıcaklığı sağlandığında, gösterge (1) ilk rengine dönmemektedır. Sıcaklık düştükçe renk dönüşüm hızı azalmakta ancak dondurulmadığı sürece göstergede (1) renk dönüşümü devam etmektedir.
5. Gösterge (1) renk dönüşümünü, gıda maddesinin literatürdeki raf ömrüne uygun sürede tamamlamaktadır. Saklanması gereken sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta depolanan gıdaların raf ömrü kısalmaktadır. Bu gıdaların son kullanma tarihi dolmadığı halde, bozulmuş olma rıskı vardır. Seri enzimatik reaksıyon tabanlı sıcaklık zaman indikatöru-akıllı gostergeler (1), gıda maddesi hangi sıcaklıkta depolanırsa depolansın, bozulma rıski doğduğu zaman renk dönüşümünu tamamlar. Boylelikle raf ömrü dolmadığı halde bozulmuş olabilecek gıdalar, göstergeye (1) bakılarak, yalnızca görsel olarak, kolaylıkla saptanabilir.
6. Gosterge çözeltisinin gıdayla teması yoktur. Ancak herhangi bir nedenle bulaşı soz konusu olduğunda toksik etki yaratmaz
7. Göstergenin (1) kullanımı kolay, üretim maliyeti duşüktür. Gösterge çözeltisini oluşturan kimyasalların ve enzimlerın düşük derişimlerde ve az miktarlarda kullanılması, düşük maliyette gösterge eldesini sağlar.

8. Göstergenin (1) istenilen geometrik şekillerde üretilebilir olması, çeşitlilik ve kullanım kolaylığı sağlar.
9. Referans renkler, göstergenin (1) izleyeceği renk dönüşümünü göstermekte ve ızolasyon maddesini (2) çevreleyen çizelgede (4) yer almaktadır. Göstergenin (1) rengi referans renklerle karşılaştırılarak, gıdanın bozulma düzeyi saptanmaktadır. Böylece gıdanın tüketilebilirliği, tuketici tarafından kolaylıkla anlaşılmaktadır.

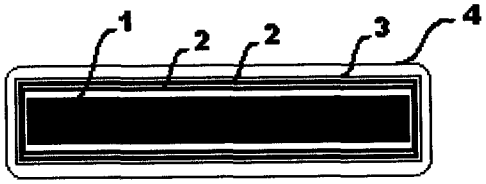
TARİH

İMZA

İsmail Hakkı BOYACI



Şekil 1



Şekil 2

TARİH

İMZA

İsmail Hakkı BOYACI