# بررسی شناساگرهای تازگی و دما- زمان در بسته‌بندی‌های مواد غذایی

مانا مشکور[1]، مسعود هاشمی شهرکی[2]، یحیی مقصودلو[3]

تاریخ دریافت مقاله: دی ماه ۱۳۹۰
تاریخ پذیرش مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۰

## چکیده

**امروزه با استفاده از ترکیباتی تحت عنوان شناساگرها، می‌توان تغییرات کیفی ماده غذایی را بدون باز نمودن بسته‌بندی بررسی نمود. از مهم‌ترین شناساگرها می‌توان به آن دسته‌ای اشاره نمود که نشان‌دهنده‌ی سطح کیفیت و تازگی محصول می‌باشند. شناساگرهای تازگی و دما- زمان هر کدام به نوعی میزان کیفیت محصول را بازگو می‌کنند. شناساگرها به وسیله‌ی تغییرات فیزیکی و شیمیایی که منجر به یک تغییر دیداری شود، کیفیت محصول را نشان می‌دهند. در این مقاله سعی می‌شود که به بررسی شناساگرهای تازگی و دما- زمان با توجّه به پژوهش‌های اخیر در این زمینه پرداخته شود.**

## واژه‌های کلیدی

شناساگرها، شناساگر تازگی، شناساگر دما- زمان و بسته‌بندی مواد غذایی.

## ۱- مقدمه

شناساگرها به ترکیباتی گفته می‌شود که حضور، عدم حضور، غلظت ترکیبات دیگر و یا درجه واکنش بین دو یا چند ترکیب را به وسیله تغییر در برخی خصوصیات نظیر رنگ نشان می‌دهند. بر خلاف حسگر که عمل گیرنده و عمل مبدل اطّلاعات را با هم انجام می‌دهد، شناساگر، تنها اطّلاعات را به صورت تغییرات معمول و به طور مستقیم ارائه می‌دهد. در این مقاله سعی برآن است تا مهم‌ترین شناساگرهای مورد استفاده در صنعت غذا از لحاظ اساس کارکرد و کاربرد آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته شود.

## ۲- شناساگرهای تازگی

این قبیل شناساگرها اطّلاعات مستقیمی از کیفیت محصول ارائه می‌دهند. این اطّلاعات نتیجه رشد میکروبی یا تغییرات شیمیایی در ارتباط با محصولات غذایی می‌باشند. کیفیت میکروبی با واکنش بین متابولیت‌های حاصل از رشد میکروبی با شناساگرهای تعبیه شده در بسته‌بندی تعیین می‌گردد(۲۸).

### ۲-۱- مکانیسم‌های عمل شناساگرهای تازگی

تا کنون تعداد شناساگرهای بسته‌بندی‌های هوشمند قابل استفاده، بسیار محدود می‌باشند، ولی با این وجود، پتانسیل گسترش این قبیل شناساگرها بر اساس متابولیت‌های معرّف کیفیت دارای اهمیت می‌باشند. پیشرفت در تشخیص واکنش‌های بیوشیمیایی در طی انبارداری و فساد مواد غذایی(۲ و ۱۵) امکان گسترش شناساگرهای تازگی محصول را فراهم می‌آورد.

برخی از شناساگرها بر پایه متابولیت‌هایی هستند که حاصل فعالیت‌های میکروبی می‌باشند. تغییر در غلظت

۱و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(* نویسنده مسئول:mana.mashkour@gmail.com)
۳- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

اسیدهای آلی نظیر n- بوتیرات[1]، L- لاکتیک اسید[2]، D- لاکتات[3] و استیک اسید[4] در طی انبارداری به عنوان متابولیت‌هایی که پتانسیل لازم جهت ایفای نقش شناساگر در تعدادی از محصولات گوشتی را دارا می‌باشند، به کار روند(۲۶).

همچنین شناساگرها بر پایه تغییرات رنگی حاصل از تغییرات pH[5] ناشی از فعالیت‌های میکروبی نیز در این زمینه مطرح می‌باشند. اتانول[6] مانند اسید لاکتیک و اسید استیک، شناساگر بسیار مهمی جهت شناسایی متابولیسم‌های تخمیری باکتری‌های اسید لاکتیک می‌باشند. گزارش شده است که افزایش در میزان اتانول در بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح شده[7] گوشت عمل‌آوری شده جوجه با زمان انبارداری در ارتباط می‌باشد(۲۱).

آمین‌های بیوژنیک[8] نظیر هیستامین[9]، پوترسین[10]، تیرامین[11]، کاداورین[12] در مبحث شناساگرهای مورد استفاده در بسته‌بندی گوشت مطرح می‌باشند(۱۰، ۱۷ و ۲۵). دی اکسید کربن در طی رشد میکروبی تولید می‌گردد و می‌تواند به عنوان عاملی در جهت شناسایی کیفیت محصولات گوشتی که در شرایط اتمسفری کنترل شده بسته‌بندی می‌شود به کار برده شود. غلظت دی اکسید کربن بین ۲۰ تا ۸۰ ٪ می‌باشد و با رشد میکروبی میزان دی اکسید کربن در بسته‌بندی تغییر می‌کند. هیدروژن سولفید محصول تجزیه سیستئین[13] بوده که بی‌بو می‌باشد و در اثر فساد گوشت توسط برخی از باکتری‌ها ایجاد می‌گردد. در اثر ترکیب با میوگلوبین‌های[14] گوشت پیگمان[15] سبز رنگ سولفومیوزین[16] تولید می‌شود، بنا بر این تفاسیر، شناساگر تازگی محصول گوشتی بر پایه میوگلوبین جهت گوشت‌های ترد شده کبابی به کار برده می‌شود(۲۷).

شناساگرهای تازگی محصول که طیف گسترده‌ای از تغییرات رنگی را در بر دارند، معایبی از جمله این که تغییرات رنگی معنای دقیقی از میزان تازگی محصول نمی‌دهد و یا تغییر رنگ، بدون هیچ تغییر قابل ملاحظه در کیفیت و تازگی محصول را دارا می‌باشد. متابولیت‌های[17] شناساگر کیفیت به علت توانایی در جایگزینی جهت آنالیزهای[18] زمان بر حسی و میکروبی به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند(۲). اکثر این ترکیبات بر اساس تغییر رنگ برچسب در اثر حضور متابولیت‌های میکروبی که در طی فساد محصول بسته‌بندی شده، رخ می‌دهد، عمل می‌کنند. همچنین جهت اندازگیری می‌توان از ابزارهای نوری یا الکتریکی نیز استفاده نمود.

## ۲-۲- مهم‌ترین ترکیبات مورد استفاده در شناساگرهای تازگی

### ۲-۲-۱- متابولیت‌های وابسته به تخمیر گلوکز

اتانول به علاوه لاکتیک و استیک اسید از عمده‌ترین محصولات نهایی متابولیسم باکتری‌های[19] اسید لاکتیک می‌باشد و پیشنهاد شده است که افزایش غلظت اتانول در گوشت و ماهی نشان‌دهنده این امر می‌باشد که بار میکروبی این محصولات بالا رفته است. غلظت اتانول تابعی از زمان انبارداری گزارش شده است(۲۱، ۲۲ و ۲۴). انباشت اتانول در محصولات ماهی به علت پایین بودن غلظت اکسیژن و افزایش $Co_2$ به عنوان شاخصی از فعالیت‌های غیر هوازی در نظر گرفته می‌شود(۷). گزارش شده است که آزمون‌های آنزیماتیک[20] برای اتانول می‌تواند

1- n-Butyrate
2- Acid lactic
3- Lactate
4- Acetic acid
5- Power of hydrogen
6- Ethanol
7- Modified atmosphere packaging
8- Biogenic amines
9- Histamine
10- Putrescine
11- Tiramin
12- Cadavrine
13- Cysteine
14- Myoglobin
15- Pigman
16- Sulfo myosin
17- Metabolites
18- Analysis
19- Bacteria
20- Enzymatic test

جهت اندازه‌گیری اتانول در فضای باز استفاده شود و این امر برای بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح شده آسیب دیده مطلوب می‌باشد(۲۹). غلظت استات در طی انبارداری ماهی تازه افزایش می‌یابد(۹). مقدارL– لاکتیک اسید به طور معمول در طی انبارداری گوشت و ماهی کاهش می‌یابد. بنابراین به نظر می‌رسد که D– لاکتات به عنوان شناساگر تازگی مطلوب می‌باشد(۲٦). گلوکز به عنوان اولین سوبسترا[1] جهت فسادهای باکتریایی مطرح می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری شیب غلظت گلوکز برای پیش‌بینی زمان ماندگاری گوشت پیشنهاد شده است(۱۱).

### ۲-۲-۲- ترکیبات نیتروژن‌دار فرّار

آمین‌های فعال نظیر تری متیل آمین[2](TMA) ، آمونیاک[3] ($NH_3$) و دی متیل آمین[4](DMA) از ترکیبات فرّار نیتروژن‌دار[5](TVB-N) بوده، که به عنوان شاخصی از فساد محصولات دریایی می‌باشد. در بسیاری از تحقیقات، تازگی ماهی با استفاده از اندازه‌گیری مقدار TMA (تری متیل آمین)، DMA (دی متیل آمین) و آمونیاک توسط کروماتوگرافی[6] گازی تعیین می‌گردد(٤). تری متیل آمین در اثر فعالیت میکروبی در ماهیچه ماهی تشکیل می‌شود و به عنوان شاخص کیفی برای محصولات دریایی در نظر گرفته می‌شود(۲۳). بتالائین[7] و فلاوونوئید[8] به عنوان ترکیبات رنگی حساس به pH برای تعیین آمین‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود(۳۲، ۳۳ و ١٦)و سنسور[9] نوری ساده‌ای برای بخار آمین‌ها ارائه نموده است. این سنسور شامل سیلیکا ماکروس فی یرس دایـد[10] همراه با شناساگر pH بروموکروزول[11] سبز می‌باشد. بروموکروزول سبز همچنین در پژوهش‌های(۱۸ و ۱۹) که از این قبیل شناساگرها را ارائه نموده است، برای اندازه‌گیری تغییرات حاصله از رنگ سنج‌های انعکاسی LED[12] استفاده شده است.

### ۲-۲-۳- آمین‌های بیوژنیک[13]

آمین‌های بیوژنیک همچون تیامین[14]، هیستامین، ترپتامین[15]، فنیل اتیل آمین[16]، سروتنین[17]، پوتریسین[18]، کاداوارین[19]، اسپرمین[20] و اسپرمیدین[21] در غذاهای تازه در غلظت‌های بسیار ناچیز یافت می‌شود. بنابراین می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص کیفی استفاده نمود. به علاوه، بیوژنیک آمین‌ها می‌توانند اثرات سمّی نیز داشته باشند، به همین علت ممکن است تأثیرات نامطلوبی بر روی سلامتی بگذارند. میزان 100 mg/kg هیستامین در ماهی توسط FDA[22] به عنوان مقدار مجاز تعیین گردیده است(۱۰). آمین‌های بیوژنیک در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های دی کربوکسیلاز[23] مثبت در شرایط مطلوب برای فعالیت آنزیم تولید می‌شود(٢٤). با توجه به اطّلاعات موجود، فقط برخی از بیوسنسورهای آنزیماتیک[24] برای تعیین آمین‌های بیوژنیک توسعه یافته است. روش‌های آنزیماتیک جهت تعیین مقدار کل آمین‌های بیوژنیک توسط پیناکیوی[25] ارائه گردیده است.

1- Substrate
2- Terimethyl-amine
3- Ammoniac
4- Dimethyl-amine
5- Total volatile basic nitrogen
6- Chromathography
7- Betalain
8- Flavonoid
9- Sensor
10- Silica microspheres dyed

11- Bromocresol
12- Light emitting diode
13- Biogenic amines
14- Tiamin
15- Triptamin
16- Phenylethylamine
17- Serotonin
18- Putrescine
19- Cadavrine
20- Spermine
21- Spermidine
22- Food and drug administration
23- Carboxylase
24- Enzymatic biosensor
25- Punakivi

### ۲-۲-٤- دی اکسید کربن

دی اکسید کربن در طی رشد میکروبی تولید می‌شود همچنین در بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح شده همراه با گاز نیتروژن نیز استفاده می‌شود، به همین علت میزان غلظت $Co_2$ در طی انبارداری افزایش می‌یابد(٦). برخی از شناساگرهای رنگی pH برای تعیین متابولیت[1] $Co_2$ پیشنهاد شده است نظیر برموتیمول بلو[2](۸ و ۱۲). ترکیبی از بلو متیل بلو و متیل رد[3] در فیلم‌های نفوذپذیر به گاز جهت این امر پیشنهاد شده است(١٤).

### ۲-۲-۵- ترکیبات سولفوره

$H_2S$[4] یکی از ترکیبات گوگرددار بوده که در طی فساد ماکیان توسط سودوموناس‌ها[5] و آلترامونا‌س[6] و کلستردیا[7] غیر هوازی سایکروتروفیک[8] تولید می‌شود(۵). در طی مطالعات(۲) تولید $H_2S$ می‌تواند به عنوان شاخص نشان‌دهنده فعالیت انتروباکتریاسه‌ها[9] در گوشت‌های انبار شده باشد. همچنین در گوشت‌های جوجه کبابی بسته‌بندی شده در شرایط اتمسفر اصلاح شده $H_2S$، و دی متیل سولفید تحت تأثیر دما و زمان نگهداری تولید می‌شود(۲۰). یکی از راه‌های اندازه‌گیری میزان $H_2S$ استفاده از لایه‌های نقره‌ای در RF می‌باشد. که اساس این روش تغییر در هدایت لایه‌ی نقره‌ای بوده که ناشی از واکنش بین نقره و $H_2S$ می‌باشد.

1- Metabolites
2- Bromothymol blue
3- Methyl red
4- Hydrogen sulfide
5- Pseudomonas
6- Altromonas
7- klebsiella
8- Psychrophic
9- Enterobacteriaceae

### ۳- شناساگرهای زمان دما(TTI)[10]

شناساگرهای دما - زمان معمولاً ابزارهای کوچکی هستند که به بسته‌بندی چسبانده شده یا متصل می‌شوند و یک ابزار شناسایی بصری[11] را فراهم می‌آورند که می‌توانند در کانتینرهای حمل‌ونقل و یا در بسته‌بندی‌هایی که مستقیماً به دست مصرف‌کنندگان می‌رسند، استفاده گردند(٣٤).

این شناساگرها ابزاری مناسب برای اندازه‌گیری دما در طی زمان بوده که منعکس‌کننده‌ی همه یا جزیی از پیشینه دمایی محصول غذایی می‌باشند(شکل ۱)(۳۰). عملکرد TTIها بر اساس تغییرات مکانیکی، شیمیایی، الکتریکی، الکتروشیمیایی، آنزیمی و یا میکروبی می‌باشد. و به صورت تغییر شکل مکانیکی، گسترش رنگ و یا جابه جایی رنگ بیان می‌شود(۳۱).

**شکل ۱- شناساگر زمان دما**

10- Time temperature indicator
11- Visual indication

### ۳-۱- انواع شناساگرهای دما زمان

شناساگرهای دما - زمان، اساساً سه نوع هستند:

۱- پیشینه کامل[1] (آن‌هایی که به محض فعال‌سازی شروع به فعالیت می‌نمایند)؛

۲- پیشینه ناکامل[2] (آن‌هایی که با رسیدن به یک آستانه دمایی خاص شروع به فعالیت می‌کنند)؛

۳- شناساگرهای دمای بحرانی[3] یا شناساگرهای تعیین شرایط نامناسب[4] (که در صورتی که به دمای بحرانی رسیده باشد) تغییری را نشان می‌دهد و پاسخ‌های آن‌ها به زمان بسته‌بندی فرآورده(زمان تولید) بستگی ندارد. به طور کلی TTIها برچسب‌هایی می‌باشند که پیشینه زمان-دما را از نقطه تولید تا مصرف ثبت می‌کنند. این برچسب‌ها برای گوشت و ماکیان نشان دهنده‌ی رعایت زنجیره سرمایی، ایمنی میکروبی و کیفیت ماده غذایی می‌باشند.

### ۳-۲- مکانیسم عمل شناساگرهای دما زمان

انواع مختلفی از TTIها تولید و عرضه شده‌اند که در ادامه به اساس کارکرد و کاربرد برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد(۳۱).

#### ۳-۲-۱- شناساگر دما- زمان نفوذی

ام مونیتور مارک[5] محصول شرکت[6] یک شناساگر برگشت ناپذیر می‌باشد که بر اساس نفوذ استرهای رنگی اسیدهای چرب در امتداد منافذ فیلترهای ساخته شده از کاغذ خشک‌کن کار می‌کند. اندازه‌گیر این پاسخ با توجّه به فاصله پیشرفت نفوذ سنجیده می‌شود و برای محدوده‌های دمایی مختلف کاربرد دارد و میزان پاسخ بر اساس نوع و غلظت اسید چرب قابل بررسی می‌باشد.

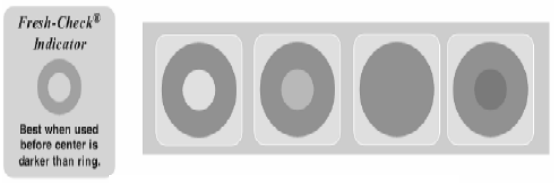
1- Full history
2- Partial history
3- Critical temperature indicator
4- Abuse indicator
5- M Monitor Mark
6- M Company, St Paul, Minnesota, USA

#### ۳-۲-۲- شناساگر دما- زمان آنزیماتیک

شناساگر دما-زمان ویستاب[7] محصول[8] بر اساس تغییر رنگی که حاصل کاهش pH در اثر هیدرولیز آنزیماتیک[9] کنترل شده لیپیدها می‌باشد، کار می‌کند. این سیستم شامل دو قسمت جداگانه می‌باشد که در یک قسمت محلول آبی آنزیمی لیپولیتیک[10] و در قسمت دیگر سوبسترای لیپیدی همراه با شناساگر pH در یک محلول آبی است. ترکیب های آنزیم- سوبستراهای مختلف، پاسخ‌های مختلفی می‌توانند به دما داشته باشند. فعال‌سازی این نوع از TTIها با ایجاد شکست مکانیکی در قسمت جدا کننده صورت می‌گیرد و واکنش بین آنزیم و سوبسترا موجب کاهش pH و نهایتاً تغییر رنگی از سبز تیره به زرد روشن می‌گردد. در این محدوده پنج مقیاس رنگی وجود دارد که نشان‌دهنده میزان پیشرفت واکنش می‌باشد.

#### ۳-۲-۳- شناساگر دما- زمان پلیمری

فریش مونیتور[11] و فریش چک[12] محصول[13] می‌باشند که بر اساس دمای حاصل از واکنش‌های پلیمریزاسیون که موجب تولید پلیمرهای رنگی می‌شود، کار می‌کند. در فریش چک برچسب‌های دایره‌ای وجود دارد که رنگ دایره داخلی با دیگر دایره‌ها مقایسه می‌گردد(شکل ۲).




**شکل ۲- برچسب فریش چک**

7- VITSAB TTI
8- VITSABA.B.,Malmo, Sweden
9- Enzymatic hydrolysis
10- Enzymatic lipolysis
11- Freshness Monitor
12- Fresh-Check
13- Lifelines Technology, Inc., Morris Plains, New Jersey, USA

### ۳-۲-٤- شناساگر دما- زمان RFID

در برخی از سیستم‌های TTI اطّلاعات مربوط بـه پیـشینه دمایی با استفاده از خواننده [1] RFID قابل دسترسی می‌باشـند بـه عنـوان مثـال تمـپ تـایم[2] قطعـه‌ای الکتریکـی بـوده کـه اطّلاعات مربوطه را ذخیره می‌کند.

## ٤- نتیجه گیری

با به کار بردن شناساگرهای تازگی می‌توان تا حد زیـادی تغییرات کیفی محصول بـسته‌بنـدی شـده را مـشاهده نمـود. مکانیسم‌های مختلفی جهت برآورد تـازگی محـصول وجـود دارد که در اکثر آن‌ها وجود یک فرآورده‌ی ضـمنی میکروبـی موجب تغییرات فیزیکی بصری نظیر تغییرات رنگی می‌شـود. از معایب شناساگرهای تازگی بر پایه تغییر رنگ، ایـن اسـت که تغییرات رنگی، معنای دقیقی از میزان تـازگی محـصول را نشان نمی‌دهد و یا تغییر رنگ، هیچ تغییر قابل ملاحظه‌ای در کیفیت و تازگی محصول نشان نمی‌دهد کـه در نـسل جدیـد این نوع محصولات، می‌بایست ایـن معایـب برطـرف گـردد، ولی با این وجـود، اسـتفاده از شناسـاگرها، موجـب افـزایش بازارپـسندی محـصول مـی‌شـود. شناسـاگرهای دمـا- زمـان پیشینه‌ای از وضعیت دمایی محصول از زمان فعـال‌سـازی تـا مصرف ارائه می‌کند. این قبیل شناسـاگرها در زمینـه رعایـت زنجیره سرد برای محصولات غذایی مفید می‌باشـند، بـا ایـن کار سطح کیفیت محصول را می‌توان بررسی نمود.

## ٥- منابع


1. Anon. RipeSense r, "Turning pears into bananas". www.ripesense.com, retrieved November. 2006.
2. Dainty, R.H. "Chemical /biochemical detection of spoilage". international journal of food microbiology, 33, 19–33. 1996.
3. De Kruijf .N., M. van Beest, R. Rijk, T. Sipil¨ainen-Malm, P. Paseiro Losada and B. De Meulenaer. "Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects". Food add. contam., 19, 144–162. 2002.
4. Elias, L. and M.E. Krzymien "Method for testing the fish freshness". United States Patent US 4980294. 1990.
5. Freeman, L.R., G.J. Silverman, P. Angelini, C. Jr. Merritt and W.B. "Esselen volatiles produced by microorganisms isolated from refrigerated chicken at spoilage". Applied environmental microbiology, 32, 222–231. 1976.
6. Fu, A.-H., R.A.Molins and J.G. "Sebranek storage quality characteristics of beef rib eye steaks packaged in modified atmosphere". Journal of food science, 57, 283–301. 1992.
7. Gonzalez-Aguilar, G.A., J.F. Ayala-Zavala, S. Ruiz-Cruz, E. Acedo-Felix, M.E. Diaz-Cinco "Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh cut bell peppers". Lebensmittel-wissenschalt technologie, 37, 817–826. 2004.
8. Holte, B. "An apparatus for indicating the presence of CO2 and a method of measuring an indicating bacterial activity within a container or bag". PCT International Patent application WO 93/15402. 1993.
9. Kakouri, A., E.H. Drosinos, G.-J.E. "Nychas storage ofmediterranean fresh fish (Boops boops, and Sparus aurata) undermodified atmospheres or vacuumat 3 and 10 ◦C, in Seafood from producer to consumer; integrated approach to quality". Elsevier science, New York, pp. 171–178. 1997.
10. Kaniou, I., Samouris, G., Mouratidou, T., Eleftheriadou, A., and Zantopolous, N. "Determination of biogenic amines in fresh and unpacked and vacuum-packed beef during storage at 4 ◦C. Food Chemistry". 74, 515–519. 2001.


1- Reader
2- Temp time

11. Kress-Rogers, E. The marker concept: “Frying oil monitor and meat freshness sensor, in Instrumentation and Sensors for the food industry, E. Kress-Rogers”. (Ed.), Stoneham, mass., butterworth-heinemann, p. 523. 1993.
12. Mattila, T., J. Tawast and R. “Ahvenainen new possibilities for quality control of aseptic packages: microbiological spoilage and seal defect detection using head-space indicators”. Lebensmittel wissenschaft und – technologie, 23, 246–251. 1990.
13. Mohan .A.M. “.Beyond the hype: smart packages need to deliver value”. Pack. digest, June, 54. 2005.
14. Morris, R.J. “Food freshness sensor”. US Patent application publication US 2006/0121165 A1. 2006.
15. Nychas, G.E., Drosinos, E.H., and Board, R.G. “Chemical changes in stored meat”. In A. Davies and R.G. Board, The microbiology of meat and poultry (pp. 288–326) london: bBlackie academic and professional. 1998.
16. Oberg, K.I., R. Hodyss and J.L. “Beauchamp simple optical sensor for amine vapors based on dyed silica microspheres”. Sensors and actuators B, 115, 79–85. 2006.
17. Okuma, H., Okazaki, W., Usami, R., and Horikoshi, K. “Development of the enzyme reactor system with an amperimetric detection and application to estimation of the incipient stage of spoilage of chicken”. Analytica chimica acta, 411, 37–43. 2000.
18. Pacquit, A., J. Frisby, D. Diamond, K.T. Lau, A. Farrel, B. Quilty and D. “Diamond development of smart packaging for the monitoring of fish spoilage”. Food chemistry, 102, 466–470. 2007.
19. Pacquit, A., K.T. Lau, H. McLaughlin, J. Frisby, B. Quilty and D. “Diamond development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage”. Talanta, 69, 515–520. 2006.
20. Rajam¨ aki, T., H.-L. Alakomi, T. Ritvanen, E. Skytt¨ a, M. Smolander and R. “Ahvenainen application of an electronic nose for quality assessment of modified atmosphere packaged poultry meat”. Food control, 17, 5–13. 2006.
21. Randell, K., Ahvenainen, R., Latva-Kala, K., Hurme, E., Mattila-Sandholm, T., and Hyv¨ onen, L. “Modified atmosphere - packed marinated chicken breast and rainbow trout quality as affected by package leakage”. Journal of food science, 60, 667–672, 684. 1995.
22. Rehbein, H. “Assesment of fish spoilage by enzymatic determination of ethanol”. archiv f ur lebensmittelhygiene. 44, 1–24. 1993.
23. Rodr´ ıguez, C.J., I. Besteiro and C. “Pascual biochemical changes in freshwater rainbow trout (oncorhynchus mykiss) during chilled storage”. Journal of the science of food and agriculture, 79, 1473–1480. 1999.
24. Roig,A. “The role of biogenic amines as quality indicators. In: european cooperation on scientific and technical research”. Food science and technology cost 917: Biogenically active amines in food. Volume VI: biologically active amines: metabolism and physiology and biologically active amines in food processing and production of biologically active amines by bacteria. Morgan, D.M.L., Hirvi, T., Danrifosse, G., Deloyer, P. and White Ann (Eds). pp. 171–174. Luxembourg: office for official publications of the european communities. 2002.
25. Rokka,M., Eerola, S., Smolander,M., Alakomi, H.L., and Ahvenainen, R. “Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts in different temperature conditions B. Biogenic amines as quality-indicating metabolites”. Food control, 15, 601–607. 2004.
26. Shu, H.C., H° akanson, E.H., and Mattiason, B. “D-Lactic acid in pork as a freshness indicator

monitored by immobilized D-lactate dehydrogenase using sequential injection analysis". Analytica chimica acta, 283, 727–737. 1993.
27. Smolander, M., Hurme, E., Latva-Kala, K., Luoma, T., Alakomi, H.L., and Ahvenainen, R. "Myoglobin-based indicators for the evaluation of freshness of unmarinated broiler cuts". Innovative food science and emerging technologies, 3, 279–288. 2002.
28. Smolander, M. "The use of freshness indicators in packaging. In R. Ahvenainen". Novel food packaging techniques (pp. 128–143). Cambridge, UK: Wood head publishing Ltd. 2003.
29. Smyth, A.B., P.C. Talasila, and A. C. Cameron. "An ethanol biosensor can detect low-oxygen injury inmodified atmosphere packages of fresh-cut produce". Postharvest biology and technology,15, 127–134. 1999.
30. Taoukis, P.S. and Labuza, T.P. "Applicability of time temperature indicators as shelf-life monitors of food products". Journal of food science, 54, 783–788. 1989.
31. Taoukis, P.S., and Labuza, T.P. "Time-temperature indicators (TTIs)". In R. Ahvenainen Novel food packaging techniques (pp. 103–126). Cambridge, UK: Wood head publishing Ltd. 2003.
32. Williams, J.R. and K.E.Myers. "Compositions for detecting food spoilage and related methods". United states patent application publication US 2005/0153452 A1. 2005.
33. Williams, J.R., K.E. Myers, M.M. Owens and A. A. "Bonne. food quality indicator". United states patent application publication US 2006 / 0057022 A1. 2006.
34. Yam.L, P. Takhistov and J. Miltz. "Intelligent packaging: concepts and applications". J. Food Sci.,70, 1–10. 2005.

**آدرس نویسنده**

گرگان- خیابان ملل- کوچه ۲۲- پلاک ۹۲.