

TEKNOLOGI PENGEMASAN AKTIF



Teknologi Pengemasan Modern

- Pengemasan atmosfer termodifikasi (Modified Atmosphere Packaging = MAP)
- Pengemasan aktif (Active Packaging)/Smart Packaging

MAP = pengemasan produk dengan menggunakan bahan yang dapat menahan keluar masuknya gas sehingga konsentrasi gas di dalam kemasan berubah



- laju respirasi menurun
- mengurangi pertumbuhan mikroba
- mengurangi kerusakan enzim
- memperpanjang umur simpan

MAP ⇒ termasuk Pengemasan aktif



Pengertian

- Istilah lain :
 - Active Packaging
 - Smart Packaging
 - Interactive Packaging
 - Clever Packaging
 - Intelligent Packaging
- Kemasan aktif : teknik kemasan yang mempunyai sebuah indikator eksternal atau internal untuk menunjukkan secara aktif perubahan produk serta menentukan mutunya

Keuntungan Kemasan Aktif :

- Tidak mahal (relatif terhadap produk yang dikemas)
- Ramah lingkungan
- Mempunyai nilai estetika yang dapat diterima
- Sesuai untuk sistem distribusi



- Pada kemasan aktif terdapat :

- ✓ Bahan penyerap O₂ (oxygen scavenger)
- ✓ Generator CO₂ ⇒ untuk menyerap atau menambah CO₂
- ✓ Ethanol emitters
- ✓ Penyerap etilen
- ✓ Bahan antimikroba
- ✓ Heating/cooling
- ✓ Bahan yang menyerap atau melepaskan aroma/flavor
- ✓ Pelindung cahaya (photochromic)

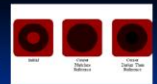
- Indikator yang terdapat pada kemasan aktif (*smart indicator*) :

- ✓ *Time-temperature indicator* (diperukaan kemasan)
 - ✓ Indikator O₂
 - ✓ Indikator CO₂
 - ✓ Indikator physical shock (kejutan fisik)
 - ✓ Indikator kerusakan atau mutu → bereaksi dengan bahan volatil dari hasil reaksi kimia, enzimatis dan/atau kerusakan mikroba.
- Alat lain yang dapat digunakan alat pemanas mikrowave (susceptors) dan metode pengaturan suhu lain



Time-Temperature Indicators (TTIs)

Small tag or label used to show time-temperature history to which a perishable product has been exposed



Diffusion-based, enzymatic and polymer-based TTIs offer most potential

VITSAB®, Fresh-Check® and 3M Monitor® - effective indicators of meat quality



'Do not use if circle is pink'

CheckPoint® (Vitsab International, Sweden)



TTIs: Price estimates from €0.02 to €0.15

Fungsi cerdas dari pengemasan aktif :

- mempertahankan integritas dan mencegah secara aktif kerusakan produk (memperpanjang umur simpan)
- Meningkatkan atribut produk (misalnya penampilan, rasa, flavor, aroma dan lain-lain)
- Memberikan respon secara aktif terhadap perubahan produk atau lingkungan kemasan
- Mengkomunikasikan informasi produk, riwayat produk (product history) atau kondisi untuk penggunaannya.
- Memudahkan dalam membuka

TABLE 1. Types of Active Packaging Systems with Mode of Action and Representative Manufacturers (Excluding Oxygen Scavengers).

System/Action	Substance	Organizational Source
Ethylene absorbing	• Activated carbon/potassium permanganate	• Kuraray/Nippon (Japan) • Greener (Japan)
Ethanol emitting	• Micro-encapsulated ethanol	• Freund (Japan)
Moisture absorbing	• Polyvinyl alcohol encapsulation • Silica gel • Clay-based	• Grace Chemical (Davison) • Capitol Specialty Plastics • Multisorb Technologies • Sud-Chemie Performance Packaging
Antimicrobial releasing	• Sorbates • Benzates • Propionates • Silver salts • Sulfur and mercurial compounds • Bacteriocins • Sub-micronmeter cell wall penetrants • Zeolites	• Mitsubishi Gas Chemical (Japan) • Chemical (Japan) • Tachyon Energy (Japan) • Microban Products • Various from Japan
Antioxidant releasing	• Chlorine dioxide • BHA/BHT • TBHQ • Vitamin C or E	• Mitsubishi Gas Chemical (Japan) • Shinagawa Fuel (Japan) • Tachyon Energy (Japan) • Bernard Technologies • Englehard Corp.
Flavor/odor absorbing	• Activated carbon • Sodium bicarbonate • Tocopherol or vitamin E	• Roche • Arm & Hammer • Cabot • Roche

ADSORBER OKSIGEN

- Adsorber pertama berupa besi yang dimasukkan dalam kantung (sachet) → pertama kali dipasarkan di Jepang tahun 1977.
- Saat ini disain dan aplikasinya terus berkembang
- Digunakan untuk menyerap oksigen pada bahan pangan seperti : hamburger, pasta segar, mie, kentang goreng, daging asap (sliced ham dan sosis), cake, roti, produk konfeksionari, kacang-kacangan, kopi,herba dan rempah.



ADSORBER OKSIGEN.....

- Fungsi :
 - ✓ mengurangi konsentrasi O_2 pada level yang rendah hingga 0.01% (ultra-low level) ⇒ tidak mungkin diperoleh pada kemasan gas komersial
 - ✓ Mencegah oksidasi
 - ✓ Mencegah perubahan warna
 - ✓ Mencegah pertumbuhan mikroba
- Keuntungan : biaya investasi murah terutama jika diterapkan pada kemasan sachet.
- Efektif digunakan pada kemasan yang bersifat barrier bagi oksigen.

ADSORBER OKSIGEN.....

- Adsorber oksigen yang tersedia : bubuk besi (iron powder)
- 1 gr besi akan bereaksi dengan 300 ml O₂
- Kelemahan adsorber oksigen berupa besi : tidak dapat melalui detektor logam pada jalur pengemasan
⇒ digunakan adsorber berupa enzim atau asam askorbat.
- Bahan penjerap O₂ berupa besi, asam askorbat atau sulfat dimasukkan ke dalam polimer dengan permeabilitas sesuai untuk air dan O₂ seperti PVC (PE dan PP tidak sesuai karena permeabilitasnya terhadap air sangat rendah)

ADSORBER OKSIGEN.....

- Ukuran bervariasi dengan kemampuan menyerap 20-2000 ml O₂ tergantung pada :
 - ✓ Tergantung jumlah oksigen pada headspace
 - ✓ Kadar oksigen awal
 - ✓ Laju transmisi oksigen ke dalam kemasan
 - ✓ Suhu penyimpanan
 - ✓ a_w
 - ✓ Masa simpan yang diharapkan
- Digunakan pada suhu ruang
- Beberapa jenis dapat bereaksi pada suhu dingin atau beku
- Dapat digunakan pada berbagai tipe bahan pangan (kadar air rendah hingga tinggi serta makanan berminyak)
- Di AS digunakan pada botol bertutup seperti bir yang sensitif terhadap O₂.

Tabel 1. Keuntungan (+) dan Kelemahan (-) teknik adsorber oksigen, vakum dan gas

Ciri-ciri	Gas Packaging	Vacuum Packaging	Absorber Oksigen
Biaya Investasi	-	+	+
Biaya Pengemasan	+	++	-
Keperluan terhadap bahan pengawet	-	-	+
Umur simpan/mutu	+	+	++
Volume kemasan/hemat ruang	-	++	+
Kemudahan mendeteksi kebocoran	-	+	-
Kesesuaian untuk produk lunak	+	-	+
Visible/Invisible	+	+	+/-
Dapat digunakan pada detektor logam	+	+	+/-*
Pengaruh terhadap lingkungan**	+/-	+/-	+/-

Tabel 2. Perusahaan dan nama dagang adsorber oksigen

Perusahaan	Negara	Nama Dagang
Mitsubishi Gas Chemical Co.,Ltd.	Jepang	Ageless
Toppan Printing Co.,Ltd.	Jepang	Freshlizer
Toagosei Chemical Industry Co.,Ltd	Jepang	Vitalon
Nippon Soda Co.,Ltd.	Jepang	Seaquil
Finetec Co.,Ltd.	Jepang	Sanso-Cut
Multisorb Technologies Co.,Ltd.	USA	FreshMax, FreshPax
Standa Industrie	Perancis	ATCO
Bioka Ltd.	Finlandia	Bioka

TABLE 6. Classification of Oxygen Absorbers in Japan.

Function	Reactant	Typical Applications	Absorption Speed	Japanese Product	Manufacturer
O ₂ ↓	Iron	Self-working	Dry; a _w < 0.0; tea, nuts	Aglesse® Z, FK	Mitsubishi
			Medium a _w (a _w < 0.65); dried beef	Vitalon™ T	Toyogai
			High a _w (a _w > 0.65); cakes, baklava	Aglesse™ Z	Mitsubishi
		Frozen; -3-25°C; raw fish	Aglesse™ TS	Keplon	
			Aglesse™ S	Mitsubishi	
			Aglesse™ SS	Nippon Soda	
		High a _w (a _w > 0.85)	0.5 day	Aglesse™ FX	Mitsubishi
	Moisture-dependent				
	Catechol	Self-working	Medium a _w (a _w < 0.65); nuts	Vitalon® LTM	Toyogai
			High a _w (a _w > 0.65); cakes	Tamotsu™ A	Oji Koko
				Tamotsu™ P	Oji Koko
O ₂ ↓ & CO ₂ ↓	Iron and calcium	Self-working	Roasted/ground coffee	Aglesse® E	Mitsubishi
O ₂ ↓ & CO ₂ ↑	Ascorbic acid	Self-working	Medium a _w (a _w > 0.3); (<0.5); nuts	Aglesse® G	Mitsubishi
	Organic acid	Moisture-dependent	High a _w (a _w > 0.85); cakes	Vitalon™ GMA	Toyogai
O ₂ ↓ & ethanol ↑	Iron and ethanol on zeolite	Moisture-dependent	High a _w (a _w > 0.85); cakes	NaganoId™	Toppan
				(antimycotic)	

ADSORBER DAN EMITTERS CO₂

- Adsorber O₂ : asam askorbat dan besi karbonat ⇒ berfungsi ganda : dapat memproduksi CO₂ dengan volume yang sama dengan volume O₂ yang dijerap.
 - ➔ perlu untuk mencegah pecahnya kemasan, misalnya pada keripik kentang.
- CO₂ yang dihasilkan larut pada fase cair atau lemak dari produk ⇒ terjadi perubahan flavor
- Penggunaan lain: pada kopi yang disangrai ⇒ mengeluarkan sejumlah CO₂ ⇒ pecahnya kemasan karena peningkatan tekanan internal
- Reaktan yang biasa dipakai sebagai adsorber CO₂ : kapur tohor (CaO) dan Ca(OH)₂ ⇒ bereaksi dengan CO₂ membentuk CaCO₃.

ADSORBER DAN EMITTERS CO₂.....

- Emitters CO₂ = sodium bikarbonat + asam sitrat ➔ dibasahi dengan air akan menghasilkan CO₂ ⇒ digunakan dalam MAP pada ikan.



diletakkan pada tempat tersendiri di dalam kemasan ⇒ kurang ekonomis dan tidak disukai konsumen ⇒ kurang berkembang

- Saat ini terus dicari bagaimana menggabungkan emitters CO₂ di dalam bahan kemasan itu sendiri.

ADSORBER ETILEN

- Etilen :
 - ✓ Hormon pematangan pada buah dan sayuran
 - ✓ Berpengaruh negatif terhadap produk segar
 - ✓ Pada jeruk dapat menghilangkan warna hijau (degreening) ⇒ warna kuning merata
 - ✓ Secara umum tidak diinginkan pada produk segar karena :
 - dalam jumlah sedikit sudah dapat menurunkan mutu dan masa simpan produk
 - dapat meningkatkan laju respirasi.
 - Mempercepat degradasi klorofil
 - menyebabkan kerusakan-kerusakan pasca panen lain

ADSORBER ETILEN.....

- Bahan penyerap etilen :
 - ✓ KMnO_4
 - ✓ Katalis logam (*palladium*) yang dijerapkan pada karbon aktif. Etilen dijerap \Rightarrow diuraikan dengan katalis
 - ✓ Karbon aktif yang mengandung bromin \Rightarrow penggunaannya harus hati-hati karena dapat membentuk gas bromin jika *sachet* tersentuh air.
 - ✓ mineral yang mampu menyerap etilen : zeolit, tanah liat dan batu Oya dari Jepang \Rightarrow telah digunakan sejak ribuan tahun lalu untuk penyimpanan produk segar.
 - ✓ Kombinasi diena dan triena yang defisien elektron pada bahan kemasan.
 - \Rightarrow kombinasi tetrazine yang bersifat hidrofilik dengan polimer PE yang bersifat hidrofobik dapat menurunkan konsentrasi etilen selama 48 jam.
 - \Rightarrow Tetrazine berubah warna jika sudah jenuh dengan etilen
 - \rightarrow digunakan sebagai indikator.

ADSORBER ETILEN.....

- Yang umum digunakan = KMnO_4 yang dijerap pada silika gel (dengan kandungan KMnO_4 5%) dan dimasukkan ke dalam sachet untuk mencegah keluarnya KMnO_4 .
- KMnO_4 akan mengoksidasi etilen membentuk etanol dan asetat.



ADSORBER AIR DAN UAP AIR

- Akumulasi air pada kemasan disebabkan :
 - ✓ transpirasi produk hortikultura
 - ✓ Keluarnya air dari jaringan daging
 - ✓ Fluktuasi suhu
- Air menyebabkan pertumbuhan mikroba dan kabut pada permukaan kemasan \Rightarrow harus dikeluarkan
- Adsorber uap air berupa Drip –absorber pad:
 - ✓ untuk pengemasan daging dan ayam
 - ✓ tdd granula polimer superabsorbent di antara 2 lapisan polimer mikroporous yang pinggirnya dikelim.
 - ✓ Menyerap air dan mencegah perubahan warna
 - ✓ Polimer yang digunakan : garam poliakrilat dan kopolimer pati.
 - ✓ Dapat menyerap air 100-500 kali dari beratnya
 - ✓ Pada skala lebih besar digunakan untuk menyerap lelehan es pada transportasi ikan segar melalui udara



ADSORBER AIR DAN UAP AIR.....

- Penurunan RH disekitar kemasan akan menurunkan a_w di permukaan bahan pangan \Rightarrow memperpanjang umur simpan.
 \rightarrow diperoleh dengan menyerap air pada fase uapnya dengan humektan
- Humektan lebih efektif dari polimer superabsorbing.
- Showa Denko Co. (Jepang) mengembangkan film (Pichit) yang dilaminasi dengan propilen glikol dan polivinil alkohol (PVA) yang dapat menyerap uap air \rightarrow digunakan di rumah tangga.
- PVA akan menahan glikol tapi permeabilitasnya terhadap air sangat tinggi.
- Bahan pangan dibungkus dalam selofan kemudian dimasukkan dalam kantong Pichit dan disimpan di refrigerator.
- a_w bahan pangan dan glikol yang berbeda menyebabkan air dari bahan ditarik oleh glikol dan diabsorpsi oleh film.
- Permukaan akan mengering dalam waktu 4-6 jam.

ADSORBER AIR DAN UAP AIR.....

- Masa simpan ikan yang disimpan pada Pichit 3-4 hari lebih panjang dari ikan yang dikemas tanpa penyerap air.
- Kantung Pichit dapat digunakan untuk 10 x penggunaan setelah bahan yang dikemas dikeluarkan dengan mencuci kantong dan dikeringkan.

ETHANOL EMITTERS

- Etanol \Rightarrow bahan pengawet pangan
- Etanol dengan [] tinggi dapat mendenaturasi protein kapang dan ragi \Rightarrow bersifat sebagai antimikroba
- Cara pemberian :
 - penyemprotan pada bahan sebelum dikemas
 - dimasukkan ke dalam sachet sehingga menghasilkan uap etanol \Rightarrow lebih baik dari penyemprotan
- Ethanol emitters dengan nama dagang Ethicap tdd campuran etanol dan air yang dijerap pada bubuk silika oksida dan dimasukkan dalam sachet yang terbuat dari kopolimer etil vinil asetat (EVA)
- Bau alkohol ditutupi dengan penambahan flavor (misal vanila) pada sachet.
- Ukuran sachet tergantung pada : a_w bahan dan umur simpan yang diinginkan.

ETHANOL EMITTERS.....

- Generator uap etanol di Jepang digunakan untuk produk bakery berkadar air tinggi dan produk ikan.
- Umur simpan cake yang pada kemasannya terdapat sachet generator etanol 20x lebih panjang.
- Keuntungan generator uap etanol :
 - \checkmark Memperpanjang umur simpan
 - \checkmark Menghambat proses stalling pada produk bakery
 - \checkmark Mencegah mikroba
- Kelemahan penggunaan uap etanol :
 - \checkmark Pembentukan aroma yang tidak diinginkan
 - \checkmark Absorpsi headspace oleh bahan pangan
 - \checkmark [] nya dalam produk dapat meningkat 2 x lipat dari [] awal sehingga menurunkan mutu.
- Produk dengan ethanol emitters hendaknya dipanaskan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi.

BAHAN KEMASAN AKTIF

1. Bahan kemasan yang dapat menyerap oksigen :

- Kelemahan penggunaan bahan penyerap O_2 di dalam sachet :
 - konsumen harus hati-hati, agar sachet tersebut tidak sampai dimakan
 - sachet harus dibuat dari bahan yang tidak mudah sobek
- ⇒ diatasi dengan membuat absorber O_2 sebagai bagian dari kemasan.
- Absorber O_2 diintegrasikan dengan film polimer, tinta atau bahan pelapis (coating).

2. Bahan kemasan dengan antioksidan

- Fungsi antioksidan di dalam kemasan : sebagai barrier bagi difusi O_2
- Jenis aox yang banyak dipakai vitamin E, BHA dan BHT.

3. Bahan kemasan Enzimatis

- Penambahan enzim kolesterol reduktase pada kemasan susu dapat mengurangi resiko kelebihan kolesterol
- Penambahan enzim laktase pada kemasan susu mengurangi kandungan laktosa susu

4. Bahan kemasan dengan Antimikroba

- Anti mikroba yang dicampur dengan bahan kemasan akan bermigrasi ke dalam makanan dalam jumlah kecil ⇒ efektif pada kemasan vakum karena makanan kontak langsung dengan kemasan.
- Antimikroba yang dapat ditambahkan ke dalam kemasan :
 - nisin yang diproduksi *Lactobacillus lactis*
 - asam organik
 - ester
 - sorbat
 - kitosan
 - alil isotiosianat dari lobak
 - oligosakarida siklik

• Bahan kemasan komersial dengan antimikroba :

- partikel keramik dengan komponen aktif aluminium silikat dan perak
- bubuk kering yang dibuat dengan mengantikan antimikroba tembaga atau perak pada atom kalsium dari hidroksiapatit
- zeolit sintesis dan perak
- Tembaga dan mangan, atau nikel dan perak yang mengandung zeolit
- Magnesium oksida dan zink oksida ⇒ bakterisida dan bakteriostatik.

- Cara pelepasan antimikroba dari kemasan ke bahan pangan :

- secara tradisional : menambahkan sachet berisi bahan anti mikroba dan bersifat permeable atau porous ke dalam kemasan
- mengkombinasikan bahan-bahan pengawet ke dalam atau di atas bahan kemasan polimer dengan cara mencampur atau menggunakan teknik pelapisan lain
- meletakkan bahan antimikroba diantara lapisan atau dienkapsulasi agar dapat keluar secara perlahan-lahan menuju bahan pangan
- menggunakan enzim yang diimmobilisasi dan bahan yang mempunyai gugus fungsional antimikroba yang terikat secara kimia pada permukaan bahan.

BAHAN PENGIKAT AROMA

- Fungsi : untuk mengikat aroma/bau yang tidak diinginkan dari bahan pangan
- Aroma/bau tidak diinginkan berasal dari degradasi komponen pangan atau karena absorpsi bau dari lingkungan.
- Penambahan bahan pengikat aroma pada kemasan belum terdapat secara komersial, tapi dari hasil penelitian memungkinkan.
- Misal : poliamida dan selulosa ester mampu mengeluarkan limonin yang terasa pahit pada juice jeruk.
- Pelapisan botol plastik dengan selulosa triasetat mengurangi kadar limonin 25 % selama 3 hari.

BAHAN PENGIKAT AROMA.....

- Penggunaan polimer yang dikombinasikan dengan asam sitrat ⇒ menghilangkan komponen amin yang tidak diinginkan pada ikan.
- Kantung berisi garam besi dan asam sitrat juga mengurangi kandungan amin.
↓
menyebabkan autooksidasi lemak ⇒ aldehid (tidak disukai) ⇒ masalah pada produk berlemak
- Dupont (produsen kemasan plastik) mengembangkan kemasan yang dapat mengeluarkan aldehid dari *head-space* kemasan.

BAHAN PENGIKAT AROMA.....

- Bahan aditif dan monomer kemasan dapat bermigrasi ke bahan pangan ⇒ perubahan organoleptik yang tidak disukai.
Misal : monomer stiren ⇒ menimbulkan masalah noda Myrcene dimasukkan ke dalam kemasan stiren ⇒ menghilangkan pengaruh ini.
- Penambahan enzim naringinase pada kemasan ⇒ mengurangi rasa pahit pada juice jeruk
- Penambahan flavor tajam ke dalam bahan kemasan dalam bentuk enkapsulasi aroma ⇒ menutupi flavor yang tidak disukai.
- Harus diperhatikan laju pengeluarannya dari kemasan ke bahan pangan ⇒ pilih jenis polimer dengan karakteristik difusi sesuai terhadap komponen yang ditambahkan.

FILM YANG SENSITIF TERHADAP SUHU

- Suhu meningkat \Rightarrow permeabilitas meningkat \rightarrow perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis kemasan
- Peningkatan permeabilitas diinginkan pada produk yang berespirasi \Rightarrow mencegah anaerob
- Manipulasi film kemasan dengan merubah permeabilitasnya terhadap O_2 dan CO_2 diperoleh melalui :
 - ✓ perilaku respirasi produk.
 - ✓ Pembuatan lubang perforasi
 - ✓ Membuat 2 lapisan film yang sama atau 2 lapisan film dengan ketebalan berbeda tapi bahan sama
 - ✓ Menambah bahan pengisi seperti $CaCO_3$ dan SiO_2 pada polimer sehingga film berisi mikroporous yang memfasilitasi keluar masuknya gas

KEMASAN YANG DAPAT MENGENDALIKAN SUHU

1. Self Heating

- Kemasan yang dapat memanaskan sendiri suhu di dalamnya ketika kemasan dibuka, misal pada minuman, sop dan kopi.
- Contoh : campuran Fe, Mg dan air garam pada makanan siap saji
- Cara :
 - Logam Fe dan Mg ditambahkan ke dalam kemasan kantong PE
 - Air garam (*salt water*) dimasukkan pada kantong terpisah
 - Kantung berisi air garam dimasukkan ke kantong berisi logam \Rightarrow dimasukkan ke kemasan pangan dan diletakkan pada wadah tahan panas.
 - Suhu $60^\circ C$ tercapai dalam waktu 15 menit.
- Bahan lain : kapur (lime) dengan air



Examples of self-heating packaging for coffee using the exothermic calcium chloride (left) or lime/water reactions (centre and right).

Source: Packaging Materials & Technologies Ltd

KEMASAN YANG DAPAT MENGENDALIKAN SUHU.....



2. Self Cooling

- Untuk kemasan bir dan minuman ringan
- Diproduksi pertama sekali oleh Crown Cork & Seal berupa kemasan minuman ringan dari kaleng (Tempra Technologies)
- Menggunakan panas laten penguapan air untuk menghasilkan pengaruh mendinginkan
- Cara :
 - Air terikat pada lapisan gel yang dikemas terpisah dari kaleng dan panasnya langsung mengenai minuman.
 - Konsumen membuka katup yang akan menyentuh desikan di bagian luarnya
 - Terjadi penguapan air pada suhu ruang dan penurunan suhu hingga $16.7^\circ C$ dalam waktu 3 menit



Field of opportunities or graveyard of dreams? Examples of the some of the many commercially unsuccessful self-cooling packaging.
Source: Packaging Materials & Technologies Ltd

- Metode lain dalam *self cooling* :
 - Amonium klorida dan amonium nitrat dimasukkan ke dalam ruangan kosong dari kaleng.
 - Jika tercampur dengan air campuran akan menyerap panas dan menurunkan suhu produk
 - Memerlukan pengocokan sebelum didinginkan ⇒ tidak cocok untuk minuman berkarbonasi dan bir

TEKNIK INTELLIGENT PACKAGING

- Menggunakan indikator suhu dan $O_2 \rightarrow T/$: menunjukkan mutu produk di dalamnya.
- Contoh indikator eksternal dan internal pada kemasan aktif :

Teknik	Prinsip/Reagent	Aplikasi
Time-temperature indicators (eskternal)	Mekanis, kimia, enzimatik	Bahan pangan yang disimpan pada suhu dingin atau beku
Indikator O_2 (internal)	Warna redoks, warna pH	Bahan pangan yang dikemas dengan pengurangan konsentrasi O_2
Indikator pertumbuhan mikroba	Warna pH, warna reaksi dengan metabolit tertentu	Bahan pangan yang mudah rusak

TEKNIK INTELLIGENT PACKAGING...

- Perusahaan dan nama dagang indikator pintar komersial :

Perusahaan	Negara	Nama Dagang
Time-temperature indicator - Lifelines Technologies Inc. - Trigon Smartpak Ltd - 3M Packaging System Division - Visual Indicator Tag System Ab	USA UK USA Swedia	Fresh-Check Smartpak MonitorMark Vitsab
Indikator oksigen - Mitsubishi Gas Chemical Co.Ltd - Toppan Printing Co.,Ltd - Tagosei Chem.Industry Co.,Ltd. - Finetec Co.,Ltd	Jepang Jepang Jepang Jepang	Ageless-Eye - - -

Time Temperature Indicator (TTI)

- F/ : - menunjukkan kesalahan dalam suhu penyimpanan
 - menduga sisa umur simpan produk
- 2 Tipe TTI :
 - yang memberikan perubahan suhu yang masuk untuk menunjukkan kumulatif dari perubahan suhu di atas suhu kritis dan lamanya perubahan suhu itu terjadi (*Time-temperatur indicators* –TTI)
 - yang memberikan informasi apakah suhu berada di atas atau di bawah suhu kritis (*Temperature indicators* – TI)

Time Temperature Indicator (TTI).....

- Syarat TTI untuk dapat digunakan secara komersial :
 - mudah untuk digunakan dan diaktivasi
 - tidak merusak kemasan
 - harus diaplikasikan dan diaktivasi pada saat pengemasan (bukan sebelum pengemasan).
 - harus memberikan respon yang akurat dan reversible mengenai perubahan suhu penyimpanan dan fluktuasi suhu yang cepat.
 - mampu mengakumulasi pengaruh suhu dan waktu selama periode penyimpanan.
 - mudah dibaca dan jelas sehingga tidak terjadi kesalahpahaman oleh konsumen.

Time Temperature Indicator (TTI).....

- Prinsip penggunaan :
 - ✓ Alttdd reaksi enzim, polimerisasi, korosi, suhu titik leleh dan kristal cair.
 - ✓ Output berupa perubahan atau pergerakan warna atau kombinasi keduanya.

Indikator O₂ dan CO₂

- Menunjukkan kebocoran pada kemasan
- Indikator O₂ : berbentuk label warna yang dilaminasikan pada film polimer atau tablet.
 - ⇒ bereaksi dengan O₂ yang masuk ke kemasan melalui lubang yang bocor atau sebagai absorber (untuk menyerap O₂)
 - Contoh : Ageless-Eye (diproduksi Mitsubishi Gas Chemical Co, Jepang) ⇒ berupa O₂ scavenger → warna pink jika O₂ < 0.1% dan biru jika > 0.5%.
- Kelemahan indikator O₂ yang ada :
 - dapat bereaksi dengan sisa O₂
 - jika O₂ sudah digunakan oleh mikroba ⇒ menunjukkan tidak ada O₂

- Indikator CO₂ :

- ✓ Diperlukan pada kemasan dengan konsentrasi CO₂ tertentu
- ✓ Contoh : indikator CO₂ yang tdd 5 strips berupa bahan yang sensitif thd CO₂ yaitu indikator anion dan kation liofilik organik.
- ✓ Konsentrasi CO₂ ditunjukkan oleh perubahan warna dari satu atau lebih strips

Indikator Kesegaran dan Kematangan

- Contoh : Fresh Tag® dari COX Recorders (USA) ⇒ menunjukkan kesegaran ikan.
⇒ bereaksi dengan perubahan warna yang terjadi dari pembentukan amin.
- Warna pH dengan indikator *bromothymol blue* menunjukkan peningkatan konsentrasi CO₂ karena pertumbuhan mikroba
- Penggunaan enzim oksidase laktase yang sensitif thd oksigen sudah diteliti tapi belum komersial
- Indikator kematangan → variasi dari kemasan yang mengendalikan suhu, menunjukkan keadaan bahan yang dipanaskan sudah masak atau belum.

Indikator Kesegaran dan Kematangan....

- Tipe indikator kematangan (*doneness indicator*) : indikator berupa tombol untuk kematangan produk ternak.
⇒ jika suhu tercapai tombol keluar untuk menginformasikan bahwa daging sudah masak.
- Bentuk lain indikator kematangan : perubahan warna jika suhu tercapai.
- Keterbatasan indikator kematangan : harus membuka oven ⇒ alternatif lain dengan suara.

Any Question ???