

SAT-LCR-P-2-BFT(R)-24

QUALITATIVE INDICATORS OF EDIBLE FILMS AND COATINGS

Prof. Stefan Stefanov, PhD

Department of Machines and apparatus for the food and flavour industry
University of Food Technologies, Plovdiv
E-mail: stvstefanov@yahoo.com

Ass. Prof. Yordanka Stefanova, PhD

Department General and Inorganic Chemistry with Chemistry Education
Plovdiv University "P. Hilendarski", Plovdiv
E-mail: jorpste@yahoo.com

Assoc. Prof. Vilhelm Hadjiiski, PhD

Assoc. Prof. Donka Stoeva, PhD

Department of Technical mechanics and machine science
University of Food Technologies, Plovdiv
E-mail: hawi@abv.bg, bodurova@gmail.com

Abstract: *The article gives an overview of the main characteristics of the edible films and coatings used in food packaging. The qualitative indicators by which they can be compared are analyzed and their practical application is analyzed. Some basic documents related to the test methodologies are discussed. The technical means for carrying out some basic tests of edible films and coatings are also indicated.*

Keywords: *Edible film, Edible coating, Edible packaging, Testing, Quality indicators, Characteristics.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ядивните филми и покрития (ядивните опаковки) са обещаващи опаковъчни системи за подобряване на безопасността и качеството на храните, увеличаване срока им на годност и функционалността им. Ефективността им силно зависи от техните свойства.

Ядивните опаковки в основата си съдържат биополимери като полизахариди, протеини и липиди. В зависимост от вида на биополимера и условията на околната среда, годните за консумация опаковки могат да съдържат вода за хидратация, която действа като пластификатор на фолиото. Хидратирането влияе върху основните структурни и функционални свойства на филма, като механични и бариерни свойства. Въз основа на това те могат да бъдат разделени в три категории: хидрофилни, хидрофобни и композитни (съдържащи едновременно хидрофилни и хидрофобни компоненти).

Ядивните опаковки се разглеждат от експерти и изследователи като полезна алтернатива или по-скоро като допълнение към конвенционалните опаковки за намаляване на отпадъците и за създаване на нови приложения за подобряване на стабилността, качеството, безопасността, разнообразието и удобството за потребителите (Janjarasskul and Krochta, 2010).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Основни свойства на ядивните филми и покрития

Употребата на ядивните филми и покрития за опаковане на хранителни продукти се основава на някои специфични техни свойства, като цена, наличност (достъпност), функционални характеристики, механични свойства (гъвкавост/еластичност, якост/напрежение), оптични свойства (яркост и непрозрачност), бариерен ефект срещу газовия поток, структурна устойчивост на вода и микроорганизми и сензорна приемливост (Dhall, 2016).

Изучаването на свойствата на ядивните филми и покрития дава възможност да се анализират възможностите за тяхното подобряване и създаване на такива, отговарящи на конкретните изисквания на хранителните продукти за постигане на по-високо качество и безопасност. От особена важност е определянето на качествените показатели на ядивни филми и покрития, които се прилагат при минимално обработени хранителни продукти (плодове, зеленчуци, месо и риба и др.), при които те се явяват основна преграда спрямо преминаващи през филма или покритие газове, водни пари и микроорганизми.

Основните свойства на ядивните опаковки под формата на покрития или филми, от които са изработени конкретни опаковъчни форми, са:

- Стабилност и срок на годност;
- Физични свойства;
- Физико-химични свойства.
 - Барьерни свойства - Преграда за влага; Барьера към кислорода;
 - Повърхностни свойства
- Механични свойства;
- Термични и термомеханични свойства;
- Сензорни (органолептични) свойства;
- Допълнителни свойства;
 - Хранителни свойства;
 - Антимикробни свойства.

Общи характеристики на ядивните филми и покрития

Търсенето на подходящи за опаковане на храни ядивни филми и покрития е свързано с изпълнение на изискванията на конкретния продукт към функциите на опаковката. Преди всичко това е осигуряване на безопасността, защита от околната среда и предотвратяването на загуба на качества.

Голяма част от хранителните продукти, които разчитат на този вид опаковки (произведени от ядивни филми) или на нанесени върху тях покрития, са дишащи. Т.е. в тях продължават да протичат процеси, които изискват известна пропускливост на опаковката или покритието и по-този начин осигурявайки условия за по-продължително запазване качествата на хранителния продукт. Това са преди всичко плодовете и зеленчуците, които не са претърпели термична обработка или са преминали през минимални обработки, осигуряващи тяхната безопасност.

Ефективността на ядивните покрития за защита на хранителни продукти (особено на плодове и зеленчуци) и удължаване на срока им на годност, зависи преди всичко от контролирането на адхезията и омекряемостта на покритието (Joya et al., 2017).

Проследяването на количествените стойности на качествените показатели на ядивните филми и покрития е необходимо и поради факта, че в тях има редица съставки, които влияят значително на поведението на опаковката като цяло в процеса на нейната „експлоатация“. Особеностите на повърхностните свойства на хранителните продукти изискват и конкретен подход при формирането върху тях на ядивни покрития. Това изисква и съответната информация за тях, а това означава определяне на техните повърхностни характеристики като ъгъл на омекряне, повърхностни напрежения, грапавост, особености на формата и т.н. Наличието на познания за тях дава възможност за намирането на по-добър метод за нанасяне на покритията, разхода на материал и др.

Стандартите са от съществено значение за уточняване, изпитване, анализ и оценка на физичните, механичните и химичните свойства на голямо разнообразие от опаковъчни материали и опаковки.

Стандартите позволяват на производителите и крайните потребители на опаковъчни материали и опаковки да изследват и оценяват техните характеристики за да гарантират качество и приемливост за тяхното безопасно използване.

Използваните днес в практиката методи за изпитване на ядивни опаковки (ядивни филми и покрития) в преобладаващата си част са адаптирани от методите за изпитване на полимерни материали, включително и такива, които не са само за приложение в опаковането на хранителни продукти.

Стабилност и срок на годност

Ядивните опаковки (покрития и филми) са преди всичко храна. Те, както и хранителния продукт) са от биологичен произход и за тях са присъщи дегеративни процеси, водещи до развала. Затова те имат срок на годност, както и при храните. Срокът на годност на ядивните филми и покрития трябва да е по-дълъг от този на хранителният продукт, за който те са предназначени. За целият период на съхранение те трябва да запазват стабилни своите характеристики и особено свързаните с качеството и безопасността им като храна, която се консумира заедно с хранителния продукт, който те защитават. Стабилността на характеристиките се определя по отношение на защитните им свойства.

Освен че се консумират с продукта (при ядивните филми под формата на пакет не е задължително), ядивните опаковки трябва да изпълняват своите функции и като защита на безопасността и качеството на хранителния продукт. По принцип при ядивните покрития когато се говори за качество и безопасност, те трябва да се оценяват съвместно - продукт и опаковка (покритие).

Ако едно покритие или филм не отговарят на изискванията и не покриват необходимите определени чрез изпитване стойности относно качество и безопасност за потребителя, те не бива да се категоризират като ядивни, и тъй като в много от случаите не могат да се отделят от основния продукт, не бива да се използват като такива.

Физични характеристики

В категорията физични характеристики се включват дебелина на филмите и покритията, плътност, разпределение на материала (дебелината на филма или покритието) и др. Филмът е дефиниран в терминология D883 като незадължителен термин за листове с номинална дебелина не по-голяма от 0,25 mm.

Дебелината на филма (mm) се измерва с използване на микрометър с резолюция 0,001 mm. Дебелината се използва за изчисляване на пропускливостта и механичните свойства на филмите.

Алтернативните методи за определяне дебелината на филма или покритието са приемливи, ако отговарят на изискванията за точност на измерване.

Определяне на плътността на филми и покрития

За определяне на плътността на ядивни филми и покрития може да се използва стандартът ASTM D792 – 98 Стандартни методи за изпитване за плътност и специфична тежест (относителна плътност) на пластмасите чрез изместване. Методите за изпитване в този стандарт описват определянето на специфичното тегло (относителна плътност) и плътност на твърдите пластмаси във форми като листове, пръти, тръби или формовани елементи. Стандартът посочва два основни метода за изпитване: Метод за изпитване А - за изпитване на твърди пластмаси във вода и Метод за изпитване Б - за изпитване на твърди пластмаси в течности, различни от вода. ISO 1183-1:2019 (Methods for determining the density of non-cellular plastics — Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method) уточнява три метода за определяне на плътността на не клетъчните пластмаси под формата на формовани или екструдирани без празни предмети, както и прахове, люспи и гранули. Метод А: Метод на потапяне за твърди пластмаси (с изключение на прахове) в безводна форма. Метод Б: Метод с течен пикнометър, за частици, прахове, люспи, гранули или малки парчета готови части. Метод В: Метод за титруване за пластмаси във всякаква форма без празнини.

Разтворимостта е физическо свойство, свързано със способността на ядливите филми и покрития да се разтварят във вода, така че при поглъщане да могат да бъдат усвоени правилно или ако се изхвърлят в околната среда, могат да се разпаднат естествено (Rusli et al, 2016).

Физикохимични характеристики на ядивни опаковки

Физикохимичните характеристики се отнасят до повърхностните свойства на покритията и филмите и включват бариерите, които те оказват на преминаването през тях на различни газове, пари, мазнини, аромати и др. Това са процеси на обмен между участващите в опаковъчната система елементи – продукт, опаковъчен материал, външна среда и вътрешна среда.

Показатели за характеризиране на повърхностни свойства на ядивни опаковки

Показателите, които се използват за характеризиране на повърхностните свойства на ядивните филми и покрития са *повърхностна енергия, повърхностно напрежение, ъгъл на омокряне* на повърхността към която се прилага покритието или на самия ядивен филм от различни течности.

От особена важност е *омокряемостта на повърхността* на хранителния продукт, който ще се покрива с ядивната дисперсна система, която впоследствие ще се превърне в ядивно покритие. Липсата на добра омокряемост води до некачествено покритие, което се изразява или в непълно покриване на повърхността на продукта (например плод или зеленчук) или до не-добра адхезия на покритието към повърхността, което води до полесното му разрушаване. Познанията относно омокряемостта на повърхността от покритие дава възможност при разработването им да се добавят вещества, които да я подобрят, разбира без това да доведе до влошаване на други показатели за качество.

Проучването на повърхностните свойства на годни за консумация опаковки, главно на покрития, въз основа на вида на повърхността на храната, дава възможност за прогнозиране на ефективността му (Souza et al., 2010). Ефективността на годни за консумация покрития за защита на храните зависи преди всичко от контролирането на омокряемостта на покриващите разтвори, което влияе върху дебелината на покритието (Park, 1999; Souza et al., 2010). То трябва да е с добра омокряемост и да се разпределя равномерно върху повърхността на хранителните продукти. След изсушаване трябва да се образува покритие, което има добра адхезия и устойчивост, за да функционира правилно (Krochta и De Mulder-Johnston, 1997).

Механични характеристики

Важни показатели, даващи възможност опаковката да изпълни своите защитни функции, са механичните. Това е съвкупност от характеристики, които дават възможност да се осъществи поемане на външните механични натоварвания от опаковката (в случая филми или покрития). По време на съхранение, транспорт или манипулации възникват множество различни по произход и характер натоварвания-статични и динамични, които могат съществено да увредят продукта, като при плодове и зеленчуци това води впоследствие до ускоряване на дегеративните процеси.

Основните механични характеристики, които се определят и на основата на техните стойности се правят заключения за приложимостта на ядивните филми и покрития са *якост на опън* и *удължение при опън* на фолията, от които се произвеждат ядивни опаковки. В случаите на ядивни покрития, е необходимо да се определи тяхната износоустойчивост, вследствие на относителните движения на продуктите един спрямо друг или спрямо работни органи на съоръженията, които те се манипулират възникващото триене. От особена важност за правилното изпълнение на функциите на ядивните покрития, е еластичността. При наличие на крехкост на покриващия слой, вследствие на възникващите при съхранение, транспорт и манипулации натоварвания

(статични и динамични) много е вероятно възникване на пукнатини, които да компрометират цялостта на покритието и оттам защитните му функции.

Якостта на опън (TS - Tensile strength), удължението при опън преди скъсване (EB или EAB - Elongation at break) и модул на еластичност (YM - Young's modulus) са най-важните характеристики на филмите (фолията) от които се изработват различни ядивни опаковъчни форми.

Подготовката на тестовите образци е изключително важна част от самото изпитване на опаковъчните материали (в случая ядивни филми). Методиките, по които се извършва подготовката на образците, условията при които се извършват процедурите и анализът на резултатите са описани в различни стандарти. Температурното кондициониране на изпитвания материал също е важна част от подготовката. За целите на изпитванията в тази връзка се използва БДС EN ISO 527-3:2019 Пластмаси. Определяне на свойствата при опън. Част 3: Условия за изпитване на фолия и листове (ISO 527-3:2018). Стандартът определя условията за определяне на якостта на опън на пластмасовите филми или листове с дебелина по-малка от 1 mm въз основа на общите принципи, дадени в ISO 527-1. За листове с дебелина по-голяма от 1 mm (от които могат да се темоформоват ядивни опаковки), се използва методиката, представена в ISO 527-2.

Методите се използват за изследване на поведението на опън на изпитваните образци (от които се изработват филми за ядивни опаковки) и за определяне на якостта на опън, модула на еластичност и други аспекти на връзката напрежение/деформация при определени условия.

Барьерни характеристики

Барьерните характеристики на ядивните филми и покрития са пряко свързани с осигуряване на защита на продукта и запазване на неговите качества. На първо място опаковката осигурява защита от условията на околната среда и предотвратява неконтролирано взаимодействие между основните елементи в опаковъчната система (продукт - опаковъчен материал - външна среда - вътрешна среда). Това са процеси на масообмен и топлообмен. Опаковката се явява като преграда за неконтролирано преминаване на кислород, топлина, влага, светлина, мазнини, аромати. От особена важност за осигуряване на подходящи условия за съхраняване на продукти в ядивни опаковки са характеристиките на хранителните продукти. Основно те са две категории: „дишащи“ и „недишащи“, което е в основата за определяне на типа на бариерата по отношение на пропускливост на газове и водни пари. Придаването на определени свойства на ядивните филми и покрития, като например наличие на активни агенти в тях, е свързано с необходимостта от реализиране на конкретни свойства на опаковъчната система. За повечето хранителни продукти е необходимо спиране през периода на съхранение до консумация на процесите на окисляване в хранителния продукт, което изисква реализиране на висока бариера спрямо кислород. За някои продукти е необходима бариера спрямо влагата, като предотвратяването на този процес е необходим както за запазване на загубата ѝ за едни, така и предотвратяване на помемането ѝ за други. От съществено значение е скоростта, с която газовете и водните пари преминават през ядивните филми и покрития.

Газопрпускливостта е способността на бариерен материал да позволява на газове (O₂, N₂, CO₂ и др.) да проникнат през него за определено време. Пропускливостта на газове може да варира в зависимост от температурата, влажността, налягането и дебелината на филма или покритието.

Скоростта на предаване на кислорода и скоростта на предаване на водната пара са два ключови показателя за характеризиране на опаковъчните материали, които определят срока на годност на опаковките на храни.

Пропускливост на водни пари

Пропускливостта на ядивните филми и покрития на водни пари влияе на избора на конкретно решение за структурата и състава на филма или покритието.

Определянето на скоростта на преминаване на водни пари (WVTR – Water Vapour Transmission Rate) може да стане според международния стандарт ISO 2528:1995. Стандартът предлага метод за определяне на скоростта на предаване на водните пари (често погрешно наричана „пропускливост“) през листови материали. Подходящ е за ядивни филми, от които се произвеждат гъвкави опаковки – пакети. Методът обикновено не се препоръчва за използване, ако скоростта на предаване на водните пари през филма се очаква да бъде по-малка от $1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ или за материали, по-дебели от 3 mm.

Степента на пропускливост на водни пари може да се определи съгласно ASTM F1249, BS 7406 метод A, ISO 9932 или TAPPI T557. Други скорости на предаване на газ се определят съгласно методите за изпитване, подробно описани в ASTM D1434 и DIN 53380-1. DIN 53380-2/DIN53380-M е стандарт за определяне на условията за изпитване на газопропускливост по манометричен метод (Smithers).

Пропускливостта на водни пари (WVT) на филмова проба може да се определи по метода ASTM E96-92. При този метод солевите разтвори или всякакви съставки с известна относителна влажност се поставят вътре в WVT чаша (ексикатор) и се запечатват с изпитвания полимерен филм. Ексикаторът се поставя в камера с контролирана влажност и се измерват промените в нейното тегло, докато не се получи стационарно тегло (Prommakool и други 2011). Разликата в относителната влажност вътре в чашата и тази на околната среда е посоката на движещата сила на движението на водната пара през филма, който се изпитва. Промените на теглото в чашата показват движещата сила на околната среда (дехидратация или абсорбция). Теглото на съставката вътре в чашата WVT намалява при дехидратиращо състояние, докато увеличеното тегло се проявява в адсорбиращо състояние. По този начин скоростта на предаване на водната пара (WVTR) на опаковката може да се определи чрез промяната на теглото във времето.

Henrique и други (2007) посочват, че WVTR на ядливи филми може да бъде пряко свързан с количеството на –ОН групата на молекулата. Той също влияе върху свойствата на полимерната структура (кристалност, кохезивност) и молекулните взаимодействия между полимерните вериги. Например, увеличаването на кръстосаното свързване между полимерните вериги и намаляването на въздействието на разтворители и пластификатори е известно, че подобряват бариерата на водната пара на протеиновите базирани филми (Sabato и други 2001).

Пропускливост на газове

Пропускливостта на газове е свързана с осигуряване на благоприятна за качеството на хранителните продукти вътрешна среда. Бързата развала за едни продукти се предизвиква от наличието на кислород, докато за други от неговото отсъствие. Подобно е при други газове, като въглероден диоксид и етилен. Осигуряването за много продукти на определена пропускливост (скорост на преминаване на газовете) създава оптимални условия за тяхното съхранение.

Пропускливост на кислород

Съществуват методи и технически средства за оценка на пропускливостта на кислород на опаковки в условия на „реалния живот“. Използват се сензори, чието състояние се следи от специално разработена апаратура. Сензорите могат да бъдат монтирани в опаковката за неразрушителен анализ на процеса на проникване на кислород в нея в съответствие с ASTM F2714. Апаратите са способни точно да измерват скоростта на преминаване на кислород през микро-перфорирани филми, използвайки метода на динамичното натрупване, описан в ASTM F3136. Тъй като този метод не изисква постоянен поток от носещ газ, той е идеален за измерване на скоростта на предаване на

кислород от перфорирани опаковки, реализиращи в допълнение към ядивните покрития на равновесна модифицирана атмосфера с подходящи параметри за дишащи хранителни продукти, като плодове и зеленчуци – цели и нарязани.

Изпитването за пропускливост на кислород може да се извършва в съответствие с методики, описани в различни национални стандарти, като ASTM D-3985, ASTM F-1927 и ASTM F-1307, DIN 53380-3 или JIS K 7126.

Скоростта на предаване на кислород (OTR) на опаковъчен материал играе важна роля за повлияване на срока на годност на чувствителните към кислород продукти като пресни продукти (плодове, зеленчуци и салати) и продукти с високо съдържание на мазнини (например ядки, понички). Като цяло, по-висока кристалност на полимерните структури, по-ниската OTR на материалите. Също така, колкото по-големи са аморфните участъци на материала, толкова по-висок е OTR (Lacroix 2009). Повечето изследвания използват метода ASTM D3985 (2010) за измерване на ITR на филмите при 23°C и 50% относителна влажност (Du и други 2008; Prommakool и други 2011). Според ASTM D3985, кислородната проницаемост (PO_2) е отношението на OTR към разликата между парциалното налягане на O_2 от двете страни на филма. SI единицата на PO_2 е $mol/(m^2s)$ (Pa). OTR е количеството кислороден газ, преминаващ през единица площ на успоредните повърхности на пластмасов филм за единица време при условията на изпитването (единица SI: $mol/(m^2s)$). Тези условия включват температурата на околната среда и относителната влажност. PO_2 се изчислява по средна OTR, умножена по средната дебелина на филма и след това разделена на разликите в налягането между двете страни на филмите.

Пропускливост на въглероден диоксид

Скоростта на предаване на въглероден диоксид CO_2 се измерва с помощта на техника, подобна на тази, с която се измерва пропускливостта на кислород. Използва се за определяне на количеството въглероден диоксид, което се предава през филм за определен период от време, изложен на определена зона, при дадена температура и парциално налягане на CO_2 . Познаването на CO_2 TR е важно, когато скоростта на дишане на продукта влияе върху качеството му. За опаковката с модифицирана атмосфера скоростта на загубата на въглероден диоксид от опаковката е основен фактор за удължаване на срока на годност на тези продукти (Siracusa и други 2008).

Пропускливост на газове на опаковъчни материали по метода на носещия газ може да се определи съгласно DIN 53380-3 / DIN 53380-S.

Съществуват методи и технически средства за предварителна оценка на целостта на опаковките (в случаите на ядивни филми – пакетите), използвайки система за откриване на течове с висока чувствителност на газ - ASTM F392. Методът дава възможност за определяне на ефекта на деформациите (например огъване) върху свойствата на бариерата, като скоростта на предаване на газ и/или влага. На практика той се отнася до условията на кондициониране на гъвкави бариерни материали за определяне на устойчивостта на огъване.

Възможни са също провеждане на изпитвания на опаковъчните материали (ядивни филми) с цел построяване на температурни профили (неизотермични измервания) за определяне на морфологичните промени и влиянието на средата и налягането върху свойствата на филма.

По-важни международни стандарти, свързани с определянето на обмяна на газове и пари в опаковъчни системи са:

OTR: ASTM D 3985 ASTM F 1307 ASTM F 1927 ASTM F 2622 ISO 15105 DIN 53380-3

WVTR: ASTM F 1249 ASTM E 398 ASTM E 96 ISO 15106 WSP 070.4. R3 DIN 53122

CO2 TR: ASTM F 2476 DIN 53380-4

Термични характеристики

Термичните характеристики са от особена важност при производството и използването на различни полимерни фолия, в това число и ядивни филми, от които се изработват опаковките. Въз основа на анализ на поведението при различни температури се прави оценка на възможностите за прилагане на ядивните филми за производство на опаковки с конкретни гъвкави форми. При производството на ядивните филми данните от подобни изпитвания спомагат за намирането на оптимални режими на работа на оборудването за производство, а при вече готови филми-режимите на термична заваряемост. Въз основа на изпитванията се построява термомеханична крива на всеки биополимер, от който се произвежда ядивния филм.

Определяне на термичната заваряемост на ядивни филми

Термичната заваряемост е важно свойство на ядивните филми. Осигуряването на здрав и херметичен термичен шев значително намалява общата пропускливост на опаковката. Много изследвания показват, че преобладаващо пропускането на кислород в опаковките е през лошо оформени термични шевове, като по този начин обезсмисля използването на високобариерни опаковъчни материали. Стандарт, който може да се използва за определяне на термичната заваряемост е ASTM F2029-16 (Standard Practices for Making Heatseals for Determination of Heatsealability of Flexible Webs as Measured by Seal Strength).

Основните фактори, от които зависи качеството на шева са температурата, при която се осъществява процеса на термично лепене (заваряване), силата, прилагана към двете повърхнини на залепяното фолио и времето за осъществяване на процеса. Върху качеството на шева оказват влияние и случайни фактори, като замърсяване на зоната за залепване (заваряване) и др. Определянето на качеството на шева става на два етапа. На първият етап се подготвя и реализира термичния шев. На втория етап се определя силата, при която става разрушаването на шева (отлепването на двата слоя филм един от друг).

Оптични характеристики

Ядивните филми и покрития традиционно се използват не само за защита на хранителните продукти, но и за подобряване на външния им вид (Sayuri & Grosso, 2003). Често пъти това е следствие, но стремежа е продуктите да имат и подходящ търговски вид. При покритията почти винаги е необходимо получаването на прозрачност, бистрота и блясък. Освен добрият външен вид на продукта, това не предизвиква в потребителите въпроси и притеснения. При филмите понякога се налага оцветяване, което пречатства проникването вътре в опаковката на светлина с неподходяща дължина на вълната, което да доведе до съкращаване срока на съхранение.

Непрозрачността на пробите може да се определи, като се използва колориметър на основата на връзката между непрозрачността на всяка проба върху черния и непрозрачността на всяка проба върху белия стандартен еталон.

Непрозрачността на филмите може да се изчисли като съотношение на абсорбция (A) (в nm) към дебелината на филма (в μm) с помощта на спектрофотометър с ултравиолетови лъчи.

Цветът на филмите и покритията се определя с помощта на цветен спектрофотометър. Може да се използва стандарта ASTM E308 - 18 (Standard Practice for Computing the Colors of Objects by Using the CIE System).

Условията, при които се провеждат изпитванията, са описани в съответните стандарти. Фирмите, които произвеждат технически средства за изпитване на показателите на опаковъчните материали, дават описание и на методите и стандартите, по които те могат да бъдат извършвани.

Сензорни (органолептични) свойства

Сензорните свойства, главно цвят, аромат и вкус, са основни фактори, влияещи върху възприемането на качеството и приемането от потребителите хранителни продукти. Цветът и външният вид са първоначалните качества, които привличат клиентите; въпреки това ароматът (цялостната комбинация от орална и назална стимулация) може да окаже най-голямо влияние върху приемливостта и желанието продуктът да се консумира отново (Heredia et al, 2013). Сензорните свойства на хранителните продукти обикновено се възприемат като един от основните движещи мотиви за потребителите да ги купуват (Bushong et al., 2010).

Методи за оценка на промените, причинени от опаковането на сетивните качества на хранителните продукти или техните симулатори са описани в ISO 13302:2003 Sensory analysis — Methods for assessing modifications to the flavour of foodstuffs due to packaging. Методиката, описана в този международен стандарт може да се използва за оценка и първоначален избор на подходящ опаковъчен материал или като последващо наблюдение за приемливост на отделни партии опаковки или опаковъчни материали.

Допълнителни свойства

На ядивните филми и покрития в много случаи се придават и допълнителни свойства. Основно това са свойства на функционална добавка, която да се поема от консуматора заедно с продукта и впоследствие чрез бавното си освобождаване, да допринесе за допълнителни ползи за състоянието на организма. Това може да са и съставки, които да допринесат за по-лесното усвояване на някои полезни вещества, които не се усвояват пълноценно, правилно или в необходимата степен.

През последните години се работи за превръщане на опаковката от пасивна бариера спрямо възникващото от двете и страни в активен участник в процесите, способстваща за подобряване във времето на показателите на опаковъчната система. Изключително полезни за подобряване на качеството на храните, тяхната безопасност и увеличаване срока им на съхранение са активните антибактериални агенти, които се влагат в покритията и филмите.

Определянето на качествените показатели, които охарактеризират тези допълнителни свойства, става както със стандартизирани методи, така и с използването на специфични методики, пряко свързани с определяните характеристики и особеностите на продукта, за който филмите или покритията са предназначени.

За да се запази храната свежа и да се удължи срокът на годност, се използват различни видове антибактериални средства (Huang et al, 2019).

Антимикробните вещества могат да бъдат органични киселини, парабени, сулфити, нитрити, фосфати, алкохоли, антибиотици и бактериоцини. Успехът на антимикробния филм зависи главно от избора на антимикробни агенти. Антимикробният препарат трябва да бъде избран според опакования тип храна и влошаващата микробна флора от него (Diblan and Kaya 2018).

При тестване на антиоксидантната ефективност на ядивните филми се използват различни подходи (Swathi et al, 2017). Подготовката на пробите зависи от някои свойства на ядивните филми и покрития. При някои се използват способността им да се разтварят. Хитозановите филми могат да бъдат разтворени в дестилирана вода (Siripatrawan и Harte, 2010). При алгинатни филми е необходима по-сложна процедура (замразяване, смилане и екстракция с метанол) (Norajit et al., 2010).

ИЗВОДИ

Съществува огромно количество методи за изпитване на опаковъчни материали и опаковки за хранителни продукти. Голяма част от тях са стандартизирани под формата на международни (ISO) стандарти или европейски норми (EN). Други са национални

стандарти, които се използват от много изпитвателни лаборатории по света, не само на територията на страните, чиято собственост са.

Все повече нараства количеството на стандартите, които се разработват от специализирани в определена област на опаковъчните материали национални и международни организации (например TAPPI). Всички тези стандарти или методи за изпитване на опаковъчни материали, в това число и за ядивни опаковки под формата на покрития и филми, се използват от фирмите, произвеждащи изпитвателна техника, което значително улеснява производителите на опаковки при определяне на качествените им показатели.

Все още липсват стандартизирани методи за изпитване на ядивни опаковки, които да запълнят целия спектър от изисквания на производителите, с които те да извършват своята развойна дейност и удостоверяват резултатите от нея.

Адаптирането на методи за изпитване от областта на полимерните опаковъчни материали и опаковки не винаги е удачно. Очакването е да се появят специфични за особеностите на ядивните опаковки методи, особено при ядивните покрития, където естеството им изисква съобразяване с особеностите на продукта под него, характеристиките му, размери, форма и т.н.

Благодарност: Настоящият доклад се подкрепя от „Национална научна програма“ „Здравословни храни за силна биоикономика и качество на живот“ на МОН, одобрена с РМС №577/17.08.2018 г.

REFERENCES

Aguirre Joya, Jorge Alejandro & De León Zapata, Miguel & Alvarez Pérez, Olga & Torres León, Cristian & Nieto-Oropeza, Diana & Ventura, Janeth & Aguilar, Miguel & Ruelas, Xochilt & Rojas Molina, Romeo & Ramos, María & Aguilar, Cristobal. (2017). Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods. 10.1016/B978-0-12-811516-9.00001-4.

Ana Guimaraes, Luis Abrunhosa, Lorenzo M. Pastrana, and Miguel A. Cerqueira (2018) Edible Films and Coatings as Carriers of Living Microorganisms: A New Strategy Towards Biopreservation and Healthier Foods, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Vol.17, 594-614.

Arantzazu Valdés, Marina Ramos, Ana Beltrán, Alfonso Jiménez and María Carmen Garrigós, State of the Art of Antimicrobial Edible Coatings for Food Packaging Applications. *Coatings* 2017, 7(4), 56; <https://doi.org/10.3390/coatings7040056>.

Arzu Cagri, Zeynep Ustunol, And Elliot T. Ryser, Antimicrobial Edible Films and Coatings, *Journal of Food Protection*, Vol. 67, No. 4, 2004, Pages 833–848 Copyright Q, International Association for Food Protection Review

ASTM D412-98a (1998). Standard Test Methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers-tension Annual book of ASTM standards. Designation, D412-98a. Philadelphia: ASTM pp. 43–55.

ASTM Standard (1989). Standard test methods for water vapor transmission of materials Annual book of ASTM standards. Designation E96–E80. Philadelphia: ASTM pp.730–739

Bourtoom T (2008) Review article edible films and coatings: characteristics and properties. *Int Food Res J* 15: 237-248.

Bourtoom, T., Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* 15(3): 237-248 (2008).

Cristina Mellinas, Arantzazu Valdés, Marina Ramos, Nuria Burgos, María del Carmen Garrigós, Alfonso Jiménez. Active Edible Films. Current State and Future Trends <https://core.ac.uk/download/pdf/32325650.pdf>

Dangaran, Kirsten & Tomasula, Peggy & Qi, Phoebe. (2009). Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. 10.1007/978-0-387-92824-1_2.

Dhall, Rajinder Kumar. (2016). Applications of Films and Coatings in Fruits and Vegetables.

Dhumal, C.Vilas; Sarkar, P. (2018). Composite edible films and coatings from food-grade biopolymers *Journal of Food Science and Technology* 55(11): 4369-4383 2018

Fabien Labouffie, Mehdi Hémati, Alain Lamure, Sylvain Diguët, Effect of the plasticizer on permeability, mechanical resistance and thermal behaviour of composite coating films, *Powder Technology*, Volume 238, April 2013, Pages 14-19

Falguera, Víctor & Quintero Cerón, Juan & Jiménez, Alberto & Muñoz, Aldemar & Ibarz, Albert. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*. 22. 292-303. 10.1016/j.tifs.2011.02.004.

Frédéric Debeaufort, Jesús-Alberto Quezada-Gallo & Andrée Voilley (2010), Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review, *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition* Volume 38, 1998 - Issue 4, 299-313

Han JH (2014) Innovation in food packaging. In: Han JH, Edible Films and Coatings: A Review. Academic Press, London. pp:213-255. <https://pdfs.semanticscholar.org/6c23/3f131bbba19f3ac90d3ed11c669e3a00d175.pdf>

Irais Sánchez-Ortega, Blanca E. García-Almendárez, Eva María Santos-López, Aldo Amaro-Reyes, J. Eleazar Barboza-Corona, and Carlos Regalado, "Antimicrobial Edible Films and Coatings for Meat and Meat Products Preservation," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, Article ID 248935, 18 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/248935>.

ISO 2528:2017 Sheet materials. Determination of water vapour transmission rate (WVTR). Gravimetric (dish) method.

ISO 13302:2003 Sensory analysis — Methods for assessing modifications to the flavour of foodstuffs due to packaging

Janjarasskul T, Krochta J. M. (2010), Edible packaging materials. *Annual Rev Food Sci Technol* 1: 415-448.

Maria Inês Franco Orosa (2014), Edible films and coatings for cheese films e revestimentos

Mocon – Фирмени материали www.mocon.eu

Norajit, K., Kim, K.M., Ryu, G.H., (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering*, Vol- 98, pp-377–384.

P. K. Dutta, Shipra Tripathi, G. K. Mehrotra, Joydeep Dutta, Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications, *Food Chemistry*, Volume 114, Issue 4, 2009, 1173-1182.

Pascall and Lin, J 2013 The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry, *Food Process Technol*, 4:2 DOI: 10.4172/2157-7110.1000e116

Physicochemical Properties of Edible and Preservative Films from Chitosan/Cassava Starch/Gelatin Blend Plasticized with Glycerol Qiu-Ping Zhong^{1*} and Wen-Shui Xia²

Q.P. ZHONG and W.S. XIA: Physicochemical Properties of Chitosan-Based Films, *Food Technol. Biotechnol.* 46 (3) 262–269 (2008) file:///D:/Stefan/Downloads/46_262%20(5).pdf

Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review Caio G. Otoni, Roberto J. Avena-Bustillos, Henriette M. C. Azeredo, Marcos V. Lorevice, Marcia R. Moura, Luiz H. C. Mattoso, and Tara H. McHugh, 2017 Institute of Food Technologists® doi: 10.1111/1541-4337.12281 Vol. 00, 2017 Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety

Rusli, Arham & Mulyati, M.T. & Metusalach, M. & Salengke, S. (2016). Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer. 23. 1669-1675.

Sayuri, Tanada-Palmu & Grosso, Carlos. (2003). Development and characterization of edible films based on gluten from semi-hard and soft Brazilian wheat flours (development of films based on gluten from wheat flours). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 23. 10.1590/S0101-20612003000200027.

Sevgin Diblan, Sevim Kaya (2018), Antimicrobials used in active packaging films, Food and Health, 4(1): 63-79

Siripatrawan, U., Harte, B., (2010). Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. Food Hydrocolloids, Vol- 24, pp-770-775.

<https://www.smithers.com/industries/packaging/manufacturers-and-users/packaging-materials-testing/oxygen-and-water-vapour-permeability>

Sobral, P.J.A. & Menegalli, F.C. & Hubinger, Miriam & Roques, Michel. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. Food Hydrocolloids. 15. 423-432. 10.1016/S0268-005X(01)00061-3.

Suput, Danijela & Lazic, Vera & Popović, Senka & Hromis, Nevena. (2015). Edible films and coatings: Sources, properties and application. Food and Feed Research. 42. 11-22. 10.5937/FFR1501011S.

Swathi V., G. Gladvin, B. Babitha (2017). Physico-chemical characteristics and applications of edible films for fruit preservation, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056 Volume: 04 Issue: 02 | Feb -2017 www.irjet.net p-ISSN: 2395-0072

Tanada-Palmu, Patrícia Sayuri and Ggrosso, Carlos R.F.. Development and characterization of edible films based on gluten from semi-hard and soft Brazilian wheat flours (development of films based on gluten from wheat flours). *Ciênc. Tecnol. Aliment.* [online]. 2003, vol.23, n.2, pp.264-269. ISSN 0101-2061. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612003000200027>

Tapia-Blácido D.R., Maniglia B.C., Tosi M.M. (2018) Transport Phenomena in Edible Films. In: Gutiérrez T. (eds) Polymers for Food Applications. Springer, Cham

Tianqi Huang, Yusheng Qian, Jia Wei and Chuncai Zhou (2019), Polymeric Antimicrobial Food Packaging and Its Applications, Polymers 2019, 11, 560; doi:10.3390/polym11030560

Tripathi, Shipra & Mehrotra, Gopal & Dutta, Pradip. (2008). Chitosan based antimicrobial films for food packaging applications. e-Polymers. 8. 10.1515/epoly.2008.8.1.1082.

Tripathi, Shipra & Mehrotra, Gopal & Dutta, Pradip. (2008). Chitosan based antimicrobial films for food packaging applications. e-Polymers. 8. 10.1515/epoly.2008.8.1.1082.

V. Nisha, C. Monisha, R. Ragunathan, Josteena Johny, Use of Chitosan as Edible Coating on Fruits and in Micro biological Activity - An Ecofriendly Approach. International Journal of Pharmaceutical Science Invention ISSN (Online): 2319 – 6718, ISSN (Print): 2319 – 670X www.ijpsi.org Volume 5 Issue 8 | December 2016 | PP.07-14.

V. Nisha, C. Monisha, R. Ragunathan, Josteena Johny, Use of Chitosan as Edible Coating on Fruits and in Micro biological Activity - An Ecofriendly Approach. International Journal of Pharmaceutical Science Invention ISSN (Online): 2319 – 6718, ISSN (Print): 2319 – 670X www.ijpsi.org Volume 5 Issue 8 | December 2016 | PP.07-14

Valentina Siracusa, Santina Romani, Matteo Gigli, Cinzia Mannozi, Juan Pablo Cecchini, Urszula Tylewicz and Nadia Lotti, Characterization of Active Edible Films based on Citral Essential Oil, Alginate and Pectin. Materials, 2018.

Wittaya, Thawien. (2008). Edible films and coatings: Characteristics and properties. International Food Research Journal. 15.

Zühal Okcu, Yasemin Yavuz, Sevgi Kerse, Edible Film and Coating Applications in Fruits and Vegetables, Alinteri J. of Agr. Sci. (2018) 33(2): 221-226.

ASTM: ASTM International, formerly known as American Society for Testing and Materials

ISO: International Organization for Standardization

DIN: Deutsches Institut für Normung e. V.

TAPPI: Technological Association of the Pulp and Paper Industry