مروری بر کاربرد لفاف‌های خوراکی در مواد غذایی

سید امیر محمد مرتضویان[1*]، محمد حسین عزیزی[1]، سارا سهراب وندی[2]

1- عضو هیات علمی دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی/ انستیتوی تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.
2- عضو هیات علمی انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.
(تاریخ دریافت: 87/10/2 تاریخ پذیرش:87/12/11)

چکیده

امروزه، کاربرد لفاف‌های خوراکی در پوشش دادن انواع مواد غذایی رواج یافته است و این لفاف‌ها تا حد زیادی در حال جایگزین شدن بـه جـای لفاف‌های سنتزی هستند. زیست‌ـکافت بودن، خوراکی بودن و کارآمد بودن این لفاف‌ها عامل اساسی رواج آنها در صنعت غذا و انجام گسترهٔ وسیعی از پژوهش‌ها در این ارتباط است. این مقاله، جنبه‌های بنیادین و کاربردی لفاف‌های خوراکی در صنعت غذا شامل تعاریف و کلیات، طبقه‌بندی‌ها، کاربردها و انواع ترکیبات مورد استفاده را مورد مرور قرار می‌دهد.

کلید واژه گان: لفاف خوراکی، پوشش، زیست ـ کافت

1- مقدمه

در ارتباط با واژهٔ «لفاف خوراکی»[1] و مفهوم آن با دو دسته از واژه‌ها سروکار داریم؛ نخست واژگانی که بیانگر قطر لایه پوشش داده شده هستند و دوم واژگان مرتبط با چگونگی تجزیه شدن ترکیبات پوشش دهنده. اصطلاحات نوع نخست، پوشش[2] [1]، لفاف و پوسته[3] [2] و اصطلاحات نوع دوم، خوراکی و غیرخوراکی[4]، و زیست‌ـکافت و غیرزیست ـ کافت[5] [3و4] را شامل می‌شوند. ترکیب دو به دوی دو دسته واژگان یاد شده، انواع حالات ممکن در پوشش دادن مواد غذایی را به دست می‌دهد. ترکیبات غیرزیست‌ـکافت، قابلیت تجزیه شدن به صورت مواد بسته‌بندی نظیر ظرف، بطری، سینی، طبیعی واپاشیده نمی‌شوند. ترکیبات زیست‌ـکافت ممکن است خوراکی یا غیرخوراکی باشند. مواد زیست کافت غیر خوراکی روکش[6] و کیسه تولید می‌شوند اما توسط انسان قابل خوردن ریززنده‌های خاک ندارند، به عبارت دیگر با چرخه‌های زیستی نیستند. ترکیباتی که برای سلامتی انسان مضر نیستند و به قصد مصرف او طراحی و ساخته می‌شوند، خوراکی نام دارند. ترکیبات خوراکی از نقطه نظر تجزیه شدن در دستگاه گوارش ممکن است هضم‌پذیر یا هضم‌ناپذیر باشند. ترکیبات

* مسئول مکاتبات: mortazvn@sbmu.ac.ir

1. Edible film
2. Coat
3. Case
4. Edible & nonedible
5. Biodegradable/recycable & nonbiodegradable/nonrecycable
6. Wrap

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

به عناصر ساده سازنده را توسط موجودات ذره‌بینی و سلولزی، پکتین، کیتین و کیتوزان از جمله مواد خوراکی هضم‌ناپذیر به شمار می‌آیند. از نظر ضخامت مواد پوشش داده شده بر سطح غذا، واژهٔ «پوشش» واژه‌ای کلی است که به هر گونه پوشش ایجاد شده اطلاق می‌شود[1]. «پوسته»، پوششی یکنواخت و یکپارچه با قطر محدود است [2] و لفاف، پوشش‌های نازک در حد میکرومتر را شامل می‌شود. هنگامی که لفاف‌های خوراکی در پوشش دادن اجسام با ابعاد میکروسکپی نظیر سلول‌های باکتری‌ها به کار برده شوند، ریزلفاف[1] و فرآیند را ریزدرون پوشانی[2] می‌نامند. در مقابل واژهٔ ریزلفاف، واژه درشت‌لفاف[3] قرار دارد [5].

امروزه، در بسته‌بندی مواد غذایی، لفاف‌های خوراکی در بسیاری از موارد به طور کامل جایگزین لفاف‌های پلیمری سنتزی یا ترموپلاستیک[4] شده‌اند [6]. از آن جمله می‌توان به پوشش دادن انواع این لفاف‌ها بر سطح فرآورده‌های غذایی نظیر فرآورده‌های قنادی[5]، میوه‌ها و سبزی‌های تازه، برخی فرآورده‌های گوشتی، برخی فرآورده‌های لبنی، شکلات، تنقلات[6]، غلات صبحانه‌ای[7]، طیور و ماهی، فرآورده‌های منجمد، فرآورده‌های خشک شده و خشک شدهٔ انجمادی[8] و نظایر اینها اشاره داشت [7، 8-16].

لفاف‌پوشی محصولات غذایی، آنها را از مزایای گوناگون از نقطه نظر جنبه‌های سلامت‌بخش، حسی و اقتصادی برخوردار می‌سازد که در بخش 3 مورد اشاره قرار گرفته‌اند. برخورداری از این مزایا و نیز تلاش برای رفع نقایص موجود و بهینه‌سازی کارایی لفاف‌های خوراکی سبب شده است که پژوهش‌های فراوان در این عرصه در حال انجام باشند. در این ارتباط، نگارش مقالات مروری که هر چند گاه دربردارندهٔ مهمترین دستیافت‌ها باشند راهکاری کارآمد و مؤثر است. در این مقاله، جنبه‌های بنیادین و کاربردی لفاف‌های خوراکی در صنعت غذا مورد مرور قرار می گیرد.

2- مزایای لفاف‌های خوراکی در ارتباط با مواد غذایی

لفاف‌های خوراکی در مقایسه با لفاف‌های سنتزی، از نقطه نظر حسی و کاری، دارای سازگاری[9] بیشتر با غذا هستند [17]. این لفاف‌ها باید به نحوی طراحی شوند که طی نگهداری و حمل‌ونقل سالم بمانند، اما طی فرآیندهای مصرف نظیر پخت یا جویدن وا پاشیده[10] شوند [17]. مزایای استفاده از لفاف‌های خوراکی را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

2-1- این لفاف‌ها به سبب زیست‌کافت بودن، بر خلاف لفاف‌های سنتزی باعث آلودگی محیط زیست نمی‌شوند. همچنین از آن رو که از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها یا لیپیدها تشکیل شده‌اند، از ارزش تغذیه‌ای نیز برخوردار هستند [6].

2-2- حفظ ایمنی غذا از طریق جلوگیری از فساد و آلودگی میکروبی. برای مثال لفاف‌های خوراکی می توانند رشد کپک ها[11] را کند کنند [18]. به طور کلی این لفاف‌ها از سه طریق مانع فساد و آلودگی میکروبی می‌شوند: نامساعد کردن شرایط رشد و فعالیت ریززنده‌ها[12] نظیر a_w و اکسیژن، ممانعت فیزیکی از نفوذ آنها به درون محصول و یا افزودن ترکیبات ضدمیکروبی به ساختار لفاف [19-21]. در صورت بروز رشد میکروبی بر سطح غذا نیز از انتشار آنها به تودهٔ محصول جلوگیری می‌شود [22].

2-3- به تعویق انداختن فساد و پلاسیدگی[13] میوه‌ها و سبزی‌ها طی انبارداری از طریق کاهش سرعت تنفس؛ بدین صورت که لفاف‌های خوراکی مانع نفوذ سریع اکسیژن به بافت محصول می‌شوند و از این رو به عنوان عامل کاهنده تنفس[14] عمل می‌کنند. به علاوه، در مورد میوه‌های متصاعدکنندهٔ گاز اتیلن، کاهش سرعت تصاعد این گاز به اتمسفر انبار بر طول عمر محصولات می‌افزاید [23 و 24].

2-4- ظاهر یا جلوهٔ غذا را به سبب ممانعت از تبخیر و خشک شدن و چروک خوردن سطح، جلوگیری از آبگیری بیش از حد و پلاسیدگی و لهیدگی بافت، عدم فساد و همچنین ثبات رنگ به نحو مطلوب حفظ می‌کنند. افزون بر آن، ظاهر

1. Microfilms
2. Microencapsulation
3. Macrofilm
4. Thermoplastic
5. Confectionary
6. Snacks
7. Breakfast cereals
8. Freeze-dried

9. Compatibility
10. Disintegrate
11. Mold retardant
12. Microorganisms
13. Faint
14. Respiration reducing factor

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

فرآورده به دلیل برخورداری از جلا و درخشش[1] سطح بهبود می‌یابد[6 و 23].

2-5- مواد غذایی را در برابر افت رطوبت[2] محافظت می‌کنند [7 و 25]. این موضوع از یک سو حفظ بهتر ظاهر و بافت فرآورده‌ها را باعث می‌شود [17] و از سوی دیگر از افت وزن[3] آنها جلوگیری می‌کند. محافظت مواد غذایی منجمد در برابر افت رطوبت سبب جلوگیری از بروز ضایعه انجماد-سوختگی[4] در آنها می‌شود [26].

2-6- مانع جذب رطوبت یا آبگیری[5] مواد غذایی با رطوبت کم می‌شوند [27]. این ویژگی سودمندیهای گوناگون دربردارد. از جمله مهمترین آنها می‌توان به جلوگیری از بدبافتی[6] حاصل از تبلور قندها در فرآورده، ممانعت از بدرنگی، جلوگیری از کلوخه شدن[7] پودرها، ذره‌ها و دانک‌ها و ممانعت از له شدن و خمیری شدن بافت اشاره کرد [5 و 28].

2-7- مانع از دست رفتن رایحه غذا می‌شوند [29].

2-8- مانع قهوه‌ای شدن بافت مواد غذایی می‌شوند. این کار عمدتاً از طریق جلوگیری از رسیدن اکسیژن به بافت (در مورد قهوه‌ای شدن آنزیمی) و نیز کاهش صدمات بافتی به دلیل نقش محافظتی لفاف است [5 و 24] . جلوگیری از جذب رطوبت در محصولات خشک توسط لفاف خوراکی در مهار کردن واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد سهمی تعیین‌کننده دارد[5].

2-9- بر استحکام و یکپارچگی بافت مواد غذایی می‌افزایند و خواص مکانیکی آنها را بهبود می‌دهند. این موضوع به ویژه در حفظ تمامیت و یکپارچگی بافت فرآورده‌های نرمه ای (پودرشونده)[8] که از قابلیت نرمه شدن (پودرشدن) بالا در اثر فشار و تنش برخوردارند حایز اهمیت است [5].

2-10- به سبب ممانعت از نفوذ اکسیژن و رطوبت، افت تغذیه‌ای[9] مربوط به واکنش های ناخواسته همچون اکسایش ترکیبات مغذی، اکسایش لیپیدها و واکنش های قهوه ای شدن میلارد را تا حد زیادی کاهش می‌دهند [5 و 7].

2-11- باعث جلوگیری از واکنش‌های اکسایش لیپیدها و تند شدن[10] آنها می‌شوند [7 و 24]. بدین صورت علاوه بر ممانعت از افت تغذیه‌ای مربوط (بند 2-10)، از بدطعمی، بدرنگی و آثار سوء بهداشتی ناشی از این فرآیند جلوگیری به عمل می‌آید [30 و 31].

2-12- مانع چکیدن یا تراوش[11] در گوشت می‌شوند [5].

2-13- به عنوان حامل[12] مواد افزودنی نظیر ترکیبات پادمیکروبی، پاداکسنده‌ها، مواد طعم‌دهنده و رنگ‌ها عمل می‌کنند [19]. در این ارتباط، سرعت آزاد شدن[13] این ترکیبات از لفاف موجود در سطح غذا به تودهٔ آن حایز اهمیت است و باید مورد محاسبه قرار گیرد [2].

2-14- مانع سبز شدن سطحی سیب‌زمینی در برابر نور می‌شوند. با قرار گرفتن سیب‌زمینی در برابر نور، سنتز کلروفیل با سنتز گلیکوآلکالوئیدهای سمی همراه می‌شود. آزمایش نشان داده است که پوشش دادن سیب‌زمینی با لسیتین یا لسیتین هیدروکسیله شده به طور مؤثر از این پدیده جلوگیری می‌کند [5].

2-15- جذب بیش از حد روغن به بافت محصول و خروج بیش از حد آب از آن را طی سرخ کردن به ویژه سرخ کردن عمیق (غرقابی)[14] به طور چشمگیر کاهش می‌دهند. دو پدیدهٔ یاد شده به ترتیب سبب بیماریهای چاقی و قلبی ـ عروقی و خشک شدن بیش از اندازه بافت می‌شوند. افزون بر مزایای بالا، لفاف‌پوشی محصولات غذایی از انتقال ترکیبات سمی تولید شده ناشی از اکسایش روغن‌ها طی سرخ کردن به بافت آنها جلوگیری می‌کند [25 و 32] .

صرفنظر از تمامی مزایای یاد شده در ارتباط با لفاف‌های خوراکی، این لفاف‌ها از نقطه ضعف‌هایی نیز برخوردارند. مهمترین آنها استحکام کمتر و خواص مکانیکی ضعیف‌تر در قیاس با لفاف‌های پلاستیکی سنتزی است [4، 5، 18 و 33] . لفاف‌های طبیعی به ویژه در رطوبت کم شکننده‌اند. از همین رو افزودن ریخت‌سازها[15] پیش از خشک کردن محلول‌های لفاف‌ساز[16] ضروری است [33] . به علاوه، در بسیاری موارد

1. Gloss
2. Desiccation or moisture loss
3. Weight loss
4. Freeze-burn
5. Moisture gain
6. Off texture
7. Granules
8. Friable products
9. Nutritional loss
10. Rancidity
11. Drip or leach or exudation
12. Carrier
13. Release
14. Deep-fat frying
15. Plasticizers
16. Film-forming solutions

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

لازم است علاوه بر خواص مکانیکی، خواص ممانعتی[1] آنها نیز اصلاح شود [5]. افزون بر ضعف در خواص مکانیکی و ممانعتی، هزینه تولید آنها نیز به طور نسبی بالاست [18]. البته باید توجه داشت که نقایص یاد شده قابل اصلاح هستند و به همین دلیل پژوهش‌های بسیار متنوع در این ارتباط به انجام رسیده یا در دست انجام است.

3- طبقه‌بندی لفاف‌های خوراکی

لفاف‌های خوراکی را می‌توان از نقطه نظرات گوناگون به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

3- 1- از دیدگاه تعدادجزء سازنده لفاف: از این نقطه نظر، لفاف‌ها را می‌توان به انواع تک‌ترکیب یا تک‌لایه[2] و چندترکیب[3] یا مرکب[4] طبقه‌بندی کرد. لفاف‌های تک‌ترکیب فقط از یک ترکیب پلیمری و لفاف‌های چندترکیب دست کم از دو ترکیب پلیمری ساخته شده‌اند. لفاف‌های چندترکیب بسته به نحوهٔ توزیع و آرایش اجزا نسبت به یکدیگر به دو دسته لفاف‌های مرکب لایه‌ای[5] و مخلوط[6] قابل تقسیم هستند. انواع نخست، دو یا چند لایه مجزا که بر روی یکدیگر متصل شده‌اند را در برمی‌گیرد، حال آنکه انواع دوم شامل لایه‌ای است که مخلوط همگنی از ترکیبات سازنده است. هر لایه از لفاف‌های لایه‌ای ممکن است فقط از یک نوع ترکیب ساخته شده باشد یا خود مخلوطی از چند ترکیب باشد [27، 28 و34] . لفاف‌های لایه‌ای در مقایسه با انواع مخلوط از قطر بیشتری برخوردارند [34] . این لفاف‌ها با روش لایه‌سازی[7] و لفاف‌های مخلوط با روش امولسیون[8] ساخته می‌شوند [35]. در لفاف‌های لایه‌ای، گاه یکی از لایه‌ها که ضخیم‌تر بوده و نقش کاری اصلی را بر عهده دارد لایه یا لفاف اصلی[9] نامیده می‌شود [28]. به منظور مشخص کردن ترکیبات لفاف‌ها و لایه‌های آنها مرسوم است که مخلوط ترکیبات موجود در هر لایه را با علامت «-» و ترکیبات هر لایه را از لایه مجاور با علامت «/» از یکدیگر مجزا می‌کنند [27]. برای مثال نشانهٔ a-b/c نمایانگر لفافی دو لایه است که لایه اول شامل مخلوط دو ترکیب a و b و لایه دوم شامل ترکیب c است. لفاف‌های لایه‌ای گرچه خواص ممانعتی بهتر و عمل گزینشی‌تری نسبت به لفاف‌های امولسیون به دست می‌دهند، اما به سبب روش دشوارتر تولید کمتر در صنایع غذایی عمومیت یافته‌اند [35].

3- 2- از دیدگاه روش تولید: از این نقطه نظر، لفاف‌ها را می‌توان به سه دسته لفاف‌های لایه‌ای[10]، لفاف‌های امولسیون و لفاف‌های قالب‌ریزی شده[11] تقسیم کرد (بخش 6).

3- 3- از دیدگاه ترکیب/ترکیبات اصلی سازندهٔ لفاف: لفاف‌ها ممکن است پلیمرهای با پایه[12] پلی ساکاریدی، پروتئینی، لیپیدی یا مخلوطی از آنها باشند [36]. بر این اساس می‌توان آنها را به لفاف‌های با پایهٔ پلی ساکارید، پروتئین و لیپید[13] یا ترکیبی از آنها طبقه‌بندی کرد.

گاه طبقه‌بندی لفاف‌ها بر اساس اجزای اصلی سازنده شکل جزئی‌تر به خود می‌گیرد، مانند لفاف‌های با پایه پروتئین شیر[14]، با پایه پروتئین گندم یا ذرت[15] [26] یا حتی با پایه کازئین یا پروتئین‌های آب پنیر.

4- مهمترین ترکیبات مورد استفاده در لفاف‌های خوراکی

در اینجا به بررسی مهمترین لفاف‌های به کار برده شده یا پژوهش شده در صنعت غذا از دیدگاه ترکیبات سازنده اشاره شده است. در ابتدا لازم است اشاره شود که در گزینش و به کار بردن ترکیبات لفاف، علاوه بر خواص کاری مورد انتظار، قیمت آنها نیز باید به عنوان عاملی تعیین‌کننده در مقیاس صنعتی همواره مدنظر قرار گیرد. ترکیبات سازنده لفاف‌ها را می‌توان به سه دسته هیدروکلوئیدها (شامل پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها)، لیپیدها (شامل اسیدهای چرب، گلیسریدها و موم‌ها) و سایر ترکیبات افزوده شده تقسیم کرد [37] .

4- 1- لفاف‌های با پایه پلی ساکارید

انواع گوناگون پلی ساکاریدها در ساخت لفاف‌های خوراکی به کار برده شده‌اند. از آن جمله می‌توان به پکتین با درجه

17. Barrier properties
1. Single component or single layer
2. Multicomponent
3. Composite
4. Laminate composite films
5. Mixed/blend composite films
6. Lamination
7. Emulsion
8. Base layer/film
9. Laminated films
10. Casted films
11. Base
12. Ploysaccharide-/protein-/lipid-base films
13. Milk-Protein-based films
14. Wheat-/corn-protein based films

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

متوکسیله شدن بالا، نشاسته و مشتقات آن، سلولز و مشتقات آن، سلولز ریز ـ متبلور شده (MCC)[1]، صمغ‌های عربی، زانتان، ژلان، لوبیای خرنوب[2]، CMC، کاراگینان، آگار و کیتوزان‌ها اشاره داشت [38 و 39]. پلی ساکاریدهای با وزن مولکولی کم معمولاً به عنوان ریخت‌ساز به کار برده می‌شوند [40]. افزودن لیپیدها به لفاف‌های با پایه پلی ساکاریدی به منظور کاهش WVP[3] (نفوذپذیری به بخار آب)آنها ضروری است. این موضوع هر چند از نقطه نظر یاد شده بهبوددهنده است، اما سبب کاهش خواص مکانیکی لفاف می‌شود [41]. به طور کلی، لفاف‌های پلی ساکاریدی به دلیل خاصیت آبدوستی، از ممانعت مطلوب به رطوبت و بخار آب برخوردار نیستند [42]. در زیر، به مهمترین انواع این لفاف ها اشاره شده است:

4- 1- 1- نشاسته و مشتقات آن

مزایای نشاسته در تولید لفاف، ارزان بودن و قابل تجدید بودن[4] آن است؛ با این حال معایبی همچون حلالیت در آب، شکننده بودن و مطلوب نبودن خواص مکانیکی سبب شده‌اند که استفاده از آن به طور مستقیم در ساخت لفاف امکان‌پذیر نباشد. به منظور اصلاح خواص نشاسته می‌توان از روش‌های ژنتیکی (تولید نشاسته آمیلوز- بالا[5]) ، شیمیایی (تولید نشاسته متیله شده یا اتصال یافته عرضی[6]) یا مخلوط کردن آن با انواع پروتئین‌ها استفاده کرد. از این طریق خواص مکانیکی و ممانعتی آن به رطوبت بهبود می‌یابد [43- 45]. کاربرد نشاسته همراه با روغن‌های گوناگون نظیر روغن نارگیل[7] به صورت ساختار لایه‌ای (نشاسته/ روغن نارگیل) نیز نتایج مطلوب می دهد [46]. نشاستهٔ دی‌آلدئید (DAS)[8]، آلدئیدی پلیمری است که از واکنش نشاسته طبیعی با اسید پریودیک[9] ایجاد می‌شود [47]. این ماده علاوه بر قابلیت لفاف‌سازی، دارای اثر اتصال‌دهی عرضی[10] بر انواع پروتئین‌ها نظیر کلاژن [48]، کازئین [49 و 50]، گلوتن گندم [51] و زئین ذرت [52] است. همچنین از اثر سمیت کمی (خوراکی[11]، پوستی[12] و تنفسی[13]) برخوردار است [53].

4- 1- 2- سلولز و مشتقات آن

سلولز فراوانترین کربوهیدرات مرکب[14] به شمار می‌آید [54]. لفاف‌های با پایه سلولزی در لفاف‌پوشی دانه‌های تازه و توت فرنگی با موفقیت به کار برده شده‌اند [55]. لفاف متیل سلولز/ اسید پالمتیک در پوشش‌دهی نانِ بستنی‌های قیفی[15] به کار رفته است [56]. لفاف‌های سلولزی از جذب چربی به مواد غذایی طی سرخ کردن عمیق، به مقدار 90ـ50% جلوگیری می‌کنند [57]. لفاف هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC)[16] / لاک شیشه‌ای تصفیه شده[17] نیز به منظور پوشش‌دهی مواد غذایی تولید شده است [58]. لفاف HPMC / اسید استئاریک ـ پالمیتیک پوشش داده شده بر میوه جات و سبزیجات، از دست رفتن آب از آن طی نگهداری را به طور قابل ملاحظه کاهش می دهد [29]. مشتقات سلولز همچون متیل سلولز (MC)، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز (HPC) برای جلوگیری از نفوذ بیش از اندازه روغن به مواد غذایی طی سرخ کردن با موفقیت به کار برده شده‌اند [59-61]. در این ارتباط، کارکرد HPMC در مقایسه با سایرین ثمربخش‌تر بوده است. این ترکیب در لفاف‌پوشی دونات‌ها[18] و گلوله‌های فلافل[19] به کار برده شده است [62]. لفاف‌های MC سبب کاهش پدیده‌های نامناسبی همچون تبخیر، افت ویتامینی و قهوه‌ای شدن در قارچ می‌شوند [24]. ممانعت به رطوبت در لفاف HPMC ـ اسید چرب/ لایه نازک موم حتی در رطوبت نسبی های بالا کاملاً رضایت‌بخش بود [63]. لفاف MC/ موم در پوشش‌دهی مواد غذایی به کار برده شده است [28]. لفاف‌های استر سلولز ـ اتر در مقایسه با سلولز از انعطاف‌پذیری و شفافیت بیشتر برخوردارند. همچنین مقاومت آنها به عبور روغن بهبود می‌یابد. مقاومت فیزیکی و ممانعتی آن به رطوبت و اکسیژن در حد میانه عنوان شده است [5 و43-65]. متیل کربوکسی سلولز (MCC) با نشاسته اختلاط مناسبی را به دست نمی‌دهد و ذرات به صورت

15. Microcrystalline cellulose
1. Locust bean
2. Water vapour permeability
3. Renewability
4. High-amylose strach
5. Cross-linked starch
6. Coconut oil
7. Dialdehyde starch
8. Periodic acid
9. Crosslinking effect

10. Oral
11. Dermal
12. Respiratory
13. Complex carbohydrate
14. ice cream cone
15. Hydroxypropyl methyl cellulose
16. Refined shellac
17. Doughnuts
18. Falafel balls

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

ریزذره[1] باقی می‌ماند؛ حال آنکه MC با نشاسته ایجاد پراکنش‌های[2] همگن کرده و آبدوستی کمتری را نتیجه می‌دهد. این موضوع سبب جبران ممانعت ضعیف نشاسته به رطوبت می‌شود [43]. لفاف‌های HPMC/ پالمیتیک اسید و HPMC/ استئاریک اسید مانع خوبی به رطوبت در سیستم مدل‌سازی شدهٔ پیتزا بودند. [66]. آزمایشات انجام شده بر لفاف سلولز اتر ـ چربی، که در یک سیستم غذایی دو ترکیب[3] در میان ـ سطح[4] دو تکه پیتزا قرار داده شده بود، آشکار ساختند که این لفاف به طور قابل ملاحظه مهاجرت رطوبت از سس به نان را طی نگهداری به تعویق می‌اندازد [67]. لفاف «HPMC ـ اسیدهای چرب اشباع C_{16} و C_{18} / موم نازک» حتی در رطوبت نسبی ها و a_wهای بالا از سوی مجاور با محیط، از قابلیت خوبی در حفظ قابلیت ممانعت‌پذیری به رطوبت برخوردار بود [68]. کارکرد لفاف CMC ـ منو و دی‌گلیسریدها ـ استرساکارز با اسید چرب نیز مورد بررسی قرار گرفته است [69]. استفاده از CMC به همراه امولسیون‌کننده‌های استری اسیدهای چرب اثرات رضایت‌بخشی را در ارتباط با به تأخیراندازی رسیدن میوه‌های گلابی و موز در برداشته است [26]. نفوذپذیری لفاف‌های با پایه سلولز به مواد رایحه‌دار در شرایطی که مرطوب می‌شوند، به دلیل نرم شدن[5] شبکه پلیمری بیشتر می‌شود [70]. به طور کلی، مواد با پایه سلولزی به دلیل برخورداری از طبیعت آبدوست مانع خوبی در برابر عبور روغن‌ها به شمار می‌روند [71].

4- 1- 3- آرا بینوزیلان‌ها[6]

این ترکیبات به دلیل حلالیت خوب، قابلیت تشکیل شبکه پیوسته و طعم خنثی، در ساخت لفاف‌های خوراکی به کار برده شده‌اند [35]. آرابینوزیلان‌ها از پوسته ذرت[7] به دست می‌آیند [35]. آزمایشات نشان داده‌اند که خواص مکانیکی و ممانعتی آنها به لفاف‌های HPMC [5]، MC [72] و نشاسته [73] شبیه است.

4- 1- 4- گالاکتومانان‌ها[8]

آنچه خواص فیزیکو ـ شیمیایی این ترکیبات را تعیین می‌کند، نسبت مانوز/گالاکتوز در آنها است و این نسبت به منبع و روش استخراج بستگی دارد [74]. گالاکتومانان بر خلاف مانان محلول در آب است [75]. مشکل لفاف‌های گالاکتومانان حساسیت آنها به آب و شکنندگی آنها است. یکی از راههای بهبود این مشکل، تولید لفاف های مرکب نظیر گالاکتومانان ـ کلاژن است [3 و 76]. لفاف گالاکتومانان ـ کلاژن/گلوتارآلدئید[9] از دیگر لفاف‌های ثمربخش بوده است. اتصال دو لایه لفاف از طریق اتصالات عرضی صورت می‌گیرد [3]. اختلاط گالاکتومانان و کلاژن، خواص کاری کلاژن را نیز بهبود می‌دهد، از این رو که کلاژن پس از استخراج، استحکام نخستین خود را از دست می‌دهد و برای بازیافت این استحکام نیاز به برقراری اتصالات عرضی دارد.

4- 1- 5- آلژینات[10]

پوشش آلژینات بر مایه گوشت خوک پیش پخته منجمد[11] سبب بهبود خواص حسی این فرآورده می‌شود. یکی از علل آن جلوگیری از اکسایش لیپیدها است [77]. پوشش نشاسته ـ آلژینات، نشاسته ـ آلژینات ـ توکوفرول و نشاسته ـ آلژینات ـ روزماری[12] نیز اثری مشابه در مورد قطعات گوشت سردشدهٔ پیش پخته و مایه گوشت گاو[13] دربرداشته است [78-80]. اثر افزون روغن سیر[14]، به عنوان ماده پادمیکروبی طبیعی، به ساختار آلژینات مورد مطالعه قرار گرفته است. این ماده به طور مؤثر از رشد و فعالیت باکتریهای *اشرشیاکلی*، *سالمونلا تیفی‌موریوم*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *باسیلوس سرئوس* جلوگیری کرد و سبب کاهش جمعیت میکروبی آنها شد [81].

4- 1- 6- ژلان[15]

ژلان، پلی ساکارید برون سلولی (EPS)[16] مربوط به باکتری *سودوموناس الودهآ*[17] (*اسپینگوموناس پوسی‌مبیلیس*)[18] است [82 و 83]. لفاف‌پوشی مواد غذایی با ژلان، جذب روغن به آنها را طی فرآیند سرخ کردن تا بیشتر از63% کاهش می‌دهد [13 و84]. ژلان، ژلی سخت و شکننده ایجاد می‌کند، حال آنکه ژل ژلاتین نرم، انعطاف‌پذیر و کشسان[19] است. این دو ترکیب در نسبت خاص از اثر هم‌افزایی برخوردارند. استفاده از لفاف ژلان به منظور جلوگیری از خشک شدن بافت قارچ خوراکی نتایج ثمربخشی به دست داده است [26].

19. Microparticle
20. Dispersions
1. Bicomponent food
2. Interface
3. Plastisize
4. Arabinoxylans
5. Maise bran
6. Galactomanans

7. Glutaraldehyde
8. Alginate
9. Precooked-frozen stored pork patties
10. Rosemary
11. Precooked –refrigerated pork chops and beef patties
12. Garlic oil
13. Gellan
14. Exopolysaccharide
15. *Pseudomonas elodea*
16. *Sphingomonas paucimobilis*
17. Elastic

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

4- 1- 7- لوبیای خرنوب

کاربرد این صمغ برای پوشش دهی مواد غذایی مورد پژوهش قرار گرفته است. این صمغ در گسترهٔ وسیعی از دماها و pHها پایدار می ماند [85]. افزودن ریخت ساز پلی اتیلن گلیکول[1] در غلظت مناسب به لفاف ساخته شده از این صمغ، خواص کاری آن به ویژه تراوایی به بخار آب را بهبود می بخشد [42 و 86]. نقش گلیسرول، سوربیتول، دمای خشک کردن، رطوبت نسبی و ضخامت لفاف لوبیای خرنوب بر خواص کاری آن بررسی شده‌است [87].

4- 1- 8- پکتین

لفاف‌های با پایه پکتین مهاجرت لیپید در فرآورده‌های قنادی را به طور قابل ملاحظه کاهش می‌دهند (130). آزمایشات نشان داده‌اند که چیپس لفاف پوشیده شده با پکتین فقط نیمی از مقدار روغنی که توسط چیپس پوشش نیافته جذب می‌شود، به خود می‌گیرد [88 و 89]. پکتین با درجه متوکسیل پایین (LMP)[2] به منظور پوشش‌دهی آجیل‌ها و خرمای خشک به کار برده شده است [26]. لفاف های مرکب پکتین/کیتوزان و پکتین ـ پروتئین سویا مورد استعمال قرارگرفته اند. نتیجه، تولید لفافی با سطح نرم و لطیف[3]، مقاومت مکانیکی بیشتر و انعطاف‌پذیری کمتر است [37].

4- 1- 9- کیتوزان

لفاف‌های کیتوزان در صنایع غذایی و داروسازی کاربرد دارند. ایراد آنها وقتی به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، خواص مکانیکی ضعیف آنها است؛ از این رو معمولاً با سایر زیست ـ پلیمرهای آبدوست به کار برده می‌شوند [90]. از مزایای کیتوزان ممانعت خوب آن به اکسیژن است و از این رو کاربرد آن در صنایع غذایی روبه رشد است [91 و 92]. با این وجود، این لفاف ها به بخار آب به طور نسبی نفوذپذیر هستند [90]. کیتوزان به دلیل دارا بودن خواص نیمه تراوایی[4]، در لفاف‌های بسته‌بندی مواد غذایی که در آنها به اصلاح اتمسفر درونی[5] نیاز است، کاربرد یافته است [93]. تولید لفاف کیتوزان ـ اسید استیک ـ گلیسرین (گلیسیرین به عنوان ریخت‌ساز) مورد بررسی قرار گرفته است [94]. خواص لفاف کیتوزان ـ نشاسته نیز مورد مطالعه قرار گرفته است و ثابت شده است که حد بهینه‌ای از نشاسته برای دستیابی به بهینه خواص کاری لازم است. گزارش شده است که افزودن نشاسته به ترکیب کیتوزان مقدار تراوایی آن به بخار آب را کاهش می‌دهد [90]. اثر لفاف کیتوزان از نقطه نظرات جلوگیری از افت رطوبت و اکسایش لیپید با لفاف‌های پروتئینی (گلوتن گندم و پروتئین سویا)، کاراگینان و لفاف پلی وینیل کلراید (PVC) مقایسه شده است. کارکرد آن از نظر جلوگیری از افت رطوبت مشابه لفاف‌های گلوتن، پروتئین سویا و PVC بود. همچنین این لفاف نظیر لفاف‌های پروتئین سویا و گلوتن، در کنترل اکسایش لیپیدها چندان ثمربخش نبود [1]. ترکیب کیتوزان ـ اسید لوریک در ارتباط با جلوگیری از از دست رفتن آب سیب تازه و قهوه‌ای شدن قطعات آن نتایج مطلوب به دست داده‌است [26]. افزودن ریخت‌سازها بر خواص ممانعتی این لفاف اثر منفی و بر خواص مکانیکی آن اثر مثبت دارد [90]. با افزودن اسیدهای چرب به لفاف کیتوزان می‌توان خاصیت ممانعتی ضعیف آن به رطوبت را اصلاح کرد [95].

4- 1- 10- کاراگینان

آزمایشات نشان داده‌اند که خواص ممانعتی لفاف کاراگینان به رطوبت چندان ثمربخش نیست، از آن رو که به نحو مؤثر از خشک شدن سطحی فرآورده‌ها طی دورهٔ نگهداری جلوگیری نمی‌کند. در مقابل، از خواص ممانعتی مطلوب به چربی برخوردار است و از اکسایش لیپیدهای فرآورده‌ها به طور مؤثر جلوگیری می‌کند [1] . همبستگی ضخامت این لفاف‌ها و دما با مقدار تراوایی به بخار آب (WVP یا WVTR) آنها مورد مطالعه قرار گرفته است [96].

4- 2- لفاف‌های با پایه پروتئین

ترکیباتی نظیرکلاژن، ژلاتین، پروتئین‌های آب پنیر (WPr)، کازئین، آلبومین تخم‌مرغ، پروتئین سویا[6]، گلوتن گندم، زئین ذرت[7] و پروتئین پنبه دانه در ساخت لفاف‌های خوراکی کاربرد

1. Polyethylene glycol
2. Low methoxyl pectin
3. Smooth
4. Semipermeability
5. Internal atmosphere

1. Soya protein
2. Corn zein

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

داشته‌اند [97 و 98]. در کل، لفاف‌های پروتئینی در رطوبت نسبی پایین و متوسط از خواص ممانعتی خوبی به لیپیدها، اکسیژن و مواد بودار برخوردارند، اما به دلیل خاصیت آبدوستی و نیز ریخت سازهای جاذب‌الرطوبه[1] که به آنها افزوده می‌شود، مانع خوبی به رطوبت و بخار آب نیستند [97 و99]. از بهترین راههای اصلاح این نقص، افزودن لیپیدها به ساختار لفاف پروتئینی است [100- 106]. راه دیگر ایجاد اتصالات عرضی[2] از طریق فرآیندهای شیمیایی، فیزیکی یا آنزیمی است [100 و 101]. استفاده از امواج فراصوت نیز می‌تواند از اثرات اصلاح‌کننده برخوردار باشد [107 و 108]. به طور کلی، خواص مکانیکی و ممانعتی لفاف‌های پروتئینی رضایت‌بخش‌تر از لفاف‌های پلی ساکاریدی است [109]. ثابت شده است که افزون گوسیپل، فرمالدئید، گلوتاراآلدئید، نمک‌های کلسیم، گلوکونو- دلتا - لاکتون[3]، کربودی ایمید[4]، اسید فرولیک و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به محلول‌های لفاف‌ساز پروتئینی، خواص مکانیکی و ممانعتی به گازها را در این لفاف‌ها بهبود می‌دهد [108 و 110- 115]. در زیر، به مهمترین انواع لفاف‌های پروتئینی اشاره شده است:

4- 2- 1- کلاژن

لفاف‌های کلاژن مانع خوب اکسیژن و رطوبت در رطوبت نسبی کم هستند، از این رو به ویژه در محصولات گوشتی و گوشت یخ زده کاربرد دارند. علت آن است که از پدیده‌های نامطلوب اکسایش لیپید و چکیدن جلوگیری می‌کنند. به علاوه این لفاف‌ها استحکام مکانیکی را در محصولات گوشتی نظیر سوسیس افزایش می‌دهند [5 , 116]. باید توجه داشت که نفوذپذیری لفاف کلاژن به اکسیژن با افزایش رطوبت نسبی به سرعت افزایش می‌یابد [5]، بنابراین شرایط نگهداری محیط از این نقطه نظر در کارآیی لفاف یاد شده تعیین‌کننده هستند. کلاژن پس از استخراج از بافت و تبدیل شدن به کلاژن محلول[5]، تمامیت و استحکام ساختار نخستین خود را از دست می‌دهد. به منظور مقاوم‌تر کردن بافت آن می‌توان از عوامل اتصال عرضی دهنده[6] استفاده کرد [3]. از جمله این عوامل می‌توان به انواع آلدئیدها همچون گلوتارآلدئید، فرمالدئید و گلی‌اکسال اشاره کرد [117 و118].

4- 2- 2- ژلاتین

ژلاتین، پروتئین مشتق شده[7] از کلاژن است که از آبکافت پاره‌ای[8] آن پدید می‌آید و طی سرد کردن تشکیل ژل می‌دهد[6]. ماهیتی آبدوست دارد و مقاومت ژل آن اساساً به غلظت وابسته است [6 و 119]. ژل ژلاتین بر خلاف ژلان، نرم، انعطاف‌پذیر و کشسان است [120]. ژلان و ژلاتین در نسبت‌های خاص و محیط نمکی مناسب، در تشکیل ژل اثر هم‌افزایی دارند [121]. در قرن نوزدهم، پوشش‌های ژلاتینی به منظور افزایش ماندگاری گوشت به کار برده شدند [26]. لفاف‌های ژلاتین دارای خواص ممانعت به اکسیژن، حامل پاداکسنده‌ها و ممانعت به روغن سرخ کردن[9] هستند. ممانعت خوب آنها به اکسیژن سبب می‌شود که به عنوان عوامل ضداکسایش لیپید (برای مثال در گوشت) و به تعویق اندازندهٔ رشد کپک‌ها[10] مطرح باشند [5 و 97]. خواص ممانعت به رطوبت لفاف‌های ژلاتین در مقایسه با کلاژن مطلوب نیست. خواص مکانیکی لفاف ژلاتین را می‌توان با افزودن کلسیم، اسید لاکتیک یا اسید تانیک[11] بهبود داد. اصلاح خواص ممانعتی آن نیز از طریق ایجاد اتصالات عرضی میسر است. همانگونه که پیشتر اشاره شد، در این ارتباط می‌توان از انواع آلدئیدها استفاده کرد [5 و122]. سطح طیور پیش از انجماد با این لفاف پوشش داده می‌شود و معمولاً اضافه کردن پاداکسیدان نیز معمول است [5].

4- 2- 3- گلوتن گندم

گلوتن گندم می‌تواند جایگزینی برای پوشش‌های کلاژن سوسیس باشد. در عین حال لفاف‌های ناشی از آن از کلوخه شدن کشمش و مغزها جلوگیری می‌کنند [5]. خواص لفاف مرکب گلوتن - پروتئین سویا تفکیک‌شده[12] مورد مطالعه قرار گرفته است و اثرات عوامل محیطی مانند دما بر خواص کاری آن تعیین شده است [123]. آزمایش نشان داده است که لفاف گلوتن در جلوگیری از افت رطوبت غذا در سطحی معادل لفاف‌های پروتئین سویا، کیتوزان و پلی وینیل کلراید عمل

3. Hygroscopic
4. Cross-links
5. Glucono-δ-lactone
6. Carbodiimide
7. Soluble collagen
8. Crosslinking agents

9. Derived protein
10. Partial hydrolysis
11. Frying oil barrier
12. Mold retardant
13. Tanic acid
1. Soy protein isolate (SPI)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

می‌کند. در عین حال مشابه لفاف‌های پروتئین سویا و کیتوزان، در کنترل اکسایش لیپیدها چندان ثمربخش نیست [1].

4- 2- 4- زئین ذرت

زئین ذرت و به طور کلی جزء پرولامینی پروتئین‌های ذرت برای لایه‌پوشی سایر لفاف‌ها مناسب است، از این رو که این ترکیب در میان لفاف‌های با پایه پروتئین، لفافی با مقاومت کششی (TS) بالا و تراوایی به بخار آب پایین ایجاد می‌کند و همچنین از خاصیت دوخت گرمایی[1] مطلوب برخوردار است [124]. افزون بر این، زئین ذرت می‌تواند به عنوان اتصال‌دهنده[2] اسیدهای چرب عمل‌کند، زیرا هر دو، محلول در چربی هستند. لفاف‌های ساخته شده از زئین ذرت مهاجرت چربی را کاهش می‌دهند [125]. به دلیل شکننده بودن ساختار این لفاف‌ها افزودن ریخت‌سازها همچون گلیسیرین اجتناب‌ناپذیر است [99]. ساختار لفاف‌های ناشی زئین ذرت را نیز می‌توان مشابه سایر ترکیبات پروتئینی با استفاده از اتصالات عرضی بهینه‌سازی کرد [126]. این لفاف‌ها بستر مناسبی برای حمل ویتامین‌ها و مواد پادمیکروبی هستند [5]. پوشش دادن لفاف زئین ـ توکوفرول بر مایه گوشت خوک پیش پخته منجمد اثراتی مشابه پوشش‌دهی آلژینات بر همین محصول را نتیجه داد. لفاف زئین ـ هیدروکسی آنیزول بوتیله شده (BHA)[3] برای تکه‌های گوشت سینه ترک پیش‌ـ پخته[4] به کار برده شده است و مقایسه آن با لفاف پلاستیکی پلی وینیلیدین کلراید (PVdC) روشن ساخته است که لفاف نخست در جلوگیری از اکسایش لیپید نقش مؤثرتری دارد [127]. خواص لفاف‌های زئین/ منوگلسیرید استیله شده [128] و زئین/ پودر آب پنیر ـ کازئینات سدیم [124] نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در مورد اخیر، لفاف متشکل از پروتئین‌های کازئین و آب پنیر از خواص مکانیکی و ممانعتی نسبتاً ضعیفی برخوردار بود، اما پس از لایه شدن با زئین، مقاومت کششی آن افزایش و مقدار تراوایی به بخار آب آن کاهش یافت. استفاده از لفاف زئین ذرت در مورد گوجه فرنگی نتایج مطلوب در برداشته است [129].

4- 2- 5- پروتئین‌های میوفیبریلی[5]

این پروتئین‌ها که بیش از 50% وزن عضله را شامل می‌شوند، از آن رو که سنگین و کم محلول در آب هستند، مانع مطلوب عبور رطوبت به شمار می‌آیند و این موضوع در لفاف‌سازی از آنها حایز اهمیت است [130]. خواص ژل شدن پروتئین‌های میوفیبریلی و تشکیل لفاف از آنها تا اندازه ای مورد پژوهش قرار گرفته است و نتایج نسبتا مطلوبی به دست آمده است [131].

4- 2- 6- پروتئین‌های سویا

لفاف‌های ناشی از پروتئین‌های سویا مانع کلوخه شدن کشمش و نمک می‌شوند، به عنوان پوشش‌های سوسیس به کار می‌روند و سبب کاهش جذب چربی طی سرخ کردن غرقابی می‌شوند [5 و 132]. مخلوط پروتئین سویا ـ ژلان و پروتئین سویا تفکیک‌شده ـ گلیسرین به عنوان ریخت‌ساز مورد مصرف دارند [132]. لفاف‌های سویا در نگهداری سبزیجات و گوشت مورد استفاده قرار گرفته‌اند [133]. خواص لفاف پروتئین‌های سویا را می‌توان با روش‌های فیزیکی، شیمیایی و آنزیمی همچون دناتوره کردن با قلیا [7]، واکنش با آلژینات سدیم و پروپیلن گلیکول آلژینات[6]، تیمار کردن[7] آنزیمی با پراکسیداز تربچه[8] [134]، آسیل‌دار کردن[9] با آنهیدرید سوکسینیک و استیک [135]، اتصال‌دهی عرضی با فرمالدئید [135] و عمل‌آوری گرمایی[10] [136] بهبود دارد. تهیه لفاف مخلوط پروتئین سویا و پلاستیک سنتزی نیز مطالعه شده است [135 و 137]. ثابت شده است که تیمار کردن با فرمالدئید، مقاومت کششی لفاف پروتئین سویا را افزایش و حلالیت در آب و مقدار تراوایی به بخار آب آن را کاهش می‌دهد [135]. لفاف پروتئین سویا ـ پروتئین آب پنیر تفکیک شده با پرتوی γ تحت فرآیند قرار گرفته است. نتیجه آن ایجاد لفاف سترون با اتصال عرضی بوده است. این موضوع خواص مکانیکی را به طور قابل ملاحظه تقویت می‌کند و مقدار تراوایی به بخار آب را نیز تا حد قابل توجه کاهش می‌دهد [138]. بر اساس

2. Heat seal property
3. Binder
4. Butylated hydroxyanisole
5. Precooked turkey breast

6. Miofibrillar proteins
7. Propylene glycol alginate
8. Treatment
9. Horseradish
10. Acylation
11. Heat curing

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

آزمایش انجام شده، pH های بالاتر، افزودن نشاسته ذرت، اسید فرولیک و تانین[1]، خواص مکانیکی و خواص ممانعتی به آب (WBP)[2] لفاف پروتئین‌های سویا را بهبود دادند، اما به استثنای نشاسته ذرت، سایر موارد به کاهش هضم‌پذیری این پروتئین‌ها منجر شدند. افزودن پراکسید هیدروژن نه تنها خواص لفاف را بهبود نداد، بلکه از هضم‌پذیری پروتئین‌های آن هم کاست [19]. با استفاده از فرایند فشار بالا[3] می‌توان بر آبگریزی تفکیک‌شده پروتئین سویای استیله شده، بیش از پیش افزود [139]. بدین صورت لفافی با خاصیت ممانعتی مطلوب به رطوبت حاصل می‌آید. اعمال فرآیند گرمایی نیز مقدار تراوایی به بخار آب لفاف را کم و مقاومت کششی آن را افزایش می‌دهد [136]. ایجاد اتصالات عرضی از راههای دیگر بهبود بیشتر خواص مکانیکی و ممانعتی این لفاف است [140]. گزارش شده است که پروتئین سویا تفکیک شده (SPI) و به ویژه پروتئین سویا تفکیک شده / پروتئین آب پنیر تفکیک شده (WPI/SPI[4]) از مناسبترین پوشش‌ها برای کاهش جذب روغن[5] به فرآورده‌های غذایی طی سرخ کردن هستند [34] .

4- 2- 7- پروتئین‌های شیر

گرما دادن پروتئین‌های شیر از آن رو که از طریق واکنشهای تعویض تیول ـ دی‌سولفید[6] و اکسایش تیول[7] به ایجاد اتصالات عرضی منجر می‌شود، تولید لفاف را در پی دارد. ایجاد این اتصالات در دماهای معمولی مستلزم به‌کارگیری آنزیم‌ها و کاتالیست‌ها است [141]. خواص کاری پروتئین‌های شیر توسط پژوهشگران گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است [142- 146]. مک‌هوف و کروچتا[8] در 1994 خواص لفاف‌های خوراکی با پایه پروتئین‌های شیر را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که امکان استفاده از شیر خشک بی‌چربی (NFDM)[9] برای تولید لفاف، به دلیل اثر بازداری ناشی از تبلور لاکتوز منتفی است [146]. انواع لفاف‌های کازئینی، لفاف کازئینات کلسیم، سدیم، منیزیم و پتاسیم [147]، لفاف کازئین میسلی و لفاف کازئین رنتی [147] را شامل می‌شوند. آنچه کازئین‌های رسوبی با اسید لاکتیک و رنت[10] را برای ساخت لفاف مناسب می‌سازد، طبیعت مارپیچ تصادفی در کازئین و توانایی تشکیل اتصالات هیدروژنی و پیوندهای یونی است. همچنین قابلیت امولسیون‌سازی آنها، این پروتئین‌ها را از توانایی مطلوب در ساخت لفاف‌های امولسیون برخوردار کرده است [46 و 148]. افزودن سوربیتول به لفاف های کازئینی نسبت به گلیسرول خواص ممانعتی بهتری را در برابر رطوبت و اکسیژن سبب می شود [148]. آزمایشاتی نیز در ارتباط با اثر pH و افزودن لیپیدها بر خواص مکانیکی و ممانعتی لفاف‌های با پایه کازئین [149] و همچنین در مورد اثر اتصالات عرضی ایجاد شده در ساختار لفاف‌های کازئینی در اثر استفاده از آنزیم گلوتامیناز بر خواص کاری این لفاف‌ها صورت گرفته است [150 و 151]. گزارش شده است که لفاف کازئین ـ لیپیداستر از خواص ممانعتی مطلوب نسبت به رطوبت برخوردار است [5]. لفاف کازئین/موم نیز خواص ممانعتی مطلوبی دارد [46]. لفاف‌های مخلوط کازئین ـ پروتئین آب پنیر از خواص مکانیکی و ممانعتی ضعیف برخوردار بودند، اما پوشش دادن لایه‌ای دیگر بر آنها (مانند زئین ذرت) به افزایش مقاومت کششی و کاهش تراوایی به بخار آب انجامید، هر چند از قابلیت کشش لفاف کاسته شد. افزودن اسید استئاریک تا 10g در 100g لفاف باعث کاهش مقاومت کششی و تراوایی به بخار آب لفاف یاد شده گردید اما بیش از آن مقدار، اثر متفاوتی نسبت به قبل دربر نداشت [124]. پوشش دادن لفاف کازئین/ لیپید بر سطح کدو[11] به کاهش سرعت خشک شدن آن منجر شده است [123]. گیلبرت[12] در 1988، انتشار اسید سوربیک (به عنوان نگهدارنده) از لفاف کازئینی به توده محصول را در یک مدل آبی (به عنوان محصول) با a_w=0/95 مورد پژوهش قرار داده است. لفاف کازئین در مقایسه با لفاف ژلاتین (که در مدت 10 روز، 30% حفظ[13] ماده یاد شده را نتیجه داد)، 30% حفظ اسید سوربیک را پس از 35 روز در 25°C سبب شد [152]. تیمار کردن لفاف کازئینات کلسیم/WPI با پرتودهی γ

1. Tannin
2. Water barrier property
3. High pressure
4. Whey protein isolate
5. Fat uptake
6. Thiol-disulfide interchanges
7. Thiol oxidation reaction
8. McHugh and Krochta
9. Nonfat-dried milk
10. Lactic acid/rennet precipitated caseins
11. Zucchini
12. Guilbert
13. Retention

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

به ایجاد لفاف‌های با اتصال عرضی سترون منجر می‌شود. این موضوع خواص مکانیکی لفاف نظیر مقاومت به پاره شدن را به طور قابل ملاحظه افزایش و تراوایی به بخار آب را کاهش می‌دهد [138]. بنرجی و چن[1] در 1995 دریافتند که فرآیندهای ریزفلوییدی کردن[2] و فراهمگن‌سازی[3] از طریق کاهش ابعاد ذرات[4] و افزایش اتصالات جانبی مولکولی[5]، خواص مکانیکی و ممانعت به آب لفاف‌های ناشی از پروتئین‌های شیر را بهبود می‌دهند [142]. همچنین دانسته شده است که فرآیند همگن‌سازی با فراصوت[6] به ایجاد پراکنش‌های یکنواخت[7] منجر می‌شود و مقاومت کششی و مقاومت به سوراخ شدن لفاف را افزایش می دهد [153].

از مزایای پروتئین‌های آب پنیر (WPr) در تولید لفاف‌های خوراکی، فراوانی (فرآورده جانبی پنیرسازی) و نیز خواص کاری ویژه آنها است [154]. در عین حال از خواص تغذیه‌ای ارزشمند نیز برخوردارند [155 و 156]. تهیه لفاف‌های پروتئینی با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز (به عنوان عامل ایجادکننده اتصالات جانبی) و نیز به کمک گرما دادن محلول لفاف‌ساز انجام شده است [150]. استفاده از محلول‌های تفکیک شده پروتئین‌های آب پنیر (WPI)[8] در تهیه لفاف فاقد توجیه اقتصادی است؛ از این رو کوشش بر آن بوده است که این لفاف‌ها از تغلیظ شدهٔ پروتئین‌های آب پنیر (WPC)[9] تهیه شوند [153]. قابلیت لفاف‌سازی پودر آب پنیر (WP)[10] به دلیل داشتن مقدار بالای لاکتوز (60W/W%) پایین است [124].

لفاف‌های پروتئین‌های آب پنیر به عنوان کاهش‌دهندهٔ چسبندگی سطحی کشمش، حامل پاداکسنده‌ها (برای مثال در ماهی منجمد)، مانع خوب به اکسیژن و عامل جلوگیری‌کننده از اکسایش لیپیدها به کار برده شده‌اند [5]. لفاف پروتئین آب پنیر ـ منوگلیسرید مانع مطلوب رطوبت در مورد غلات صبحانه[11] است. در عین حال لفاف‌پوشی آنها برفرآورده‌های خشک شدهٔ انجمادی[12] نتایج مطلوب در برداشته است [5]. به طور کلی خاصیت ممانعت کنندگی پروتئین های آب پنیر نسبت به نفوذپذیری اکسیژن، روغن و ترکیبات فرار بودار در رطوبت نسبی های کم تا متوسط مطلوب است؛ از این رو بیشتر در غذاهای با رطوبت اندک به کار برده می‌شوند. به دلیل ممانعت خوب در برابر نفوذ مواد چرب، استفاده از آنها به عنوان لایه جداکننده بخش روغنی از سایر بخش‌ها در غذاهای چندجزئی (چندبخشی)[13] غنی از روغن[14] معمول است [5]. این لفاف‌ها به عنوان پوشش‌های تقویت‌کننده ساختار[15]، بر روی فرآورده‌های پودرشونده[16] پوشش داده می‌شوند و به حفظ تمامیت بافت آنها کمک می‌کنند. گزارش شده است که لفاف WPI و به ویژه لفاف مرکب آن با تفکیک شده پروتئین سویا (SPI/WPI) ، در ارتباط با جلوگیری از جذب روغن به فرآورده طی فرآیند سرخ کردن، بسیار ثمربخش هستند [34]. پوشش دادن ماهی آزاد رویال منجمد[17] با لفاف پروتئین آب پنیر ـ لیپید، از دست رفتن آب در آن را طی سه هفته نگهداری در 23°C ـ به میزان 65ـ42% کاهش داد [9]. افزودن لیپید به ساختار لفاف WPI به دلیل خاصیت نرم کنندگی لیپیدها سبب کاهش خاصیت شکنندگی آن شد (2). بر اساس پژوهش انجام شده، در لفاف WP/WPI ـ لیپید نسبت به لفاف WPI، شاخص تراوایی به بخار آب به میزان 70 برابر کوچکتر بود. جزئیات انتشار سوربات پتاسیم در لفاف‌های پروتئین آب پنیر مورد مطالعه قرار گرفته است [22]. مکانیسم اصلی انتشار، غیرفیکی[18] عنوان شده و گزارش شده است که این پدیده از قانون دوم فیک، یعنی انتشار تابع زمان[19]، پیروی می‌کند. دانسته شده است که ضریب انتشار (نفوذ مولکولی)[20] در لفاف‌های پروتئین‌های آب پنیر ده برابر بیشتر از لفاف‌های گلوتن گندم و پلی اتیلن با وزن مولکولی پایین (LDPE) است [22] . به طور کلی، لفاف‌های ناشی از پروتئین های آب پنیر به سبب دارا بودن قابلیت سریع آزاد کردن سوربات می‌توانند به عنوان لفاف‌های خوراکی فعال در آزادسازی نگهدارنده‌ها[21] به کار برده شوند [22]. در لفاف WPI، افزایش غلظت گلیسرول و سوربیتول به افزایش انعطاف‌پذیری لفاف انجامید اما از میزان

1. Benerjee and Chen
2. Microfluidization
3. Ultrahomogenization
4. Particle size
5. Molecular crosslinks
6. Ultrasound homogenization
7. Uniform dispersions
8. Whey protein isolate
9. Whey protein concentrate
10. Whey powder
11. Breakfast cereal
12. Freeze dried
13. Heterogeneous foods
14. oil-rich
15. Structure enhancing agents
16. Friable products
17. Frozen king Salmon
18. Non-Fickian
19. Time-dependent diffusion
20. Diffusion coefficient
21. Active-edible preservative

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

استحکام آن کاسته شد. ایراد افزون ریخت‌سازهای یاد شده به ساختار لفاف‌های WPr، افزایش شاخص تراوایی به بخار آب در آنها است [146 و 157]. از راههای بهبود این نقص افزودن لیپیدها است. به طور کلی به کار بردن لیپیدهای با نقطه ذوب پایین[1] افزودن بر اصلاح شاخص یاد شده، خواص دهانی لفاف‌های پروتئینی را نیز بهبود می‌بخشند [158]. ثابت شده است که افزودن سوربیتول سبب کاهش پایداری گرمایی لفاف‌های WPr می شود [159]. نتایج آزمایشات آشکار ساخته‌اند که روش خشک کردن محلول‌های لفاف‌ساز برخواص مکانیکی لفاف نهایی مؤثر است [154].

4- 2- 8- پروتئین بادام‌زمینی[2]

پروتئین بادام زمینی و نیز نوع اصلاح شدهٔ آن را در تولید لفاف‌های خوراکی به کار برده‌اند. اصلاح کردن آن از طریق دناتوره کردن گرمایی و مجاورت با پرتوی فرابنفش، امواج فراصوت و افزودن مواد شیمیایی (نظیر فرمالدئید و گلوتارآلدئید) امکان‌پذیر است [4]. افزودن مواد شیمیایی یاد شده باعث افزایش قابل توجه مقاومت کششی شد. با افزودن فرمالدئید و اعمال فرآیند گرمایی از تراوایی به بخار آب و تراوایی به اکسیزن کاسته شد [4]. درصد بالای پروتئین در بادام‌زمینی سبب شده است که این دانه به عنوان ماده لفاف‌ساز مورد توجه قرار گیرد و پژوهش‌های گوناگون در مورد آن انجام شود[4 و 160]. ایراد استفاده از این پروتئین در لفاف‌سازی گران بودن آن است [4].

4- 2- 9- پروتئین پنبه‌دانه[3]

امکان لفاف‌سازی از پروتئین پنبه دانه نیز مورد پژوهش قرار گرفته است [161و162]. با این حال هنوز پژوهش‌های گسترده و کاربردی در این ارتباط انجام نشده است.

4- 3- لفاف‌های با پایه لیپید

اضافه کردن لیپید به ترکیبات هیدروکلوئیدی (به صورت مخلوط یا لایه)، بهبود خواص ممانعتی آنها را نسبت به رطوبت در پی دارد. علت آن است که لیپیدها ترکیباتی آبگریز هستند. در چنین لفاف‌های مرکبی، پلی‌ساکاریدها یا پروتئین‌ها (یا هر دو) نقش‌های استحکامی و ممانعت به اکسیژن و لیپید نقش ممانعت در برابر نفوذ به رطوبت و بخار آب و همچنین نرم کردن بافت را بر عهده دارند. از همین رو انواع گوناگون لفاف‌های با پایه هیدروکلوئید (پلی ساکارید یا پروتئین) به همراه لیپید تولید شده‌اند و مورد استفاده قرار گرفته‌اند [35، 163 و 164]. ثابت شده است که افزودن ترکیبات غیرقطبی و ریخت‌سازها بهبود خواص مکانیکی لفاف‌های پلی‌ساکاریدی و پروتئینی را در پی دارد [165,168]. لازم به توضیح است که در لفاف‌های امولسیون چربی، چگونگی توزیع ذرات چربی، بر تراوایی رطوبت از خلال لفاف اثر دارد. آزمایشات نشان داده‌اند که هر چه گویچه‌های چربی کوچکتر بوده و همچنین میزان همگن شدن (هموژن شدن) و در نتیجه یکنواخت توزیع شدن آنها بیشتر باشد، از میزان تراوایی لفاف به رطوبت کاسته می‌شود [163، 171-169]. افزون بر نقش کمکی لیپیدها در لفاف‌های با پایه هیدروکلوئیدی، این ترکیبات قادر به ایجاد لفاف‌های لیپیدی نیز هستند. مهمترین ترکیبات مورد استفاده در این ارتباط منوگلیسریدهای استیله شده[4]، استرهای متیل اسیدهای چرب لوریک، پالمیتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک، ترکیبات روغن‌های نخل، هسته نخل، آفتابگردان، گلرنگ، نارگیل و خوک، لسیتین، موم‌های طبیعی و ترکیبات فعال سطح[5] را شامل می‌شوند [5، 35 و 163]. گلیسرول مناواستئارات استیله شده برای جلوگیری از دست دادن آب در گوشت و گوشت طیور کاربرد دارد [5].

منوگلیسریدهای استیله شده به همراه مواد فعال سطح به منظور جلوگیری از فرسایش سطحی میوه‌ها و سبزی‌ها طی جابجایی و انبارداری به کار برده شده‌اند [120]. موم‌ها بهترین ممانعت‌کنندگان در برابر رطوبت و بخار آب هستند. در این میان نیز بهترین موم خوراکی، موم زنبور عسل دانسته شده است. این موم از نظر خاصیت ممانعت در برابر رطوبت به پارافین و هیدروکربن‌های اشباع بلند زنجیر شبیه است. ثابت شده است که نفوذپذیری لفاف ناشی از موم عسل به رطوبت 10 برابر کمتر از لفاف منوگلیسرید استیله شده و 200ـ100 برابر کمتر از لفاف‌های هیدروکلوئیدی نظیر کازئین و پکتین است [5]. افزون بر موم پارافینی (غیرخوراکی) و موم زنبورعسل، موم‌های کارنوبا، کاندلیلا و سبوس برنج از جمله موم‌های به کار برده شده در لفاف‌سازی مواد غذایی به شمار می‌آیند [5]. با توجه به طبیعت، به سهولت می‌توان دریافت که لفاف‌پوشی با موم به طور طبیعی در سطح میوه‌ها، سبزیها و حتی برگ درختان به منظور جلوگیری از نفوذ اجسام خارجی

1. Low melting point lipids
2. Peanut
3. Cottonseed

4. Acetylated monoglycerides (AMG)
5. Surface active agents

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

صورت گرفته است. در قرون 13 و 14، چینی‌ها سطوح میوه‌ها را به منظور افزایش ماندگاری با موم پوشش می‌دادند، هر چند تبادل ناکافی گازهای تنفسی مشکل تخمیر را در آنها نتیجه می‌داد. در دهه 1930، پوشش‌های پارافینی برای پوشش‌دهی مرکبات و سبزیجات مرسوم گردید [120]. ترکیبات فعال سطح مقاومت بسیار بالایی نسبت به عبور گاز دی‌اکسیدکربن از خود نشان می‌دهند [5]. در تولید لفاف‌های لیپیدی خوراکی باید به موضوع نقطه ذوب این ترکیبات از دیدگاه ذوب‌پذیری آنها در دهان توجه شود. در این ارتباط، نقطه ذوب بهینه حدود 35°C توصیه شده است [35].

4- 4- افزودنی‌ها[1]

علاوه بر اجزای اصلی لفاف‌سازی (پلی ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدهای لفاف‌ساز)، در اغلب مواردا‌ستفاده از ریخت‌سازها و در برخی موارد، بسته به کاربرد مورد انتظار از لفاف، به کارگیری عوامل اتصال‌دهنده عرضی، پاداکسنده‌ها، پادمیکروب‌ها، رنگ‌ها و نظایر اینها اجتناب‌ناپذیر است. ریخت‌سازها نیروهای بین مولکولی و در نتیجه سیالیت زنجیرهای زیست ـ پلیمری را کاهش می‌دهند. این موضوع، در صورتی که ترکیبات یاد شده به مقدار بهینه افزوده شوند، خاصیت شکنندگی لفافها را از بین برده (افزایش انعطاف‌پذیری لفاف) و بر نرمی بافت می‌افزایند [165، 171 و 172]. با این وجود، ریخت‌سازها عبور گازها، بخار آب و مواد جامد محلول را از خلال لفاف تسهیل می‌کنند [165]. این موضوع تضعیف خواص ممانعتی لفاف‌ها را سبب می‌شود. پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) متداولترین ریخت‌ساز مورد استفاده در لفاف‌های خوراکی است. در آب به خوبی محلول بوده اما نسبت به اتیلن گلیکول و گلیسرین از قطبیت کمتری برخوردار است. مشخص شده است که وزن مولکولی این ترکیب نقش مهمی در تعیین خواص تراوایی لفاف به بخار آب دارد [42]. غلظت بالای ریخت‌سازها به از دست رفتن خواص مکانیکی و ممانعتی لفاف‌ها منجر می‌شود [123 و 173]. به علاوه، مصرف بالای آنها در لفاف از آن رو که گران هستند و نیز ممکن است بدطعمی[2] ایجاد کنند توصیه نمی‌شود [123]. آب موجود در لفاف‌ها نیز به عنوان ریخت‌ساز عمل می‌کند. این خاصیت سبب می‌شود که کاهش درصد رطوبت لفاف، افزایش شکنندگی آن را در پی داشته باشد [123].گلوتارالدئید مرسوم‌ترین عامل اتصال‌دهندهٔ عرضی[3] است که برای استحکام بخشیدن به ساختار لفاف‌های پروتئینی و پلی‌ساکاریدی به کار می‌رود. پیوندهای عرضی میان گروه آلدئید از این ترکیب و گروههای باردار زیست ـ پلیمرها همانند آمین در پروتئین‌ها ایجاد می‌شود [174]. با این حال استفاده از این ترکیب و سایر ترکیبات آلدئیدی به منظور یاد شده در تولید لفاف باید با احتیاط صورت گیرد، زیرا احتمال سمیت در غلظت‌های بالا وجود دارد [50].

1. Additives
2. Off flavor
3. Crosslinking agent

5- منابع

[1] Wu, Y., Rhim, J. W., Weller, C. L., Hamouz, F., Cuppett, S. and Schnepf, M. 2000. Moisture loss and lipid oxidation for precooked beef patties stored in edible coatings and films. Journal of Food Science, 65: 300-304.

[2] Ouattara, B., Simard, R. E., Piette, G., Begin, A. and Holley, R. A. 2000. Diffusion of acetic and propionic acids form chitosan-based antimicrobial packaging films. Journal of Food Science, 65: 768-773.

[3] Figueiro, S. D. Goes, J. C., Moreira, R. A. and Sombra, A. S. B. 2004. On the physico-chemical and dielectric properties of glutaraldehyde crosslinked galactomannam-collagen films. Carbohydrate Polymers, 56: 313-320.

[4] Liu, C. C., Tellez – Garay, A. M. and Castell-Perez, M. E. 2004. Physical and mechanical properties of peanut protein films. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 37: 731-738.

[5] Kester, J. J. and Fennema, O. 1976. Edible films and coatings: A review. Journal of Food Science, 40: 47-59.

[6] Lee, K. Y. Shim, J. and Lee, H. G. 2003. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. Carbohydrate Polymers, 56: 251-254.

[7] Brandenburg, A. H., Weller, C. L. and Testin, R. F. 1993. Edible films and coatings form soy protein. Journal of Food Science, 58: 1086-1089.

[8] Wanstedt, K. G., Seideman, S. C., Donnelly, I. S. and Quenzer, N. M. 1981. Sensory attributes of precooked, calcium

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[20] Siragusa, G. R. and Dickson, J. S. 1992. Inhibition of Listeria monocytogenes on beef tissue by application of organic acids immobilized in a calcium alginate gel. Journal of Food Science, 57: 293-296.
[21] Siragusa, G. R. and Dickson, J. S. 1993. Inhibition of Listeria monocytogenes, salmonella typhimurium tissue by lactic or acetic acid contained in calcium alginate gels. Journal of Food Safty, 13: 147-158.
[22] Ozdemir, M. and Floros, J. D. 2000. Analysis and modeling of potassium sorbate diffusion through edible whey protein films. Journal of Food Engineering, 47: 149-135.
[23] Xu, S., Xu, L. D. and Chen, X. 2003. Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process. Computers and Operations Research, 30: 877-886.
[24] Ayranci, E. and Tunc, S. 2002. A method for the measurement of the Oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. Food Chemistry, 80: 423-431.
[25] Holownia, K. I., Erickson., M. C., Chinnan, M. S. and Eitenmiller, R. R. 2000. Tocopherol losses in peanut oil during pressure frying of marinated ckicken strips coated with edible films. Food Research International, 34: 77-80.
[26] Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid Application: Gum technology in the food and other industries, Chapman & Hall, UK, 1-340.
[27] Biquet, B. and Labuza, T. P. 1988. Evaluation of chocolate films as an edible moisture barrier, Journal of Food Science, 53: 989-998.
[28] Greener, I. K. and Fennema, O. 1989. Evaluation of Edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. Journal of Food Science, 54: 1400-1406.
[29] Kamper, S. L. and Fennema, O. 1985. Use of edible film to maintain water vapor gradients in foods. Journal of Food Science, 50: 382-384.
[30] Tims, M. J. and Watts, B. M. 1958. Protection of cooked meats with phosphates. Food Technology, 12: 240-243.
[31] Love, J. D. 1988. Sensory analysis of warmed-over flavor in meat. Food Technology, 42: 140-143.
[32] Balasubramaniam, V, M., Chinnan, M. S., Mallikarjuran, P. and Phillips, R. D. 1997. The effect of edible film on oil uptake and alginate – coated park patties. Journal of Food Protection, 44: 732-735.
[9] Stuchell, Y. M. and Krochta, J. M. 1995. Edible coating on frozen ding salmon: Effect of whey protein isolate and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. Journal of Food Science, 60: 28-31.
[10] Hwang, K. T., Rhim, J. W. and Park, I. J. 1997. Effects of k-carrageenan-based film packaging on moisture loss and lipid oxidation of mackerel mince. Korean Journal of Food Science and Technology, 29: 390-393.
[11] Allen, I, Nelson, A. L., Steinberg, M. P. and McGill, J. N. 1963. Edible corn-carbohydrate food coating II. Evaluation on fresh meat porducts. Food Technology, 17: 1442-1446.
[12] Gennadios, A., Hanna, M. A. and Kurth, L. B. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 30: 337-350.
[13] Williams, S. K., Oblinger, J. L. and West, R. L. 1978. Evaluation of a calcium alginate film for use on beef cuts. Journal of Food Science, 43: 292-296.
[14] Lazarus, C. R., West, R. L., Oblinger, J. L. and Palmer, A. Z. 1976. Evaluation of a calcium alginate coating and a protective plastic wrapping for the control of carcass shrinkage. Journal of Food Science, 41: 639-641.
[15] Meyer, R. C., Winter, A. R. and Weiser, I. I. 1959. Edible protective coatings for extending the shelf life of poultry. Food Technology, 13: 146-148.
[16] Rice, J. 1994. What's new in edible films? Food Processing, 55: 61-62.
[17] Debeaufort, F., Quezado – Gallo, J.A. and Voilley, A. 1998. Edible films and coatings tomorrow's packgings: A review. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 38: 299-313.
[18] Foulk, J. A. and Bunn, J. M. 2000. Properties of compression-molded acetylated soy protein films. Industrial Crops and Products, 14: 11-22.
[19] Ou, S., Kwok, K. C. and Kang, Y. 2003. Changes in vitro digestibility and available lysine of soy protein isolate after formation of film. Journal of Food Engineering, 64: 301-305.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[44] Wu, Q. X. and Zhang, L. N. 2001. Structure and properties of casting films blended with starch and waterborne polyurethane. Jouranl of Applied Polymer Science, 79: 2006-2013.
[45] Jagannath, J. I. J., Nanjappa, C., Das Gupta, D. K. and Bawa, A. S. 2003. Mechanical and barrier properties of edible starch-protein-based films. Journal of Applied Polymer Science, 88: 64-71.
[46] Ukai, N., Ishibashi, S., Tsutsumi, T. and Marakami, K. 1975. Preservation of agricultural products. US Patent, No. 3, 997, 674, December 14.
[47] Pfeifer, V. F., Sohns, V. E., Conway, H. F., Lancaster, E. B., Dabic, S. and Griffin, E. L. 1960. Two-stage process for dialdehyde starch using electrolytic regeneration of periodic acid. Industrial and Engineering Chemistry Research, 52: 201-206.
[48] Nayudamma, Y., Joseph, K. T. and Bose, S. M. (1961). Studies on the interaction. Chemistry Association Journal, 56, 548-567.
[49] Weakley, F. B., Mehltretter, C. L. and Rist, C. E. 1961. Irreversible insolubilization of casein by dealdehyde starch. Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 44: 456-459.
[50] Ernst, A. J., Carr, M. E., Weakley, F. B., Iofreiter, B. T. and Methltretter, C. L. 1962. Dialdehyde starch casein paper coating adhesives for improved wet-rub resistance. Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 45: 646-650.
[51] Chatterji, A. K. and Arnold, L. K. 1965. Crosslinking of dialdehyde starches with wheat porteins. Journal of Polymer Science, 3: 3857-3864.
[52] Spence, K. E., Jane, J. L. and Pometto, A. L. 1995. Dialdehyde starch and zien plastic. Journal of Environmental Polymer Degradation, 3: 69-74.
[53] Wilson, R. I. I. 1959. Utilization and toxicity of dialdeyde-and dicarboxyl-starches. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 102: 735-737.
[54] Engelhardt, J. 1995. Sources, industrial drivatives and applications of cellulose. Carbohydrate of European, 19: 5-14.
[55] Ayranci, E. and Tunc, S. 1997. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. Z Lebensm Unters Forsch A, 205: 470-473.
[56] Rico-Pena, D. C. and Torres, J. A. 1990. Edible methylcellulose-based films as moisture retention of a deep fat fried poultry product. Journal of Food Processing and Engineering, 20: 17-29.
[33] Lieberman, E. R. and Gilbert, S. G. 1973. Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plastisizer content. Journal of Polymer Science, 41: 33-43.
[34] Albert, S. and Mittal, G. S. 2001. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. Food Research International, 35: 445-458.
[35] Anker, M., Berntsen, J., Hermansson, A. M. and Stading, M. 2001. Improved water vapor barrier of whey protein film, by addition of an acetylated monoglyceride. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3: 81-92.
[36] Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protecting films. Food Packaging and Preservation. Elsevier Applied Science Publishers, USA, 371-394.
[37] Mariniello, L., Di Pierro, P., Esposito, C., Sorrention, A., Masi, P. and Porta, R. 2003. Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. Journal of Biotechnology, 102: 191-198.
[38]. Koelsch, C. 1994. Edible water vapor barriers. Trends in Food Science and Technology, 5: 76-81.
[39] Kroctha, J. M. and deMulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. Food Technology, 51: 60-74.
[40]. McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994. Milk protein based edible films and coatings. Food Technology, 97: 97-103.
[41] Quezada – Gallo, J. A. Debeaufort, F., Callegarin, F. and Voilley, A. 2000. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsion-based edible films. Journal of Membrane science, 180: 37-40.
[42] Aydinli, M. and Tutas, M. 2000. Water sorption and water vapor permeability properties of polysaccharide (Locust Bean Gum) based edible films. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 33: 63-67.
[43] Arvanitoyannis, I. and Biliaderis, C. G. 1998. Physical properties of polyol-plasticized edible blends made of methyl cellulose and soluble starch. Carbohydrate Polymers, 38: 47-58.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

moisture impermeable barriers in Sundae ice cream cones. Journal of Food Science, 55, 1468-1469.
[57] Sobral, P. J. A., Menegalli, F. C., Hubinger, M. D. and Roques, M. A. 2001. Mechanical, water vaper barrier and thermal properties of gelatin based edible films. Food Hydrocolloides, 15: 423-432.
[58] Seaborne, J. and Egberg, D. C. 1987. Compositions and methods for preparing an edible film of lower water vapor permeability. U.S. Patent No. 4, 661, 359, April 28.
[59] Donhowe, I. G. and Fennema, O. 1994. Edible films and coatings: characteristics, formation, definition and testing methods: Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Lancaster PA: Technomic Publishing Company, Inc, USA, 1-24.
[60] Dziezak, J. D. 1991. A focus on gums. Food Technology, 45: 116-132.
[61] Sanderson, G. R. 1981. Polysaccharides in foods. Food Technology, 35: 50-57.
[62] Pinthus, E. J., Weinberg, P. and Saguy, I. S. 1993. Criterion for oil uptake during deep fat frying. Journal of Food Science, 58: 204-205.
[63] Kester, J. J. and Fennema, O. R. 1986. Evaluation of an edible, heat-sensitive cellulose ether-lipid film as a barrier to moisture transmission. Presented at 45th annual meeting, Inst. of Food Technologists, Dallas, T. X., June 15-18.
[64] Kester, J. J. and Fennema, O. 1989. An edible films of lipids and cellulose ethers. Journal of Food Science, 54: 1391-1392.
[65] Psomiadou, E., Arvanitoyamis, I. and Yamamoto, N. 1996. Edible films made from natural resources. Carbohydrate Polymer, 31: 193-204.
[66] Kamper, S. L. and Fennema, O. R. 1984. Water vapor permeability of an edible fatty acid, bilayer film. Journal of Food Science, 49: 1482-1488.
[67] Kester, J. J. and Fennema, O. 1989. An edible film of lipids and cellulose ethers: performance in a model frozen-food system. Journal of Food Science, 54: 1390-1392.
[68] Kester, J. J. and Fennema, O. 1989. An edible film of lipids and cellulose ethers: barrier porperties to moisture vapor transmission and structural evaluation. Journal of Food Science, 54: 1383-1389.
[69] Chu, C. L. 1986. Post storage application of TAL-prolong on apples for controlled atmosphere storage. Hortscience, 21: 267-272.
[70] Debeaufort, F. and Voilley, A. 1994. Aroma compound and water vapor permeability of edible films and polymeric packagings. Journal of Agricultural Food Chemistry, 42: 2871-2875.
[71] Williams, R. and Mittal, G. S. 1999. Water and fat transfer properties of polysaccharide films on fried pastry mix. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 32: 440-445.
[72] Debeaufort, F., Martin-Polo, M. and Voiley, A. 1993. Homogeneity and structure affect water vapor permeability of model edible films. Journal of Food Science, 58: 426-434.
[73] Arvanitoy annis, I., Psomiadou, E., Nakayama, A., Aiba, S. and Yamamoto, N. 1997. Edible films made from gelatin, soluble starch and polyols. Food chemistry, 60: 593-604.
[74] Scherbukhin, V. D. and Anulov, O. V. 1999. Legume seed galactomanans. Applied Biochemistry and Microbiology, 35: 229-244.
[75] Wang, Q., Ellis, P. R. and Murphy, S. B. 2000. The stability of guar gum in an aqueous system under acidic conditions. Food Hydrocolloids, 14: 129-134.
[76] Piez, K. A. 1989. Polymers: Biomaterial and medical applications. WILLE, Inc, USA, 71-99.
[77] Wanstedt, K. G., Seideman, S. C., Donnelly, I. S. and Quenzer, N. M. 1981. Sensory attributes of precooked, calcium alginate-coated porkm patties. Journal of Food Protection, 44: 732-735.
[78] Ma-Edmonds, M., Hamouz, F., Cuppett, S., Mandigo, R. and Schnepf, M. 1995. Use of rosemary oleoresin and edible film to control warmed-over flavor in precooked beef patties. In: IFT Annual Meeting Book of Abstracts, June, 3-7.
[79] Hargens-Madsen, M., Schnepf, M., Hamouz, F. and Roy, S. 1995. Use of edible films and tocopherols in the control of warmed-over flavor. Journal of the American Dietetic Association, 95: A-41.
[80] Handley, D., Ma-Edmonds, M., Hamouz, F., Cuppett, S. and Schnepf, M. 1996. Controlling oxidation and Warmed-over flavor in precooked pork chops with rosemary oleoresin and edible films: Natural

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[94] Butler, B. L., Vergano, P. J., Testin, R. F., Bunn, J. M. and Wiles, J. L. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. Journal of Food Science, 61: 953-961.
[95] Wong, D. W. S., Gastincau, F. A., Gregorski, K. S. and Pavlath, A. E. 1992. Chitosan-lipid films. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 40: 540-544.
[96] Rhim, J. W., Hwang, K. T., Park, H. J. and Jung, S. T. 1996. Water-vaper transfer characteristics of carrageenan-based edible film. Korean Journal of Food Science and Technology, 28: 545-551.
[97] Krochta, J. M. De Muklder-Johnston, C. D. 1997. Edible and biodegradable polymer films. Food Technology, 51: 61-74.
[98] Torres, J. A. 1994. Edible films and coatings from proteins: protein Functionality in food systems. Marcel Dekker, USA, 467-507.
[99] Gennadios, A., Mellugh, T. I. I., Weller, C. L. and Krochta, J. M. 1994. Edible coatings and films based on proteins: Edible coating and films to Improve food Quality. Technomic Publishing Company, PA, USA, 201-277.
[100] McHugh, T. I. I., and Krochta, J. M. 1994. Water vapor permeability properties of edible whey portein lipid emulsion films. Journal of the American Oil Chemists' Society J. Am. Oil Chem. Soc., 71: 307-312.
[101] Shellhammer, T. I. I., and Krochta, J. M. 1997. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. Journal of Food Science, 62: 390-294.
[102] Avena–Bustillos, R. J. and Krochta, J. M. 1993. Water vapor permeability of caseinate-based edible films as affected by calcium crosslinking and lipid content. Journal of Food Science, 58: 904-907.
[103] Derksen, J. T. P., Cuperus, F. P. and Kolster, P. 1995. Paints and coatings from renewable resources. Industrial Crops and Products, 3: 225-236.
[104] Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J. L. and Guilbert, S. 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids. Journal of Food Science and Technology, 29: 39-50.
[105] Banerjee, R. and Chen, I. I. 1995. Functional properties of edible films using whey protein concentrate. Journal of Dairy Science, 78: 1673-1683.
Antioxidants Chemistry. AOCS Press. USA, 311-318.
[81] Pranoto, Y., Salokhe, M., and Rakshit, S. K. 2004. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. Food Research International, 38:267-272.
[82] Chandrasekaran, R. and Radha, A. 1995. Molecular architectures and functional properties of gellan gum and related polysaccharids. Trends in Food Science and Technology, 6: 143-148.
[83] Sanderson, G. R. and Clark, C. 1983. Gellan gum. Food Technology, 37: 63-70.
[84] Kelco, N. 1995. Oil Barrier System For Food Applications Using Gellan Gum. San Diego, CA: Monsanto. Paper No. RC-186.
[85] Garcia-Ochoa, F. and Casas, J. A. 1992. Viscosity of locust bean gum solutions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 59: 97-100.
[86] Aydinli, M. and Tutas, M. 2000. Water sorption and water vapor permeability properties of polysaccharide (locust bean gum) based edible films. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 33: 63-67.
[87] Choi, S. J. Yong-kim, S., Oh, D. K. and Noh, B. S. 1998. Physical properties of locust bean gum-based edible film. Korean Journal of Food Science and Technology, 30: 363-371.
[88] Hoagland, P. D. and Parris, N. 1996. Chitosan/pectin laminated films. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 44: 1915-1919.
[89] Gerrish, T. C. 1995. The use of pectin as an oil barrier for deep-fat fried products. IFT Annual Meeting, 61-64.
[90] Xu, Y. X., Kim, K. M., Hanna, M. A. and Nag, D. 2004. Chitosan – starch composite film: preparation and characterization. Industrial Crops and Products, 21:185-192
[91] Conca, K. R. and Yang, T. C. S. 1993. Edible food barrier coatings. U.S. Army RD&E center, Vol. 45, 1.
[92] Anker, M. 1996. Edible and biodegradable films and coatings for food packaging literature review. Ski-Report. No. 623: Goteberg, SWEDEN.
[93] Niperos-Carriedo, M. O. 1994. Edible coatings and films based on polysaccharides: Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Publishing company, Inc, USA, 305-335.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[106] Gontard, N., Marchesseau, S., Cuq, J. L. and Guilbert, S. 1995. Water vapor permeability of edible bilayer films of wheat gluten and lipids. Indian Journal of Food Science and Technology, 30: 49-56.
[107] Banerjee, R., Chen, H. and Wu, J. 1996. Milk protein-based edible film mechanical strength changes due to ultrasound process. Journal of Food Science, 61: 824-828.
[108] Sabato, S. F., Ouattara, B., Yu, H., D'Aprano, G., Mateescu, M. A. and Laoroix, M. (2000). Mechanical and barrier properties of cross–linked soy and whey protein based films. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 1397-1403.
[109] Guilbert, S. and Graille, J. 1994. Biomatériaux et molécules fonctionnelles. Paper presented at 1st Colloque National sur les Valorisations non Alimentaires des Grandes Porductions Agricoles, Nantes, France, May, 18-19.
[110] Kwok, C. and Ou, S. Y. 2002. Application of ferulic acid in preparation of edible films based on soy protein isolate. Food Science and Technology, 129: 24-26.
[111] Mariniello, L., Di Pierro, P., Esposito, C., Sorrentino, A. and Porta, R. 2003. Preparation and medical properties of edible pectin-/soy flour films. Journal of Biotechnology, 102: 191-198.
[112] Marquie, C., Aymard, C., Cuq, J. L. and Guilbert S. 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 2763-2767.
[113] Morel, M. H., Bonicel, J., Micard, V. and Guilbert, S. 2000. Protein insolubilization and thiol oxidation in sulfide-treated wheat gluten films during aging at temperature and humidities. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 186-190.
[114] Prak, S. K., Rhee, C. O., Bae, D. H. and Hettiarachehy, N. S. 2001. Mechanical properties and water vapor permeability of soy protein films affected by calcium salts and glucono-δ-lactone. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 2308-2312.
[115] Takahashi, K., Nakata, Y., Someya, K. and Hattori, M. 1999. Improvement of the physical porperties of pepsin-solubilized elastin-collagen film by crosslinking. Bioscience, Biotechnology, Biochemistry, 63: 2144-2149.
[116] Farouk, M. M., Price, J. F. and Salih, A. M. 1990. Effect of an edible collagen film overwrap on exudation and lipid oxidation in beef round steak. Journal of Food Science, 55: 1510-1512.
[117] Lieberman, E. R. and Gilbert, S. G. 1973. Gas permeation of collagen films as affected by crosslinking, moisture and plasticizer content. Journal of Polymer Science, 41: 33-43.
[118] Weadock, K., Olson, R. M. and Silver, F. I. I. 1984. Evaluation of collagen crosslinking techniques. Biomaterial Medicine Device Artificial Organs, 11: 293-318.
[119] Hsu, S. and Jarnieson, A. M. 1993. Viscoelastic behavior at the thermal sol-gel transition of gelatin. Polymer, 34: 2602-2608.
[120] Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid Application. Blackie Academic and professional, USA, 63-79.
[121] Lau, M. H., Tang, J. and Paulson, A. T. 2000. Texture porfile and turbidity of gellan/gelatin mixed gels. Food Research International, 33: 665-671.
[122] Tomihata, K., Burezak, K., Shiraki, K. and Ikada, Y. 1992. Crosslinking and biodegradation of native and denatured collagen. Polymer Prepration, 33: 534-535.
[123] Coupland, J. N., Shaw, N. B., Monahan, F. J., O'Riordan, E. D. and O'sullivan, M. 1999. Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. Journal of Food Engineering, 43: 25-30.
[124] Cho, S. Y., Park, J. W. and Rhee, C. 2001. Properties of laminated films form whey powder and sodium caseinate mixtures and zein layers. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 35: 135-139.
[125] Chinnan, M. S., Balasubramaniam, V. M., Mallikarjunan, P. and Phillips, R. D. 1995. Edible film coatings for deep-fat frying of foods. IFT Annual Meeting, 49-3.
[126] Clark, R. L. and Gralow, R. C. 1949. Zein versatile packaging resin. Modified Packag, 22: 122, 125.
[127] Herald, T. J., Hachmeister, K. A., Huang, S. and Bowers, J. R. 1996. Corn zein packaging materials for cooked turkey. Journal of Food Science, 61: 415-417.
[128] Greener, I. K., and Fennema, O. 1989. Barrier porperties and surface characteristics of edible, bilayer films. Journal of Food Science, 6: 1393-1399.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

determined by atomic force microscope. Journal of Food Science, 63: 824-827.
[142] Banerjee, R. and Chen, H. 1995. Functional properties of edible films using whey protein concentrate. Journal of Dairy science, 78: 1673-1683.
[143] Banerjee, R. and Chen, H. 1995. Impact of microfluidization on the mechanical and water vapor barrier properties of milk protein based edible films. Journal of Food process Engineering, 43: 91-96.
[144] Chen, H., banerjee, R. and Wu, J. 1993. Strengths of thin films derived from whey proteins. American Society of Agriculture Enginerring, Joseph, MI. 63-65.
[145] Krochta, J. M. 1992. Control of mass transfer in food with edible coatings and films: Advances in Food Engineering. CRC Press, USA, 517-538.
[146] McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994. Milk protein based edible films. Food Technology, 48: 97-103.
[147] Ho, B. 1992. Water vapor permeabilities and structural characteristics of casein films and caseinlipid emulsion films. Ms Thesis, University of California, USA.
[148]. Chick, J. and Ustunol, Z. 1998. Mechanical and barrier properties of lactic acid and rennet precipitated casein-based edible films. Journal of Food Science, 63: 1024-1027.
[149] Avena-Bustillos, R. J. and Krochta, J. M. 1993. Water vaper permeability of caseinate based edible films as affected by pH, calcium and lipid. Journal of Food Science, 58: 904-907.
[150] Mahmoud, R. and Savello, P. A. 1992. Mechanical properties and water vapor permeability through whey protein films. Journal of Dairy Science, 75: 942-946.
[151] Motoki, M., Aso, H., Seguro, K and Nio, N. 1987. α-casein film prepared using transglutaminase. Agricultral and Biological Chemistry, 51: 993-996.
[152] Guilbert, S. 1988. Use of superficial edible layer to protect intermediate moisture foods: Food preservation by Moisture Control. Elsevier, UK, 199-219.
[153] Banerjee, R., Chen, H. and Wu, J. 1996. Milk protein-based edible film mechanical strength changes due to ultrasound process. Journal of Food Science, 61: 824-828.
[154] Kaya, S. and Kaya, A. 1999. Microwave drying effects on properties of whey protein
[129] Park, H. J., Chinnan, M. S. and Shewfelt, R. L. 1994. Journal of Food Science, 59: 568-570.
[130] Okamoto, S. 1978. Factors affecting protein film formation. Cereal Food World, 23: 256-262.
[131] Cug, B., Aymard., C., Cuq, J.L. and Guibert, S. 1995. Edible packaging films based on fish myofibrillar porteins. Journal of Food Science, 6: 1369-1374.
[132] Rayner, M., Ciolfi, V., Maves, B., Stedman, P. and Mittal, G. S. 2000. Development and application of soy-protein films to reduce fat intake in deep-fried foods. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 777-782.
[133] Simth, A. K. and Circle, B. J. 1972. Protein products as food ingredients: Soybeans; Chemistry and Technology. AVI publishing Company, Inc., USA, 125-180.
[134] Stuchell, Y. M. and Krochta, J. M. 1994. Enzymatic treatments and thermal effects on edible soy protein films. Journal of Food Science, 59: 1332-1337.
[135] Ghorpade, V. M., Li, I. I., Gennadios, A. and Hanna, M. A. 1995. Chemically modified soy protein films. Trans ASAE, 38: 1805-1808.
[136] Gennadios, A., Ghorpade, V. M., Weller, C. L. and Hanna, M. A. 1996. Heat curing of soy protein films. Transactions of ASAE, 39: 575-579.
[137] Ghorpade, V. M. and Hanna, M. A. 1996. Mechanical properties of soy protein polyethylene ribbon and film extrudates. Transactions of ASAE, 39: 611-615.
[138] Lacroix, M. Le, T. C., Ouattara, B., Yu, H., Letendre, M., Sabato, S. F., Mateescu, M. A. and patterson, G. 2002. Use of γ-irradiation to produce films from whey, casein and soya proteins structure and functional characteristics. Radiation Physic and Chemistry, 63: 827-832.
[139] Kajiyama, N., Isobe, S., Uemura, K. and Noguchi, A. 1995. Change of soy protein under ultra-high hydraulic pressure. International Journal of Food Science and Technology, 30: 147-158.
[140] Jane, J., Lim, S., Spence and K., Wang, S. 1994. Biodegradable plastics made from agricultrual biopolymers: Polymers from Agricultural Coproducts. American Chemical Society, USA, 62-70.
[141] Lent, L. E., Vanasupa, L. S. and Tong, P. S. 1998. Whey protein edible film structures

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

isolate edible films. Journal of Food Enginering, 43: 91-96.
[155] Huffman, L. M. 1996. Processing whey protein for use as a food ingredient. Food Technology, 50: 49-52.
[156] Kinsella, J. E. 1984. Milk proteins. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 21: 197-262.
[157] McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994. Sorbitol-and glycerol – plasticized whey protein edible films. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 42: 841-845.
[158] Shaw, N. B., Monahan, F. J., O'Riordan, E. D. and O'sullivan, M. 2001. Effect of soy oil and glycerol on physical properties of composite WPI films. Journal of Food Engineering, 51: 299-304.
[159] Barreto, P. L. M., Pires, A. T. N. and Soldi, V. 2002. Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere. Polymer Degradation and Stability, 79: 147-152.
[160]. Abougye, Y. and Stanley, D. W. 1985. Texturization of peanut proteins by surface film formation. Conadian Institute Food Science Technology Journal, 18: 12-20.
[161] Marquie, C., Aymard, C., Cuq, J. L. and Guilbert, S. 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour. Journal of Agricultural and Food Chemsitry, 43: 2762-2767.
[162] Marquie, C., Tessier, A. M. Aymard, C. and Guilbert, S. 1997. HPLC determination of the reactive lysine content of cottonseed protein films. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 922-926.
[163] Debeaufort, F., Peroval, C., Despre, D., Courthaudon, J. T. and Voilley, A. 2002. Arabinoxylan – Lipid – based edible films and coatings. 3. Influence of drying temperature on film structure and functional properties. Journal of Agriculture and Food chemistry, 50: 2423-2428.
[164] Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M. and Voilleg, A. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A review. Citical Reviews in Nutrition and Food Science, 42: 67-89.
[165] Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq., J. T. 1993. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat film. Journal of Food Science, 58: 206-211.
[166] Hagenmaier, R. D. and Shaw, P. E. 1990. Moisture permeability of edible films made with fatty acids and HPMC. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 38: 1799-1803.
[167] Koelsch, C. M. and Labuza, T. P. 1992. Functional, physical and morphological properties of MC and fatty acid-based edible barriers. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 25: 404-411.
[168] Yang, L. and Paulson, A. T. 2000. Effect of lipid on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. Food Research International, 33: 571-578.
[169] Perez-Gaco, M. B. and Krochta, J. M. 2001. Lipid particle size effect on the water vapor permeability and mechanical properties of whey protein/beeswax emulsion films. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 996-1002.
[170] Park, H. J., Bunn, J. M., vergano, P. J. and Testing R. F. 1994. Gas permeation and thickness of the sucrose polyesters. Journal of Food Processing and Preservatives, 18: 349-358.
[171] Debeaufort, F. and Voilley, A. 1995. Effect of surfectant and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. International Journal of Food Science, 30: 183-190.
[171] Gennadios, A. and Weller, C. L. 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. Food Technology, 44: 63-69.
[172] Ayranci, E., Buyuktas, B. S. and Cetin, E. E. 1997. The effect of molecular weight of constitutes on properties of cellulose-based edible films. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 30: 101-104.
[173] McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994. Permeability properties of edible films. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin and M. Nisperos-Carriedo, Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Basel: Technomec Publishing Company, USA, 205-223.
[174] Cheung, C. T., Natasha, P., Ko, E. C. and Nimni, E. 1985. Mechanism of crosslinking of proteins by glutaraldehyde. Connective Tissue Research, 13: 109-115.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]

Applications of edible film in food

Mortazavian, A. M. [1 *], Azizi, M. H. [1], Sohrabvandi, S. [2]

1. Department of Food Technology, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology/National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University
2. Department of Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University

Nowadays, edible films are commonly and increasingly used for covering food products, as a replacement for synthetic films. Their advantages are being edible, safe and functionally effective. Many researches have been being done in this regard. This article reviews fundamental and applied aspects of edible films in food industry including definitions, classifications, applications and common types of used materials.

Keywords: Biodegradable, Cover, Edible film

*Corresponding author E-mail address: mortazvn@sbmu.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25]