

Необходимое время, при котором модификатор эффективно воздействует на наполнитель составляет не менее 5 минут, в течение которого температура смешения не должна превышать 65 °С, так как это приводит к деструкции ферментного препарата [4]. Для достижения этих параметров экспериментальным путем было определено, что необходимо добавление в наполнитель воды в количестве 50 % масс. Было установлено, что для достижения заданных параметров является оптимальным скорость смешения 60 об/мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клёсов, А. А. Древесно-полимерные композиты / А.А. Клёсов. - СПб: Научные основы и технологии, 2010. –736 с.
2. Fayzullin I. Z. et al. Influence of the type of wood flour and nanoadditives on the structure and mechanical properties of polypropylene-based wood-polymer composites //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2016. – Т. 1785. – №. 1. – С. 040098.
3. Volfson S. I. et al. The physicomechanical and rheological characteristics of wood–polymer composites based on thermally and mechanically modified filler //International Polymer Science and Technology. – 2017. – Т. 44. – №. 2. – С. 49-54.
4. Мелешкина Е. П., Витол И. С., Кандроков Р. Х. Продукты переработки зерна тритикале как объект для ферментативной модификации //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – №. 9. – С. 14-18.

УДК 678.742.2-416:537.5:621.798

А.З. Файзуллин, асп.;  
С.И. Вольфсон, проф., д-р. техн. наук;  
И.З. Файзуллин, доц., канд. техн. наук  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань)

### **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОДНООСНООРИЕНТИРОВАННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПЛЕНОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГИБКОЙ УПАКОВКИ**

Разработка методов контролируемой модификации полимерных материалов с целью регулирования их физико-механических, оптических и барьерных свойств является одним из важнейших направлений при производстве гибкой упаковки. Обработка ионизирующим излучением, в частности, электронно-лучевым, является перспективным подходом при модификации свойств полимерных упаковочных мате-

риалов. Воздействие ионизирующим излучением на полимерные материалы может привести к изменениям механических, термических и барьерных свойств.

В последние годы электронно-лучевое облучение эффективно применяется для изменения свойств полимеров различного назначения. Относительная простота процесса облучения, эффективность изменения свойств полимерных материалов и степень этих модификаций, позволяют применить данную технологию при производстве упаковочных материалов [1].

В настоящее время многослойная гибкая упаковка завоевывает все большее внимание в упаковочной промышленности для пищевых продуктов, поскольку такие материалы сочетают в себе ряд положительных свойств, таких как непроницаемость для газов и водяного пара, прочностные характеристики, технологичность и относительно низкая стоимость, которыми не обладает ни один отдельный материал.

Однако, в связи с интенсивным загрязнением окружающей среды отходами в виде долгоразлагающихся или не разлагающихся вовсе упаковочных материалов, национальные и международные экологические нормы требуют от производителей, использовать перерабатываемые решения для гибкой упаковки и упаковочных материалов.

В свою очередь это требует разработки и производства материалов способных заменить многослойные структуры, применяемые в упаковке на сегодняшний день, на экологичные, перерабатываемые решения из мономатериалов.

Решением данной проблемы является переход к полностью перерабатываемым структурам из полиолефинов с применением ориентированных пленок [2].

Целью данной работы явилось исследование влияния электронно-лучевого облучения на физико-механические свойства одноосноориентированных полиэтиленовых пленок.

В рамках данной работы, методом выдувной экструзии с последующей принудительной одноосной ориентационной вытяжкой, были получены образцы полиэтиленовой пленки толщиной 25 мкм, затем произведено электронно-лучевое облучение с дозой обработки  $35 \div 75 \div 90$  kGy.

Основной принцип электронно-лучевой технологии заключается в том, что ускоренные электроны разрывают химические связи, тем самым способствуют образованию свободных радикалов, в последствии иницируют химическую реакцию, так же связи могут восстанавливаться или оставаться разорванными.

Электронный луч использует ускоренные электроны для воздействия на свойства материала. Эти ускоренные электроны генерируются первым электрическим нагревом нити накала. Нагретая нить испускает электроны посредством процесса, называемого термоэлектронной эмиссией. Затем электроны ускоряются приложением потенциала напряжения. Этот процесс происходит в вакууме, однако, как только электроны ускоряются, они покидают вакуум, проникая через тонкую металлическую фольгу в атмосферное давление. Эти ускоренные электроны готовы к использованию и когда материал проходит зону обработки, ускоренные электроны проникают в него.

Возможное сшивание полиэтилена в ходе образовавшихся химических реакций в процессе обработки электронно-лучевым облучением, способно повлиять на повышение прочностных характеристик, это дает возможность уменьшить толщину полиэтиленовой пленки при производстве упаковочных материалов, что положительно способствует на экономическую эффективность производства.

Основной характеристикой полимерных пленок являются физико-механические свойства, такие как прочность при разрыве и относительное удлинение, усадка, определяемые при испытаниях в продольном и поперечном направлении. С целью определения данных показателей были проведены лабораторные испытания на универсальной разрывной машине Zwick Roell (Германия), согласно стандарту ASTM 882.

Установлено, что прочность при растяжении в продольном направлении образцов пленок после обработки с дозой 35 kGy составляет 160 МПа, что на 14,5 % больше, чем контрольный образец без обработки (145 МПа). При увеличении дозы облучения наблюдается снижение данного показателя на 8 % (134 МПа) при 70 kGy, и снижение на 21 % при 90 kGy.

Прочность в поперечном направлении обработанных пленок при 35 kGy составляет 28 МПа, что на 9,9 % меньше, чем контрольный образец (38 МПа). С увеличением дозы облучения данный показатель составляет 28 МПа при 70 kGy, так же 28 МПа при 90 kGy.

Относительное удлинение в продольном направлении обработанных пленок при 35 kGy составляет 105 %, что на 4,55 % меньше, чем контрольный образец (110 %), с увеличением дозы облучения наблюдается снижение данного показателя на 18 % (90 %) при 70 kGy, и 27% (80 %) при 90 kGy.

Относительное удлинение в поперечном направлении обработанных пленок при 35 kGy составляет 50 %, что на 93 % меньше, чем у контрольного образца (720 %), с увеличением дозы облучения наблю-

дается снижение данного показателя на 110,13 % (10%) при 70 kGy, так же 110,13 % (10%) при 90 kGy.

Определение коэффициента термической усадки проводили в масляной бане ULAB UT-4020, согласно ГОСТ 25951-83.

Коэффициент термической усадки обработанных пленок при 35 kGy в продольном направлении составил 0,5 %, что на 75 % меньше, чем контрольный образец (2%), при увеличении дозы облучения до 70 и 90 kGy, данный показатель так же составил 0,5%.

Показатель коэффициента термической усадки в поперечном направлении контрольного образца и обработанных пленок при 35-70-90 kGy, остался без изменений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Vitor M. Oliveira (2009) The influence of electron-beam irradiation on some mechanical properties of commercial multilayer flexible packaging materials// Radiation Physics and Chemistry, 2016, 553-555.

2. Файзуллин, А.З. Разработка одноосноориентированных полиэтиленовых пленок для производства гибкой упаковки / А.З. Файзуллин, С.И. Вольфсон, И.З. Файзуллин // Технология органических веществ : материалы 85-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1-13 февраля 2021 г. – Минск : БГТУ, 2021. – С. 227-229.

УДК 665.214.1+665.214.9

С.А. Ламоткин, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск);

А.Е. Отуншиева, магистр, ст. преп. (ЮКУ, г. Шымкент)

#### **ИЗУЧЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

В настоящее время производство жиров во всем мире исчисляется десятками миллионов тонн в год. Для масложировой и молочной отраслей промышленности являются актуальными вопросы повышения качества продукции и совершенствования методов его контроля.

Одним из важных показателей качества жиров и растительных масел, который может служить для их идентификации, является жирнокислотный состав. Анализ жирнокислотного состава обеспечивает быстрое получение точных знаний относительно содержания жирных кислот в жиросодержащей продукции. Эта информация очень важна для разработки продуктов, технологического контроля и маркетинга, поскольку вид, количественное соотношение жирных кислот и их по-