



Уровни миграции токсичных веществ из полилактидных материалов без добавок и с лигнином в среды-имитанты пищевых продуктов

Кузовкова А.А., Казакевич Е.Л., Ковшова Т.В.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь



Актуальность. Для целей устойчивого развития общества, для зеленой экономики необходимы новые биodeградируемые упаковочные материалы для пищевых продуктов, которые помогут избежать проблемы засорения окружающей среды пластиковым мусором. Полилактид (ПЛ), получаемый из стереоизомеров молочной кислоты, считается наиболее перспективным биodeградируемым полимером. ПЛ, как правило, не используют в чистом виде, а проводят модификацию различными способами, например, применяют в качестве основы для биоразлагаемых композиционных материалов. В качестве добавок используют химические вещества (например, диоксид кремния, карбид кальция), природные минеральные полимеры на основе кремния, алюминия и магния (каолин и тальк) или полимеры растительного происхождения (например, лигнин, целлюлоза, крахмал, древесные опилки). Причем массовая концентрация наполнителей в конечном композиционном материале может достигать 100 % от массовой концентрации полилактида (50:50). Очевидно, что подобные биоразлагаемые композиционные материалы требуют обязательного санитарно-гигиенического контроля по миграции из них токсичных веществ и элементов.

Цель — исследовать уровни миграции токсичных веществ из отечественных пленочных ПЛ-материалов в модельные среды, имитирующие пищевые продукты.

Объекты исследований — ПЛ-материал в виде пленки толщиной 90 мкм (без добавок), композиционный ПЛ-материал в виде пленки толщиной 90 мкм с 1 % лигнина, композиционный ПЛ-материал в виде пленки толщиной 200 мкм с 5 % лигнина, разработанные ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси».

Предмет исследований – уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материала в модельные среды при комнатной температуре: дистиллированную воду; 0,3% раствор молочной кислоты; 3% раствор молочной кислоты; 2% раствор лимонной кислоты; 20% раствор этилового спирта после экспозиции в течение 1 сут.

Методы исследования. Фрагмент ПЛ-материала в виде пленок размером 5×10 см (с учетом площади обеих поверхностей итоговая площадь составила 100 см²) помещали в плотно закрывающийся стеклянный бокс и заливали модельным раствором из расчета на 2 см² поверхности 1 см³ модельного раствора (50 см³). Концентрации формальдегида, эпихлоргидрина, ацетальдегида, ацетона, гексана, гептана, бутилового, изобутилового, пропилового, изопропилового, метанола, бензола, толуола, ксилолы, этилацетата, бутилацетата, винилхлорида, винулацетата, фенола в модельных вытяжках из ПЛ-материала определяли газохроматографическим методом.

Оценочными параметрами служили нормативы ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» по уровням миграции токсичных веществ, выделяющихся из биоразлагаемой (бумага, бумага парафинированная, картон, картон мелованный, картон макулатурный, пергамент растительный, подпергамент (бумага с добавками, имитирующими свойства пергамента растительного)) упаковки, контактирующей с пищевыми продуктами. Полученные результаты исследований представлены в таблицах 1-5.

Вывод: все исследуемые химические вещества при комнатной температуре мигрируют из отечественных ПЛ-материалов в выбранные модельные среды после экспозиции в течение 1 сут на уровнях ниже нормативов, установленных в ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

Исследования выполнены в рамках НИР «Изучить санитарно-химические показатели гигиенической безопасности образцов отечественных биоразлагаемых материалов на основе полилактидов на этапе разработки технологий их производства». ГПНИ 2 «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорганомия» (подпрограмма «Лесохимия-2»).

Таблица 1 – Уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материалов в дистиллированную воду в течение 1 сут контакта (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч)

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм ³) из			Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм ³	Соответствие нормативу
		ПЛ-материала без добавок	ПЛ-материала с 1% лигнина	ПЛ-материала с 5% лигнина		
Дистиллированная вода / 2 см ² / 1 см ³ , 1 сут, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,01	соответствуют
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изопропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,5	соответствуют
	Формальдегид	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	0,1	соответствуют
	Этилацетат	менее 0,05	0,072	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют

Таблица 2 – Уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материалов в 0,3% раствор молочной кислоты в течение 1 сут контакта (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч)

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм ³) из			Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм ³	Соответствие нормативу
		ПЛ-материала без добавок	ПЛ-материала с 1% лигнина	ПЛ-материала с 5% лигнина		
0,3% раствор молочной кислоты / 2 см ² / 1 см ³ , 1 сут, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	0,064	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,01	соответствуют
	Бутилацетат	менее 0,05	0,089	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изопропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,127	0,5	соответствуют
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,5	соответствуют
	Формальдегид	менее 0,02	менее 0,02	0,030	0,1	соответствуют
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют

Таблица 3 – Уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материалов в 3,0% раствор молочной кислоты в течение 1 сут контакта (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч)

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм ³) из			Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм ³	Соответствие нормативу
		ПЛ-материала без добавок	ПЛ-материала с 1% лигнина	ПЛ-материала с 5% лигнина		
3,0% раствор молочной кислоты / 2 см ² / 1 см ³ , 1 сут, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	0,1	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Ацетон	менее 0,05	0,06	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,01	соответствуют
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изопропанол	менее 0,05	0,089	0,163	0,5	соответствуют
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,5	соответствуют
	Формальдегид	менее 0,02	0,036	0,027	0,1	соответствуют
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,075	0,1	соответствуют
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют

Таблица 4 – Уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материалов в 2,0% раствор лимонной кислоты в течение 1 сут контакта (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч)

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм ³) из			Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм ³	Соответствие нормативу
		ПЛ-материала без добавок	ПЛ-материала с 1% лигнина	ПЛ-материала с 5% лигнина		
2,0% раствор лимонной кислоты / 2 см ² / 1 см ³ , 1 сут, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	0,095	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Ацетон	менее 0,05	0,066	0,193	0,1	соответствуют
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,01	соответствуют
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,07	0,5	соответствуют
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изопропанол	менее 0,05	0,067	0,247	0,5	соответствуют
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Метанол	менее 0,05	0,149	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,5	соответствуют
	Формальдегид	менее 0,02	менее 0,02	0,068	0,1	соответствуют
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют

Таблица 5 – Уровни миграции токсичных веществ из ПЛ-материалов в 20% раствор этилового спирта в течение 1 сут контакта (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч)

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм ³) из			Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм ³	Соответствие нормативу
		ПЛ-материала без добавок	ПЛ-материала с 1% лигнина	ПЛ-материала с 5% лигнина		
20% раствор этилового спирта / 2 см ² / 1 см ³ , 1 сут, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,01	соответствуют
	Бутилацетат	менее 0,05	0,063	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Изопропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,5	соответствуют
	Метанол	менее 0,05	0,139	менее 0,05	0,2	соответствуют
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,5	соответствуют
	Формальдегид	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	0,1	соответствуют
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	0,1	соответствуют
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют
	Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,1	соответствуют