Воздействие излучения слабоионизованной плазмы на аминокислоты и белки

Пискарев И.М., 1Иванова И.П., 1Астафьева К.А.

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына,  
 Московский государственный университет, г. Москва, Россия,  
 [i.m.piskarev@gmail.com](mailto:i.m.piskarev@gmail.com)  
1Нижегоро́дская госуда́рственная Медици́нская Акаде́мия, г. Нижний Новгород,  
 Россия, [i.p.ivanova@mail.ru](mailto:i.p.ivanova@mail.ru)

Известно, что обработка холодной атмосферной плазмой ведет к селективному унитожению раковой опухоли in vitro и уменьшению размера опухоли in vivo [1]. Воздействие на объект излучением в ряде случаев оказывается технологически более удобным, чем самой плазмой. Поэтому представляет интерес исследовать воздействие излучения плазмы на биологические объекты: аминокислоты и белки.

Использовался источник излучения искрового разряда ИР-10, максимум спектра излучения при длине волны 220 нм [2]. Температура искрового шнура составляет ~104 К. Средняя энергия молекул газа при такой температуре ~1,5 эВ. Поэтому плазма является слабо ионизованной. Единственным активным фактором такого разряда является его излучение. Закон сохранения энергии допускает образование в воде под действием импульсного излучения радикалов HO2•, атомов О• и молекул N2O [1]. Вторичными активными частицами являются азотистая и азотная кислота, пероксинитрит и пероксиазотистая кислота.

Для радикала HO2• наиболее характерной реакцией является отрыв атома водорода у молекулы-мишени и присоединение его к радикалу: HO2• + H• 🡪 H2O2. При этом выделяется энергия 88 ккал/моль. Энергия 88 ккал/моль может быть израсходована на отрыв атома водорода у молекулы-мишени. Экспериментально определяли значения констант диссоциации pKa1 и pKa2. Изменение констант диссоциации после обработки излучением не было обнаружено. Энергия связи атома водорода в карбоксильной и аминной группах превышает это значение, поэтому изменение кислотно-основных свойств аминокислот при облучении не было обнаружено. В углеводородах радикал HO2• может отрывать атом водорода, если его энергия связи в молекуле меньше 88 ккал/моль. Радикал HO2• может окислять ненасыщенные жирные кислоты, и ароматические соединения, у которых есть хотя бы одна двойная связь. Поэтому при облучении аминокислот разрушаются аминокислотные радикалы R. Энергия разрыва пептидной связи в белках 95 ккал/моль. Поэтому нарушение первичной структуры белка под действием излучения плазмы невозможно.

Исследовалось воздействие излучения слабо ионизованной плазмы на альбумин. Измерялась концентрация –SH групп. В альбумине имеются 35 молекул цистеина (содержащего –SH группу), из которых 34 молекулы попарно соединены дисульфидными мостиками –SS- в цистин. Цистин может восстанавливаться: RSSR + 2 H• 🡪 2RSH. Восстановительным агентом в исследуемом процессе являются азотистая и пероксиазотистая кислота. Обратный процесс, окисление с образованием RSSR энергетически невозможен. Но группы –SH могут окисляться. Поэтому при обработке альбумина излучением слабо ионизованной плазмы концентрация –SH групп растет, достигает максимального значения и остается на этом уровне, так образующиеся при восстановлении RSSR группы –SH дальше окисляются радикалами HO2• с образованием кислородсодержащих соединений. Таким образом, под действием излучения происходят процессы окисления и восстановления.

Литература

1. M. Keidar // Plasma Sources Sci. Technol. –2015- V.24. 033001 (20 pp)
2. И.М. Пискарев, И.П. Иванова, С.В. Трофимова, Н.А. Аристова // Химия высоких энергий. -2012.-Т. 46.-№ 5-С. 406-411.