

Стенд за изследване обработването на опаковъчни материали със студена плазма

Стефан Стефанов, Цветан Янакиев, Вилхелм Хаджийски

Stand for testing the processing of packaging materials with cold plasma: *The article presents a device for processing of sheet packaging material with cold atmospheric plasma in order inactivation of pollutants from microbiological origin. There are possibilities for the study of the influence of individual basic parameters of the cold plasma generated by DBD (dielectric barrier discharge) generator. The design of the stand allows adjustment of major electrical parameters, such as voltage, frequency and power of the cold plasma, and also the distance between the electrodes, time for interaction and the atmosphere that affect the ability to inactivation.*

Key words: *Cold plasma, inactivation, food packaging.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Микроорганизмите попаднали в опаковката или в самия хранителен продукт представляват основна причина за развала на храните и хранителни отравяния. Най-опасни са патогенните микроби *Campylobacter*, *Salmonella*, *E. Coli O157* и *Listeria monocitogenus*, като особено значение за човешкото здраве представляват още и бактериите *Clostridium*, *Shigella*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* [7], [5].

В съвременното производство на хранителни продукти се използват основно два способа за предотвратяване развала на храните – чрез инактивиране на микроорганизмите или инхибиране на развитието им [4].

Възможно е продукта да се зарази с патогенни микроорганизми попаднали в опаковката чрез опаковъчния материал. За намаляване този риск работните повърхнини на оборудването и опаковъчните материали се обработват с химични вещества. Химичните методи за дезактивация на микроорганизми са ефективни и надеждни, но в същото време крият риск от замърсяване на хранителния продукт с химикали използвани за почистването.

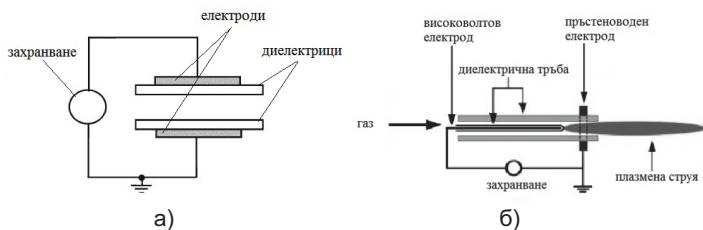
Специалистите в областта на опаковането търсят алтернативни нови технологии за инактивация на микроорганизмите при производството на все по-чисти и по-близки до натуралните си качества храни. Част от тези нови технологии са обработката на хранителни продукти с високо хидростатично налягане (ННР), УВ (UV) лъчи, озон, пулсиращо електромагнитно поле (PEF), пулсираща светлина (PL). Особен интерес за учените в областта представлява приложението на студена плазма (Cold plasma, CP) като метод за инактивация на микроорганизми, замърсяващи повърхността на продукта или опаковъчния материал.

Студената атмосферна плазма представлява йонизиран газ, съставен от свободни радикали (реактивни частици), положителни и отрицателни йони, УВ светлина и озон, като температурата и е близка до тази на обкръжаващата я среда [2], [3] и [6].

Инактивационната и способност върху широк кръг от микроорганизми, включително бактерии и бактериални спори, се дължи основно на антимикробните свойства на реактивните и заредените частици, но също и на УВ светлината и озона [1].

Студена плазма се генерира при протичане на електрически ток с висока честота и напрежение през газова среда. В зависимост от конструкцията на генератора и електрическите характеристики на разряда съществува многообразие от методи за получаване на студена плазма. Най-характерни са генераторите DBD (фиг.1а) (разряд през диелектрична бариера), PJ (фиг1.б) (plasma jet – плазмена струя). Според работната честота плазмата може да бъде радиочестотна (1-27 MHz обикновено около 13,56 MHz) (RF), в диапазона на звуковата вълна (20 Hz – 20 KHz,

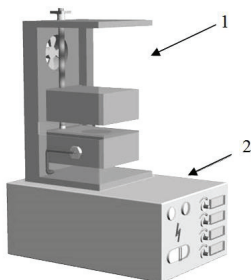
понякога до 100 KHz). Работният флуид може да бъде различен технически газ (O_2 , Ar, N_2), смес от газове или атмосферен въздух.



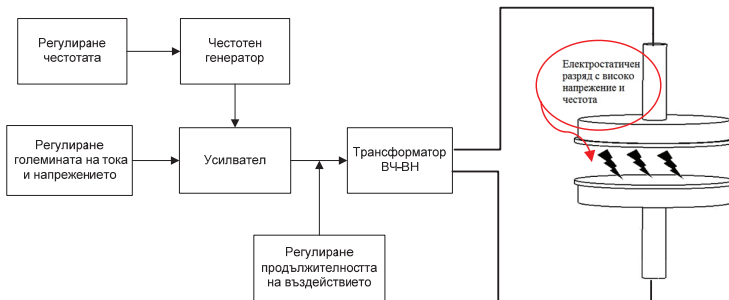
Фиг.1 Генератори за студена плазма
 а) DBD - разряд през диелектрична бариера;
 б) PJ – плазма джет (плазмена струя)

ИЗЛОЖЕНИЕ

За целите на изследването е разработен стенд за повърхностна обработка на листови опаковъчни материали, фолиа и опаковки със студена плазма. Стендът се състои от два основни модула – механичен и електрически (фиг. 2), като електрическият модул генерира електрически ток с високо напрежение и честота, което предизвиква газов разряд между електроди, разположени в механичния модул.

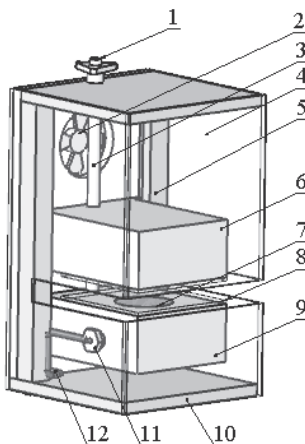


Фиг. 2 Общ вид на стенда:
 1 – механичен модул; 2 – електрически модул;



Фиг. 3 Блок схема на електрическия модул

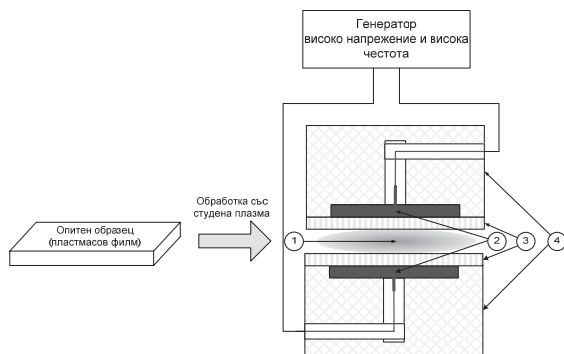
Необходимо е генераторът (фиг. 3) да дава възможност на оператора да променя електрическите характеристики на генерирания ток (напрежение, честота и мощност) с цел определяне влиянието на всеки един параметър на разряда върху инактивационната способност на студената плазма.



Фиг. 4 Механичен модул:

1 – ръкохватка задвижваща; 2 – вентилатор; 3 – двигателна двоица; 4 – предпазен капак; 5 – направляващи; 6 – подвижен електродоносител; 7 – електроди; 8 – диелектрична бариера(стъклена пластина); 9 – неподвижен електродоносител; 10 – носеща рама; 11 – кабелен уплътнител; 12 – кабел за високо напрежение;

Механичният модул (фиг. 4) представлява уред за контролирано въздействие върху опитни образци. Състои се от съставна носеща рама 11, върху която са закрепени направляващите 5 на подвижния електродоносител 6. Посредством ръкохватката 1 и двигателната двоица (винт-гайка) 3 може да се позиционират електродите 7, разположени в електродоносителите 6 и 8 на определено разстояние един от друг. Диелектричните бариери 8, имащи за цел да разпределят електрическия разряд по цялата повърхност на електродите, са закрепени за електродоносителите посредством адхезив. Електродите 7 представляват дискове с диаметър 40 mm, изработени от метал с добра електропроводимост. Към тях посредством електрически проводници за високо напрежение 12 се подава електричество с висока честота и напрежение, предизвикващо електростатичен разряд в между-електродното пространство. По време на работа студената плазма генерира газове, които в определена концентрация представляват опасност за здравето на оператора. По тази причина стенда е оборудван с предпазен капак 4 и вентилатор 2, чиято функция е да се ограничи попадането им в работната атмосфера около стенда. Предпазният капак също така има функция да ограничи достъпа на оператора до работната зона между електродите с цел предотвратяване на токов удар, поради високото напрежение на проводниците 12 и електродите 7. Въпреки взетите мерки е необходимо да се работи с безопасни стойности на тока с цел предотвратяване на травми с тежки последствия. Стендът е изработен предимно от пластмаса, поради добрите и електро изолационни качества.



Фиг. 5 Схема на опитната постановка.

- 1 – зона на студена плазма; 2 – електроди; 3 – диелектрични бариери;
4 – електродоносители;

Методика за провеждане на експеримента.

Схема на опитната постановка е представена на фиг. 5.

Експериментът трябва да започне с подготовка на опитните образци и стенда. Необходимо е опитите да се провеждат в условия, ограничаващи неконтролираното замърсяване на опитните образци или оборудването за извършване на експеримента. Това се постига чрез почистването им с дезинфектант непосредствено преди започване на експеримента.

Опитните образци се подготвят с предварително определена форма и размери, почистват се и се поставят в суспензия от моделен микроорганизъм за 20-30 min. Счита се, че това време е достатъчно за заразяването на образеца. Взема се натривка от първия образец с цел определяне степента на заразяване. Останалите образци се обработват при различни контролирано променящи се условия с цел определяне значимостта на променливата върху инактивационната способност на студената плазма. Вариант за такава променлива е времето за обработка, като всеки следващ образец се обработва по-продължителен период (5 s, 10s, 30 s, 60 s,...). Непосредствено след всяка обработка се взема проба за микробиологичен анализ чрез натриване на обработената повърхност с тампон и поставянето му във физиологичен разтвор. На базата на резултатите от микробиологичния анализ се прави извод за влиянието на съответния параметър върху инактивационната способност на студената плазма.

За определяне на параметрите, имащи най-силно влияние върху инактивационната способност на студената плазма, е необходимо да се изследва влиянието на електрическите характеристики на разряда, като честота, напрежение и мощност. От особено практическо значение също е да се определи влиянието на разстоянието между електродите и обработваната повърхност. Изследванията за влиянието на материала, от който са изработени диелектричните бариери и материала на електродите ще допринесат за разширяване и изясняване на картината в чисто приложен аспект върху проблема с инактивацията на микроорганизми със студена плазма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Със създадения стенд може да се контролират и променят голяма част от параметрите, като: материал и размер на електродите; различни по дебелина и материал диелектрични бариери; разстояние между електродите; обработка при различни електрически характеристики на разряда (напрежение, честота, мощност);

осигуряване на възможност за подаване на различни технически газове в зоната на студената плазма с цел тяхното йонизиране;

Тези възможности ще послужат за определяне основните параметри, влияещи върху инактивационната способност на студената плазма и ще дадат насоки за реализиране на този тип обработка в промишлени условия.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Dobrynin, D., G.Fridman, G.Friedman and Al.Fridman, Physical and biological mechanisms of direct plasma interaction with living tissue, 2009, . New J. Phys. 11 115020 doi:10.1088/1367-2630/11/11/115020

[2] Hermann, H.W., I.Henins, J.Park and G.S.Selwyn, Decontamination of chemical and biological warfare (CBW) agents using an atmospheric pressure plasma jet (APPJ)., 1999, Phys Plasmas 6, 2284–2289.

[3] Laroussi, M. and F.Leipold, Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. Int J Mass Spectrom , 2004, 233, 81–86.

[4] Manas P. and R. Pagan , A REVIEW. Microbial inactivation by new technologies of food preservation. Journal of Applied Microbiology 2005, 98, 1387–1399 doi:10.1111/j.1365-2672.2005.02561.x

[5] Mead, P.S., L.Slutsker, V.Dietz, L.F.McCaig, J.S.Bresee, C.Shapiro, P.M.Griffin and R.V.Tauxe, Food-related illness and death in the United States. Emerg. Infect. Dis. 5:, 1999, 607-625

[6] Montie, T.C., K.Kelly-Wintenberg and J.R.Roth, An overview of research using the one atmosphere uniform glow discharge plasma (OAUGDP) for sterilization of surfaces and materials., 2000, IEEE Trans Plasma Sci 28, 41–50.

[7] Scallan, E., R.M.Hoekstra, F.J.Angulo, R.V.Tauxe, M-A.Widdowson, S.L.Roy, Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. Emerg Infect Dis [serial on the Internet]., 2011, Jan [date cited]. <http://dx.doi.org/10.3201/eid1701.P11101> DOI: 10.3201/eid1701.P11101

За контакти:

Проф. д-р инж. Стефан Василев Стефанов, катедра “Машини и апарати за хранително-вкусовата промишленост”, Университет по хранителни технологии, Пловдив, e-mail: stvstefanov@yahoo.com.

инж. Цветан Атанасов Янакиев, докторант, катедра „Машини и апарати за хранително-вкусовата промишленост”, Университет по хранителни технологии, Пловдив, e-mail: ts.yanakiyev@abv.bg.

Доц. д-р инж. Вилхелм Милков Хаджийски, катедра „Техническа механика и машинознание”, Университет по хранителни технологии, Пловдив, e-mail: hawi@abv.bg

Докладът е рецензиран