



## پالسهای نوری: تئوری تا کاربرد

مریم عابدینی \*، سمانه علامتیان \*، محمد باقر حبیبی نجفی \*

\* دانشجویان کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه

فردوسي مشهد

\*\* دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی

مشهد ، PhD

[maryamabedini84@yahoo.com](mailto:maryamabedini84@yahoo.com)

چکیده: اطلاعات موجود در خصوص تکنولوژی فرآوری مواد غذایی بصورت روشهای غیرحرارتی سنتی و پیشرفته در برخی منابع، هنرکاربرد و توسعه در تکنولوژی غذا را نشان می دهد. روشهای نگهداری مواد غذایی به کمک فرایندهای غیرحرارتی در برگیرنده مکانیسم غیرفعال کردن میکروبی، استریل کردن استاندارد، تجهیزات مورد نیاز برای روشهای مذکور و عملکرد اقتصادی عملیات می باشد. دلایل کاربردی بودن این روشها، فرآوری کوتاه مدت و تخریب کمتر محصول است. فناوری پالسهای نوری در استریلیزاسیون و یا کاهش بار میکروبی سطح ظروف بسته بندی، تجهیزات فرآوری، بسته بندی مواد غذایی، وسائل پزشکی و سایر سطوح کاربرد دارد. در این مقاله تجهیزات و مکانیسم تولید پالس نوری، مدل‌های ریاضی، کاربردهای متنوع آن و همچنین اثر پالسهای نوری بر کیفیت ماده غذایی فرآوری شده مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: روشهای نوین نگهداری غذا / روشهای نگهداری غیرحرارتی / پالس

نوری / مکانیسم / کاربردها

## پالسهای نوری : تئوری تا کاربرد

مریم عابدینی \*، سمانه علامتیان \*، محمد باقر حبیبی نجفی \*\*

\* دانشجویان کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی

مشهد

\*\* دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد ،

[maryamabedini84@yahoo.com](mailto:maryamabedini84@yahoo.com)

چکیده:

اطلاعات موجود در خصوص تکنولوژی فرآوری موادغذایی بصورت روشهای غیرحرارتی سنتی و پیشرفته در برخی منابع، هنر کاربرد و توسعه در تکنولوژی غذا را نشان می دهد. روشهای نگهداری مواد غذایی به کمک فرایندهای غیرحرارتی در برگیرنده مکانیسم غیرفعال کردن میکروبی، استریل کردن استاندارد، تجهیزات مورد نیاز برای روشهای مذکور و عملکرد اقتصادی عملیات می باشد. دلایل کاربردی بودن این روشها، فرآوری کوتاه مدت و تخریب کمتر محصول است. فناوری پالسهای نوری در استریلیزاسیون و یا کاهش بار میکروبی سطح ظروف بسته بندی، تجهیزات فرآوری ، بسته بندی مواد غذایی، وسائل پزشکی و سایر سطوح کاربرد دارد. در این مقاله تجهیزات و مکانیسم تولید پالس نوری ، مدلهای ریاضی ، کاربردهای متنوع آن و همچنین اثر پالسهای نوری بر کیفیت ماده غذایی فرآوری شده مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: روشهای نوین نگهداری غذا / روشهای نگهداری غیرحرارتی / پالس

نوری / مکانیسم / کاربردها

مقدمه:

یکی از روشهای نگهداری غیر حرارتی موادغذایی استفاده از پالسهای کوتاه، شدید و وسیع الطیف نور سفید می باشد. فناوری پالسهای نوری در استریلیزاسیون و یا کاهش بار میکروبی سطح ظروف بسته بندی، تجهیزات فرآوری، بسته بندی مواد غذایی، وسائل پزشکی و سایر سطوح کاربرد دارد. عموماً ظروف بسته بندی در سیستم اسپتیک توسط پراکسید هیدروژن استریل می شود. (باقیمانده پراکسید هیدروژن در ظروف بسته بندی یامحصول غذایی نا مطلوب است.)

پالسهای نوری ممکن است جهت کاهش یا حذف نیاز به ضد عفونی کننده هاویانگهدارنده های شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند.

## تکنولوژی پالسهای نوری:

طیف نور مورد استفاده جهت استریلیزاسیون از ناحیه UV تا ناحیه NIR می باشد. هر  $\text{cm}^2$  از سطح ماده غذایی که استریل می شود حداقل در معرض یک پالس نوری با دانسیته انرژی ۰.۱-۰.۵۰ ژول قرار می گیرد. در رابطه با استفاده از این محدوده طول موج لازم به ذکر است که حداقل ۷٪ از انرژی الکترومغنتیک در محدوده بین طول موج ۱۷۰-۲۶۰۰ نانومتر وجود دارد.

زمان هر پالس بین ۱ میکرو ثانیه تا ۱،۰ ثانیه می باشد. تعداد تابش نوری در هر ثانیه ۱-۲۰۰ مرتبه است. چنانچه در فرآیندی از چند مرتبه تاباندن نور در مدت ۱ ثانیه استفاده شود، آن فرآیند اثر ضد میکروبی بیشتری خواهد داشت، بنابراین سرعت این فرآیند بسیار زیاد خواهد بود. (۶)

## تولید پالسهای نوری:

سیستم پیور برایت از تکنیکی به نام فرآیند انرژی پالسی استفاده می کند. با ذخیره سازی انرژی الکتریکی در یک خازن ذخیره انرژی با دانسیته بالا و سپس آزاد ساختن آن در قالب پالس های شدید و کوتاه می توان به سطوح بالای انرژی در سیستم دست یافت. با کمک این پالس های قوی از انرژی الکتریکی می توان پالس های نوری یا الکتریکی قوی تولید نمود. انرژی ذخیره شده سبب تولید پالس های نوری کوتاه (چند صد میکرو ثانیه) و قوی توسط یک لامپ حاوی گاز بی اثر می شود. [۶]

سیستم پیور برایت در تولید پالس های نوری از دو بخش تشکیل شده است:

### ۱) منبع انرژی (لامپ)

منبع انرژی، پالس هایی باشدت جریان ولتاژ زیاد تولید می کند که به لامپ منتقل می شود. این منبع از طریق تبدیل انرژی برق متناوب به مستقیم با ولتاژ زیاد عمل مینماید. زمانی که خازن تا حد خاصی شارژ شد، انرژی نورانی از طریق کلید مخصوص ولتاژ زیاد به لامپ منتقل می شود. عملکرد لامپ را میتوان بوسیله یک کنترلگر داخلی و یا سیستم کنترلگر فرآیند-بسته بندی کنترل نمود.

بخش لامپ سیستم مذکور از یک یا چند لامپ گاز بی اثر تشکیل شده است. این لامپ ها به نحوی قرار گرفته اند که منطقه مورد نظر واکنش را پوشش می دهند. بخش لامپ از طریق یک کابل ولتاژ قوی به قسمت تولید انرژی متصل می شود. جهت روشن شدن لامپ از پالس باشدت جریان و ولتاژ قوی استفاده می شود. زمانی که جریان شدید الکتریکی از میان گاز عبور می کندیک پالس نوری قوی از لامپ منتشر میگردد. برای خطوط مختلف فرآوری و بسته بندی از فرکانس های مختلفی استفاده می گردد. [۵]

### تئوری :

نفوذ نور به داخل محصول اساس عملکرد سیستم پالس های نوری کوتاه و قوی می باشد. نور براساس معادله ذیل در سطوح محصول نفوذ می کند:

$$I = (1-R)I_0 e^{-(-x)}$$

I: شدت انرژی نور منتقل شده به زیر سطح محصول

R: ضریب انعکاس سطحی

X: ضریب خاموشی (تعیین کننده قابلیت رویت ماده)

I<sub>0</sub>: شدت نور در سطح محصول

نوری که در ماده نفوذ می کند ولی منتقل نمی شود بصورت حرارت در ماده پراکنده شده به ازای هروارد از منطقه دریافت کننده (Ed) در عمق آمنظور می گردد. مقدار انرژی پراکنده با فرمول ذیل محاسبه می شود:

$$Ed = (1-R)I_0(1-e^{(-d)})$$

از آنجا که آب در اکثر مواد غذایی وجود دارد و یک هادی حرارتی خوب به شمار می رود، معمولاً حرارت سطح محصول به سرعت به قسمت های داخلی نفوذ می نماید. چنانچه زمان تابش هر پالس نوری در مقایسه با زمان لازم برای انتقال حرارت تولید شده در محصول کوتاه باشد، ممکن است انرژی پالسها در زمان کوتاهی در سطح ماده تخلیه گردد و انتقال حرارت یا انجام نشود و یا به میزان کمی صورت پذیرد. انواع مختلفی از سیالات استاندارد نظیر آب و هوا در طیف وسیعی از طول موج های نوری شامل ناحیه مرئی و مأموری بنسخ، شفاف می باشند. سایر مایعات نظیر محلولهای شفاف قندی و شراب ها، شفافیت کمتری دارند. برای اینکه ضدغوفونی به نحو مطلوبی انجام شود، بهتر است که سیال مورد نظر در نور UV شفاف باشند، بنحوی که حداقل نیمی از نور تابیده شده با طول موج ۲۶۰ نانومتر را تا عمق ۲۵ سانتی متر منتقل نماید.

#### تجهیزات:

سیستم بسته بندی اسپتیک حاوی نواری از ماده متداول قبل انعطاف برای بسته بندی اسپتیک است که با کمک یک سری غلتک از داخل یک محلول عبور می کند. این محلول جذب سطح ماده بسته بندی شده و به جذب نور توسط این سطح کمک می کند.

ماده بسته بندی چند لایه، از یک یا چند لایه داخلی پوشش دهنده و دوخت شونده تشکیل می شود که در مایع مذکور غوطه ور می گردد. زمانی که سطح ماده فرآوری شونده تیره و یا ضریب جذب نور کم باشد، باید از عوامل جاذب نور استفاده شود. این ترکیبات ممکن است به روش پاششی، قراردادن پودر حاوی عامل جاذب نور بصورت غبار ریز بروی سطح ماده، بکاربردن محلول مایع عامل مذکور و یا تبخیر عامل جاذب نور و پوشاندن سطح ماده بسته بندی با آن مورد استفاده قرار بگیرند. کاهش نسبت طیف نور به افزایش طول عمر لامپ کمک مینماید. مازاد ترکیبی که بر سطح ماده بسته بندی قرار گرفته است به کمک غلتکهایی جدا می شود، سپس فیلم تولید شده بصورت طولی دوخت می گردد. بخش لامپ سیستم از یک محافظ لوله ای خارجی تشکیل شده که در داخل آن یک یا چند لامپ قرار می گیرد. توزیع لامپ هادر داخل لوله محافظ به گونه ای است که در اثر روشن شدن لامپ هاسطح داخلی ماده بسته بندی دوخته شده (دوخت طولی) تحت تاثیر پالس های کوتاه قرار می گیرد.

لامپ ها را میتوان به اشکال مختلف در داخل لوله قرار داد، به طوریکه تمام سطح ماده بسته بندی در معرض پالس های نوری قرار می گیرد. در طی انجام فرایند، نوار ماده بسته بندی که بصورت طولی دوخته شده است با ماده غذایی استریل شده (استریل تجاری) پر می شود. در مرحله بعد نوار بسته بندی به اندازه طول یک ظرف بسته بندی به سمت جلو حرکت می کند و در معرض تعداد معینی پالس نوری قرار می گیرد، تا سطح مجاور ماده بسته بندی استریل شود. در این سیستم به منظور خنک کردن لامپها، خارج کردن عوامل فتو شیمیایی ایجاد شده توسط پالس های نوری و جلوگیری از آلوده شدن قسمت فرآوری شده (سالم سازی شده)، از هواست استریل استفاده نمود. [4]

## کاربرد پالس های نوری:

از پالسهای نوری میتوان جهت ازبین بردن میکروارگانیسم های روی سطح ظرف بسته بندی درسیستم اسپتیک استفاده نمود. موادغذایی که در این ظروف بسته بندی می شود، ممکن است شامل موادغذایی مایع، موادغذایی جامد نظیر گوشت و ماهی و نیز فرآورده های آردی پخته شده باشند.<sup>[2]</sup>

معمولًا سطوح ماده غذایی و موادبسته بندی رادر معرض ۱-۲۰ پالس نوری کوتاه و قوی قرار می دهند. زمان کوتاه هر پالس سبب افزایش اثر کشندگی آن در یک لایه نازک نظیر سطح فرآورده غذایی می شود.

تعداد لامپ، نحوه تابش و سرعت پالس به نوع محصول و شدت تیمار مورد نیاز بستگی دارد. چنانچه شدت نور و تعداد زمان پالس زیاد باشد ممکن است گرمای نا مطلوبی در محصول ایجاد گردد.

شدت نور باید در حدی باشد که گرمای ایجادشده در لایه سطحی محصول با ضخامت کمتر از ۱۰ میکرومتر، حداقل ۱۰۰-۱۵۰ درجه سانتیگراد گردد. ممکن است حرارت ایجادشده در سطح محصول باقی بماند و دمای قسمت میانی بمیزان قابل توجهی افزایش نیابد. ممکن است تعداد پالس ها و انرژی کل در حدی تنظیم شود که دمای سطح محصول ۱۰ ثانیه بعد از تابش پالس نوری زیر ۱۰۰-۱۵۰ درجه سانتی گراد باقی بماند. اگر چه با تابش نوردمای محصول افزایش می یابد، ولی این مقدار افزایش دما در مقایسه با دمای لازم جهت فرآوری حرارتی خیلی کمتر است.

فرآورده های غذایی را می توان پس از بسته بندی درون ظرفی که در محدوده طیفی مورد استفاده به میزان قابل توجهی نور را از خود عبور می دهد (شفاف است) به کمک پالس های نوری سالم سازی نمود. ماده بسته بندی باید بتواند حداقل ۵۰-۱۰٪ از امواج نوری با طول موج کمتر از ۳۲۰ نانومتر را از خود عبور دهد. ماده غذایی را می توان بر اساس نوع میکروارگانیسم ها با استفاده از طیف کامل نوری و یا بخشی از آن فرآوری نمود.

عبور دادن نور از فیلتر کمک به حذف طول موجهای می کند که اثر نا مطلوب بر طعم و کیفیت ماده غذایی دارند. عمل فیلتراسیون به کمک فیلترهای جامد نظیر فیلترهای شیشه ای جاذب UV و یا فیلتر های مایع انجام می گیرد.

شدت نشر عبارت است از میزان انرژی تابشی نور به ازای هر واحد از سطح (J/cm<sup>2</sup>).

این پارامتر در بعضی از فرآیند های بسته بندی اسپتیک که در آنها از پالس های نوری با طیف UV نسبتاً زیاد (به منظور کاهش شدت نشر محصول تا حداقل شدت لازم برای از بین بردن میکروارگانیسم ها) استفاده می شود مهم هستند. اثرات بیولوژیک طول موجهای UV موجود در طیف های نوری کاملاً شناخته شده اند. اثر ضد میکروبی طول موجهای UV بیشتر مربوط به جذب آنها توسط پیوندهای کونژوگه دوگانه کربن - کربن در پروتئینها و اسید های نوکلئیک می باشد.

اثر ضد میکروبی نور های پالسی در مقایسه با انواع غیر پالسی و یا نورهای پیوسته ساطع شده از منابع متداول UV بیشتر است.

روش فرآوری ماده غذایی با پالس های نوری بلحاظ هزینه کم آن بسیار مطلوب است.<sup>[1]</sup>

## کاربرد های پالس نوری:

۱) سالم سازی میکروبی ماده غذایی

۲) استفاده در تولید لوازم آرایشی

۳) استفاده جهت تجهیزات، ادوات، سطوح و فرآورده هایی که به کنترل بهداشتی شدید نیاز دارند. (بسته بندی اسپتیک)

- ۴) ضد عفونی کردن وسائل پزشکی و دندان پزشکی
- ۵) تجهیزات فرآوری مواد غذایی به منظور کاهش آلودگی و یا احتمال آلوده شدن در حین فرایند
- ۶) استفاده جهت فاضلاب های فرآوری شده و یا نیمه فرآوری شده برای کاهش میکرووارگانیسم ها و موجودات زنده آن
- ۷) از بین بردن میکرووارگانیسم ها در هوا و سایر ترکیبات گازی شکل [3].

#### نتیجه:

فناوری استفاده از پالس های کوتاه نوری روش جالب و مناسبی برای ضد عفونی کردن ظروف بسته بندی و فرآورده های غذایی بسته بندی شده در فیلم های شفاف می باشد. حرارت تولید شده در این روش کم است و نابودی میکرووارگانیسم ها بر اساس مکانیسم فتو شیمیایی و فتو حرارتی صورت می گیرد. به نظر می رسد که پالس های نوری اثر نا مطلوبی بر ارزش غذایی مواد غذایی مواد فرآوری شونده ندارند.

#### منابع:

- 1) Barbosa-Canovas, G. V., Palou, E., Pothakamury, U. R. and Swanson, B. G. (1997). Application of light pulses in the sterilization of foods and packaging materials. Nonthermal Preservation of Foods. Chapter 6-139-161. Marcel Dekker. New York.
- 2) Chang, J. C. H., Ossoff, S. F., Lobe, D. C., Dorfman, M. H., Dumais, C. M., Qualis, R. G. and Johnson, J. D. (1985). UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. Appl Environ Microbiol. 49:1361-1365.
- 3) Daniel Laury, MD .<sup>1</sup> Intense pulsed light technology and its improvement on skin aging from the patients' perspective using photorejuvenation parameters. Dermatology Online Journal 9 (1): 5.
- 4) Dunn, J., Clark, R. W., Asmus, J. F., Pearlman, J. S., Boyer, K., Pairchaud, F. and Hofmann, G. (1988). Methods and apparatus for preservation of foodstuffs. US Int. Pat. Appl. No. WO 88/03369.
- 5) Louis R. Panico. Current Developments in Pulsed Light or "Flash" Curing Technology. XENON Corporation 20 Commerce Way Woburn, MA 01801
- 6) U. S. Food and Drug Administration. (2000). Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies Pulsed Light Technology. Center for Food Safety and Applied Nutrition.

#### Pulse light: Theoretical - Application

**Abstract :**

Existing information in about processing food product technology with modern and traditional non thermal methods in some sources, is known art of application and development in food technology. Preservation food product methods and development with non thermal process comprise of mechanism microbial inactivation ,standard sterilization,equipment requires for this method and in economical function.reason of application this method ,utilized pulsed light for sterilization and reduction of microbial values in surface containers ,equipment processing ,medical devices,packaging in food product and other surface. this study has been shown that , equipment and mechanism of pulse light production,mathematic modeles and its variety application and too effect of pulse light on quality food product.

**Keywords:** modern methods of food preservation /nonthermal preservation/pulse light /mechanism/application