

## کاربرد ترکیبات ضد کلوخه‌ای برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی پودری

پیمان ابراهیمی<sup>۱\*</sup>، طاهره ذبیح پور<sup>۲</sup>، سید احمد شهیدی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ... آملی، آمل، ایران
۲. دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ... آملی، آمل، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ... آملی، آمل، ایران

### چکیده

مواد غذایی بسیاری به حالت پودری وجود دارند که به وسیله‌ی جذب رطوبت به حالت کلوخه‌ای و توده‌ای درمی‌آیند. برای جلوگیری از وقوع این اتفاق از ترکیباتی به نام عوامل ضد کلوخه‌ای استفاده می‌شود. ترکیبات فراوانی مانند کلسیم و منیزیم سیلیکات، سدیم سیلیکو آلومینات، تری کلسیم فسفات و منیزیم کربنات و ... خصوصیات ضد کلوخه‌ای دارند. به‌طور کلی عوامل ضد کلوخه‌ای به ترکیبات بی‌اثر پودری بسیار ریز با اندازه کمتر از 10 میکرومتر گفته می‌شود. در این پژوهش مروری بر کاربردهای ترکیبات ضد کلوخه‌ای برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی پودری شد و همچنین ویژگی‌های برخی از ترکیبات کلوخه‌ای مورد استفاده در صنایع غذایی مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت نتیجه‌گیری شد که استفاده از این ترکیبات در مواد غذایی برای جلوگیری از توده‌ای شدن و به هم ریختن شکل ظاهری آن‌ها ضروری است.

**کلمات کلیدی:** آنتی کیکینگ، عوامل ضد کلوخه‌ای، ترکیبات سیلیکاتی، مواد غذایی پودری

\*نویسنده مسئول: peymanebrahimi73@yahoo.com

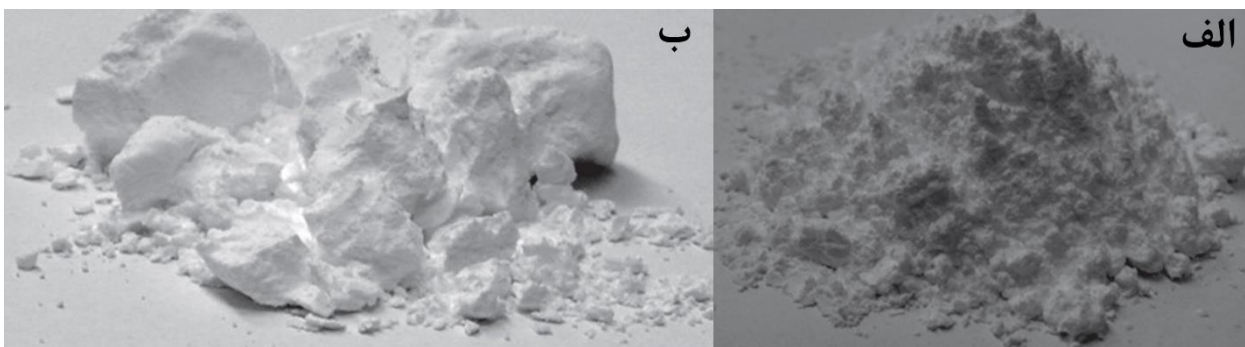
## کاربرد ترکیبات ضد کلوخه‌ای برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی پودری

### مقدمه

برخی از محصولات غذایی از قبیل نمک، چاشنی‌های حاوی نمک (مانند مخلوطی از پودر پیاز یا سیر بانمک)، سبزیجات خشک و پودرهای میوه، پودرهای سس، پودرهای سوپ و بکینگ پودر، تمایل به تشکیل کلوخه‌ها و توده‌های سخت را دارند. به طوری که برای حفظ ویژگی‌های گرانول‌ها و مواد غذایی پودری که دارای ماهیت جاذب رطوبت هستند، از ترکیبات مختلفی استفاده می‌شود. افزودنی‌های مورد استفاده در مواد غذایی شامل مواد مختلفی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، هموکانت‌ها، عوامل حجم دهنده، جایگزین‌های چربی، شیرین‌کننده‌های مصنوعی و عوامل ضد کلوخه‌ای هستند. عوامل ضد کلوخه در مهار و جلوگیری از کلوخه شدن مواد پودری نقش مهمی را ایفا می‌کنند. برای جلوگیری از کلوخه‌ای شدن مواد غذایی می‌توان از تمامی ترکیباتی که آب را جذب می‌کنند و یا پوشش‌های هیدروفوبیک محافظ بر روی سطح ذرات ماده غذایی ایجاد می‌کنند، استفاده نمود. سیلیکات‌های مختلف مانند سیلیکات آلومینیوم کلسیم، سیلیکات کلسیم و دی‌اکسید سیلیکون و همچنین تری کلسیم فسفات، نمونه‌هایی از عوامل ضد کلوخه‌ای می‌باشند که ممکن است به مواد غذایی پودری اضافه شوند. از دیگر ترکیبات ضد کلوخه‌ای که در صنایع غذایی استفاده می‌شوند می‌توان نشاسته، سیلیکات‌های آلومینیوم و منیزیم (در شیر خشک)، سلولز (در خاک قند)، زئولکس، اکسید سیلیکون، سدیم، پتاسیم و کلسیم هگزاسیانوفرات (II)، کلسیم و منیزیم سیلیکات، سدیم سیلیکو آلومینات، تری کلسیم فسفات و منیزیم کربنات را نام برد [1-3، 21]. این مواد در آب نامحلول هستند و توانایی‌های مختلفی برای جذب رطوبت نشان می‌دهند. میزان استفاده از آن‌ها شباهت به دیگر عوامل ضد کلوخه‌ای دارد (تقریباً 1 درصد سدیم سیلیکو آلومینات در شکر استفاده می‌شود). عوامل ضد کلوخه‌ای در سطوحی که در مواد غذایی استفاده می‌شوند هیچ سمیتی از خود نشان نمی‌دهند [4]. با این حال با استفاده از کنترل مناسب رطوبت پودر و محدوده‌ی دما می‌توان از استفاده نمودن از عوامل ضد کلوخه‌ای اجتناب نمود [22]. هدف از این مقاله مروری بر کاربردهای ترکیبات ضد کلوخه‌ای برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی پودری و همچنین بررسی ویژگی‌های برخی از ترکیبات کلوخه‌ای مورد استفاده در صنایع غذایی است.

### عملکرد عوامل ضد کلوخه‌ای

به طور کلی کارایی مواد جاذب الرطوبه شامل جذب رطوبت اضافی، پوشش دادن ذرات برای ایجاد یک حالت مقاوم به آب و یا به وسیله‌ی استفاده از یک رقیق‌کننده غیر حل شونده ذره‌ای است [4]. عوامل ضد کلوخه‌ای به ترکیبات بی‌اثر پودری بسیار ریز با اندازه کمتر از 10 میکرومتر گفته می‌شود. این ترکیبات با پوشش دادن ذرات پودری بزرگ‌تر و جلوگیری از جذب ذرات توسط یکدیگر و مسدود کردن پل‌های مایع عمل می‌کنند [20]. شکل زیر نشان‌دهنده‌ی اثر استفاده از عوامل ضد کلوخه‌ای در خاک قند است:



شکل 1- الف: نمایی از خاک قند معمولی ب: نمایی از خاک قند کلوخه شده

عوامل ضد کلوخه‌ای مواد اضافه‌شده به پودرهای مواد غذایی هستند که برای جلوگیری از تشکیل کلوخه، توده، و بهبود سیالیت و جریان به این مواد افزوده می‌شوند. در حضور مواد اولیه کریستالی (crystalline)، عوامل ضد کلوخه‌ای ممکن است توسط یکی از چندین مکانیسم زیر عمل کنند: (1) رقابت با پودر میزبان برای رطوبت، (2) ایجاد موانع حفاظتی - رطوبت بر روی سطح ذرات جاذب رطوبت و یا موانع فیزیکی بین ذرات، (3) سطوح صاف برای از بین بردن اصطکاک بین ذرات، (4) مهار رشد کریستال عمده در تشکیل پل جامد [6-9] و [16]. در هنگام استفاده از ترکیبات ضد کلوخه‌ای، برای پوشش مناسب سطوح ذرات بزرگ‌تر، عمل مخلوط کردن حتماً باید به صورت مکانیکی انجام شود. مخلوط کردن آن بدون امکانات مکانیکی ممکن است نتیجه‌بخش نباشد [22].

### بررسی ویژگی‌های برخی از عوامل ضد کلوخه‌ای

کلسیم سلیکات ( $\text{Ca SiO}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ) برای جلوگیری از کلوخه‌ای شدن در بیکیکنگ پودر (بالای 5 درصد)، نمک‌ها (بالای 2 درصد) و دیگر غذاها و مواد اولیه استفاده می‌شود. کلسیم سلیکات تا 2/5 برابر وزنش مایعات را جذب می‌کند و هنوز به صورت آزاد باقی می‌ماند. علاوه بر جذب آب، این ماده به طور مؤثری روغن‌ها و دیگر مواد معدنی غیر قطبی را جذب می‌کند. این مشخصات این ماده را در مخلوط‌های پودری و در ادویه‌جات که شامل روغن‌های ضروری آزاد هستند مفید می‌نماید. نمک‌های کلسیم و منیزیم غذایی اسیدهای چرب بلند زنجیر که از پیه حیوانات مشتق می‌شوند در مشروط سازی سبزیجات، نمک، پیاز و نمک سیر (نمک و پودر سیر مخلوط شده) دی هیدراته شده و در دیگر مواد اولیه غذایی و مخلوط‌هایی که به شکل پودر هستند استفاده می‌شوند [4]. کلسیم یا سدیم ساخارین ترکیب شده با دکستروز و یک عامل ضد کلوخه‌ای ممکن است در شیرین کننده‌ها برای جلوگیری از کلوخه‌ای شدن آن‌ها استفاده شوند [1]. افزودنی‌های غذایی حاوی فسفات کاربردهای مختلفی مانند اسیدی کننده (در نوشیدنی‌های غیرالکلی)، بافری کننده (نوشیدنی‌های مختلف)، پایدار کننده، امولسیون کننده، متصل کننده آب، محافظت در برابر اکسیداسیون و همچنین استفاده به عنوان عوامل ضد کلوخه‌ای دارند. به طوری که می‌توان از آن‌ها به عنوان ترکیب ضد کلوخه در نمک‌ها استفاده نمود [4]. دی‌اکسید سیلیکون ( $\text{SiO}_2$ ) غذایی و کلسیم فسفات ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) به عنوان ترکیباتی ایمن، سالم و بی‌خطر به رسمیت شناخته شده‌اند و از این ترکیبات به عنوان عوامل ضد کلوخه شدن در صنایع غذایی استفاده می‌شود [17، 18]. همچنین کلسیم استنارات اغلب برای جلوگیری از کلوخه‌ای شدن، بهبود جریان آزاد در طی فرآوری و برای اطمینان از کلوخه‌ای نشدن در طی دوره ماندگاری محصول نهایی به غذاهای پودری اضافه می‌شوند. کلسیم استنارات به طور قطع نامحلول در آب است اما به ذرات می‌چسبد و یک پوشش ضد آب برای ذرات ایجاد می‌نماید. پودرهای تجاری استنارات دارای چگالی حجمی بالایی هستند و دارای مساحت سطح بالایی هستند که استفاده از آن‌ها را به عنوان مشروط کننده (2/5-0/5 درصد) از لحاظ اقتصادی توجیه می‌کند. کلسیم استنارات همچنین به عنوان یک روان کننده در تولید آب‌نبات‌های قرصی کاربرد دارد [4]. مانیتول به عنوان یک ترکیب هموکنانت و همچنین یک ترکیب ضد کلوخه‌ای در غلات صبحانه استفاده می‌شود. سترات آمونیوم آهن نیز می‌تواند به عنوان یک ترکیب ضد کلوخه‌ای در نمک مورد استفاده برای انسان‌ها با مقادیر کمتر از 25 پی پی ام در محصول نهایی استفاده شود. پتاسیم اسید تارتارات نیز می‌تواند به عنوان یک ترکیب ضد کلوخه‌ای استفاده شود [19]. از نشاسته ذرت به میزان 3 درصد در شکر به عنوان عوامل ضد کلوخه‌ای استفاده می‌شود [4].

### تأثیر استفاده از عوامل ضد کلوخه‌ای در محصولات گوشتی

عمر ماندگاری و ذخیره‌سازی گوشت و محصولات گوشتی اغلب توسط فرآیندهای اکسیداتیو که باعث ایجاد تغییر رنگ از قرمز به قهوه‌ای و/ یا توسعه طعم نامطبوع و فاسد (rancid) می‌شوند، محدود شده است. عوامل مؤثر بر تغییرات اکسیداتیو متفاوت هستند و بنابراین علاقه زیادی توسط تولید کنندگان محصولات گوشتی به عواملی که ممکن است مدت‌زمان ذخیره‌سازی محصولات تولیدی را افزایش



دهد، وجود دارد. از این رو، طی پژوهشی توسط میکلسن و اسکایستد، تأثیر نمک (NaCl) و عامل ضد کلوخه شدن  $K_4Fe(CN)_6$  (پتاسیم فروسیانید) بر پایداری اکسیداتیو گوشت خوک چرخ شده، که به عنوان یک محصول حساس به اکسیداسیون در طول ذخیره سازی در فریزر است، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، نشان داده شده است که  $K_4Fe(CN)_6$  ممکن است به عنوان یک پراکسیدان (prooxidant) با توجه به چربی‌ها و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان با توجه به ثبات و پایداری رنگ دانه در محصولات گوشتی، عمل کند که در نتیجه می‌توان  $K_4Fe(CN)_6$  را به عنوان یک عامل ضد کلوخه شدن در نمک اضافه شده در این دسته از محصولات دانست، که نیز تأثیر زیادی بر افزایش عمر ماندگاری و کیفیت آن‌ها دارند [5].

### تأثیر استفاده از عوامل ضد کلوخه‌ای در پنیر رنده شده

پودر سلولز میکرو کریستال برای جلوگیری از به هم چسبیدن پنیر رنده شده یا ذره‌ای استفاده می‌شود [4]. پنیر خرد شده معمولاً با یک عامل ضد کلوخه شدن پوشش داده شده می‌شود تا از به هم چسبیدن خورده‌های (تکه‌های) آن و نیز تشکیل کلوخه در این محصول جلوگیری شود. پودر سلولز میکرو کریستال، نشاسته یا پودرهای نشاسته معمولاً به عنوان ترکیبات ضد کلوخه شدن استفاده می‌شوند [15]. طی پژوهشی که در سال 2002 توسط الایداس و بارینجر انجام شد از ترکیبات ضد کلوخه شدن به همراه عوامل ضد قارچ برای پوشش دادن پنیر رنده شده استفاده شد و نتایج حاصل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری محصول را با به کار بردن عوامل ضد کلوخه شدن و عوامل ضد قارچ نشان داد [14].

### تأثیر استفاده از عوامل ضد کلوخه‌ای به صورت ترکیبی باهم بر روی ویژگی‌های کلی مواد غذایی

تنها تعداد اندکی از پژوهش‌ها به بررسی ثبات و پایداری پودرهای کریستالی و تأثیر ترکیب کردن آن‌ها با عوامل ضد کلوخه شدن پرداخته‌اند [10-12]. طی پژوهشی که در سال 2012 توسط لپاسک و همکاران انجام شد، تعیین اثرات عوامل ضد کلوخه شدن مختلف و نیز تأثیر ترکیب کردن آن‌ها باهم، در خصوصیات رفتار جذب رطوبت، سیالیت، و کلوخه شدن مواد تشکیل دهنده مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از سه ترکیب ضد کلوخه شدن شامل دی‌اکسید سیلیکون، کلسیم سیلیکات، و کلسیم استنارات استفاده شد. کلسیم استنارات مؤثرترین عامل ضد کلوخه شدن شناخته شد. به کار بردن ترکیبی عوامل ضد کلوخه شدن، تأثیر حاصل از آن‌ها را افزایش داده و می‌توانند از تماس و به هم پیوستن کریستال‌ها جلوگیری کنند [13].

### نتیجه گیری

همان‌طور که مشاهده شد تاکنون ترکیبات بسیاری به عنوان ترکیبات ضد کلوخه‌ای شناخته شده‌اند و بسیاری از آن‌ها در صنایع غذایی برای جلوگیری از توده‌ای شدن مواد غذایی پودری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته اثر عوامل ضد کلوخه‌ای تا به امروز در مواد غذایی مختلفی مانند محصولات گوشتی، پنیر رنده شده و ... مورد آزمایش قرار گرفته است، اما با این حال تحقیقات انجام شده در این حوزه از علم هنوز هم تعداد اندکی است، بنابراین می‌توان چنین گفت که استفاده از عوامل ضد کلوخه‌ای در بسیاری از مواد غذایی هنوز مورد آزمایش قرار نگرفته است و می‌تواند موضوع تحقیق برای پژوهش‌های آینده باشد.





منابع

1. Vickie, A. and Vaclavik, C., 2008. Essentials of Food Science. Springer.
2. Anklam, E., 2005. H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle: Food Chemistry. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 382(1), pp.10-11.
3. DeMan, J.M., Finley, J.W., Hurst, W.J. and Lee, C.Y., 1999. Principles of food chemistry (pp. 111-162). Gaithersburg, MD: Aspen Publishers.
4. Owen R. Fennema., 1996. Food chemistry (3rd ed.). University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin.
5. Hansen, T.B., Skibsted, L.H. and Andersen, H.J., 1996. The influence of the anticaking agent potassium ferrocyanide and salt on the oxidative stability of frozen minced pork meat. Meat science, 43(2), pp.135-144.
6. Aguilera, J., del Valle, J. and Karel, M., 1995. Caking phenomena in amorphous food powders. Trends in Food Science & Technology, 6(5), pp.149-155.
7. Hollenbach, A.M., Peleg, M. and Rufner, R., 1983. Interparticle surface affinity and the bulk properties of conditioned powders. Powder Technology, 35(1), pp.51-62.
8. Peleg, M., 1977. Flowability of food powders and methods for its evaluation—a review. Journal of Food Process Engineering, 1(4), pp.303-328.
9. Peleg, M. and Hollenbach, A.M., 1984. Flow conditioners and anticaking agents. Food Technology (USA).
10. Chen, Y.L. and Chou, J.Y., 1993. Selection of anti-caking agents through crystallization. Powder Technology, 77(1), pp.1-6.
11. Sarig, S., Fuchs, J. and Kahara, F., 1987. Reduction of crystal surface roughness to augment anti-Caking Properties. Crystal Research and Technology, 22(1), pp.133-139.
12. Peleg, M. and Mannheim, C.H., 1973. Effect of conditioners on the flow properties of powdered sucrose. Powder Technology, 7(1), pp.45-50.
13. Lipasek, R.A., Ortiz, J.C., Taylor, L.S. and Mauer, L.J., 2012. Effects of anticaking agents and storage conditions on the moisture sorption, caking, and flowability of deliquescent ingredients. Food research international, 45(1), pp.369-380.
14. Elayedath, S. and Barringer, S.A., 2002. Electrostatic powder coating of shredded cheese with antimycotic and anticaking agents. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3(4), pp.385-390.
15. Hamilton-Miller, J.M.T., 1974. Fungal sterols and the mode of action of the polyene antibiotics. In Advances in applied microbiology (Vol. 17, pp. 109-134). Academic Press.
16. Lipasek, R.A., Ortiz, J.C., Taylor, L.S. and Mauer, L.J., 2012. Effects of anticaking agents and storage conditions on the moisture sorption, caking, and flowability of deliquescent ingredients. Food research international, 45(1), pp.369-380.
17. Yang, Y., Faust, J.J., Schoepf, J., Hristovski, K., Capco, D.G., Herckes, P. and Westerhoff, P., 2016. Survey of food-grade silica dioxide nanomaterial occurrence, characterization, human gut impacts and fate across its lifecycle. Science of the Total Environment, 565, pp.902-912.
18. Chang, L.S., Karim, R., Abdulkarim, S.M., Yusof, Y.A. and Ghazali, H.M., 2018. Storage stability, color kinetics and morphology of spray-dried soursop (*Annona muricata* L.) powder: effect of anticaking agents. International journal of food properties, 21(1), pp.1937-1954.
19. Branen, A.L., Davidson, P.M., Salminen, S. and Thorngate, J., 2001. Food additives. CRC Press.
20. Bhandari, B., 2013. Introduction to food powders. In Handbook of food powders (pp. 1-25). Woodhead Publishing.



21. PELEG, M. and HOLLENBACH, A.M. 1984, Flow conditioners and anticaking agents. Food Technology March: 93-99.
22. YOKOYAMA, T. 2006, Fluidity of powder. In Masuda, H., Higshitani, K. and Yoshida, H. (eds), Powder Technology Handbook , Third edition, CRC Press, FL: 349-359.



## Application of anticaking compounds to maintain quality and increase shelf life of powdered foods

Peyman Ebrahimi<sup>\*1</sup>, Tahere Zabihpour<sup>2</sup>, Seyed Ahmad Shahidi<sup>3</sup>

1. M.Sc student, Department of food sciences and technology, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran .
2. PhD student, Department of food sciences and technology, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
3. Associate Professor, Department of food sciences and technology, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

### Abstract

There are many powdered food products that absorb moisture and turn into aggregated forms. Anti-caking agents are used to prevent this undesirable reaction from happening. Many compounds such as calcium and magnesium silicate, sodium silicoaluminate, tricalcium phosphate and magnesium carbonate, etc have anti-caking properties. Totally, anti-caking agents are called inert micro-powders with a size of fewer than 10  $\mu\text{m}$ . In this study, the applications of anti-caking compounds to maintain the quality and shelf-life of powdered food products was investigated. Finally, it was concluded that the use of these compounds in foodstuffs was necessary to prevent disruption of their appearance.

**Key words:** Anti-caking, powdered food products, sodium silicoaluminate

\*Corresponding author: Peyman Ebrahimi  
E-mail: peymanebrahimi73@yahoo.com