



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

IDF Factsheet 15/2020

IDF ファクトシート 2020 年 11 月

チーズ中に含まれる天然由来の硝酸塩

要約

硝酸塩は、チーズ中に天然に含まれている物質である。チーズ製造プロセス中における硝酸塩の添加は一般的ではないが、チーズの品質に影響する特定の腐敗細菌の発生を制御する目的で添加されることがある。特定のチーズ品種において添加された場合でも、熟成過程において自然に分解され、最終的な硝酸塩および亜硝酸塩の含有量はわずかなものとなり、チーズの品質としては良好なままである。以下のファクトシートでは、チーズ中に含まれる天然由来の硝酸塩についての概要と、現代のチーズ製造現場において、どのような形で硝酸塩や亜硝酸塩を添加しなくて良くなったのかについて記載する。

背景

生乳には硝酸塩は 1~5 mg/L、亜硝酸塩は 0.1 mg/L 未満含有していると推定されている (1)。これらの実際の含有量は、乳牛の飼料の原料に依存する (2, 3)。かつて、乳製品製造機器に使用された洗浄剤や除菌剤の残留により、意図しない硝酸塩汚染が報告された (1, 4)。このような事態を避けるために、適正製造規範に基づき、良好な条件での製造を行わなければならない。また、植物由来の食材であるトリュフやハーブ、香辛料等には、硝酸ナトリウムが多く含まれており、チーズスプレッドやプロセスチーズといった特定のチーズに添加された場合、当該食品中の硝酸塩や亜硝酸塩含有量を増やす原因となる。

チーズ製造時の硝酸塩および亜硝酸塩の役割

1830 年代以降、硝酸ナトリウムまたは硝酸カリウムは特定のチーズの製造に使用されており、亜硝酸ナトリウムまたは亜硝酸カリウムと組み合わせて使用されることもある (6)。硝酸塩は、ホエーの大部分が取り除かれた後に、カードやホエーの混合物に添加されることが多く、亜硝酸塩の前駆体となる。この添加はチーズ中の硝酸塩濃度

IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

を劇的に増やすことになるが、熟成期間中において硝酸塩濃度は微量レベルまで減少し続け、最終的に、完成したチーズ中の亜硝酸塩濃度は低濃度に (<1 mg/kg) 落ち着く (7, 8, 5)。これらの化合物は、スイートカードタイプのチーズにおいて、*Clostridium tyrobutyricum* の芽胞の発芽を防止する。

Clostridium butyricum および *Cl. tyrobutyricum* は、家畜の飼料に使用されるサイレージ中に存在する。これらの細菌は、飼料 1 グラムあたり 105 個の芽胞が含まれている可能性があり、これらは乳に移行する恐れがある。初期 pH 値が高く (>5.8)、塩の吸収速度が遅く (2~3 日の塩漬)、温度が高い (>7°C) 条件で保存されているチーズは、*Cl. butyricum* および *Cl. Tyrobutyricum* が増殖しやすい (9、10、11)。

硝酸塩や亜硝酸塩がクロストリジウムの増殖や発芽を阻害するメカニズムは完全には解明されていないが、一酸化窒素 (NO)、三酸化二窒素 (N₂O₃)、ペルオキシナイトライト (ONOO⁻)、二酸化窒素 (NO₂) などの反応性中間体の濃度に依存すると考えられている (図 1)。これらの化合物は、N-ニトロシル化、S-ニトロシル化、ジスルフィド形成、脂質過酸化を介していくつかの標的分子や構造に作用し、クロストリジウムの細胞機能に悪影響を与える (12)。

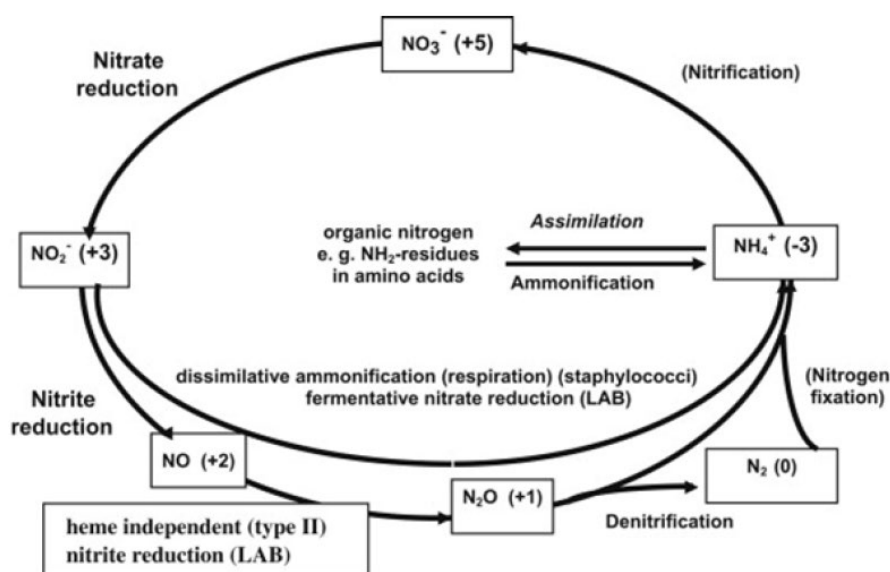


図 1 窒素のサイクル

IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

硝酸塩および亜硝酸塩欠乏時の潜在的な品質劣化

チーズの異常発酵や膨脹といった品質劣化は、チーズ中の *Cl. Tyrobutyricum* 芽胞による酪酸発酵、すなわち酪酸菌由来の乳酸塩から酪酸塩、二酸化炭素、および水素への反応を経て発生する。そして、蓄積されたガスの圧力により、チーズの割れや膨脹（図 2）が発生し、かつ不快な香りとランシッド臭を伴う。なお、この細菌は、ヒトや動物には無害である。他のサイレージに起因するクロストリジウム種、例えば、*Cl. beijerinckii*、*Cl. sporogenes* や *Paenibacillus* 種の芽胞が含まれた牛乳から製造されたチーズでは膨脹は発生しない。

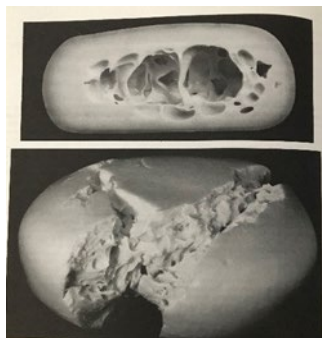


図 2. スイートカードタイプチーズにおける膨脹の一例 (9)

硝酸塩および亜硝酸塩が健康に与える影響

チーズ製造に用いる乳に対し、硝酸塩を使用する習慣はしばしば疑問視されている。理由として、食品中の残留硝酸塩は、唾液中の細菌によって亜硝酸塩に還元される。そして、特定の条件下、例えば胃の中の酸性の条件や熱処理によって二次的なアミンと反応してニトロソアミンが形成されるためである (13)。食品中の二次的な生体アミンに由来するニトロソアミンは、細菌の脱炭酸により、タンパク質や遊離アミノ酸を多く含む製品に形成されることが知られている。

N-ニトロソ化合物の生成は、ニトロソ化が可能な化合物の存在によって促進され、ビタミン C や他の抗酸化物質によって阻害される。ニトロソ化合物は、ヒトに対して発がん性の可能性がある物質として分類されている (13)。そのため、硝酸塩および亜硝酸塩の 1 日の許容摂取量は、体重 1kg あたり 1 日あたり硝酸塩 0~3.7mg および亜硝酸塩 0.06 mg に設定されている (14)。



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

CODEX 食品添加物一般規格 (15) は、チーズの製造における硝酸ナトリウムおよび硝酸カリウムの使用は安全とみなしている一方、チーズ中の残留硝酸塩の最大許容レベルを 35 ppm に制限している。また各国において、その規制の在り方は異なる (表 1)。

表 1 各国での硝酸塩・亜硝酸塩の最大許容量

国	硝酸塩・亜硝酸塩の最大許容量 (g)	参考文献
ブラジル	100L中の牛乳に20 gの硝酸塩	(16)
カナダ	<ul style="list-style-type: none"> 特定のチーズを製造する用途で用いられる、乳および乳製品において200 mg/kg なお、製造したチーズ中に50 mg/kgを超える残留硝酸塩が含まれないこと 	(17)
アメリカ合衆国	チーズ中における、添加剤としての使用は許可されていない	(18)
EU	<ul style="list-style-type: none"> ハード、セミハード、よびセミソフトタイプの熟成チーズに限り、乳中に硝酸ナトリウムとして150 mg/kg オーガニックチーズには使用できない 	(19)

硝酸塩とその分解化合物の測定は、法令遵守のために非常に重要である。長年にわたり、チーズ中の硝酸塩の抽出、感度、検出限界の改善という点で、分析方法の改良が行われてきた (5、7、20、21、22)。しかし、硝酸塩の分解化合物は非常に不安定であり、すぐに他の化合物に還元されてしまう。また、その化合物が天然に存在していたのか、チーズ製造中に添加されたものなのかを判別することは不可能である (5)。Genualdi らは、チーズ中に天然に存在する硝酸塩および亜硝酸塩が、保存料の添加無しでそれぞれ<10 mg/kg および<0.1 mg/kg 程度含まれていることを発見した (5)。

チーズ中の硝酸塩・亜硝酸塩を少なくするための取り組み

硝酸ナトリウムの使用は特定の種類のチーズ製造に役立つが、多くの国のチーズ製造業者は、牧場の衛生状態が改善されたため、硝酸化合物の使用を中止したり、使用量を少なくしながらも生乳中の芽胞の数を減らすことに成功した。*Cl. tyrobutyricum* を除去することが最も重要であり、サイレージを与えていない牛の乳を使用するか、良質のサイレージを与え、牛舎内の衛生状態を維持することで、搾乳時の *Cl. tyrobutyricum* の混入を回避することができる。標準的な生乳低温殺菌処理では芽胞を除去することはできないが、バクトフェージ (10,000×g)、または精密ろ過により芽胞の数を減少させることができ、硝酸塩化合物の必要性を回避することができる。



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

バクトフェージは、もともと牛乳に存在する嫌気性芽胞の 98.7%を除去する。バクトフェージによる処理を 2 回実施することで、嫌気性芽胞を 99%以上除去できる (23)。

バクテリオシン (ナイシンを含む) は *Cl. tyrobutyricum* の芽胞増殖を防ぐために一部の国々で使用されている。米国を含むいくつかの国々では、*Cl. tyrobutyricum* または *Cl. Botulinum* の芽胞増殖を抑制するためにチーズスプレッドに使用することが承認されている (24)。リソザイムは、*Cl. tyrobutyricum* の芽胞の増殖を抑制するためにしばしば使用される (6)。さらに、チーズの品種が、より高い塩分含有量 (水層の塩分が 5%以上) で、かつより低い温度 (<7°C) でより熟成させることが可能となった場合、酪酸発酵を制御するための手段となりうる (6)。

チーズ中の硝酸塩・亜硝酸塩と人の食事

野菜、特に葉物野菜は、ヒトにおける食事由来の硝酸塩の主要な供給源であり、総硝酸塩摂取量の 60~80%を占めている。硝酸塩の他の供給源として、飲料水 (15~20%) や、硝酸塩と亜硝酸塩が、保存料として風味や色を高めるために添加されている動物性製品 (10~15%) を含むその他の食品がある (26)。葉物野菜には硝酸塩が多く含まれているため、欧州委員会規則 (EC) No.1881/2006 (19) では、乳製品に比べてはるかに高い硝酸塩レベルの制限値が設定されている (表 2)。興味深いことに、ヒトにおける亜硝酸塩の最大の供給源 (約 93%) は、ヒトの体内に内在するものであり、唾液中に存在している (27)。

表 2 植物性の食品に含まれている硝酸量の最大値 (19)

食料品	硝酸塩含有量 (mg/kg)
生ホウレンソウ	3500
生レタス	3000 ~ 5000 (収穫時の生育状況による)
ルッコラ	6000 ~ 7000 (収穫した時期による)
穀物を原材料とした加工食品	200



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

総括

現在硝酸塩は一般的にチーズ製造工程では使用されないが、仮に使用された場合、速やかに他の化合物（一酸化窒素、二酸化窒素、窒素ガスを含む）に分解され、その量は微量となる。牧場で得られる乳の乳質は一貫して改善されてきており、これ自体が製造されたチーズの膨張による品質不良を防ぐ上で重要な要素となっている。チーズ中の残留硝酸塩および亜硝酸塩の量は、人間の食生活で採取される硝酸塩および亜硝酸塩の主要な摂取源とはならず、1日の許容摂取量（体重1 kg あたり 0~3.7 mg の硝酸塩および 0~0.06 mg の亜硝酸塩）を超えることには繋がらない（14）。しかし、酪農業界の関係者は、消費者に最高品質のチーズを保証するために、酪農におけるサイレージの品質や搾乳衛生環境、チーズ製造施設における製造手法が高い水準であるように、厳しい努力を続けなければならない。

謝辞

このファクトシートは、Praveen Upreti（米国）と Allen Sayler（米国）の指揮のもと、乳業科学・技術常設委員会の協力を得て、食品添加物常設委員会が作成したものである。

References

- (1) Indyk, H., and Woolard, D 2011. Contaminants of milk and dairy products: nitrates and nitrites as contaminants. 2nd ed. San Diego: Academic Press.
- (2) Topçu, A., A. A. Topçu, I. Saldamli, and Yurttagül, M Determination of nitrate and nitrite content of Turkish cheeses. Afr. J. Biotechnol. Vol. 5(15): 1411-1414 (2006)
- (3) Cristea, C. Study of the Level of Nitrates/Nitrites in Milk Products from Braşov County. J.M.B. nr. 2, p. 28 (2008)
- (4) Tibulcă, D., M. Jimborean, and Tibulcă, A. Research on evolution of nitrite ad nitrate content regarding milk processing in scalded cheese. Rom Biotechnol. Lett. 24(5): 770-775 (2011)
- (5) Genualdi, S., N. Jeong, and DeJager, L. Determination of endogenous concentrations of nitrites and nitrates in different types of cheese in the United States: method development and validation using ion chromatography. Food Additives & Contaminants. 35(4): 615-623. (2018)
- (6) Walstra, P., J. T. M. Wouters, and T. J. Geurts. Microbial Defects. Dairy Science and Technology. 2nd edition. p681-683. (1999)
- (7) Gray, J. I., Irvine, D. M and Kakuda. Y. Nitrates and N-Nitrosamines in Cheese. J. Food Prot. 42(3): 263-272. (1979)
- (8) Munksgaard, L, and Werner. H. Fate of nitrate in cheese. Milchwissenschaft. 42: 216-219 (1987)



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

(9) Kosikowski, F. V. Control of Spoilage Bacteria in Cheese Milk. Cheese and Fermented Milk Foods. 2nd Edition. F. V. Kosikowski and Associates p292 (1982)

(10) Fox, P. F., and McSweeney, P. L. H. Cheese: An overview. Cheese Chemistry, Physics, and Microbiology. Vol. 1 General Aspects. Editors P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, and T. P. Guinee. 3rd edition. Elsevier Academic Press. p292 (2004)

(11) Sheehan, J. J. Cheese: Avoidance of gas blowing in Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition. p661-666 (2011)

(12) Hammes, W.P. Metabolism of nitrate in fermented meats: the characteristic feature of a specific group of fermented foods. Food Microbiology. 29:151-156. (2012)

(13) IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 94.) (2010) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK326544/>

(14) European Food Safety Authority. Nitrate in vegetables: scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA J. 689: 1-79 (2008)

(15) Codex Alimentarius – General Standard for Food Additives. FAO/WHO Joint Publications (accessed 2020 May 28). (2012)

(16) Government of Brazil. Compêndio da legislação de alimentos. Consolidação das normas e padrões de alimentos; Ministério da Saúde, Abia: Rio de Janeiro (1991)

(17) Government of Canada. List of Permitted Food Additives. Available at: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-safety/food-additives/lists-permitted/11-preservatives.html> (2020)

(18) Code of Federal Regulations Title 21 PART 172 - Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption (§ 172.170) and for Sodium nitrite in (§ 172.175)

(19) European Commission. Commission Regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs. Off. J. Eur. Comm. L320: 15-17. (2011)

(20) Glória, M. B. A., Vale, S. R., Vargas, O. L., Barbour, J. F. and Scanlan, J. F. Influence of Nitrate Levels Added to Cheesemilk on Nitrate, Nitrite, and Volatile Nitrosamine Contents in Gruyere Cheese. J. Agric. Food Chem. 45: 3577-3579 (1997)

(21) Kyriakidis, N. B., K. Tarantili-Georgiou, and E. Tsani-Batzaka. Nitrate and Nitrite Content of Greek Cheeses. J. Food Comp. Analysis. 10: 343-349 (1997)

(22) International Dairy Federation, International Organisation for Standardisation. ISO 14673-1,2,3|IDF 189-1,2,3:2004. Milk and milk products - Determination of nitrate and nitrite contents. Brussels (Belgium). Geneva (Switzerland); [accessed 14 July 2020], https://store.fil-idf.org/?s=14673&post_type=product (2004)

(23) Brändle, J., K. J. Domig, and W. Kneifel. Relevance and analysis of butyric acid producing clostridia in milk and cheese. Food Control. 67: 96-113. (2016)

(24) Egan, K., D. Field, M. C. Rea, R. P. Ross, C. Hill, and P. D. Cotter. Bacteriocins: novel solutions to age old spore-related problems? Frontiers in Microbiology. Vol. 7, Article 461 (2016)



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets> より

<https://www.fil-idf.org/wp-content/uploads/2020/11/IDF-Fact-Sheet---naturally-occurring-nitrates-in-cheese.pdf>

(26) Weitzberg, E. and J. O. Lundberg. Novel Aspects of Dietary Nitrate and Human Health. Annual Review of Nutrition. 33:129-159 (2013).

(27) Sindelar, J. J., and Milkowski, A. L. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. Nitric Oxide. 26(4):259-266. (2012)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1089860312000547?via%3Dihub>

(28) Lindström M., Myllykoski J., Sivelä S., & Korkeala H. Clostridium botulinum in Cattle and Dairy Products, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50:4, 281-304 (2010)

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408390802544405>

翻訳：稗田直人（JIDF 食品規格専門部会委員）

編者注：仮訳の正確性、完全性、有用性等についてはいかなる保証をするものではありません。参考資料として扱い、内容に疑義が生じた場合は英文の原文をご確認ください。