

＝調 査＝

菓子製造工場の生産中と停止中における微生物汚染状況

稲津早紀子[†]・青木瀬那・松永藤彦

(^{*1}東洋食品工業短期大学)

(受付: 平成30年2月19日)

(受理: 平成30年5月7日)

Survey of Microbial Contamination in a Confectionery Plant at Full Operating and Non-operating Period

Sakiko INATSU[†], Sena AOKI and Fujihiko MATSUNAGA

(^{*1}Toyo College of Food Technology, Minamihanayashiki, Kawanishi-shi, Hyogo 666-0026; [†]Corresponding author)

緒 言

食品製造工場において一般的衛生管理は、食品の安全性確保の基本となる。一般的衛生管理を確実に行うためには、微生物による汚染程度の把握が欠かせない。我々は近年、さまざまな包装食品の製造現場で環境調査を行い、微生物汚染状況の把握と一般的衛生管理の改善に取り組んできた^{3,4)}。

今回、調査の対象とした菓子製造工場は、多品種少量生産で、繁忙期には多くの作業従事者が製造に携わる。環境調査で検出される微生物は、調査時期、工場の換気量、稼働状況、作業従事者の人数や動きに左右される^{1, 6, 8, 10, 11)}。そこで繁忙期の生産中と閑散期の生産停止中に環境調査（浮遊菌検査・塵埃検査・拭き取り検査）を実施し、異なる状況下での微生物汚染の挙動を検証した。

材料および方法

1. 調査対象工場、調査時期および生産工程

今回の調査は、菓子製造工場内（面積約750 m²、天井高約5 m、繁忙期の生産従事者数約60名）のカップ入り二層ゼリーの製造ラインに焦点を当て、浮遊菌検査、塵埃検査、拭き取り検査を行った。実施時期は、繁忙期の生産中と閑散期の生産停止中である（図1）。サンプリング時は無塵衣・手袋・マスク・ヘッドキャップを着用した。

工場内で生産されるカップ入り二層ゼリーの原料は原料管理室で保管される。原料を計量室で計量した後、下

層部は平釜で炊き上げ、下層充填機でカップに充填し、下層冷却場所で冷却する。上層部はパステライザーで炊き上げ、上層充填機で冷却後の下層部上に充填する。上層部にはフルーツがトッピングされるが、それらは缶開け機で開缶後、カット台でカットし、保存冷蔵庫内で保存していたものを上層充填時にトッピングする。その後、製品は低温殺菌槽で低温殺菌され、冷却槽で冷却される。各検査はこれらの工程に関連する箇所で行った（図2, 3）。

2. 浮遊菌検査

浮遊菌検査は、生産工程の動線を考慮した10カ所で実施した（図2）。一般生菌の検査では、エアサンプラー（BASIC AIR, IUL instruments）にサニスペック標準寒天培地（アズワン）を取り付け、所定の位置で空気を200 L吹き付けた。その後、35±1℃の好気条件下で48時間培養し、200 Lあたりのコロニー形成数（CFU/200 L）を計測し、一般生菌数とした。

真菌の検査では、CP加ポテトデキストロース寒天培地（アズワン）を用い、培養は25±1℃の好気条件下で10日間行った。

3. 塵埃検査

塵埃検査は浮遊菌検査と同じ検査箇所で行った（図2）。パーティクルカウンター（ハンドヘルドパーティクルカウンター HHPC6+型、ハックウルトラ）を用いて14.2 L相当の空気を採取し、粒径区分0.5 μmにおける1 Lあたりの塵埃数（個/L）を算出した。測定は2回行い、平均値を算出した。

4. 拭き取り検査

拭き取り検査は、生産時に使用する機器類6カ所で実施した（図3）。繁忙期の生産中での機器類の拭き取りについて、下層炊き上げ用平釜内面、下層充填機タンク

連絡先

[†] ☎666-0026 兵庫県川西市南花屋敷4-23-2



図1. 繁忙期生産中の様子（左）と閑散期生産停止中の様子（右）

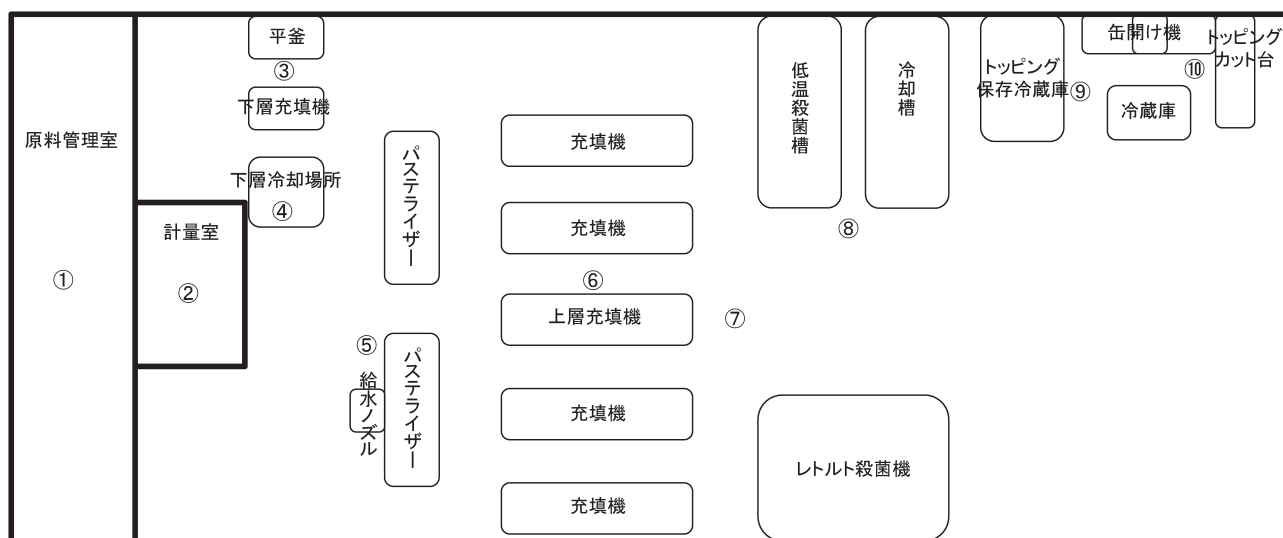


図2. 菓子製造工場内の見取り図および浮遊菌・塵埃検査箇所
 浮遊菌検査および塵埃検査はカップ入り二層ゼリーの生産工程の動線を考慮した10カ所で実施した。原料管理室(①), 計量室(②), 下層を炊き上げる平釜の前(③), 下層を冷却する場所(④), 上層を炊き上げるパステライザーの前(⑤), 上層充填機の横(⑥), 製品出口付近(⑦), 低温殺菌槽・冷却槽前(⑧), 缶開け機の付近(⑨), トッピングカット台の前(⑩)。

内面および缶開け機の刃は工程終了後に行った。このとき、平釜と下層充填機はアルカリ性洗剤エクリン41号SP(理工協産)で洗浄しており、缶開け機の刃は水洗後であった。上層炊き上げ用パステライザー内面と上層充填機タンク内面は工程作業中に行った。所定の位置を滅菌綿棒(ふきふきチェックIII, 栄研化学)で拭き取り、綿棒を直接サニスベック標準寒天培地に塗抹し、 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ の好気条件下で48時間培養した。その後、拭き取り箇所あたりのコロニー形成数(CFU/検査箇所)を計測し、一般生菌数とした。

結 果

1. 浮遊菌検査

繁忙期の生産中に浮遊菌検査を行ったところ、一般生菌について、①原料管理室では6 CFU/200 L, ②計量室では18 CFU/200 L, ③下層炊き上げ用平釜前では120 CFU/200 L, ④下層冷却場所では83 CFU/200 L,

⑤上層炊き上げ用パステライザー前では74 CFU/200 L, ⑥上層充填機横では92 CFU/200 L, ⑦製品出口付近では89 CFU/200 L, ⑧低温殺菌槽・冷却槽前では47 CFU/200 L, ⑨缶開け機付近では27 CFU/200 L, ⑩トッピングカット台前では23 CFU/200 Lの一般生菌が検出された(表1)。閑散期の生産停止中では、検出された一般生菌数は5~21 CFU/200 Lとなり、①原料管理室以外の箇所では繁忙期の生産中に検出された一般生菌数を下回った(表1)。

真菌については、繁忙期の生産中では42~92 CFU/200 L, 閑散期の生産停止中では28~79 CFU/200 Lとなった(表1)。

2. 塵埃検査

繁忙期の生産中に粒径区分0.5 μm の塵埃検査を行ったところ、①原料管理室では5,466個/L, ②計量室では19,030個/L, ③下層炊き上げ用平釜前では49,085個/L, ④下層冷却場所では42,570個/L, ⑤上層炊き上げ用パ

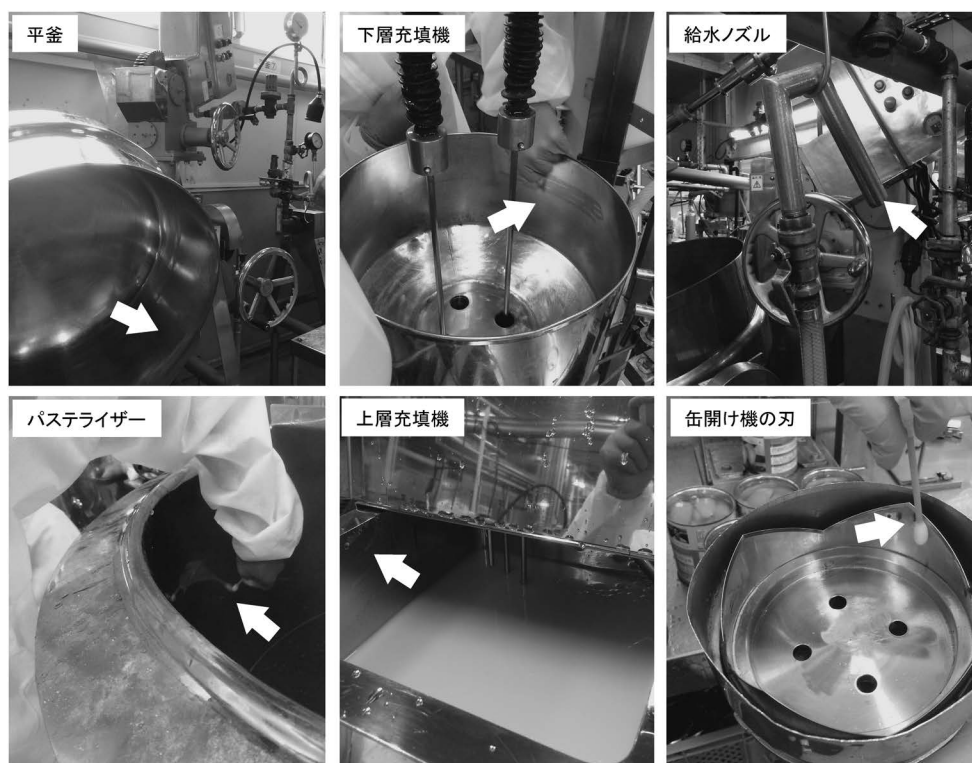


図3. 拭き取り検査箇所

下層炊き上げ用平釜の内面, 下層充填機のタンク内面, 脱塩素水を給水するノズルの内面, 上層炊き上げ用パステライザーの内面, 上層充填機のタンク内面, 缶開け機の刃の6カ所で拭き取り検査を行った。

表1. 繁忙期の生産中または閑散期の生産停止中に実施した浮遊菌検査で検出された一般生菌数と真菌数

検査箇所	一般生菌数(CFU/200 L)		真菌数(CFU/200 L)	
	繁忙期の生産中	閑散期の生産停止中	繁忙期の生産中	閑散期の生産停止中
①原料管理室	6	12	92	45
②計量室	18	11	69	45
③下層炊き上げ用平釜前	120	15	56	65
④下層冷却場所	83	18	66	73
⑤上層炊き上げ用パステライザー前	74	17	72	79
⑥上層充填機横	92	21	69	62
⑦製品出口付近	89	13	67	46
⑧低温殺菌槽・冷却槽前	47	8	45	41
⑨缶開け機付近	27	5	42	33
⑩トッピングカット台前	23	10	49	28

表2. 繁忙期の生産中または閑散期の生産停止中に実施した塵埃検査で検出された粒径区分0.5 μm の塵埃数

検査箇所	塵埃数 (個/L)	
	繁忙期の生産中	閑散期の生産停止中
①原料管理室	5,466	5,597
②計量室	19,030	4,575
③下層炊き上げ用平釜前	49,085	7,370
④下層冷却場所	42,570	7,361
⑤上層炊き上げ用 パステライザー前	55,528	7,082
⑥上層充填機横	73,825	7,651
⑦製品出口付近	101,855	7,189
⑧低温殺菌槽・冷却槽前	35,618	8,061
⑨缶開け機付近	17,581	7,808
⑩トッピングカット台前	10,795	7,146

パステライザー前では55,528個/L, ⑥上層充填機横では73,825個/L, ⑦製品出口付近では101,855個/L, ⑧低温殺菌槽・冷却槽前では35,618個/L, ⑨缶開け機付近では17,581個/L, ⑩トッピングカット台前では10,795個/Lであった(表2)。

閑散期の生産停止中は, ①原料管理室では5,597個/Lとなり繁忙期の生産中と同程度であるが, それ以外の検査箇所では4,575~8,061個/Lとなり繁忙期の生産中に検出された塵埃数を下回った。検査箇所間の変動は少なかった(表2)。

3. 拭き取り検査

繁忙期の生産中に拭き取り検査を行ったところ, 下層炊き上げ用平釜内面からは拭き取り箇所あたり1コロ

表3. 繁忙期の生産中または閑散期の生産停止中に実施した拭き取り検査で検出された一般生菌数

検査箇所	一般生菌数 (CFU/拭き取り箇所)	
	繁忙期の 生産中	閑散期の 生産停止中
下層炊き上げ用平釜内面	1	254
下層充填機タンク内面	0	123
脱塩素水給水ノズル内面	26	177
上層炊き上げ用パステライザー内面	0	1
上層充填機タンク内面	242	7
缶開け機の刃	> 3,000	> 3,000

ニー、下層充填機タンク内面から0コロニー、脱塩素水給水ノズル内面から26コロニー、上層炊き上げ用パステライザー内面から0コロニー、上層充填機タンク内面から242コロニー、缶開け機の刃から3,000コロニー以上の一般生菌が検出された(表3)。

閑散期の生産停止中では、下層炊き上げ用平釜内面から254コロニー、下層充填機タンク内面から123コロニー、脱塩素水給水ノズル内面から177コロニー、上層炊き上げ用パステライザー内面から1コロニー、上層充填機タンク内面から7コロニー、缶開け機の刃から3,000コロニー以上の一般生菌が検出された(表3)。

考 察

今回我々は、菓子製造工場のカップ入り二層ゼリー製造ラインを対象とし、繁忙期の生産中と閑散期の生産停止中に環境検査を行い、微生物汚染の状況について調査した。

浮遊菌検査を10カ所で実施したところ、繁忙期の生産中は閑散期の生産停止中よりも多くの一般生菌が検出された(表1)。日本建築学会は、衛生規範と食品加工メーカーの内規をもとに作業区分ごとの微生物基準を提案しており、清潔作業区域の浮遊菌(一般生菌と真菌の区別なし)は、20 CFU/200 L以下である⁷⁾。清潔作業区域とは、生地調整、熱・冷加工、二次熱・冷加工、包装などの作業区域をいい¹⁴⁾、今回の検査箇所では③から⑩が清潔作業区域に該当する(図2)。今回調査した③から⑩では、繁忙期の生産中、閑散期の生産停止中ともに基準値を上回っていた(表1)。中でも繁忙期の生産中での③下層炊き上げ用平釜前、④下層冷却場所、⑤上層炊き上げ用パステライザー前、⑥上層充填機横、⑦製品出口付近で一般生菌数が多い(表1)。③から⑦は製造ラインの中でも機器類が多く、生産中は作業者が密集している(図1)。室内の浮遊菌や塵埃の濃度は、作業者の数、動きに大きく影響される。これは発生源が主として人体によるため、特に活動を伴うときに著しく増加する¹³⁾。そのため、これらの場所で一般生菌数が多く検出されたと考えられる。塵埃数も一般生菌数と同様、閑散期の生産停止中よりも繁忙期の生産中で多

く、検査箇所③から⑦で検出数が多い(表2)。これも作業者の密度と活動状況によるものと思われる。しかし、多品種少量生産を行う工場では作業者の削減は難しく、機械化も進めにくい。このような状況を改善する対策の1つとして、清浄な空気を供給して陽圧管理を行うことが重要である。差圧測定の結果、清潔作業区域は負圧になっていた。また、給気装置の外気処理には粗塵用フィルターだけが用いられていた。清潔作業区域の容積やコストパフォーマンスを考えると、下層冷却場所など微生物汚染リスクの高い箇所にクリーンブースを導入し、局所的に清浄エリアを設けるのが有効な手段と考えられる⁹⁾。真菌数においては、閑散期の生産停止中でも繁忙期の生産中と同程度検出されたことから(表1)、工場内部に汚染源がある可能性も考えられた。聞き取り調査の結果、工場内部の汚染源対策として天井・壁・エアコンフィルター等は1年に2回清掃を行っているが、夏季繁忙期には24時間稼働状態が数カ月続く、作業工程の特性から湿度が70~90%に達する区域が複数存在するなどの事情を抱えており、カビが発生することもあるとわかった。除湿対策を検討する、清掃頻度や方法を見直す、空間除菌を行うなどの対策も必要である⁹⁾。

繁忙期の生産中に行った拭き取り検査では、上層充填機タンク内面からは242コロニー、缶開け機の刃からは3,000コロニー以上の一般生菌が検出された(表3)。上層充填機タンク内面は生産工程中、缶開け機の刃は工程終了後の水洗後に拭き取りを行った。製造している二層ゼリーのpHは4.1である。結果には示していないが、分離された菌株にはpH 4.1で生育するものがあり、その中には変敗事例で知られる*Lactococcus*属も含まれていた。しかしこれらpH 4.1で生育可能な菌株は、製品殺菌条件である83℃、30分間での処理に対して耐熱性を持たない、あるいは工場で使用しているサニブラン除菌洗浄剤L(ニイタカ)に感受性を持つものであった。この洗浄剤は殺菌効果を持つカチオン界面活性剤であるジデシルジメチルアンモニウムクロライドを含有する²⁾。したがって、製品の殺菌工程を確実に実施する、機器類のサニテーションのタイミングや頻度、工程内容等を見直すことが対策として考えられる。閑散期の生産停止中では、下層炊き上げ用平釜内面、下層充填機タンク内面、脱塩素水給水ノズル内面および缶開け機の刃から多くの一般生菌が検出された(表3)。脱塩素水給水ノズル内面については、脱塩素した水では微生物が増殖しやすいので、生産開始前には水を十分排出する、UV殺菌装置の設置などが効果的である。下層炊き上げ用平釜内面、下層充填機タンク内面および缶開け機の刃は、使用後にサニブラン除菌洗浄剤Lやエクリン41号SPを用いた洗浄や湯洗いをを行っている。アルカリ性洗浄剤であるエクリン41号SPは、殺菌効果を持つ塩素化合物ジクロロイソシアヌル酸ナトリウムを含有し、サニブラン除菌洗浄剤L同様、殺菌効果が期待される^{4, 5)}。後日、使用

後の缶開け機の刃を水洗浄した後、0.25%エクリン41号SPに1時間浸漬し、水洗浄した後に同様の拭き取り検査を行うと、拭き取り箇所あたり0コロニーとなり良好な結果が得られた。また、下層吹き上げ用平釜内面と下層充填機タンク内面については、工程終了後のエクリン41号SP洗浄後に行った繁忙期生産中の拭き取り検査では、一般生菌の検出数は少ない（表3）。したがって、機器類使用後の洗浄不足で残渣等が残り、時間経過とともに一般生菌が増加し、このような結果を招いた可能性がある。2種類の洗浄剤の洗浄殺菌効果は認められたため、使用するにあたっては化学的な危害要因になりうることを踏まえて適正な使用に努めつつ、サニテーションの確実な実施を心がけることが重要である。

今回の調査では、繁忙期の生産中と閑散期の生産停止中の両方を分析することで微生物による危害がより明確になった。そのため、具体的な対策も立てやすい。しかし多品種少量食品製造現場では、管理する品目の数が多い、施設・設備に余裕がない、製造プロセスが臨機応変に変わる、などの問題を抱える¹²⁾。そのような状況下でも施設の実状に合わせながら衛生管理者と生産従事者が一体となり一般的衛生管理の向上に取り組むことが食品の安全性向上につながる。

文 献

- 1) 安部八洲男, 中筋雄人: 食品を取り扱う環境の衛生管理に関する調査(第1報)大阪府下某コンビニエンスストアの空中浮遊菌および生息昆虫. 大阪青山大学紀要, **3**, 57-60 (2010).
- 2) 藤上朝生: カチオン系殺菌剤. 微生物殺菌実用データ集. 山本茂貴監修, p. 130-141, SCIENCE FORUM, 東京(2005).
- 3) 稲津早紀子, 松永藤彦: アセプティック飲料充填機内の環境調査および分離菌株の性状解析による衛生管理状態の改善. 日食微誌, **33**, 202-208 (2016).
- 4) 稲津早紀子, 竹谷早稀, 松永藤彦: 変敗コーンペーストから分離された*Paenibacillus*属の生育性状解明. 日食微誌, **34**, 126-130 (2017).
- 5) 岩沢篤郎, 中村良子: 市販酸化剤の抗微生物効果と細胞毒性. 環境感染, **15**, 183-189 (2000).
- 6) 三浦二郎, 浅利喬泰, 谷村和八郎, 宮地秀夫, 松本信二, 住江金之: 食品工場の汚染に関する研究(第2報)製菓用副原材料製造2工場(A社)の浮遊微生物について. 日食工誌, **14**, 101-105 (1967).
- 7) 諸岡信久: 食品工場の微生物. 日本建築学会環境基準AIJES-A0002-2013微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理基準・同解説. 一般社団法人日本建築学会編, p. 5-64, 丸善出版株式会社, 東京(2013).
- 8) 瀬見井 純: 食品工場内の「落下菌検査」と「ふき取り検査」について. あいち産業科学技術総合センターニュース, **143**, 6 (2014).
- 9) 食品工場の空間除菌 製造室のカビ・酵母対策. NPO法人HACCP実践研究会空間除菌部会, 幸書房, 東京(2017).
- 10) 上田成子, 桑原祥浩: 製菓工場における空中真菌叢の季節変動について. 日食工誌, **30**, 505-508 (1983).
- 11) 上田成子, 桑原祥浩: 鶏肉小売店の屋内空中浮遊細菌について. 日食工誌, **31**, 462-464 (1984).
- 12) 山田晃弘, 日佐和夫, 福岡美香, 萩原知明, 崎山高明, 渡辺尚彦: 多品種少量食品製造現場におけるHACCP実施の問題点. 日食工誌, **8**, 59-71 (2007).
- 13) 好井久雄: 技術用語解説 空中落下菌(Airborne microorganisms). 日食工誌, **31**, 683 (1984).
- 14) 全国菓子工業組合連合会編: HACCPの考え方を取り入れたお菓子の衛生管理マニュアル. p. 19 (1999).