

パンの発酵不良を引き起こす枯草菌について

1. はじめに

おいしいパンを食べようと、一口サイズにちぎった際に糸が引いたという現象に遭遇してしまった方はいらっしゃいますでしょうか。これは、製パン工程内でパンが何らかの原因で微生物汚染に曝されたため発生する現象です。パンは高温で加熱する工程があるので、ほとんどの微生物は死滅するのですが、一部の熱に強い菌が生き残る可能性があります。今回は、製パンの発酵不良や糸引き現象の原因菌と対策についてお話いたします。

2. 発酵不良、糸引きの原因菌、*Bacillus subtilis* (バチルス ズブチルス)について

発酵不良や糸引き現象は *Bacillus subtilis* (バチルス・ズブチルス、和名：枯草菌) という、土壌・植物表面・水中など自然界に広く存在するグラム陽性・好気性の桿菌により引き起こされます。この微生物は芽胞(がほう)を形成するため、熱・乾燥・紫外線・化学物質に強いという特徴を持ちます。

主な生息環境は

- ・土壌(最も一般的)
- ・植物の根圏(根の周り)
- ・水中
- ・動物の腸内(少量)

となります。

また、*Bacillus subtilis* の亜種である *Bacillus subtilis subsp. natto* (納豆菌) は、パン生地に混入すると発酵を阻害し、パンが膨らまない、糸引きという問題を引き起こします。この微生物は日本の伝統食品「納豆」の発酵に使われています。納豆には生きた *Bacillus subtilis subsp. natto* が存在するため、日本の製パン工場は文化的に汚染しやすい環境にあると言えます。おいしいパンに不快な現象を引き起こす可能性があるため、正しい知識と管理を知る必要があります。

3. *Bacillus subtilis* の汚染経路と対策

Bacillus subtilis (特に納豆菌 *Bacillus subtilis subsp. natto*) は、パン生地に混入すると発酵を阻害し、パンが膨らまないという問題を引き起こします。

[通常のパン生地]

酵母：CO₂ 発生



生地が膨らむ

[納豆菌が混入した生地]

納豆菌：酵素で生地を分解



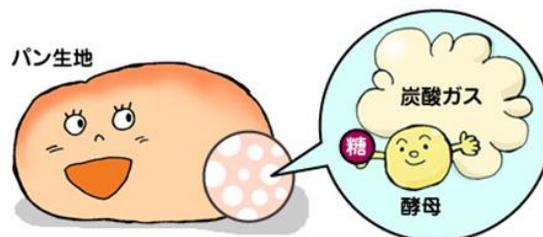
グルテンが弱くなる



CO₂ が保持できない



パンが膨らまない (ボリューム不足)



(1) なぜパンが膨らまなくなるのか？

- ・ 納豆菌が強力な酵素 (プロテアーゼ) を出す。
→ グルテン (小麦タンパク質) を分解してしまう → 生地の弾力が失われ、ガス保持力が低下してしまう。
- ・ 酵母の働きが阻害される。
→ 発酵が弱くなる → ボリューム不足・生地がベタつくこととなる。

4. 製パン現場での具体的な注意事項

発酵不良や糸引きを引き起こす *Bacillus subtilis* は熱に強く、微生物の3原則の「やっつける」が、製パン工程では難しくなります。そのため、この微生物に対しては「つけない」の対策を重視する必要があります。

製パン工場では *Bacillus subtilis* をつけないためには：

- (1) 納豆を食べた直後に作業しない。
 - ・ 手洗いしても納豆菌は落ちにくい性質があります。
 - ・ 口からの飛沫でも混入する可能性があります。
- (2) 納豆を扱う作業者とパン製造作業者を分ける。
 - ・ もし惣菜パンなどで納豆を使用する場合は注意が必要となります。
 - ・ 同じ工場内でも、作業ラインを分離するのが理想です。
- (3) 器具・作業台の徹底洗浄

- ・納豆菌は耐熱性が高く、通常の洗浄では残りやすいです。
可能なら次亜塩素酸系の消毒を併用してください。
- (4) 納豆菌を扱う食品（納豆巻き・納豆惣菜）とパンを同じ冷蔵庫に入れ
ない
- ・空気中に浮遊することがあるため、保管場所も分けることが推奨されます。
以下に事例を記載します。
- (5) パン生地の異常を見つけたら即廃棄
ベタつき、膨らまない、酸味、糸引きなどは混入のサイン

5. 事例3：冷蔵庫内のクロスコンタミネーション

(1) 状況

- ・パン生地を保管している冷蔵庫で、複数の生地が同時に異常発酵
- ・特定の作業者が触れていない生地まで影響

(2) 原因

- ・同じ冷蔵庫に「納豆巻き」「納豆惣菜」を一時保管
- ・納豆菌は空気中に浮遊し、冷蔵庫内で広がった

(3) 事例からわかる対策ポイント

- ・納豆を食べた作業者は最低3時間以上パンラインに入らない
- ・納豆惣菜とパン生地は保管庫を完全に分ける
- ・器具・台は次亜塩素酸系消毒を併用する
- ・生地に異常が出たら即隔離・廃棄する
- ・応援作業者のライン移動ルールを明確化する

6. まとめ

Bacillus subtilis の汚染経路と対策（特に納豆菌 *Bacillus subtilis subsp. natto*）は

(1) 最重要

- ・作業員由来の混入を防ぐ（最重要）
→納豆惣菜ライン → パンラインへの移動は禁止
応援作業員が菌を持ち込むケースが非常に多い
- ・納豆を食べた作業員はパンラインに入れない
目安：食後3時間以上
- ・納豆菌は手洗いしても指紋の溝・爪の間に残る
- ・口からの飛沫でも混入する可能性がある



(2) 手洗い+アルコールだけでは不十分

- ・納豆菌はアルコール耐性が高い
- ・石けん+ブラシ洗浄が必須

(3) 効果的な消毒方法

- ・次亜塩素酸ナトリウム（塩素系）
- ・過酸化水素系
- ・界面活性剤を使った物理洗浄

※「熱湯消毒だけ」は不十分。

(4) 器具の分離保管

パン用器具と納豆惣菜用器具は絶対に混ぜない
乾燥棚も分ける

(5) 原材料・保管環境の管理

- ・冷蔵庫・保管庫の分離
- ・パン生地と納豆惣菜を同じ冷蔵庫に入れない
空気中に浮遊して広がることもある

(6) 工場・店舗のゾーニング

- ・納豆を扱うエリアとパン製造エリアを完全に分ける
物理的な壁・扉で区切る
空調も分けるのが理想
- ・作業者の衣服・エプロンの交換
匂いが残る＝菌が残っている可能性が高い
ライン移動時は必ず着替える

安全・安心なパンを作るために、以上の対策を参考にいただければ幸いです。

【納豆菌の特徴】日本の食文化に大きく貢献してきた有用な菌でもあります！

- ・ネバネバ成分（ポリグルタミン酸）を産生する
- ・ビタミン K2 を多く生成する
- ・大豆タンパク質を分解し、消化吸収を助ける

