कुक्कुट प्रसंस्करण में डीकंटैमिनेशन एजेंट के रूप में क्लोरीन का उपयोग: एक व्यापक आलोचना

1. परिचय

कुक्कुट मांस वैश्विक खाद्य आपूर्ति श्रृंखलाओं में एक महत्वपूर्ण प्रोटीन स्रोत है। हालांकि, इसके उत्पादन में माइक्रोबियल चुनौतियाँ होती हैं जो खाद्य सुरक्षा और उपभोक्ता स्वास्थ्य को प्रभावित कर सकती हैं। परंपरागत रूप से, कुक्कुट उद्योग में बैक्टीरियल संदूषण को नियंत्रित करने के लिए क्लोरीन-आधारित डीकंटैमिनेशन विधियों का उपयोग किया जाता रहा है। विशेष रूप से, सोडियम हाइपोक्लोराइट (क्लोरीन) का उपयोग अपनी प्रारंभिक सरलता और कम लागत के कारण व्यापक रूप से अपनाया गया है।

हालाँकि, व्यापक उपयोग के बावजूद, क्लोरीन की प्रभावशीलता, स्वास्थ्य जोखिमों और मांस की गुणवत्ता पर इसके प्रभाव को लेकर बढ़ती चिंताएँ सामने आई हैं। इससे भी महत्वपूर्ण बात यह है कि बैक्टीरिया के क्लोरीन के प्रति प्रतिरोधकता और कैंसरजन्य उप-उत्पादों के निर्माण के बढ़ते प्रमाण इसके दीर्घकालिक सुरक्षा और उपयुक्तता पर गंभीर प्रश्न उठाते हैं। इस दस्तावेज़ में, हम इन चिंताओं की गहन समीक्षा करेंगे, क्लोरीन-आधारित डीकंटैमिनेशन की सीमाओं को उजागर करेंगे और Bio-G-Active के साथ इसका विस्तृत तुलनात्मक विश्लेषण प्रस्तुत करेंगे, जो एक अभिनव और कहीं अधिक श्रेष्ठ विकल्प है।

---

2. डीकंटैमिनेंट के रूप में क्लोरीन: कार्य प्रणाली

जब क्लोरीन पानी में घुलता है, तो यह हाइपोक्लोरस एसिड (HOCl) का निर्माण करता है, जो एक शक्तिशाली रोगाणुरोधी एजेंट है और बैक्टीरिया की कोशिकीय प्रक्रियाओं को बाधित करता है। यह निम्नलिखित प्रक्रियाओं के माध्यम से कार्य करता है:

- **प्रोटीन का विघटन:** क्लोरीन बैक्टीरिया के प्रोटीन में पेप्टाइड बांड तोड़ता है, जिससे उनकी कार्यक्षमता समाप्त हो जाती है और अंततः कोशिका मृत्यु हो जाती है।
- **कोशिका झिल्ली का विघटन:** हाइपोक्लोरस एसिड बैक्टीरिया की कोशिका भित्ति में प्रवेश कर ऑक्सीडेटिव क्षति करता है, जिससे कोशिका के अंदरूनी घटक बाहर निकलने लगते हैं।
- **एंजाइमों की निष्क्रियता:** बैक्टीरिया के चयापचय और प्रतिकृति के लिए आवश्यक एंजाइम निष्क्रिय हो जाते हैं, जिससे उनका विकास रुक जाता है।

हालाँकि, इन तंत्रों के बावजूद, क्लोरीन की प्रभावशीलता कई कारकों पर निर्भर करती है:

- **pH स्तर:** क्लोरीन निम्न pH मूल्यों पर सबसे प्रभावी होता है, जहाँ हाइपोक्लोरस एसिड अधिकतर अवायनीकृत रूप में बना रहता है। उच्च pH स्तरों पर, हाइपोक्लोराइट आयन (OCl^-) की मात्रा बढ़ जाती है, जो रोगाणुहत्या के लिए कम प्रभावी होते हैं।

pH निर्भरता और प्रभावशीलता: क्लोरीन की रोगाणुरोधी प्रभावशीलता pH पर अत्यधिक निर्भर होती है, क्योंकि यह घोल में उसकी सक्रिय रूपों की सांद्रता को प्रभावित करता है। 4 से 7 pH स्तर के बीच, क्लोरीन मुख्यतः हाइपोक्लोरस एसिड (HOCl) के रूप में मौजूद रहता है, जो बैक्टीरिया की कोशिका भित्ति में प्रवेश कर प्रभावी रूप से कार्य करता है। हालाँकि, pH 7.5 से अधिक होने पर, क्लोरीन का अधिकांश भाग हाइपोक्लोराइट आयन (OCl^-) में परिवर्तित हो जाता है, जो रोगाणुहत्या में कम प्रभावी होता है। pH 8.5 से अधिक होने पर, अधिकांश क्लोरीन हाइपोक्लोराइट के रूप में मौजूद रहता है, जिससे इसकी बैक्टीरिया-विनाशक गतिविधि अत्यधिक घट जाती है। यह विशेष रूप से कुक्कुट प्रसंस्करण वातावरण में समस्याग्रस्त होता है, जहाँ प्रक्रिया जल का pH जैविक भार और क्षारीय पदार्थों की उपस्थिति के कारण परिवर्तित हो सकता है। नतीजतन, क्लोरीन उपचारों को प्रभावी बनाए रखने के लिए कड़े pH नियंत्रण की आवश्यकता होती है, जिससे प्रक्रिया में जटिलता और अतिरिक्त रासायनिक समायोजन जुड़ जाते हैं।

- **जैविक पदार्थ:** प्रसंस्करण जल में रक्त, वसा और प्रोटीन अवशेषों जैसे जैविक पदार्थों की उपस्थिति क्लोरीन की प्रभावशीलता को काफी हद तक कम कर देती है। क्लोरीन जैविक पदार्थों के साथ अभिक्रिया कर क्लोरीनयुक्त कार्बनिक यौगिक बनाता है, जिनमें से कई हानिकारक उप-उत्पाद होते हैं।
- **संपर्क समय:** क्लोरीन को अपनी जीवाणुनाशक क्रिया को प्रभावी ढंग से लागू करने के लिए पर्याप्त संपर्क समय की आवश्यकता होती है। हालाँकि, कुक्कुट प्रसंस्करण में व्यावहारिक सीमाओं के कारण संपर्क समय अक्सर कम होता है, जिससे इसकी प्रभावशीलता घट जाती है।

---

3. क्लोरीन की प्रभावशीलता की सीमाएँ और बैक्टीरिया प्रतिरोध

क्लोरीन के दीर्घकालिक उपयोग के बावजूद, इसकी प्रभावशीलता को लेकर बढ़ती असहमति देखी गई है। कई अध्ययनों में यह पाया गया है कि क्लोरीन के माध्यम से प्राप्त बैक्टीरिया की कमी असंगत होती है और कई बार स्वीकृत खाद्य सुरक्षा मानकों से कम होती है। सामान्य रोगजनक जैसे **साल्मोनेला** और **कैम्पिलोबैक्टर** को क्लोरीन की पारंपरिक सांद्रता में केवल मध्यम स्तर तक कम किया जाता है। अधिक सांद्रता का उपयोग करने पर भी, परिणाम संतोषजनक नहीं होते।

3.1 असंगत बैक्टीरिया कमी

विभिन्न अध्ययनों से पता चला है कि क्लोरीन के उपयोग से बैक्टीरिया में **0.5 - 1.5 लॉग cfu/cm²** की कमी देखी गई है, जो खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए अपर्याप्त है **(KOTULA et al., 1967; WABECK et al., 1968)**। इस परिवर्तनशीलता के पीछे कई कारण हैं:

- **बैक्टीरिया भार में भिन्नता:** उच्च प्रारंभिक बैक्टीरियल गणना को कम करना कठिन होता है और जैसे-जैसे माइक्रोबियल भार बढ़ता है, क्लोरीन की प्रभावशीलता घटती जाती है।
- **पर्यावरणीय स्थितियाँ:** प्रसंस्करण जल में **तापमान और जैविक पदार्थ की मात्रा** क्लोरीन की प्रभावशीलता को प्रभावित करती है। जैविक सामग्री की अधिकता, जैसे **रक्त, वसा और प्रोटीन अवशेष**, क्लोरीन के साथ अभिक्रिया कर **ट्राइहैलोमीथेन्स (THMs)** जैसे हानिकारक उप-उत्पाद बना सकती है, जिससे मुक्त क्लोरीन की उपलब्धता घट जाती है।

3.2 क्लोरीन-प्रतिरोधी बैक्टीरिया

क्लोरीन के दीर्घकालिक उपयोग का सबसे चिंताजनक पहलू कुछ **बैक्टीरिया प्रजातियों का प्रतिरोधक क्षमता विकसित करना** है। कई ग्राम-नेगेटिव रोगजनकों, जैसे **Escherichia coli और साल्मोनेला**, ने क्लोरीन-समृद्ध वातावरण में जीवित रहने के लिए विभिन्न तंत्र विकसित कर लिए हैं। इनमें शामिल हैं:

- **बायोफिल्म निर्माण:**
  कुछ बैक्टीरिया **बायोफिल्म** नामक एक सुरक्षात्मक परत बनाकर क्लोरीन के प्रभाव से बच सकते हैं। **बायोफिल्म मैट्रिक्स** भीतर की कोशिकाओं को क्लोरीन के संपर्क से बचाती है, जिससे सामान्य क्लोरीनीकरण **इन बैक्टीरिया को पूरी तरह से नष्ट करने में असफल रहता है (MEAD & THOMAS, 1973)**।
- **एफलक्स पंप:**
  कुछ बैक्टीरिया **एफलक्स पंप** विकसित कर लेते हैं, जो क्लोरीन और अन्य हानिकारक पदार्थों को सक्रिय रूप से कोशिका से बाहर निकालते हैं। यह तंत्र **बैक्टीरिया को उच्च-क्लोरीन सांद्रता में भी जीवित रहने में सक्षम बनाता है**।
- **झिल्ली संरचना में परिवर्तन:**
  कुछ बैक्टीरिया अपनी **बाहरी झिल्ली की संरचना में परिवर्तन** कर लेते हैं, जिससे क्लोरीन कोशिका में प्रवेश नहीं कर पाता। यह बदलाव क्लोरीन के रोगाणुरोधी प्रभाव को **काफी हद तक निष्क्रिय कर देता है (LeCHEVALLIER et al., 1988)**।

ये अनुकूलन न केवल क्लोरीन की प्रभावशीलता को कम करते हैं, बल्कि कुक्कुट प्रसंस्करण संयंत्रों में **क्रॉस-कंटैमिनेशन** के जोखिम को भी बढ़ाते हैं, जहाँ क्लोरीन-प्रतिरोधी बैक्टीरिया एक शव से दूसरे शव में फैल सकते हैं।

---

4. खाद्य प्रसंस्करण में क्लोरीन उपयोग से जुड़े स्वास्थ्य जोखिम

4.1 हानिकारक उप-उत्पादों का निर्माण

कुक्कुट प्रसंस्करण में क्लोरीन के उपयोग को लेकर सबसे गंभीर चिंताओं में से एक **विषैले उप-उत्पादों** (ट्राइहैलोमीथेन्स (THMs) और क्लोरीनीकृत कार्बनिक यौगिकों) का निर्माण है। जब क्लोरीन कुक्कुट शवों की सतह पर मौजूद **जैविक पदार्थों** के साथ अभिक्रिया करता है, तो यह कई हानिकारक यौगिक उत्पन्न करता है, जैसे:

- **क्लोरोफॉर्म:** एक ज्ञात **कार्सिनोजेन (कैंसरजनक तत्व)**, जो क्लोरीनयुक्त जल से उपचारित **कुक्कुट की त्वचा और वसा** में पाया जाता है। शोध दर्शाते हैं कि **कुक्कुट में क्लोरोफॉर्म की मात्रा** पीने के पानी के लिए निर्धारित अनुमेय सीमा से कहीं अधिक होती है **(ROBINSON et al., 1981)**। लंबे समय तक **क्लोरोफॉर्म-प्रदूषित कुक्कुट** का सेवन **यकृत (लिवर), गुर्दे (किडनी) और केंद्रीय तंत्रिका तंत्र (CNS)** को नुकसान पहुँचा सकता है।
- **क्लोरोहाइड्रोकार्बन:** ये यौगिक **वसा और प्रोटीन** के साथ क्लोरीन की अभिक्रिया से बनते हैं। ये न केवल **म्यूटाजेनिक (आनुवंशिक परिवर्तनकारी)** होते हैं, बल्कि **पर्यावरण में भी लंबे समय तक मौजूद रहते हैं**, जिससे उपभोक्ताओं को दीर्घकालिक विषाक्त जोखिम का सामना करना पड़ता है **(NOLLER, 1960)**।
- **म्यूटाजेनिक पदार्थ:** अध्ययनों से पता चला है कि **पुनः उपयोग या निस्पंदन (फिल्टरिंग) किए गए क्लोरीनीकृत जल** में ऐसे म्यूटाजेनिक तत्व होते हैं, जो **आनुवंशिक उत्परिवर्तन**

(genetic mutations) और कैंसर के जोखिम को बढ़ा सकते हैं। इन म्यूटाजेनों को **100 ppm जैसी कम सांद्रता** पर भी पहचाना गया है **(MASRI, 1986)**।

इन यौगिकों से जुड़े जोखिम अत्यधिक गंभीर हैं, विशेष रूप से **खाद्य सुरक्षा और रासायनिक योजकों** के उपयोग को नियंत्रित करने वाले **कड़े नियमों** के संदर्भ में। जहाँ **पीने के पानी** में क्लोरीनीकृत उप-उत्पादों के अनुमेय स्तरों की **कड़ी निगरानी** की जाती है, वहीं **कुक्कुट प्रसंस्करण** में ऐसे **सख्त नियामक मानक** नहीं हैं, जिससे **THMs और अन्य विषैले उप-उत्पाद** भोजन श्रृंखला में **बिना किसी नियंत्रण के प्रवेश कर सकते हैं**।

4.2 श्वसन और श्लेष्म झिल्ली में जलन

कुक्कुट प्रसंस्करण संयंत्रों में कार्यरत **श्रमिकों** को अक्सर **क्लोरीन वाष्प और एयरोसोल्स** के संपर्क में रहना पड़ता है, विशेष रूप से उन क्षेत्रों में जहाँ शवों को ठंडा करने और धोने के लिए **क्लोरीनयुक्त जल** का उपयोग किया जाता है।

- **मध्यम सांद्रता पर भी, क्लोरीन आँखों, नाक और गले में जलन** पैदा कर सकता है।
- **उच्च सांद्रता (उदाहरण के लिए, 50 ppm)** पर, क्लोरीन वाष्प **गंभीर श्वसन संकट** का कारण बन सकते हैं, जिसके लक्षणों में **लगातार खाँसी और साँस की तकलीफ** शामिल हैं **(THOMSON et al., 1979)**।
- **लंबे समय तक संपर्क** से **श्वसन प्रणाली को स्थायी क्षति** पहुँच सकती है और यह **व्यावसायिक फेफड़ों की बीमारियों (occupational lung diseases)** के जोखिम को बढ़ा सकता है।

4.3 धातु संक्षारण (मेटल करोजन) और उपकरणों की क्षति

क्लोरीन का **संक्षारक (corrosive) स्वभाव** कुक्कुट प्रसंस्करण उपकरणों के लिए गंभीर चुनौतियाँ खड़ी करता है। विशेष रूप से **निम्न pH स्तरों** पर क्लोरीन का उपयोग **स्टेनलेस स्टील मशीनरी के तीव्र क्षरण** का कारण बनता है।

- यह **महत्वपूर्ण उपकरणों** की **जीवन अवधि को कम कर देता है**।
- **संक्षारण के कारण धातु कण और विकृत पदार्थ** भोजन के संपर्क में आ सकते हैं, जिससे **संक्रमण और खाद्य संदूषण (food contamination) का खतरा बढ़ जाता है (SCHLIESSER & STRAUCH, 1981)**।

---

5. कुक्कुट मांस की गुणवत्ता पर नकारात्मक प्रभाव

5.1 संवेदी गुणों का ह्रास (Sensory Degradation)

क्लोरीन, विशेष रूप से जब उच्च सांद्रता में उपयोग किया जाता है, कुक्कुट मांस में कई **नकारात्मक संवेदी प्रभाव** उत्पन्न कर सकता है, जिनमें शामिल हैं:

- **अवांछित गंध और स्वाद:** जब क्लोरीन की सांद्रता **60 ppm से अधिक** होती है, तो कुक्कुट मांस में **एक विशिष्ट रासायनिक गंध और क्लोरीन जैसा स्वाद** विकसित हो सकता है, जिससे

उपभोक्ता की स्वीकृति और आकर्षण काफी कम हो जाता है **(DIXON & POOLEY, 1961)**।

- **संरचना में बदलाव: क्लोरीनीकृत जल** कुक्कुट मांस के **प्रोटीन संरचना** को बदल सकता है, जिससे **अवांछित बनावट संबंधी परिवर्तन** होते हैं, जैसे कि **कठोरता में वृद्धि और नमी की हानि**।

5.2 जल अवधारण (Water Retention) और पुन: संदूषण (Recontamination)

क्लोरीनीकृत जल से उपचारित **कुक्कुट मांस में अक्सर अत्यधिक जल अवधारण** होती है, जो **प्रसंस्करण के दौरान क्रॉस-कंटैमिनेशन** का खतरा बढ़ा सकती है।

- **यूरोपीय संघ (EU) के नियमों** के अनुसार, **6% तक जल अवधारण** की अनुमति है, जबकि **संयुक्त राज्य अमेरिका (USA)** में यह सीमा **8%** तक हो सकती है **(VO EWG 2967/76; TSAI et al., 1992)**।
- यह **अतिरिक्त जल बचे हुए बैक्टीरिया और क्लोरीनीकृत उप-उत्पादों** को धारण कर सकता है, जिससे **प्रसंस्करण लाइन के माध्यम से शवों के पुन: संदूषण (recontamination) का खतरा** बढ़ जाता है।

---

6. Bio-G-Active की श्रेष्ठता: एक सुरक्षित और अधिक प्रभावी समाधान

Bio-G-Active खाद्य सुरक्षा प्रौद्योगिकी में एक **महत्वपूर्ण प्रगति** का प्रतिनिधित्व करता है। क्लोरीन की कई कमियों के विपरीत, **Bio-G-Active** कई लाभ प्रदान करता है, **बिना किसी स्वास्थ्य जोखिम या पर्यावरणीय प्रभाव** के। **क्लोरीन और Bio-G-Active के प्रत्यक्ष तुलनात्मक अध्ययन** में, लगभग हर पहलू में **Bio-G-Active की श्रेष्ठता** स्पष्ट होती है।

6.1 श्रेष्ठ रोगाणुरोधी प्रभाव (Superior Antimicrobial Action)

Bio-G-Active ने **व्यापक रोगाणुरोधी प्रभावकारिता** प्रदर्शित की है और यह **क्लोरीन-प्रतिरोधी बैक्टीरिया** सहित विभिन्न रोगजनकों के खिलाफ प्रभावी है।

- इसकी **विशिष्ट संरचना** इसे **बायोफिल्म्स में गहराई तक प्रवेश** करने और **बैक्टीरिया को उनके स्रोत पर नष्ट करने** में सक्षम बनाती है।
- यह **बैक्टीरिया भार को कम करने में क्लोरीन से अधिक प्रभावी** है।

6.2 कोई हानिकारक उप-उत्पाद नहीं (No Harmful Byproducts)

क्लोरीन के विपरीत, Bio-G-Active कोई **कैंसरजन्य उप-उत्पाद** (जैसे **THMs या क्लोरोफॉर्म**) उत्पन्न नहीं करता।

- इसकी **बायोडिग्रेडेबल संरचना** यह सुनिश्चित करती है कि **कोई हानिकारक रसायन मांस पर अवशेष रूप में नहीं बचते**।
- यह **उपभोक्ताओं और पर्यावरण दोनों के लिए अधिक सुरक्षित विकल्प** है।

6.3 मांस की गुणवत्ता बनाए रखना (Preserving Meat Quality)

Bio-G-Active स्वाद, बनावट और मांस की उपस्थिति को बनाए रखता है।

- यह **क्लोरीन के कारण उत्पन्न अप्रिय गंध और स्वाद** को नहीं उत्पन्न करता।
- **बनावट में किसी भी प्रकार की गिरावट नहीं होती**, जिससे मांस **उपभोक्ताओं के लिए अधिक आकर्षक** बना रहता है।

6.4 श्रमिकों की सुरक्षा और उपकरण की दीर्घायु (Worker Safety and Equipment Longevity)

Bio-G-Active न केवल **श्रमिकों के लिए पूरी तरह से सुरक्षित** है, बल्कि **प्रसंस्करण उपकरण** को भी संरक्षित करता है।

- **कोई जलन या स्वास्थ्य जोखिम नहीं**, जिससे **कर्मचारियों के लिए सुरक्षित कार्य वातावरण** सुनिश्चित होता है।
- यह **धातु उपकरणों पर संक्षारण (corrosion) नहीं करता**, जिससे **रखरखाव की लागत कम होती है** और **उपकरणों की उम्र बढ़ती है**।
- इसके विपरीत, **क्लोरीन धातु उपकरणों को नुकसान पहुंचाता है**, जिससे **परिचालन लागत में वृद्धि** होती है।

निष्कर्ष

Bio-G-Active **खाद्य सुरक्षा, गुणवत्ता, और प्रसंस्करण दक्षता** के मामले में **स्पष्ट रूप से क्लोरीन से बेहतर विकल्प** है। यह न केवल **स्वास्थ्य और पर्यावरणीय जोखिमों को समाप्त करता है**, बल्कि **सुरक्षित और प्रभावी डीकंटैमिनेशन** भी सुनिश्चित करता है।

---

7. निष्कर्ष

कुक्कुट प्रसंस्करण में क्लोरीन का उपयोग इसकी **सीमित प्रभावशीलता, स्वास्थ्य जोखिमों और मांस की गुणवत्ता पर नकारात्मक प्रभावों** के कारण तेजी से अव्यवहारिक होता जा रहा है। इसके विपरीत, **Bio-G-Active** एक **सुरक्षित, प्रभावी और पर्यावरण-अनुकूल विकल्प** प्रदान करता है, जो क्लोरीन की कमियों को दूर करता है।

विनियामक ढांचे (regulatory environment) में बदलाव और उपभोक्ताओं की सुरक्षित खाद्य उत्पादों की बढ़ती मांग को देखते हुए, **Bio-G-Active कुक्कुट प्रसंस्करण में माइक्रोबायोलॉजिकल सुरक्षा सुनिश्चित करने का पसंदीदा समाधान बनने की ओर अग्रसर है**, बिना उन कमियों के, जो पारंपरिक **क्लोरीन-आधारित विधियों** में देखी जाती हैं।

BGA Dictum GmbH
Mommsenstraße 7
10629 Berlin / Germany
+49 (0)30 8442891
post@bga-dictum.com
www.bga-dictum.com