DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.24.032

鲜湿米粉生产过程微生物污染调查及控制

白芸[1],王子颍[2],蓝伟杰[2],林莹[2]
(1.广西轻工产品质量检验站,广西 南宁 530031;2.广西大学 轻工与食品工程学院,广西 南宁 530004)

摘　要:通过测定鲜湿米粉生产线的关键生产环节的菌落总数和大肠菌群数,得到菌落总数和大肠菌群数生长和繁殖状况,从而分析生产过程造成产品污染的主要原因,确定主要污染环节控制抑菌的方案。结果表明:浸米温度、pH值、鲜湿米粉冷却和器具消毒方法对产品的污染影响最大,当浸米温度较低(10 ℃~15 ℃),pH 3.0,冷却水中 ClO_2 有效浓度达到 20 mg/L,用浓度为 75 mg/L 和 15 mg/L 的 ClO_2 溶液分别清洗冷却水槽和员工双手表面,对鲜湿米粉的微生物污染的预防效果最佳。

关键词:鲜湿米粉;安全控制;微生物污染;杀菌;微生物控制

Investigation and Control of Microbial Contamination in the Production of Fresh and Wet Rice Flour

BAI Yun[1], WANG Zi-ying[2], LAN Wei-jie[2], LIN Ying[2]
(1. Guangxi Light Industrial Product Quality Inspection Station, Nanning 530031, Guangxi, China; 2. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China)

Abstract: By measuring the total number of colonies and coliforms in the key production link of fresh and wet rice flour production line, the growth and reproduction status of the total number of colonies and coliforms were obtained, so as to analyze the main causes of product pollution in the production process and determine the program of controlling and inhibiting the bacteria in the main pollution link. The results showed that the leached temperature, pH value, fresh and wet rice noodles cooling and utensils disinfection method had the greatest effect in the pollution to the product, when the temperature of the dip meter (10 ℃-15 ℃), pH 3.0, cooling water in the ClO_2 effective concentrated up to 20 mg/L, and with the concentrated of 75 mg/L respectively and 15 mg/L ClO_2 solution processed cooling tank and surface cleaned staff hands prevention of microbial contamination of fresh wet rice noodles best.

Key words: fresh and wet rice noodles; safety control; microbial contamination; sterilization; microbiological control

引文格式:
白芸,王子颍,蓝伟杰,等.鲜湿米粉生产过程微生物污染调查及控制[J].食品研究与开发,2020,41(24):193-199,224
BAI Yun, WANG Ziying, LAN Weijie, et al. Investigation and Control of Microbial Contamination in the Production of Fresh and Wet Rice Flour[J]. Food Research and Development, 2020, 41(24): 193-199, 224

鲜湿米粉质地柔韧、口感滑爽,可以汤食、炒食、凉拌,因而深受广大群众喜爱。在我国两广、湖南、湖北、云南、贵州等南方数省普遍把米粉作为早餐或正餐食品,在东南亚等地也被广泛食用[1-4]。鲜湿米粉是以大米为原料,经清洗、浸泡、磨浆、熟化、成型、冷却、包装等生产工序加工的米制品,其水分含量约为 70%,水分活度成饱和状态,生产过程容易受到微生物的污染,造成产品的初始菌落数增加,影响产品保质期和销售半径[5-7]。在其生产工艺中,浸米温度、pH 值、鲜湿米粉冷却和器具消毒方法对产品的污染影响最大,需

基金项目:广西食品安全地方标准制修订项目(桂地标食 2019003 号)
作者简介:白芸(1972—),女(汉),高级工程师,硕士研究生,研究方向:粮食与油脂加工。

要对该关键工艺技术进行优化[7-9]。目前,企业的鲜湿米粉生产主要存在的问题是生产工艺的不规范,没有制定标准化的生产工艺条件,在生产过程中被微生物污染,导致产品保质期短且不稳定,安全性得不到保障,食品相关部门的抽检结果显示,鲜湿米粉的安全问题时有发生,所以有必要对其生产条件进行研究和优化[10-12]。

本试验以大米为原料,研究以鲜湿米粉生产线的关键生产环节进行微生物污染状况调查,分析生产过程造成产品污染的主要原因,确定主要污染环节控制抑菌的方案,为鲜湿米粉生产的安全控制及工业标准化生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

平板计数琼脂(plate count agar,PCA)培养基:北京奥博星生物技术有限责任公司;月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤(lauryl sμlfate tryptose broth,LST)培养基;结晶紫中性红胆盐琼脂(violet red bile agar,VRBA):北京陆桥技术有限公司;YX-280B 手提式不锈钢蒸汽消毒器(双哈):上海三申医疗器械有限公司;SPX-250 智能化培养箱(金怡):金坛市医疗仪器厂。

1.2 试验方法

1.2.1 榨粉和切粉的生产工艺流程

榨粉:浸米→磨浆→蒸皮→成型(挤丝)→复蒸→冷却→分量→杀菌→包装→成品。

切粉:浸米→磨浆→蒸皮→成型→冷却→杀菌→分量→包装→成品。

1.2.2 浸米温度的优化

取 250 g 原料大米置于 1 000 mL 烧杯中,加入 200 mL 一定温度的自来水(水温同浸米温度),分别置于 10、15、20、25、30、35 ℃条件下浸泡。每小时从烧杯中取 25 g 大米,检测其中的细菌总数和大肠菌群数。

1.2.3 浸米酸度优化

取 250 g 原料大米置于 1 000 mL 烧杯中,加入 200 mL 自来水(温度:25 ℃~27 ℃),加入适量乳酸,调节浸米水 pH 值分别为 2.0、3.0、4.0、5.0,置于(25.0±2.0)℃条件下存放。每小时从烧杯中取 25 g 大米,检测其中的细菌总数和大肠菌群数。

1.3 接触面消毒处理

1.3.1 冷却水处理

用清洗干净的水桶从生产线上采集生产 1 h 后的冷却水 10 L,加入二氧化氯,调节冷却水中二氧化氯的有效浓度分别为 5、10、15、20、25、30 mg/L,置于 30 ℃条件贮存。每小时用无菌试管采集 25 mL 水样,检测其中的菌落总数和大肠菌群数,检测周期是 4 h。

1.3.2 工器具抑菌

工器具指生产设备(包括水槽、传粉漏斗等)、生产工具(包括中转托盘等)、操作员的手等与产品接触的设备,对各工器具的处理方式见表 1。

1.4 采样点设置

样品采样点设置见表 2。

表 1 ClO_2 溶液对各工器具的处理方式

Table 1 The processing mode of ClO_2 solution for each instrument

对象	作用浓度/(mg/L)	作用方式	采样时间
生产工具	25、50、75、100、125	浸泡 15 min,稳定 15 min	生产结束后试验,第 0、6 小时采样
生产设备	25、50、75、100、125	喷淋,稳定 15 min,自来水冲洗	生产结束后试验,第 0、6 小时采样
操作员的手	5、10、15、20、30	浸泡时间 30 s,用烘干机吹干	生产过程中试验,第 0、1、2 小时采样

表 2 样品采样点设置

Table 2 Sample sampling point setting

生产线	采样种类	采样点
鲜湿米粉的生产	过程产品	大米原料、浸泡后的大米、米浆、米皮、刚榨出的米粉、复蒸后的米粉、喷淋后的粉、冷却后的粉、分量后的粉、杀菌后的粉、包装后的粉
	工器具和接触面	浸米罐、磨浆机、蒸笼、蒸布、榨粉机的出粉口、复蒸的蒸笼、复蒸的蒸布、冷却水槽、泡洗水槽、传粉漏斗、分量员工的手、中转托盘、杀菌室设备表面、包装材料

1.5 采样时间

1)微生物调查试验中,于生产过程中,对各工艺生产车间的水、员工手表面、主要生产设备以及产品进行采样。

2)污染源分析试验中,于一个班次生产中 0、1 h 和 2 h 对各工艺生产车间的水、员工手表面、主要生产设备以及产品进行采样。

1.6 采样过程

1.6.1 过程产品

采样在正常运行的生产线上,在各采样点用无菌

塑料袋采集相应产品后立即送至企业无菌室检测。称取 25 g 样品置于盛有 225 mL 灭菌生理盐水的三角瓶中，充分振荡制成样品与生理盐水质量比为 1∶10 的样品溶液,计算 1 g 的含菌量。

1.6.2　接触面

用 1 根灭菌棉签(沾少许生理盐水)擦拭加工过程中的工器具、接触面、员工手的 1 点,重复擦 5 遍,即擦拭 25 cm^2 表面,放入盛有 25 mL 灭菌生理盐水的试管中,作为原液,计算 1 cm^2 的含菌量。加工用的水直接使用无菌试管取样,计算 1 mL 的含菌量。

1.7　计算方式

1.7.1　微生物变化量的计算方式

菌落总数和大肠菌群数的变化量按下面公式计算。

$$微生物变化量(倍)=\frac{N_A-N_B}{N_A}$$

式中:N_A 为工艺 A 中过程产品的菌落总数（或大肠菌群数)，lg(cfu/g);N_B 为工艺 B 中过程产品的菌落总数(或大肠菌群数)，lg(cfu/g)。

1.7.2　微生物杀菌率的计算方式

菌落总数和大肠菌群数的杀菌率按以下公式计算。

$$微生物杀菌率/\%=\frac{N_1-N_2}{N_1}$$

式中:N_1 为杀菌前产品的菌落总数(或大肠菌群数),lg(cfu/g);N_2 为杀菌后中过程产品的菌落总数(或大肠菌群数)，lg(cfu/g)。

1.8　微生物检测方法

菌落总数测定：采用标准平板菌落计数法，参照 GB 4789.2–2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》。

大肠菌群数测定：采用标准大肠菌群平板计数法,参照 GB 4789.3–2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》。

1.9　数据统计分析

试验数据采用 Excel 2010、SPSS 17.0 分析处理,采用 Origin 8.0 生成图像,平行测定 3 次。

2　结果与分析

2.1　浸米温度的优化

2.1.1　鲜湿米粉生产过程主要环节中产品的污染状况

试验检测了鲜湿米粉生产过程中主要工艺过程产品的菌落总数和大肠菌群数,结果如表 3 所示。

从表 3 中可以看出,浸米、磨浆工艺过程产品污染严重，菌落总数超过 10^4 cfu/g、大肠菌群数高于 10^3 cfu/g。大米原料经浸泡、磨浆工艺,菌落总数和大肠菌群数均呈现上升趋势,且浸米工艺微生物数量增加最多,其中大肠菌群的增长速率尤为显著,增加了 93倍,两个数量级,从 1.05 lg(cfu/g)变为 3.02 lg(cfu/g)。磨浆过程米浆中的菌落总数和大肠菌群数继续增加,分别增长了 3.59 和 2.82 倍，数量高达 5.09 lg（cfu/g)和 3.60 lg(cfu/g)。这可能是由于磨浆过程中米浆温度的升高,有益于微生物的生长和繁殖,且随着时间的延长,微生物快速生长,所以浸米和磨浆环节对微生物的生长有很大的影响,需要对其工艺条件进行控制[13–15]。

表 3　浸米、磨浆工艺产品的菌落总数和大肠菌群数

Table 3　The counts of total colony, coliform during soaking and refining

采样点	菌落总数		大肠菌群数	
	数值/[lg(cfu/g)]	变化量（倍）	数值/[lg(cfu/g)]	变化量（倍）
大米原料	3.85±0.01		1.05±0.04	
浸泡后的大米	4.42±0.12	3.59	3.02±0.06	93.00
米浆	5.09±0.07	2.79	3.60±0.07	2.82

2.1.2　浸米温度对大米中微生物生长的影响

不同温度下浸泡过程中大米的菌落总数和大肠菌群数的变化情况如图 1 和图 2 所示。

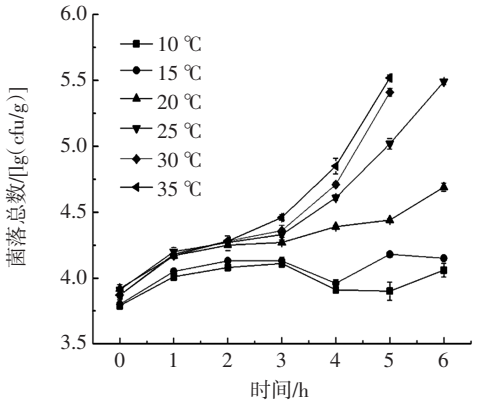

图 1　不同浸米温度下原料大米中菌落总数的变化

Fig.1　Changes in total colony in rice in different soaking temperature

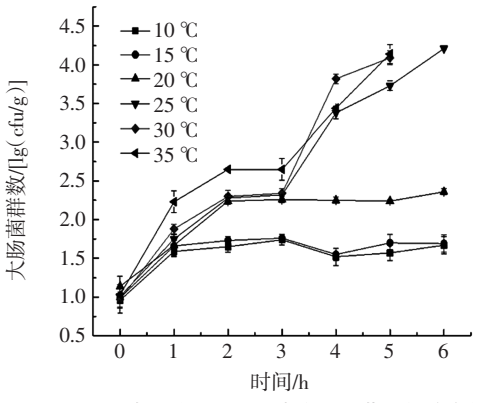

图 2　不同浸米温度下原料大米中大肠菌群数的变化

Fig.2　Changes in coliform in rice in different soaking temperature

由图 1 可知,低温(10 ℃和 15 ℃)条件浸米,浸泡过程原料中菌落总数生长缓慢,数量最少,变化趋势不固定、变化幅度较小;常温(20 ℃)条件浸米;浸泡过程原料中菌落总数呈缓慢增加趋势,数量居中;高温(25、30、35 ℃)条件浸米,浸泡过程原料中菌落总数呈持续增加趋势,数量最多,且 3 h 后微生物增长速率急剧增加,且增长幅度与浸米温度呈正比。

由图 2 可知,低温(10 ℃和 15 ℃)条件浸米,浸泡过程原料中的大肠菌群数较少,0~1 h 增加显著,1 h 以后改变幅度较小、数量略有变化;常温(20 ℃)条件浸米,浸泡过程原料中的大肠菌群数数量居中,0~2 h 增加显著,2 h 以后缓慢增加;高温(25、30、35 ℃)条件浸米,浸泡过程原料中大肠菌群数最多,3 h 后增长速率急剧增加,且增长幅度与浸米温度呈正比,浸米温度为 35 ℃时 1 h 内大米中大肠菌群的增加速率明显高于其它浸米温度。

由温度优化试验可知,低温对浸米过程微生物的生长起到一定的抑制作用,所以在该环节保持较低温度对鲜湿米粉的品质和安全性有促进作用[16]。

2.1.3 不同浸米 pH 值对大米中微生物生长的影响

不同浸米 pH 值对大米中微生物生长的影响见图 3 和图 4。

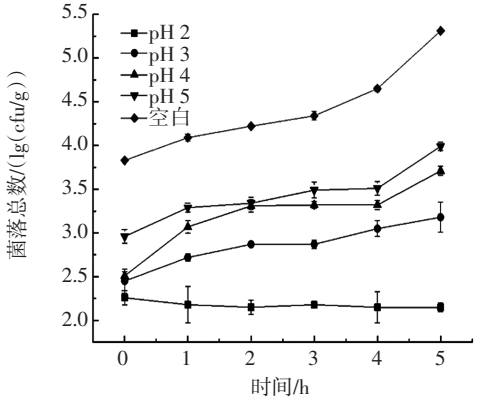

图 3 不同浸米酸度下原料大米中菌落总数的变化

Fig.3 Changes in total colony in rice in different soaking acidity

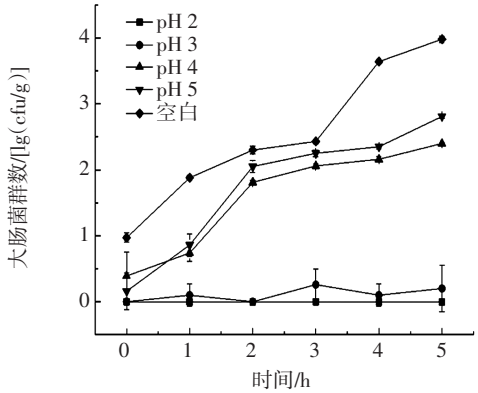

图 4 不同浸米酸度下原料大米中大肠菌群数的变化

Fig.4 Changes in coliform in rice in different soaking acidity

由图 3 可知,降低浸米酸度可以有效抑制浸米过程中菌落总数的生长,当 pH 值为 2 时,浸米过程原料中的菌落总数呈缓慢下降趋势,数量最少;pH 值在 3~5 范围内,浸米过程原料中的菌落总数均呈持续增加趋势;pH 值约为 6(空白组)时,浸米过程中菌落总数呈持续增加趋势,且保持在较大数量级。由图 4 可知,pH 值为 2 时,浸米过程原料中无大肠菌群检出。pH 值为 3 时,浸米开始原料中的大肠菌群数就降至 0.10 lg(cfu/g),且在浸米过程中没有显著增加;pH 值在 4~5 范围内,浸米过程原料中的大肠菌群数呈持续增加趋势,1 h~2 h 增加显著,2 h 之后生长速率略有下降;pH 值为 6(空白组)时,浸米过程原料中的大肠菌群数呈持续增加趋势,且 3 h 后大肠菌群数的增长速率明显增加。

综合图 3 和图 4 可知,常温条件下降低浸米体系的酸度可以有效减少浸泡结束时原料中微生物的数量,且酸度越低,抑菌效果越显著。综合考虑不同浸米酸度下大米中菌落总数和大肠菌群数的变化情况,浸米水 pH 值为 3 时,大米中的菌落总数可降至 10^2 cfu/g,无大肠菌群检出,且浸米时间减少、生产周期缩短,因此,建议生产过程调节体系 pH 值≤3[17-18]。

2.2 ClO_2 处理对不同接触面微生物生长的影响

2.2.1 实际生产时冷却、分量工艺产品的菌落总数和大肠菌群数

冷却、分量工艺产品的菌落总数和大肠菌群数见表 4。

表 4 冷却、分量工艺产品的菌落总数和大肠菌群数

Table 4 The counts of total colony, coliform during cooling and aliquot

采样点	菌落总数		大肠菌群数	
	数值/[lg(cfu/g)]	变化量(倍)	数值/[lg(cfu/g)]	变化量(倍)
喷淋后的粉	3.47±0.01	0.72	1.71±0.04	0.84
冷却后的粉	5.04±0.11	36.79	3.09±0.05	22.61
分量后的粉	4.18±0.11	0.86	3.03±0.06	0.13

从表 4 中可以看出,冷却、分量工艺过程产品污染严重,菌落总数超过 10^4 cfu/g、大肠菌群数高于 10^3 cfu/g。米粉经冷却、分量工艺,菌落总数和大肠菌群数均线上升后下降的趋势。产品经过冷却后微生物数量大量增加,米粉经冷却水槽后菌落总数和大肠菌群数分别增加 36.79 倍、22.61 倍,数量分别超过 10^5 cfu/g 和 10^3 cfu/g。增加,一方面有利于细菌的繁殖,更一方面又形成了一个大的污染源;另外,冷却用水为自来水未做任何处理,抑菌能力差。分量后米粉

中微生物数量略有降低，这是由于分量过程所用泡洗水的流动性强于冷却水,这对产品中的微生物数量起到一定稀释作用,但整体污染情况依旧不容乐观，菌落总数和大肠菌群数分别为 4.18 lg（cfu/g)和 3.03 lg(cfu/g),由此可知,冷却用水对鲜湿米粉的微生物污染有很大的影响[19-20]。

2.2.2　不同浓度 ClO_2 对冷却水中微生物的影响效果

不同浓度 ClO_2 对冷却水中微生物的影响效果见图 5 和图 6。

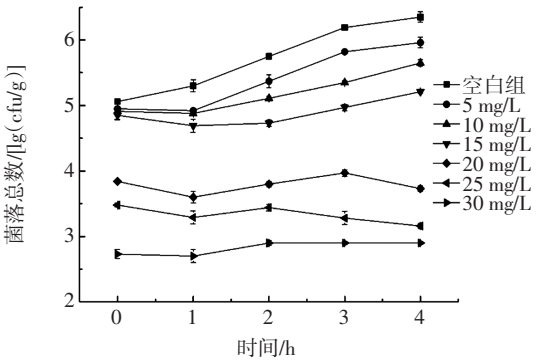

图 5　不同浓度 ClO_2 的冷却水中菌落总数变化

Fig.5　Changes in total colony in water at different concentrations of ClO_2

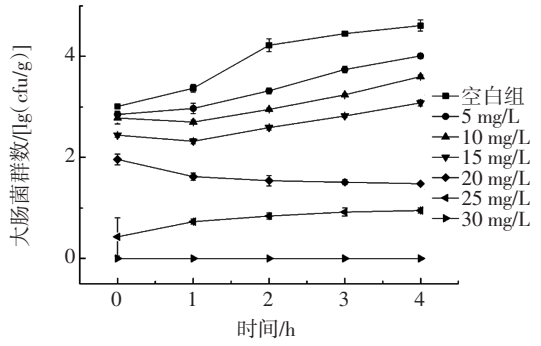

图 6　不同浓度 ClO_2 的冷却水中大肠菌群数变化

Fig.6　Changes in coliform in water at different concentrations of ClO_2

由图 5 可知,提高冷却水中 ClO_2 的有效浓度降低水中微生物的数量,并且抑制其生长。ClO_2 有效浓度超过 20 mg/L 时,可以显著降低冷却水中初始菌落数。ClO_2 有效浓度为 30 mg/L 时，存放过程中菌落总数呈缓慢增加趋势,4 h 内均保持在 10^3 cfu/g 以下。ClO_2 有效浓度在 5 mg/L~15 mg/L 范围内,存放过程中菌落总数先减少后增加,4 h 后数量超过 10^5 cfu/g。不添加任何抑菌剂(空白组)时,冷却水存放过程中菌落总数呈持续上升趋势,初始菌落总数为 5.09 lg(cfu/g),4 h 后增加到 6.35 lg(cfu/g)。

由图 6 可以看出,提高冷却水中 ClO_2 的有效浓度降低水中大肠菌群的数量,使其生长受到抑制。ClO_2 有效浓度超过 20 mg/L 时,可以显著降低冷却水中大肠菌群数的初始菌落数。ClO_2 有效浓度在 5 mg/L~15 mg/L 范围内,存放过程中大肠菌群数先减少后增加;不添加任何抑菌剂(空白组)时,冷却水存放过程中大肠菌群数呈持续增加趋势,与空白组菌落总数的变化趋势相同,初始菌落总数为 3.01 lg(cfu/g),4 h 后增加到 4.61 lg(cfu/g)。

综合生产用水抑菌试验可知,提高冷却水中 ClO_2 的有效浓度可以减少水中的微生物数量,降低生长速率。ClO_2 有效浓度为 20 mg/L 时,不仅可以显著降低冷却水中初始菌落的数量，还可以抑制微生物的生长;更高的有效氯浓度,虽然对水中微生物生长有更好的抑制效果，但是使用 ClO_2 浓度超过 20 mg/L 的冷却水处理产品,会导致产品气味、色泽发生明显的变化,且存在安全性问题。因此,建议生产中采用有效氯含量为 20 mg/L 的冷却水进行生产。

2.2.3　不同浓度 ClO_2 对冷却水槽表面微生物的影响效果

一个班次生产结束后用不同溶度的二氧化氯溶液进行处理冷却水槽,检测其表面菌落总数、大肠菌群数的数量,结果如图 7。

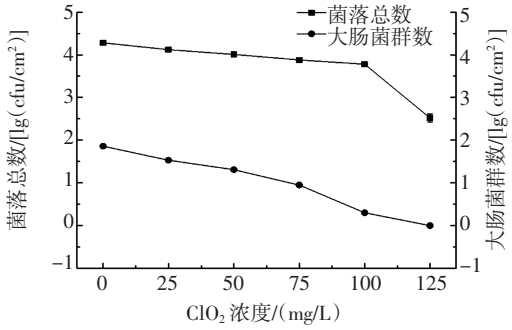

图 7　不同浓度 ClO_2 对冷却水槽的杀菌效果

Fig.7　Sterilization effect of different concentrations of ClO_2 on cooling water tank

由图 7 可知，用含有 ClO_2 溶液处理冷却水槽,能有效降低其表面菌落总数和大肠菌群数,且对大肠菌群的抑制效果更显著;ClO_2 溶液的浓度越高抑菌效果越好;溶液浓度超过 100 mg/L 时对菌落总数抑制效果显著增加。

表 5 是使用不同浓度 ClO_2 处理冷却冷却水槽后,对其表面菌落总数和大肠菌群数的杀菌率。

由表 5 可知,不同浓度 ClO_2 处理,对冷却水槽表面的微生物均有显著的杀菌效果;浓度越高,杀菌率越高,ClO_2 有效浓度达到 75 mg/L 时,处理冷却水槽可使其达到生产所需的卫生要求，超过 100 mg/L 后,对菌落总数和大肠菌群数的杀菌效果均可超过 90%。空

表 5 不同浓度 ClO_2 对冷却水槽的杀菌率

Table 5 Sterilization rate of cooling water tank with different concentrations of ClO_2

ClO_2 浓度/(mg/L)	指标	时期	表征值	
			数值/[lg(cfu/cm²)]	杀菌率/%
0(空白)	菌落总数	处理前	4.71±0.02	62.19
		处理后	4.28±0.03	
	大肠菌群数	处理前	2.17±0.04	51.02
		处理后	1.86±0.02	
25	菌落总数	处理前	4.71±0.02	74.25
		处理后	4.12±0.03	
	大肠菌群数	处理前	2.17±0.04	77.04
		处理后	1.53±0.03	
50	菌落总数	处理前	4.74±0.02	81.36
		处理后	4.01±0.03	
	大肠菌群数	处理前	2.58±0.02	94.71
		处理后	1.31±0.03	
75	菌落总数	处理前	4.74±0.02	86.09
		处理后	3.88±0.02	
	大肠菌群数	处理前	2.58±0.02	97.22
		处理后	0.95±0.04	
100	菌落总数	处理前	4.70±0.04	91.15
		处理后	3.65±0.05	
	大肠菌群数	处理前	2.22±0.07	98.42
		处理后	0.30±0.02	
125	菌落总数	处理前	4.70±0.04	99.32
		处理后	2.51±0.10	
	大肠菌群数	处理前	2.22±0.07	100
		处理后	0.00±0.00	

表 6 不同浓度 ClO_2 对操作员双手表面微生物的杀菌率

Table 6 Sterilization rate of operator's hands with different concentrations of ClO_2

ClO_2 浓度/(mg/L)	指标	时期	表征值	
			数值/[lg(cfu/cm²)]	杀菌率/%
0(空白)	菌落总数	处理前	2.71±0.04	23.22
		处理后	2.60±0.03	
	大肠菌群数	处理前	0.00±0.00	
		处理后	0.00±0.00	
5	菌落总数	处理前	2.71±0.04	76.06
		处理后	2.09±0.04	
	大肠菌群数	处理前	0.00±0.00	
		处理后	0.00±0.00	
10	菌落总数	处理前	2.71±0.04	78.69
		处理后	2.04±0.04	
	大肠菌群数	处理前	0.00±0.00	
		处理后	0.00±0.00	
15	菌落总数	处理前	2.72±0.03	82.80
		处理后	1.95±0.08	
	大肠菌群数	处理前	0.00±0.00	
		处理后	0.00±0.00	
20	菌落总数	处理前	2.72±0.03	92.42
		处理后	1.60±0.02	
	大肠菌群数	处理前	0.00±0.00	
		处理后	0.00±0.00	
30	菌落总数	处理前	2.72±0.03	94.33
		处理后	1.47±0.01	
	大肠菌群数	处理前	0.00±0.00	
		处理后	0.00±0.00	

白组(水中无 ClO_2 添加)处理冷却水槽后,其表面菌落总数为 4.28 lg(cfu/cm²),大肠菌群为 1.86 lg(cfu/cm²),对两者的杀菌率分别为 62.1%和 51.12%。125 mg/L 的 ClO_2 溶液具有更强的消毒效果,对菌落总数的杀菌率为 99.32%,数量降至 10^2 lg(cfu/cm²)数量级,对大肠菌群的杀菌率高达 100%。

2.2.4 不同浓度 ClO_2 对员工手表面微生物的影响效果

不同浓度 ClO_2 对操作员双手表面微生物的杀菌率见表 6。

由表 6 可知,低浓度(5、10 mg/L)ClO_2 就能对员工双手起到理想的消毒效果;浓度达到 20 mg/L 以后,对双手表面的菌落总数杀菌率高于 90%;ClO_2 处理前后,员工双手表面均无大肠菌群检出。空白组对菌落总数的杀菌率仅为 23.22%, 处理后的数值为 397 cfu/cm²;低浓度 (5、10 mg/L)ClO_2 溶液对菌落总数的杀菌率达到 70%以上,这可能是由于员工规范洗手后双手表面的微生物基数少;15 mg/LClO_2 溶液对菌落总数的杀菌率超过 80%,数量降至 90 cfu/cm²;ClO_2 溶液浓度为 20 mg/L 和 30 mg/L 时对菌落总数杀菌率高于 90%。

为进一步确定员工双手所需消毒液的浓度,本文又进行了不同浓度 ClO_2 溶液对双手的抑菌试验。不同浓度的二氧化氯溶液对员工双手表面菌落总数和大肠菌群数的抑制效果如图 8 和图 9。

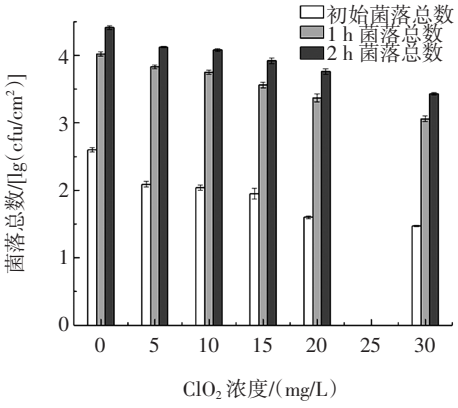

图 8 不同浓度 ClO_2 对员工手表面菌落总数的抑制效果

Fig.8 Inhibition effect of different concentrations of ClO_2 on total colony on operator's hands

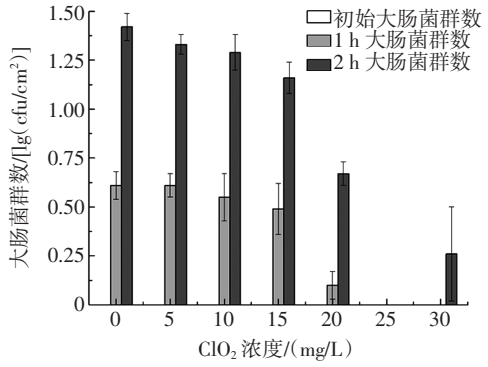

图 9　不同浓度 ClO_2 对员工手表面大肠菌群数的抑制效果

Fig.9　Inhibition effect of different concentrations of ClO_2 coliform on operator′s hands

由图 8 可知,生产过程中,员工手表面菌群总数增长主要集中在生产前期(0~1 h);生产前使用 ClO_2 溶液浸泡可以有效降低员工手表面的菌落总数,但是生产过程各浓度的抑菌效果均不理想。生产开始时,对照组(ClO_2 浓度为 0)员工手表面的菌落总数为 2.60 lg(cfu/cm²),1 h 后增至 4.02 lg(cfu/cm²),增加了 35.22倍,2 h 后的数量为 4.41 lg(cfu/cm²),继续增加了 1.46 倍;用 20 mg/L 的 ClO_2 溶液处理,初始时手表面的菌落总数为 1.47 lg(cfu/cm²);1 h 后变为 3.06 lg(cfu/cm²),增加了 34.35 倍,2 h 后的数量为 3.43 lg(cfu/cm²),继续增加了 2.32 倍。

由图 9 可以看出,规范洗手后,员工手表面无大肠菌群检出;ClO_2 有效浓度超过 20 mg/L 时,对大肠菌群数抑制效果明显增加;生产开始时,对照组(ClO_2 浓度为 0)生产 1 h 后员工手表面的大肠菌群数为 0.58 lg(cfu/cm²),2 h 后的数量为 1.42 lg(cfu/cm²),比 1 h 增加了 5.16 倍;ClO_2 有效浓度达到 20 mg/L 时,对大肠菌群数抑制效果明显增加,1 h 后的大肠菌群数为 0.10 lg(cfu/cm²),2 h 后的数量为 0.67 lg(cfu/cm²)。

综上所述,ClO_2 溶液浸泡处理可以有效降低员工手表面的微生物数量;不同浓度消毒液对生产过程员工手表面的菌落总数抑制效果均不理想;有效氯浓度达到 20 mg/L 时对大肠菌群有显著抑制效果。由于大肠菌群数在生产后期(1 h~2 h)生长迅速,生产前期(0~1 h)处于较低污染水平,从杀菌率、生产成本以及对员工健康的角度考虑,建议采用中间浓度 15 mg/L 的 ClO_2 溶液对员工双手进行消毒处理,并且生产过程中每小时进行一次,加强生产过程的二次消毒,保证员工卫生安全。

3　结论

通过对鲜湿米粉生产线的关键生产环节的菌落总数和大肠菌群数生长情况调查,发现浸米温度、pH 值、鲜湿米粉冷却和器具消毒方法对产品的污染影响最大,当浸米温度较低(10 ℃~15 ℃)、pH 值为 3.0、冷却水中 ClO_2 有效浓度达到 20 mg/L、浓度分别为 75 mg/L 和 15 mg/L 的 ClO_2 溶液处理冷却水槽和员工双手表面清洗对鲜湿米粉的微生物污染的预防效果最佳。总的来说,本研究以鲜湿米粉生产线的关键生产环节进行微生物污染状况调查,分析了生产过程造成产品污染的主要原因,确定了主要污染环节控制抑菌的方案,为鲜湿米粉生产的安全控制及工业标准化生产提供理论参考。

参考文献:

[1] 李琳,陈洁,王远辉,等.大米原料对鲜湿米粉品质影响[J].食品工业,2019,40(6):177-182

[2] 路飞,马涛,任文涛, 等. 几种添加剂对大米面包感官及质构特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(20): 23-26

[3] 苟青松,周梦舟,周坚,等.米粉专用米研究进展[J].粮食与油脂,2018,31(9):4-6

[4] 高利,于晨,高成成,等.鲜湿米粉的保鲜与品质改良研究进展[J].中国粮油学报,2018,33(11):133-139

[5] 陈雨薇,王蕾,吴永宁,等.水浸法削减大米粉中镉的工艺优化及对其品质影响[J].食品科学,2019,40(10):272-278

[6] 王邦辉,李玮,郭琦, 等. 新型食品添加剂在鲜湿方便食品改良中的应用[J]. 食品研究与开发, 2009, 18(9):184-186

[7] 李林轩,尹新利,吴梦春,等.鲜湿米粉生产关键控制点分析探讨[J].粮食加工,2018,43(3):31-33

[8] 张玮,陈洁,陈玲.杀菌工艺对鲜湿米粉的保鲜效果及品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2019,40(5):32-37

[9] 任宇航,郑明珠,肖瑜,等.糯玉米黏豆包抗老化剂配方的优化[J].食品研究与开发,2020,41(13):101-107

[10] Krishnamurthy K, Khurana H K, Soojin J, et al. Infrared heating in food processing: an overview[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2008,7(1):2-13

[11] Chuang Y K, Yeh A I. Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 63 (1): 21-31

[12] 马小明,林煜. 鲜湿方便米粉生产工艺及保鲜技术[J].中国食品添加剂, 2004 (6):96-99

[13] 周柏玲,石磊,孟婷婷, 等.杂粮鲜湿面保鲜试验研究[J].中国粮油学报, 2008, 23 (2):42-44

[14] 吴超. ε-聚赖氨酸在湿米粉保鲜中的应用研究[J]. 食品科技, 2015(7): 273-275

[15] 陈洁,李琳,蔡永艳,等.磨粉工艺对大米粉品质特性影响[J].食品工业,2019,40(1):105-107

(下转第 224 页)

42–43
[35] 青山, 李宗文, 曹效海, 等. 牦牛奶软质鲜奶酪生产技术研究[J]. 中国乳品工业, 2014, 42(9): 55–58
[36] 胡勇, 冶成君. 用牦牛奶生产 Gouda 奶酪工艺技术的研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2010, 40(6): 3–4
[37] 张雁平. 牦牛脱脂乳再制奶酪加工工艺[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(20): 82–85
[38] 洪青. 类卡门贝尔奶酪的果香风味改善研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015
[39] 李昂, 陈炼红, 李键, 等. 雅致放射毛霉添加量对牦牛霉菌奶酪品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(24): 120–125
[40] 冶成君, 张雁平, 马国壁, 等. 青海特色牦牛乳加工意式马背奶酪工艺研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 199–201
[41] 韩玲, 许敬东, 张福娟, 等. 牦牛“曲拉”乳酸干酪素生产工艺研究[J]. 中国乳品工业, 2006, 34(2): 36–39
[42] 张蓓. 藏族传统曲拉制作过程中乳酸菌群变化及曲拉中益生性乳杆菌的筛选和功能性评价[D]. 郑州: 郑州大学, 2017
[43] 余群力, 甘伯中, 敏文祥, 等. 牦牛“曲拉”精制干酪素工艺研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 140–144
[44] 丁考仁青, 王琳琳, 韩玲, 等. 不同地区牦牛曲拉的品质分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(1): 105–109
[45] 王琳琳, 王军, 韩玲, 等. 牧区牦牛“曲拉”优质发酵剂的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 152–156
[46] 金素钰, 龚卫华, 杨明, 等. 家庭自制牦牛酸奶中脂肪酸组成的分析[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2007, 33(4): 794–796
[47] 梁春年, 阎萍, 郭宪. 牦牛乳的特性及利用现状[C]. 南阳:第四届中国牛业发展大会论文集, 2009: 368–371
[48] 梁莹, 崔炳群, 黄建蓉, 等. 高倍甜味剂在无蔗糖甜牛奶中的应用[J]. 食品工业科技, 2007, 28(11): 205–206, 239
[49] 张岩, 李键, 陈炼红. 不同甜味剂对乳酸菌发酵以及牦牛酸奶品质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(9): 118–121
[50] 郭文奎. 优质酸奶风味图谱的建立[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012
[51] 陈一萌, 李思宁, 唐善虎, 等. 不同稳定剂对凝固型牦牛酸奶在冷藏后熟过程中品质及风味的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 188–196
[52] 雷有玲, 俞树. 青海特色牦牛酸乳加工工艺的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2013(22): 67–68
[53] 余闯闯, 薛蓓. 藏灵菇发酵酸奶的制备及工艺条件优化[J]. 轻工科技, 2016, 32(12): 20–22
[54] 李升升, 靳义超. 基于标准化法评估的牦牛酸奶加工工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(3): 297–302
[55] 苏媛宁, 夏玉, 林捷, 等. 乳酸菌蛋白降解及产香能力分析[J]. 中国酿造, 2014, 33(3): 36–39
[56] 邢伟一, 李键, 陈炼红. 甘孜藏族自治州传统牦牛发酵乳中乳酸菌的分离鉴定及多样性分析[J]. 食品科技, 2018, 43(1): 15–21
[57] 吴均, 赵晓娟, 陈佳昕, 等. 西藏、川西青藏高原牧区自然发酵牦牛酸奶中优良乳酸菌的筛选及鉴定[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 150–155
[58] 张靖晞, 廉桂芳, 索化夷. 牦牛酸乳特色发酵剂的研发 [J]. 中国乳品工业, 2017, 45(7): 13–17
[59] 万金敏, 葛武鹏, 杨丽娜, 等. 西藏牦牛奶渣优良乳酸菌筛选及混合发酵优化[J]. 中国乳品工业, 2017, 45(6): 4–8
[60] 杨超, 丁学智, 龙瑞军. 青藏高原地区牦牛鲜奶和酸奶营养价值及微生物组成[J]. 动物营养学报, 2018, 30(4): 1262–1270

收稿日期:2019–12–09

(上接第 199 页)

[16] 张博,李喜宏,张新,等.单双螺杆挤压工艺对大米粉营养复合米品质的影响[J].食品工业,2018,39(5):174–177
[17] Li M, Zhu K, Sun Q J, et al. Quality characteristics, structural changes, and storage stability of semi–dried noodles induced by moderate dehydration: Understanding the quality changes in semi–dried noodles[J]. Food chemistry, 2016, 194:797–804
[18] Wu Y,Lin Q,Chen Z X, et al. Preparation of chitosan oligomers COS and their effect on the retrogradation of intermediate amylose rice starch[J]. Journal of food science and technology, 2012, 49 (6): 695–703
[19] 何胜军,付赖鹏,张志明,等.我国干湿米粉的标准探讨[J].粮食与饲料工业,2019(2):1–4,7
[20] Zhenni Li,Li Wang,Zhengxing Chen,et al. Impact of binding interaction characteristics on physicochemical, structural, and rheological properties of waxy rice flour[J]. Food Chemistry,2018,63(16):266–273

收稿日期:2020–01–07