

NaCl 含量对Mozzarella干酪品质的影响

任星环, 任发政, 雷 蕾
(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘 要: Mozzarella干酪中NaCl的含量影响Mozzarella干酪的品质。本试验采用 3×3 拉丁方试验设计, 三个奶酪槽中凝乳磨碎后分别加NaCl为1%、2%、3%。研究干酪中NaCl的浓度对Mozzarella干酪的品质影响。结果表明随着干酪中NaCl的浓度的增加, 油脂析出性显著降低($p < 0.05$), 干酪的蛋白质水解显著降低($p < 0.05$), 干酪中NaCl的浓度对Mozzarella干酪的融化性, 硬度及弹性没有显著的影响。

关键词: Mozzarella干酪; NaCl含量; 品质

Effect of NaCl Contents in Cheese on Quality of Mozzarella Cheese

REN Xing-huan, REN Fa-zheng, LEI Lei
(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study compared the effect of NaCl contents in Mozzarella cheese on quality of Mozzarella cheese. The cheese making was replicated on 3 different using a 3×3 Latin square design. NaCl contents of cheese was set 1%, 2%, 3% in three vat. The result is the free oil formation of the cheese and proteolysis significantly decreased as ratio of NaCl contents increased, but the meltability, TPA springiness and TPA hardness of Mozzarella cheese wasn't affected by NaCl contents of chesse.

Key words: Mozzarella cheese; NaCl contents; quality

中图分类号 TS252.53

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2004)11-0089-06

Mozzarella干酪是pasta filate干酪中的重要成员,其起源于意大利。由于Pasta filate干酪生产中,鲜凝乳在热水中经过揉捏处理,使其具有独特的可塑性,同时赋予成品干酪特有的纤维结构、融化性和拉伸性。

Mozzarella干酪加NaCl的目的是改进干酪风味,组织和外观,排除内部乳清或水分,调节乳酸菌活力和干酪的成熟,防止和抑制杂菌的繁殖。NaCl浓度影响乳酸菌及凝乳酶活力,酪蛋白结构,蛋白质网络的水合作用和酪蛋白中钙-副酪蛋白-磷酸盐的相互作用。从而影响Mozzarella干酪的品质特征。

由于盐水腌制的Mozzarella干酪化学成分不均一,每块干酪中存在盐的梯度,影响干酪成熟过程中的化学变化,导致样品蛋白水解不均,所以本试验采用无盐法制干酪,通过改变干酪凝乳中的加NaCl量,研究对NaCl浓度对Mozzarella干酪成分、功能特性及蛋白质水解的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料乳 新鲜无抗牛乳购于北京绪中乳品厂,原料乳的比重为1.030,脂肪为3.5%~4.0%,蛋白质为2.9%,酪蛋白为2.17%。

1.1.2 供试菌种 唾液链球菌嗜热亚种和保加利亚德氏乳杆菌由中国农业大学功能乳品实验室提供,供试菌种经过充分活化,作为供试菌株。

1.1.3 凝乳酶 凝乳酶由澳大利亚Clerici spa公司进口。

1.1.4 NaCl(食盐) 市售。

1.2 仪器与设备

仪器与设备包括电热恒温水槽DK-8B 上海精宏实验设备有限公司;凯氏定氮仪KDY-9830 北京思贝得研究所;精密酸度计pH211 意大利哈纳科仪公司;恒温培养箱DNP-9028 上海精宏实验设备有限公司;质构仪QTS25 英国stevens公司;干酪槽及干酪刀 中国农业大学功能乳品实验室提供。

1.3 干酪制造工艺

本实验采用无盐法生产Mozzarella干酪,具体工

艺为:原料乳过滤→标准化→巴氏杀菌→冷却→加发酵剂→预酸化→加凝乳酶→凝乳→切割→加热收缩→排乳清→堆叠→粉碎加NaCl→热烫、拉伸→冷却→真空包装→成熟。凝乳磨碎后分别加NaCl的量为1%、2%、3%。

1.4 干酪的功能特性和化学成分分析

干酪的硬度及弹性采用质构仪QTS25测定^[8],融化性及油脂析出性采用改良的Schreiber法测定^[2,3],蛋白质水解通过pH4.6醋酸缓冲溶液和12%TCA中可溶性氮测定,同时对50d成熟的Mozzarella干酪进行感官评定。

1.5 实验设计与统计分析

本实验采取3×3拉丁方试验设计,具体方案见表1。统计分析采用spss分析软件。

表1 3×3 拉丁方设计表

实验日期 (d)	NaCl 浓度(%)		
	1	2	3
1	a	b	c
2	b	c	a
3	c	a	b

注: a, b, c 分别代表三个不同干酪槽。

2 结果与分析

2.1 NaCl 浓度对干酪成分的影响

干酪制作成熟50d后,取样测定干酪的水分,蛋白质,脂肪等成分,结果见表2~5。

表2 NaCl浓度与成品盐含量相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性 底限	95% 置信度	
					上限	
1	2	2.2390(*)	0.50358	0.004	1.0068	3.4712
	3	3.8633(*)	0.50358	0.000	2.6311	5.0956
2	1	-2.2390(*)	0.50358	0.004	-3.4712	-1.0068
	3	1.6243(*)	0.50358	0.018	0.3921	2.8566
3	1	-3.8633(*)	0.50358	0.000	-5.0956	-2.6311
	2	-1.6243(*)	0.50358	0.018	-2.8566	-0.3921

注: * 表示在5%水平上显著。

表3 NaCl浓度与成品干酪蛋白质含量相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性	95% 置信度	
					底限	上限
1	2	-0.35567	0.479087	0.486	-1.52795	0.81662
	3	-0.06433	0.479087	0.898	-1.23662	1.10795
2	1	0.35567	0.479087	0.486	-0.81662	1.52795
	3	0.29133	0.479087	0.565	-0.88095	1.46362
3	1	0.06433	0.479087	0.898	-1.10795	1.23662
	2	-0.29133	0.479087	0.565	-1.46362	0.88095

注: * 表示在5%水平上显著。

表4 NaCl浓度与成品干酪脂肪含量相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性	95% 置信度	
					底限	上限
1	2	0.069333	0.3302062	0.841	-0.738652	0.877319
	3	-0.319667	0.3302062	0.370	-1.127652	0.488319
2	1	-0.069333	0.3302062	0.841	-0.877319	0.738652
	3	-0.389000	0.3302062	0.283	-1.196986	0.418986
3	1	0.319667	0.3302062	0.370	-0.488319	1.127652
	2	0.389000	0.3302062	0.283	-0.418986	1.196986

注: * 表示在5%水平上显著表。

表5 NaCl浓度与成品干酪水分含量相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性 底限	95% 置信度	
					上限	
1	2	-174.00	137.995	0.254	-511.66	163.66
	3	-86.00	137.995	0.556	-423.66	251.66
2	1	174.00	137.995	0.254	-163.66	511.66
	3	88.00	137.995	0.547	-249.66	425.66
3	1	86.00	137.995	0.556	-251.66	423.66
	2	-88.00	137.995	0.547	-425.66	249.66

注: * 表示在 5 % 水平上显著。

表6 NaCl的浓度与成品干酪pH4.6 SN含量相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性 底限	95% 置信度	
					上限	
1	2	-5.82367(*)	1.826749	0.019	-10.29356	-1.35377
	3	-4.79350(*)	1.826749	0.039	-9.26339	-0.32361
2	1	5.82367(*)	1.826749	0.019	1.35377	10.29356
	3	1.03017(*)	1.826749	0.050	-3.43973	5.50006
3	1	4.79350(*)	1.826749	0.039	0.32361	9.26339
	2	-1.03017(*)	1.826749	0.050	-5.50006	3.43973

注: * 表示在 5 % 水平上显著。

表7 NaCl 的浓度与成品干酪12%TCA SN含量相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性 底限	95% 置信度	
					上限	
1	2	2.8955(*)	0.6095330	0.003	1.404026	4.386974
	3	1.8242(*)	0.6095330	0.024	0.332693	3.315640
2	1	-2.8955(*)	0.6095330	0.003	-4.386974	-1.404026
	3	-1.0713(*)	0.6095330	0.047	-2.562807	0.420140
3	1	-1.8242(*)	0.6095330	0.024	-3.315640	-0.332693
	2	1.0713(*)	0.6095330	0.047	-0.420140	2.562807

注: * 表示在 5 % 水平上显著。

分析结果表明随着凝乳中NaCl加入量的提高,成品干酪的水分降低,脂肪含量,蛋白质没有显著差别,盐含量显著升高。其中对成品干酪水分含量、蛋

白质和脂肪含量的影响不显著($p > 0.05$),对盐的含量影响极显著($p < 0.01$)。

2.2 NaCl 浓度对蛋白质水解的影响

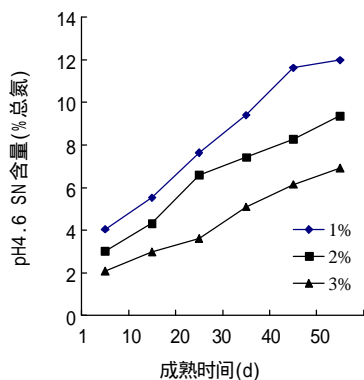


图1 Mozzarella干酪成熟期pH4.6 SN变化

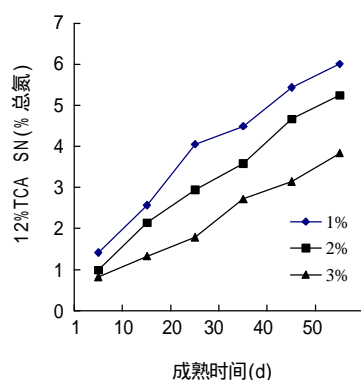


图2 Mozzarella干酪成熟期12%TCA SN变化

干酪成熟期间蛋白质的水解对其品质的影响很大。分别取不同 NaCl 含量处理的干酪在成熟 1、10、20、30、40、50d 的干酪样品,测其 pH4.6 SN 和 12%TCA SN, 结果如图 1、图 2 所示。在整个成熟过程中的 pH4.6 SN 和 12%TCA SN 显著增加, 而且蛋白质水解度与干酪成熟时间有明显的相关性。pH4.6 SN 和 12%TCA SN 的数量受不同 NaCl 含量的显著影响, 在贮藏成熟期间, 高 NaCl 含量明显减慢干酪中蛋白质水解速率。

从表 6、表 7 的分析结果可以看出, 由于 NaCl 浓度不同而引起的蛋白质水解的不同在统计学上显著($p < 0.05$)。

2.3 NaCl 浓度对干酪功能特性的影响

Mozzarella 干酪的功能特性主要包括未融化干酪的功

能特性(硬度、弹性)及融化干酪的功能特性(融化性, 油脂析出性)。

2.3.1 未融化干酪特性的变化

未融化干酪的质构特性用干酪的 TPA 硬度, TPA 弹性来表示, 干酪未融化特性分别重复测定三次, 取平均值, 测定结果如图 3、图 4 及表 8、表 9 所示。

在成熟过程中, Mozzarella 干酪变软的程度主要依靠 NaCl 的浓度。如图 3、图 4 所示, 刚制成的干酪的 TPA 硬度和 TPA 弹性差别不大, 但在随后的成熟过程中, 虽然所有实验组的干酪随着成熟时间的延长, 其 TPA 硬度和 TPA 弹性都呈下降趋势, 但 NaCl 含量高的干酪 TPA 硬度和 TPA 弹性下降速度明显低于 NaCl 含量

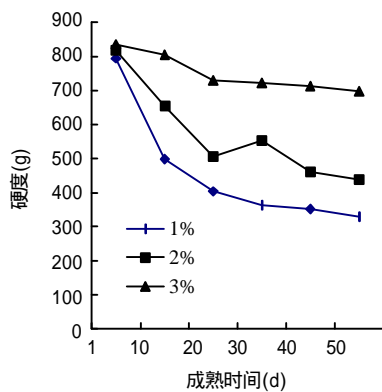


图3 NaCl浓度对干酪硬度的影响

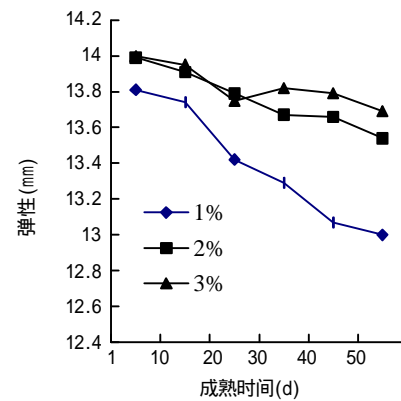


图4 NaCl浓度对干酪弹性的影响

表8 NaCl的浓度与成品干酪硬度相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性	95% 置信度	
					底限	上限
1	2	-198.67	189.824	0.336	-663.15	265.82
	3	-317.33	189.824	0.146	-781.82	147.15
2	1	198.67	189.824	0.336	-265.82	663.15
	3	-118.67	189.824	0.555	-583.15	345.82
3	1	317.33	189.824	0.146	-147.15	781.82
	2	118.67	189.824	0.555	-345.82	583.15

表9 NaCl的浓度与成品干酪弹性相关性统计分析结果

NaCl 浓度(%)	NaCl 浓度(%)	平均差	标准偏差	显著性	95% 置信度	
					底限	上限
1	2	-0.0133	0.06509	0.844	-0.1726	0.1459
	3	-0.1700	0.06509	0.400	-0.3293	-0.0107
2	1	0.0133	0.06509	0.844	-0.1459	0.1726
	3	-0.1567	0.06509	0.053	-0.3159	0.0026
3	1	0.1700	0.06509	0.400	0.0107	0.3293
	2	0.1567	0.06509	0.053	-0.0026	0.3159

注: * 表示在 5% 水平上显著。

低的干酪，低盐含量的干酪要更柔软一些。

对于不同的干酪来讲，NaCl 含量的提高使干酪的 TPA 硬度，TPA 弹性也随之增加，但 NaCl 含量对干酪 TPA 硬度，TPA 弹性影响不显著（见表 8、表 9）。

2.3.2 融化干酪特性的变化

融化性是 Mozzarella 干酪的特征品质。NaCl 浓度对 Mozzarella 干酪融化特性（融化性、油脂析出性）的影响如图 5、图 6 及表 10、表 11 所示。

由图 5、图 6 可知 NaCl 浓度与干酪的融化性及油脂析出形成相反的关系。随着干酪中 NaCl 浓度的增加，干酪的融化性和油脂析出性下降。在成熟过程中，随着成熟时间的延长，所有实验组的干酪都的融化性和油

脂析出性都有所改善，但低 NaCl 浓度的干酪融化性及油脂析出性增加的速率高于高 NaCl 浓度的干酪。

从表 10、表 11 的分析结果可以看出，由于 NaCl 浓度不同而引起的融化性的不同在统计学上不显著，但对油脂析出性的影响显著（ $p < 0.05$ ）。

3 讨论

3.1 NaCl 浓度与化学成分

从整体上讲盐浓度对干酪的化学成分影响不大，但与高 NaCl 浓度的 Mozzarella 干酪比起来，低 NaCl 浓度的 Mozzarella 干酪含水量略大，这可能是因为干酪加入时促进了乳清的排出和凝乳加盐脱水的作用引起的。

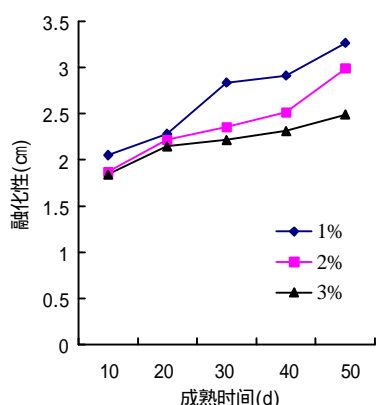


图5 NaCl 浓度对干酪融化性的影响

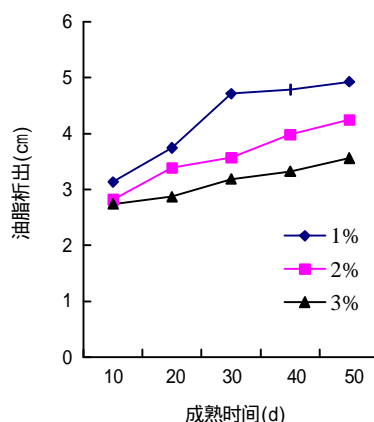


图6 NaCl 浓度对干酪油脂析出性的影响

表10 NaCl 的浓度与成品干酪融化性相关性统计分析结果

NaCl 浓度 (%)	NaCl 浓度 (%)	平均差	标准偏差	显著性 底限	95% 置信度	
					上限	
1	2	0.082964 (*)	1.3216563	0.050	-3.151013	3.316940
	3	0.134704 (*)	1.3216563	0.022	-3.099272	3.368681
2	1	-0.082964 (*)	1.3216563	0.050	-3.316940	3.151013
	3	0.051741 (*)	1.3216563	0.047	-3.182236	3.285717
3	1	-0.134704 (*)	1.3216563	0.022	-3.368681	3.099272
	2	-0.051741 (*)	1.3216563	0.047	-3.285717	3.182236

注：* 表示在 5% 水平上显著。

表11 NaCl 的浓度与成品干酪油脂析出性相关性统计分析结果

NaCl 浓度 (%)	NaCl 浓度 (%)	平均差	标准偏差	显著性 底限	95% 置信度	
					上限	
1	2	-0.0133 (*)	0.06509	0.044	-0.1726	0.1459
	3	-0.1700 (*)	0.06509	0.040	-0.3293	-0.0107
2	1	0.0133 (*)	0.06509	0.044	-0.1459	0.1726
	3	-0.1567 (*)	0.06509	0.045	-0.3159	0.0026
3	1	0.1700 (*)	0.06509	0.040	0.0107	0.3293
	2	0.1567 (*)	0.06509	0.045	-0.0026	0.3159

注：* 表示在 5% 水平上显著。

3.2 NaCl 浓度与蛋白质水解

Mozzarella 干酪的成熟过程中,在残存的凝乳酶和发酵剂乳酸菌的共同作用下,使干酪中的蛋白质和脂肪(主要是蛋白质)发生水解^[1]。NaCl 通过调节发酵剂乳酸菌的生长,控制蛋白酶水解活性来影响 Mozzarella 干酪成熟过程中蛋白质等的水解^[4]。本试验结果表明三种不同 NaCl 浓度处理得 Mozzarella 干酪的蛋白质水解是有差距的。这可能是由于低 NaCl 浓度可刺激用作发酵剂的乳酸菌的生长,成熟过程中乳酸菌数量增加,其死亡自溶后释放出更多的胞内蛋白酶,促进干酪中蛋白质的水解。但当 NaCl 浓度高时,则会抑制乳酸菌的生长。同时蛋白质水解酶的活性与浓度有关,高 NaCl 浓度时蛋白酶水解活性受抑制,水解作用变小;低 NaCl 浓度时蛋白酶水解活性受抑制小,水解作用增加。

3.3 NaCl 含量与功能特性

随着 NaCl 含量的提高, Mozzarella 干酪的 TPA 硬度, TPA 弹性增加,融化性降低,但这种影响不显著,这可能是因为 NaCl 浓度高的 Mozzarella 干酪水分含量降低造成的。

NaCl 含量对 Mozzarella 干酪的油脂析出性影响显著^[5]。Mozzarella 干酪中的脂肪是以脂肪球状分散在干酪凝乳中的,在融化时脂肪球连成一片,随蛋白质矩阵的崩塌而流动,这也就是说脂肪在干酪中的物理状态及它与酪蛋白的相互作用影响融化的 Mozzarella 干酪的油脂析出性^[6]。干酪中酪蛋白是主要的乳化剂,在 pH5.0~5.2 时酪蛋白是非胶束状的,可相互作用乳化脂肪,酪蛋白与钙分离后其乳化性显著提高^[1]。当干酪凝乳中加入 NaCl 时 NaCl 中的钠离子可以与酪蛋白结合的钙离子发生交换,提高了酪蛋白的乳化作用。当 NaCl 浓度高时,交换作用增强,酪蛋白的乳化作用也随之增加。脂肪的乳化将使融化时脂肪球连成片的倾向变小,导致低油脂析出的形成。

3.4 成熟时间与功能特性

干酪的功能特性随成熟时间的延长而得到改善,其原因是在酶的作用下,肽键逐渐发生断裂,削弱了蛋白胶束之间的连接,使蛋白质的胶束结构变得薄弱,所以干酪的 TPA 硬度和 TPA 弹性下降^[7]。在加热时,蛋白质的熵变小,所以分子之间的流动所需的能量变小,干酪的融化性逐渐增大。而蛋白质结构变弱,胶束之间乳浆中的脂肪逐渐聚集形成大的脂肪团粒,在加热情况下,这部分脂肪易释放出来,从而使干酪的油脂析出性增加。这与 Bourne, M. c 等人的研究结果是一致的^[9, 10]。

提高 Mozzarella 干酪中 NaCl 的浓度将减少干酪中的含水量,增加干酪的 TPA 硬度和 TPA 弹性,但这种影响不显著。

同样,高 NaCl 的浓度的 Mozzarella 干酪的融化性和油脂析出性低于低 NaCl 的浓度的 Mozzarella 干酪。油脂析出性受蛋白质与脂肪比例的显著影响($p < 0.05$),但,融化性受 NaCl 的浓度的影响在统计学上不显著。

NaCl 的浓度对 Mozzarella 干酪的蛋白质水解有显著影响,高 NaCl 的浓度抑制发酵剂乳酸菌的生长及蛋白酶活性,降低蛋白质的水解。

成熟时间对 Mozzarella 干酪品质的影响很大。干酪成熟过程中由于蛋白质逐渐发生水解,削弱了蛋白胶束之间的连接,使蛋白质的胶束结构变得薄弱,导致 Mozzarella 干酪的 TPA 硬度, TPA 弹性下降,融化性和油脂析出性增加。

参考文献:

- [1] Chitpinitiyol, Crabbe. Chymosin and aspartic proteinases [J]. Food Chemistry, 1998, 61: 395-418.
- [2] Joseph Yun, Joseph Kiely. Mozzarella cheese: impact of Milling pH on chemical composition and proteolysis [J]. Journal Dairy Science, 1993, 76: 3629-3638.
- [3] Kiely L J, et al. Observation on the melting behavior of imitation Mozzarella cheese [J]. J Dairy Sci, 1991, 74: 3568.
- [4] Miguel ACervantes, et al. Effects of Salt concentration and freezing on Mozzarella cheese texture [J]. J Dairy Sci, 1983, 66: 204-213.
- [5] PS Kindstedt, et al. Variation in composition and functional properties within Brine-salted mozzarella cheese [J]. J Dairy Sci, 1992, 75: 2913-2921.
- [6] Brian M Paulson, et al. Influence of sodium chloride on appearance, functionality, and protein arrangements in non-fat mozzarella cheese [J]. J Dairy Sci, 1998, 81: 2053-2064.
- [7] Lawrence R C, et al. Texture development during cheese ripening [J]. J Dairy Sci, 1987, 74: 727.
- [8] Konstance R, et al. development of rheological test method for cheese [J]. Food Technol, 1992, (1): 105-109.
- [9] Bourne M c. Texture profile analysis [J]. Food Technol, 1978, 32: 62-66.
- [10] Chaves W H, et al. Proteolysis and functional properties of mozzarella cheese as affected by refrigerated storage [J]. J of Food Sci, 64: 202-205.

4 结 论