pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 4, pp. 236~245 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.4.236

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

베이커리 식빵의 소비기한 설정을 위한 보관 방법에 따른 품질 변화 연구

황선혜 · 최지연 · 김민주 · 조용선*
한국식품연구원 식품분석연구센터

Analysis of Quality Change Based on Storage Conditions to Set the Use-by date of Bakery Breads

Sun Hye Hwang, Ji Yeon Choi, Min Joo Kim, Yong Sun Cho*
Food Analysis Research Center, Korea Food Research Institute, Wanju, Korea

(Received June 22, 2023/Revised August 14, 2023/Accepted August 14, 2023)

ABSTRACT - In this study, the quality safety limit period of seven types of bakery bread was analyzed, and their use-by date was calculated. For evaluating product quality, storage conditions were set as 5, 15, 25, and 35°C for 50 days, and moisture, microorganisms, sensory characteristics, and dominant bacteria were examined. The quality and safety standards followed the Korea Food Code and Korean industrial standards (KS). The results showed that all products stored at 5°C satisfied the standard for bacterial count for day 50, but the sensory quality was below the standard level. Samples stored at 15°C showed high variability from 3–39 days. At 25°C, a quality safety limit period of 2–20 days was set, and one sample was found to have the same shelf life. Bread stored at 35 °C had the shortest quality safety limit period. Considering a safety factor of 0.87, a use-by date period of 1.7–13.1 days was calculated. Therefore, setting the use-by date according to the product type is necessary, even for the same product category. Among the bread products sold in bakeries, those managed as room temperature products (1–35°C) can be distributed and stored in a temperature range of up to 35°C. Overall, this study demonstrates the importance of setting a quality retention period based on the product characteristics and carefully considering the safety factor.

Key words: Bakery bread, Quality safety Limit period, Use-by date, Safety margin, Safety factor

우리나라의 빵 소매시장은 제조 및 판매 방식에 따라 크게 양산빵과 베이커리 두 가지로 나뉜다. 양산빵은 빵 공장에서 대량으로 생산돼 완제품으로 포장 후 소매 유통을 통해 판매되는 빵을 말하여, 베이커리는 전문점에서 직접 구워서 만들어서 판매하는 빵을 말한다. 한국의 프랜차이즈 베이커리 전문점은 공장에서 기계로 대용량의 반죽을 돌려 빵을 성형한 후 굽기 직전의 상태로 각 매장으로 가져온 후 새벽에 각 지점에서 빵을 직접 구워서 판매하는 제품이나, 처음부터 빵을 공장에서 만들어 배송 후 베이커리 전문점에서 판매하는 두 가지 형태로 운영되고 있다. 유통기한은 2007년 10월 「식품 등의 유통기한 설정 기준」을 제정하여 유통기한 설정 기준의 일반 원칙과 설정 실험을 생략할 수 있는 경우에 관한 기준을 마련하였으며 2021년 12월 「식품 등의 표시·광고에 관한 법률」 개정으로 “유통기한” 표시제를 “소비기한” 표시제로 전환(시행 ‘2023.1.1)함에 따라 「식품 등의 유통기한 설정 기준」을 「식품 등의 소비기한 설정 기준」으로 개정하여 제도를 도입하고 있다. 소비기한이라 함은 식품에 표시된 보관 방법을 준수할 경우 섭취하여도 안전에 이상이 없는 기한을 말한다[1]. 식품의 날짜 표시는 소비자가 구매하고 소비하는 제품에 대한 신선도 및 안전과 연관되어 재고를 관리하고 음식물 쓰레기를 줄일 수 있는 데 효과적이다. 그러나 기존 유통기한에 비해 소비기한은 제품의 저장 기간이 길어지기 때문에 제품의 취급, 보관 등에 따라 품질에 영향을 미치는 요인을 고려한 식품 유형별 소비기한 설정이 필요하다.

최근 우리나라는 식생활의 서양화에 따라 아침식사 대용으로 식빵이 많이 이용되고 있다. 식빵은 제빵류 중에

*Correspondence to: YongSun Cho, Department of Food Analysis Research Center, Korea Food Research Institute, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea
Tel: +82-63-219-9242; Fax: +82-63-219-9280
E-mail: yscho@kfri.re.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 가장 많이 소비되고 그 자체뿐만 아니라 토스트나 샌드위치 등으로 다양하게 이용되고 있다. 또한 생활수준의 향상과 더불어 기호성이 다양해짐에 따라 식품의 다양화 및 고급화가 요구되고 있다[2,3]. KHIDI 통계에 의하면[4], 2020년 국민 다소비식품 라면, 국수보다 소비가 많은 식품유형이다.

빵의 주성분인 밀가루는 탄수화물이 70%정도를 차지하고 있으며 탄수화물은 대부분 녹말로써 녹말은 선형 아밀로스 분자들이 가지 구조를 지닌 아밀로펙틴 그물 구조 사이에 끼어 있다. 아밀로펙틴의 그물 구조를 나온 아밀로스의 나사선 구조들이 서로 뭉쳐 결정 상태를 만드는 과정을 노화라고 한다. 노화 현상이 일어나면 빵은 저장 중 수분 함량이 감소되고, 조직감이 단단해 진다[5]. 제빵에서 맛의 품질유지는 주로 노화속도에서 좌우 된다[6]. 식빵은 주로 실온 혹은 상온 유통으로 판매·유통되고 있으며, 계절별로 약간의 차이가 있으나 일반적으로 베이커리의 유통기한이 제조 후 2-3일이고, 양산빵의 유통기한은 제품에 따라 다르지만 대체적으로 3-7일 이내로 섭취하는 것이 좋다고 한다. 빵을 냉장 보관하면 품질유지기한이 늘어 날 수는 있으나, 맛과 품질이 급격하게 저하되므로 가능하면 상온에서 보관하는 것이 좋다. 품질유지기한은 소비기한 표시제로 변경되면서 품질안전한계기간으로 변경되었으며, 3개월 미만의 제품 소비기한 설정 시에는 실측실험으로 품질안전한계기간을 설정할 수 있다. 즉 제조사가 의도하는 소비기한은 약 1.3-2배 기간 동안 실제 보관 또는 유통조건으로 저장하면서 설정 실험 지표가 품질한계에 이를 때 까지 일정 간격으로 실험을 진행하여 얻은 결과에 실험값의 재현성과 신뢰도를 고려하여 안전계수 즉 안전마진을 고려한 보정을 하여 소비기한을 설정할 수 있다[7].

국내 프랜차이즈 빵집은 건강과 제품의 고급화를 위해서 보존료를 사용하지 않고 있어, 미생물 증식오염에 대하여 무방비 상태이다[2]. 특히, 온도와 습도가 높은 여름철에는 유통기한 중에 곰팡이가 발생하여 연간 3-5%의 빵이 버려지고 있다고 알려져 있다.[8] 식품의 부패는 특성 미생물(Specific spoilage organism)이 초기 미생물 군의 일부를 구성하며 이들의 성장으로 제품의 품질 변화를 확신할 수 없게 한다[7,9].

따라서 소비기한으로 변경 시 기존의 유통기한 보다 제품을 소비할 수 있는 기간이 연장된다면 소비자에게 제품의 신선도와 안전성에 관한 정보를 제공해야 할 필요성이 있다. 즉 유통기한은 제품이 판매되어야 하는 날짜를 표시하는 데 사용되었다면, 소비기한은 제품의 신선도와 안전성을 최대한 보장하면서 제품을 소비 할 수 있는 날짜를 의미한다. 소비기한의 표시는 소비자가 구매하고 소비하는 제품에 대해 안전과 품질의 정보에 입각한 결정을 내릴 수 있도록 해야 한다. 이러한 정보를 활용한다면 소비기한의 표시는 소비자에게 신선하고 안전한 고품질의 제품을 유통기한이 가까워져 신선하지 않거나 소비하기에 안전하지 않을 수 있는 제품이라는 인식을 바꿀 수 있다. 따라서 프랜차이즈 빵집에서 판매되고 있는 베이커리 식빵에 대한 과학적인 결과를 활용하여 품질안전한계기간을 고려한 소비기한을 표시하고, 안전하고 위생적인 방식으로 제품을 보관하고 취급하는 방법을 제시해야 한다. 본 연구에서는 상온 유통되는 식빵에 대한 소비기한 설정을 위해 보관 온도를 4구간(35°C, 25°C, 15°C, 5°C)으로 나누어 저장하여 품질에 대한 변화를 확인하고, 각 온도별로 식빵의 품질안전한계기간을 산출하고 부패 시 오염 미생물을 분리 동정, 식빵의 품질 변화의 주요 원인을 파악하여 실온 유통 식빵의 소비기한 설정 및 연장을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

Materials and Methods

시료

본 연구에서는 프랜차이즈 베이커리 전문점에서에 판매하는 빵류 중 식빵 7종(S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7)을 대상으로 하였다. 시료는 제조 공장에서 제조 완료 후 실온에서 실험실로 운송하고, 5°C, 15°C, 25°C, 35°C에서 각각 품질안전한계기간 설정 시까지 저장하면서 온도별로 시료를 채취하여 미생물검사, 이화학검사, 관능검사를 각각 실시하였다. 각 구간별 시료는 무작위로 3개의 시료를 채취하여 시험하였다. 시료의 채취 기간은 저장 온도를 고려하여 각 온도별로 품질안전한계기간에 따른 기준점을 넘는 부적합(기준치 이상)[10] 나오면 저장 실험을 멈추었다.

관능검사

저장 중 채취한 시료의 식빵의 관능검사는 관능요원 10명을 대상으로 9점 기호도 척도법을 이용하여 평가하였다. 시각과 후각, 촉각을 이용하여, 색, 이취를 조사하여 품질상태를 평가하여 매우 좋다는 9점, 좋다 7점, 보통이다 5점, 나쁘다 3점 매우 나쁘다 1점으로 평가하여 평균값을 나타냈다. 5점 이상을 적합한 것으로 판정하였다[7]. 현 유통기한 이상으로 저장을 하는 시료의 안전성을 고려하여 미각에 의한 평가는 실시하지 않았다.

수분

유리봉과 해사(Daejung, Seoul, Korea)를 넣고 항량이 된 수기에 3 g의 시료를 넣고 105°C로 건조기(NDO-400, EYELA, Tokyo, Japan) 에서 상압 가열 건조하였다. 건조한 시료는 데시케이터에서 30분간 식힌 후 질량을 측정하여 항량이 될 때까지 반복하였다. 수분 함량의 계산은 건조 후 항량이 되었을 때 질량을 시료의 질량으로 나눈 뒤 %로 계산하였다.

세균수 및 대장균(군) 정량 분석

시료 25 g과 희석액 (멸균생리식염수) 225 mL를 혼합한 다음 10진법으로 단계로 희석하여 세균수, 및 대장균(군)을 정량 분석하였다. 세균수는 3M AC Petrifilm (3M Co., Two Harbors, MN, USA), 대장균군, 대장균수는 3M EC Petrifilm (3M Co., Two Harbors, MN, USA)를 사용하여 시험용액 1 mL씩 3매의 페트리필름에 접종한 후 흡수시켜 측정하였으며 배양기(MIR-253, Sanyo. Osaka, Japan)에서 배양하였다. 시험 방법 및 배양 시간, 계수는 식품공전 시험 방법으로 하였다[10].

황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*) 정성 분석

시료 25 g에 225 mL의 10% NaCl (sodium chloride)을 첨가한 TSB (Tryptic Soy Broth) (Merck, Darmstadt, Germany)배지에서 37°C에서 24시간 배양 후 baird-parker (BP; Merck, Darmstadt, Germany)에서 전형적인 집락을 선별하여 baird-parker+rabbit plasma fibrinogen 배지 (BP+RPF; bioMerieux, Marcy L'Etoile, France)에 획선 도말하고 35°C에서 24시간 배양 하여 coagulase 유무를 확인하였다. Coagulase 양성인 집락은 VITEK 2 (Biomerieux, Marcy L'Etoile, France)를 이용해 동정하였다.

초기부패미생물 동정

시료를 단계별로 희석한 희석액을 Plate Count Agar (Merck, Darmstadt, Germany)에 무균적으로 0.1 mL씩 취한 후 건조시켜서 접종액이 완전히 흡수되도록 도말한 후 35°C에서 48시간 동안 배양 한다. 최종 희석액에서 30-100개의 집락을 가진 PCA에서 집락을 선별하여 순수 분리 한 후 분리된 집락을 검사용 표적슬라이드(Vitek MSDS, bioMerieux)에 도말하여 표적슬라이드에 1 μL의 CHCA matrix 용액(a-cyano-4-hydroxycinn amic acid solution, BioMerieux)을 떨어뜨리고 실온에서 완전히 건조하였다. 질량분석기 Vitek MS (BioMeriux)를 이용하여 건조시킨 표적슬라이드 결과를 판독하였다. 집락을 3반복 시험을 통해서 결과를 해석하였으며, Vitek MS 판독을 위한 스펙트럼은 생물자원센터(KCTC)에서 분양 받은 *E. coli* ATCC 8739를 표준 균주로 사용하여 기기의 성능을 확인하였다.

통계처리

SPSS (ver 20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 일원배치 분산 분석으로 집단간의 평균값을 비교하였으며 $P<0.05$ 수준에서 차이를 비교하였다.

Results and Discussion

5°C 저장 식빵의 품질안전한계기간 설정

구매한 식빵을 5°C에서 저장하고 관능 평가한 결과, 저장 후 50일 이후 모든 식빵에서 관능검사 결과가 평균값이 5점 이하로 품질의 부적합 수치를 나타냈다(Table 1). 따라서 품질안전한계기간은 관능검사 부적합 결과일 직전에 검사한 45일로 설정할 수 있다. 5°C에서 보관한 식빵의 경우 제품의 안전성에는 이상이 없었으나, 관능적인 측면, 즉 딱딱해지거나 식빵의 건조함으로 보관 시 제품의

Table 1. Result of sensory evaluation by 5°C storage days of bakery bread

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	8.13±0.79^{a}	8.35±0.74^{a}	8.35±0.74^{a}	8.33±0.73^{a}	8.40±0.63^{a}	8.40±0.63^{a}	8.35±0.62^{a}
2	8.05±0.68^{a}	8.15±0.74^{a}	8.35±0.66^{a}	8.23±0.66^{a}	8.10±0.71^{ab}	8.08±0.69^{ab}	8.08±0.69^{ab}
3	7.85±0.77^{a}	7.88±0.79^{a}	8.05±0.85^{ab}	8.00±0.85^{ab}	7.83±0.84^{ab}	7.90±0.81^{ab}	7.90±0.78^{ab}
4	7.85±0.62^{a}	8.10±0.71^{a}	8.23±0.73^{a}	8.25±0.74^{a}	8.10±0.81^{ab}	8.13±0.76^{ab}	8.13±0.76^{ab}
5	7.90±0.74^{a}	8.15±0.62^{a}	8.28±0.60^{a}	8.35±0.62^{a}	8.33±0.62^{a}	8.23±0.62^{a}	8.18±0.59^{ab}
10	7.93±0.86^{a}	8.05±0.90^{a}	8.18±0.90^{a}	8.30±0.85^{a}	8.18±0.71^{ab}	8.28±0.72^{a}	8.23±0.73^{ab}
15	7.88±0.85^{a}	8.03±0.89^{a}	8.25±0.87^{a}	8.10±0.93^{a}	8.13±0.97^{ab}	8.20±0.91^{ab}	8.13±0.91^{ab}
20	7.88±0.85^{a}	7.95±0.90^{a}	7.83±0.90^{a}	7.78±0.89^{abc}	7.80±0.88^{ab}	8.03±0.86^{ab}	8.03±0.80^{ab}
25	7.68±0.66^{a}	7.75±0.74^{a}	7.75±0.74^{a}	7.73±0.88^{abc}	7.70±0.88^{ab}	7.70±0.85^{ab}	7.70±0.82^{ab}
30	7.38±1.27^{ab}	7.47±1.34^{a}	7.38±1.29^{bc}	7.38±1.29^{bc}	7.45±1.36^{b}	7.53±1.40^{ab}	7.58±1.39^{ab}
35	7.70±1.14^{a}	7.63±1.15^{a}	7.83±0.84^{ab}	7.93±0.86^{ab}	8.00±0.88^{ab}	8.00±0.88^{b}	8.08±0.83^{ab}
40	6.85±1.58^{b}	6.75±1.53^{b}	6.90±1.45^{c}	7.23±1.33^{c}	6.55±1.43^{c}	6.30±1.32^{c}	6.80±1.51^{c}
45	5.75±1.35^{c}	5.63±1.19^{c}	5.56±1.27^{d}	5.48±1.10^{d}	5.55±1.01^{d}	5.43±0.93^{d}	5.38±0.90^{d}
50	2.80±1.14^{d}	2.78±1.12^{d}	2.85±1.17^{e}	3.00±1.04^{e}	3.13±1.09^{e}	3.15±0.01^{e}	2.88±1.44^{e}

[1)] Data are presented as mean ± standard deviation (n = 10).
[2)] Different letters (a-e) in the same row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 2. Result of aerobic bacteria counts by 5°C storage days of bakery bread (Log CFU/g)

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	nd	nd	1.90±0.14	nd	1.32±0.03	2.60±0.06	nd
2	nd	nd	nd	1.00±0.00	1.00±0.00	nd	nd
3	nd	nd	1.00±0.00	1.84±0.00	nd	nd	nd
4	nd	nd	1.00±0.00	nd	nd	nd	nd
5	nd	nd	1.15±0.21	nd	nd	nd	nd
10	nd	nd	1.2	nd	nd	nd	nd
15	nd	nd	nd	nd	nd	2.21±0.29	nd
20	nd	nd	1.88±0.17	nd	nd	nd	nd
25	nd	nd	nd	nd	nd	1.00±0.00	nd
30	nd	nd	nd	nd	nd	1.30±0.06	nd
35	nd	1.00±0.01	nd	nd	nd	1.04±0.06	nd
40	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
45	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
50	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

[1] Data are presented as mean±standard deviation (n = 3).
[2] nd : Not detected (<1 Log CFU/g).

품질이 매우 낮아 졌다. 그러나 식빵의 경우 제품의 KS 규격[11]에 수분이 38% 이하로 설정되어 있어 냉장 보관에 따른 수분의 기준치는 적합 하였다. 베이커리 제품의 수분 함량은 저장 수명, 질감, 곰팡이 성장 민감성, 부패 과정 및 전반적인 품질 특성에 영향을 미칠 수 있다. 구운 제품의 경우 수분이 높으면 미생물 성장 및 곰팡이의 번식이 쉬워 부패가 가속화되어 유통 기한이 짧아진다[12]. 그러나 수분 함량은 베이커리 제품의 식감에 직접적인 영향을 미치고, 수분 함량이 높을수록 더 부드럽고 촉촉한 질감이 되고, 수분 함량이 낮을수록 건조하고 부서지기 쉬운 질감이 된다[13]. 수분 함량은 노화 과정에도 영향을 미치며 수분 이동은 시간이 지남에 따라 품질 손실의 원인이 되어[14] 맛, 향 및 전반적인 품질과 같은 관능적 속성은 베이커리 제품의 수분 함량에 의해 영향을 받는다[15]. 최적의 수분 수준을 유지하는 것은 품질, 안전성을 유지하는 데 중요하다. 따라서 베이커리 제품의 수분 항목에 대한 품질 기준을 세분화하여 품질/위생학적 지표로 사용한다면 품질안전한계기간 설정을 위한 명확한 지표가 될 것으로 생각된다. 5°C 식빵을 저장한 결과, 실험한 7종의 제품에서 50일 동안 세균수는 부적합 규격 이하이며, 황색포도상구균, 대장균(군)은 검출되지 않았다. 따라서 5°C으로 식빵을 보관 할 경우 미생물학적 지표를 활용하여 품질안전한계기간을 설정할 수 없었다(Table 2). 따라서 저온으로 식빵을 보관 시에는 관능학적으로 품질안전한계기간을 설정할 수 있으나, 수분과 관능과의 상관성 있는 기준이 있다면 냉장으로 식빵을 보관할 때 품질안전한계기간 산출이 더 용이할 것으로 생각된다.

15°C 저장 식빵의 품질안전한계기간 설정

15°C에서 보관한 식빵의 품질안전한계기간은 3일(S3)에서 39일(S7)까지 시료별로 편차가 높았다(Table 3, 4). S3 시료의 경우는 저장 4일째 세균수가 품질기준치(5 log CFU/g) 이상으로 품질안전한계기간을 전 시험일인 저장기간 3일로 설정할 수 있었다. S4, S5의 시료의 경우는 품질안전한계기간 설정 시 이물(곰팡이)로 인해 관능 품질이 기준치(5점) 미만으로 품질안전한계기간을 전 시험일인 35일로 설정할 수 있었다. 그러나 두 제품의 경우 품질안전한계기간에 세균수는 기준치 이하였다.

15°C 저장의 경우 7개 시료 중 3개의 시료(S1, S4, S5)는 성상 부적합(곰팡이)로 품질안전한계기간을 설정할 수 있고 4개의 시료(S2, S3, S6, S7)는 세균수가 부적합 이였다. 수분은 품질안전한계기간까지 모든 시료에서 38% 이하로 분석되어 현재 기준값(KS)인 38%이하로 품질안전한계기간을 설정하기 위한 지표로 이용할 수 없었으며, 황색포도상구균, 대장균(군)은 검출되지 않았다. 따라서 15°C로 저장 유통할 경우 관능과 세균수를 품질안전한계기간 설정 지표로 사용할 수 있다. 실온 유통 빵류의 경우 15°C 보관 시에는 제품별로 품질안전한계기간이 상이하므로 반드시 품질 지표를 고려하여 품질안전한계기간을 설정해야만 정확한 소비기한을 산출 할 수 있을 것으로 생각된다.

25°C 저장 식빵의 품질유지한계기간 설정

식빵을 25°C 저장 보관하였을 때 최소 2일(S3)에서 최대 20일(S4)의 품질유지한계기간이 설정되었다. 15°C에 저장한 시료보다 품질안전한계기간이 짧았다(Table 5, 6). 특

Table 3. Result of sensory evaluation by 15°C storage days of bakery bread

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	8.75±0.44 [a,3)]	8.78±0.42[a]	8.68±0.47 [a]	8.68±0.47[a]	8.35±0.80[a]	8.25±0.78[a]	8.35±0.80[a]
2	8.48±0.51 [ab]	8.55±0.50[a]	7.68±0.76 [b]	7.93±0.80[abc]	8.33±0.66[a]	8.33±0.66[a]	8.28±0.78[a]
3	8.50±0.51 [ab]	8.33±0.47[ab]	7.03±0.89 [b]	7.80±0.97[abcd]	7.93±0.97[ab]	7.93±0.97[a]	7.98±1.00[a]
4	7.78±1.12 [ab]	7.75±1.06[bc]	4.50±0.51 [c]	7.78±0.92[abcd]	7.73±0.85[abc]	7.73±0.85[a]	8.13±0.79[a]
5	7.85±0.74 [ab]	7.85±0.74[abc]	-[2)]	8.13±0.85[ab]	7.90±0.84[abc]	7.90±0.84[a]	8.10±0.78[a]
6	8.00±0.78 [ab]	7.73±0.82[bc]	-	8.18±1.17[ab]	8.05±0.93[ab]	8.05±0.93[a]	8.15±0.95[a]
7	7.63±0.49 [b]	7.50±0.51[ce]	-	7.83±1.24[abcd]	7.83±0.87[abc]	7.83±0.87[a]	8.03±1.00[a]
8	7.80±0.76 [ab]	6.83±0.71[de]	-	7.98±1.10[abc]	8.03±0.97[ab]	8.03±0.97[a]	8.08±1.00[a]
9	6.10±1.35 [c]	6.13±0.52[ef]	-	7.15±0.80[bcde]	7.53±0.78[abc]	6.58±0.64[b]	8.05±0.88[a]
10	6.40±1.28 [c]	6.18±0.68[ef]	-	7.40±1.48[bcde]	7.48±1.38[abcd]	6.45±1.04[b]	7.93±0.97[a]
12	2.33±0.89[d*]	5.78±0.70[f]	-	7.35±1.42[bcde]	7.50±1.45[abcd]	5.25±1.15[c]	8.23±0.77[a]
15	-	4.45±0.50[f]	-	7.33±1.59[bcde]	7.55±1.45[abc]	4.93±1.27[c]	7.55±1.45[ab]
20	-	-	-	6.98±1.79[cdef]	6.60±1.85[abcd]	-	6.60±1.85[c]
25	-	-	-	6.80±1.88[def]	7.55±1.54[abc]	-	7.55±1.54[ab]
30	-	-	-	6.63±1.89[ef]	7.18±1.77[abcd]	-	6.90±1.84[bc]
35	-	-	-	6.03±1.70[f]	6.95±1.85[abcd]	-	6.33±1.94[c]
39	-	-	-	2.48±0.85[f*]	2.45±0.88[e*]	-	5.38±2.38[d]
40	-	-	-	-	-	-	4.40±1.57[e]

[1)] Data are presented as mean±standard deviation (n = 10).
[2)] Stop Storage and experiment.
[3)] Different letters (a-f) in the same row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)] The symbol(*) indicates there is foreign matters (Mold).

Table 4. Result of aerobic bacteria counts by 15°C storage days of bakery bread (Log CFU/g)

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	nd	nd	1.90±0.14	nd	1.32±0.03	2.60±0.06	nd
2	nd	nd	4.56±0.02	0.09±0.12	nd	2.56±0.02	nd
3	nd	nd	3.35±0.04	nd	1.04±0.06	2.91±0.00	nd
4	nd	nd	5.78±0.00	nd	nd	3.04±0.06	nd
5	nd	nd	-[3)]	nd	nd	3.88±0.29	nd
6	nd	nd	-	2.15±0.21	nd	3.74±0.06	nd
7	nd	nd	-	1.15±0.21	nd	3.72±0.03	nd
8	nd	nd	-	2.39±0.12	nd	3.65±0.02	nd
9	nd	4.69±0.12	-	nd	nd	3.66±0.01	nd
10	2.10±0.17	4.87±0.04	-	3.62±0.19	nd	4.50±0.28	nd
12	-	4.53±0.18	-	1.98±0.03	nd	4.16±0.02	nd
15	-	6.69±0.01	-	3.04±0.06	2.95±0.00	5.63±0.09	nd
20	-	-	-	nd	nd	-	nd
25	-	-	-	3.15±0.21	nd	-	nd
30	-	-	-	nd	nd	-	1.95±0.01
35	-	-	-	2.59±0.83	2.15±0.21	-	4.04±0.06
39	-	-	-	-	-	-	3.39±0.12
40	-	-	-	-	-	-	5.04±0.06

[1)] Data are presented as mean±standard deviation (n = 3).
[2)] nd : Not detected (<1 Log CFU/g).
[3)] Stop Storage and experiment.

히 S3의 시료의 경우 2일부터 급격하게 세균수가 증가하여 저장 3일부터 세균수, 관능 분석 결과 기준값을 초과하여 15°C 저장한 시료보다 품질안전한계기간이 1일 감소하였다. 7개의 시료 중에 3개의 시료(S1, S4, S5)에서 곰팡이(성상)가 발견되어 실험을 중단하였으며 4개의 시료(S2, S3, S6, S7)는 세균수가 부적합(5 log CFU/g 이상)으로 품질안전한계기간이 설정되었다. 황색포도상구균, 대장균(군)은 검출되지 않았다. 빵을 부패시키는 가장 흔한 미생물은 곰팡이와 효모로 알려져 있다. 특히 곰팡이는 빵 표면의 변색, 이취와 같은 눈에 보이는 품질 지표이며, 효모는 빵을 발효시키고 이산화탄소를 생성하여 빵 표면이 끈적해지는 원인으로 알려져 있다[16]. 미생물의 성장은 온

Table 5. Result of sensory evaluation by 25°C storage days of bakery bread

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	8.80±0.41$^{a,3)}$	8.75±0.44^{a}	7.98±0.77^{a}	8.75±0.44^{a}	8.80±0.41^{a}	8.80±0.41^{a}	8.83±0.38^{a}
2	8.40±0.50^{ab}	8.33±0.47^{ab}	5.60±0.59^{b}	8.35±0.48^{ab}	8.43±0.50^{ab}	8.20±0.41^{a}	8.38±0.49^{ab}
3	7.90±0.44^{bc}	8.18±0.45^{b}	3.58±0.50^{c}	8.43±0.50^{ab}	8.43±0.55^{ab}	7.98±0.86^{a}	8.33±0.80^{ab}
4	7.43±0.75^{c}	7.08±0.89^{cd}	-$^{2)}$	7.28±1.09^{c}	7.18±0.49^{c}	6.80±1.14^{b}	7.60±1.28^{bc}
5	7.38±0.49^{c}	7.48±0.51^{c}	-	7.55±0.50^{bc}	7.63±0.49^{bc}	6.75±1.24^{b}	7.60±1.17^{bc}
6	6.55±0.50^{d}	6.65±0.48^{d}	-	7.83±0.75^{abc}	7.58±0.64^{bc}	6.65±1.19^{b}	7.45±1.01^{cd}
7	5.90±0.30^{e}	6.00±0.45^{e}	-	7.63±0.49^{bc}	7.63±0.49^{bc}	6.88±1.18^{b}	7.08±0.83^{cd}
8	3.05±0.81^{f*}	5.38±0.63^{f}	-	7.60±0.50^{bc}	7.30±0.72^{c}	6.90±1.13^{c}	6.70±1.09^{de}
9	-	5.33±0.06^{f}	-	5.88±0.97^{d}	5.80±0.99^{c}	5.50±0.88^{c}	6.03±0.80^{ef}
10	-	4.20±0.61^{f}	-	5.25±0.71^{d}	5.80±0.99^{d}	4.95±0.85^{c}	5.58±1.06^{f}
15	-	-	-	5.43±0.75^{d}	5.13±0.82^{d}	-	4.95±0.75^{f}
19	-	-	-	5.18±0.68^{d}	2.20±0.88^{e*}	-	-
20	-	-	-	5.43±0.75^{d}	-	-	-
22	-	-	-	2.13±0.94^{e*}	-	-	-

[1)] Data are presented as mean±standard deviation (n = 10).
[2)] Stop Storage and experiment.
[3)] Different letters (a-e) in the same row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)] The symbol(*) indicates there is foreign matters (Mold).

Table 6. Result of aerobic bacteria counts by 25°C storage days of bakery bread (Log CFU/g)

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	nd	nd	1.90±0.14	nd	1.32±0.03	2.60±0.06	nd
2	nd	1.52±0.00	4.52±0.03	0.99±1.1	nd	nd	nd
3	nd	nd	5.02±0.03	nd	nd	3.95±0.08	nd
4	nd	3.74±0.01	-$^{3)}$	nd	1.24±0.34	4.62±0.01	nd
5	1.95±0.04	4.04±0.06	-	1.98±0.03	2.15±0.21	4.88±0.04	nd
6	2.73±0.50	3.65±0.92	-	nd	2.50±0.01	4.77±0.10	nd
7	3.45±0.26	4.77±0.01	-	1.00±0.00	3.00±0.00	4.82±0.24	3.39±0.12
8	-	4.76±0.08	-	2.39±0.12	3.13±0.07	4.53±0.18	3.87±0.04
9	-	4.82±0.01	-	nd	3.50±0.28	4.84±0.00	4.340.37
10	-	5.74±0.69	-	nd	3.89±0.16	6.69±0.00	4.93±0.04
15	-	-	-	3.04±0.06	3.77±0.10	-	5.84±0.00
19	-	-	-	3.00±0.06	-	-	-
20	-	-	-	3.24±0.05	-	-	-

[a)] Data are presented as mean±standard deviation (n = 3).
[2)] nd : Not detected (<1 Log CFU/g).
[3)] Stop Storage and experiment.

도, 습도, pH 및 다른 미생물의 존재를 포함한 다양한 요인의 영향을 받을 수 있으나, 곰팡이, 효모의 성장온도인 25°C에서 저장한 빵의 부패 속도가 빨라 질 수 있다[17]. 그러므로 따뜻하고 습한 환경에 보관된 빵은 차갑고 건조한 환경에서 보관된 빵보다 곰팡이와 효모에 의해 오염될 가능성이 더 높다.

일반적인 한국의 겨울철 실내온도가 18-22°C, 여름철 실내온도 22-26°C 이며, 일반적으로 판매하고 있는 베이커리 제품의 권장유통기한(2022.12 기준)이 상온 15-25°C의 경우 5일로 설정되어 있으나, 25°C에서 저장 시 제품별로 품질안전한계기간이 상이하여 권장유통기한이 아닌 개별적 품질유지한계기간 설정이 필요하다고 생각된다. 특히 베이커리에서 유통되고 있는 빵류 중 실온 유통(1-35°C)으로 관리되고 있는 제품은 최대 35°C에서 유통, 보관이 가능하므로 품질유지한계기간 설정 시 제품의 특성을 고려하여 설정해야 한다. 또한 결정된 소비기한의 재현성이 100% 유지되기 어렵기 때문에 평균 저장기간에 근접하기 위한 안전계수[7]의 결정을 신중하게 고려할 필요성이 있다.

35°C 저장 식빵의 품질유지한계기간 설정

35°C 온도에서 식빵을 저장했을 때 품질유지한계기간이 가장 짧았으며, 소비기한 설정 가이드라인에 의하면[7] 품질안전한계기간 설정 시 실온제품의 경우 유통온도 35°C와 비교온도 25°C를 반드시 저장 조건에 설정해야 하므로 실온 식빵의 경우 25°C와 35°C에서의 품질안전한계기간 설정이 반드시 필요하다. 35°C 저장 시에는 최소 2일(S2, S3, S6)에서 최대 15일(S4)로 품질안전한계기간이 설정되었다. 3 시료(S2, S3, S6)는 유통기한 표시일인 제조 후 2일과 동일한 품질안전한계기간이 설정되었다(Table 7, 8). 만일 제품의 보관 유통 시 30°C가 넘게 유지 된다는 안전계수을 고려했을 때 3개의 시료의 경우는 소비기한이 현재의 유통기한보다 짧게 설정되어야 한다. 35°C에 저장한 7개 시료 중 6개 시료에서 세균수에 의해서 품질안전한계기간을 설정할 수 있었으며 시료 S4는 이물(곰팡이)에 의해서 품질안전한계기간이 설정되었다. 모든 시료에서 수분은 적합 38% 이하로 분석되었으며 황색포도상구균, 대장균(군)은 검출되지 않았다. 제품의 저장, 보관 등의 온도에 따른 표시는 상온, 실온 유통의 구분이 있다. 상온 유통의 경우 최대온도가 25°C이며 실온 유통의 경우 최대온도가 35°C로 설정되어 베이커리 제품의 운송 중에 25°C의 품질 유지가 힘들 수 있어 실온유통제품으로 제품을 판매 유통하고 있어 품질안전한계기간이 짧게 설정될 수 있다. 하지만 제품을 상온(25°C 이내)으로 유지 보관 운송한다면 대부분의 제품에서 품질안전한계기간을 길게 설정할 수 있다.

품질안전한계기간을 고려한 소비기한 설정

베이커리 제품 중 식빵류의 소비기한 설정을 위해 최대 남용 온도 즉, 식품이 가장 변질하기 쉬운 온도에서의 품질안전한계기간에 제조사의 결정에 따른 안전계수 (안전마진을)를 적용하여 최종 소비기한을 설정할 수 있다. 안전계수는 1.00 미만의 계수로 위생 수준과 실제 유통환경 등을 고려하여 산정되는 값으로 베이커리 빵류인 경우 실온 제품으로 수소이온농도(pH) 4.6이상, 수분활성도(Aw)를 0.8-0.9를 고려하여 일반적으로 0.87의 안전계수를 고려할 수 있다[18]. 각 온도에 따른 품질안전한계기간이 상이하지만 품질의 안전을 고려한 남용온도(36°C)에서 가장 짧

Table 7. Result of sensory evaluation by 35°C storage days of bakery bread

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	8.70±0.46 [a,3)]	8.85±0.36 [a]	8.75±0.44 [a]	8.70±0.46 [a]	8.78±0.42 [a]	8.93±0.27 [a]	8.80±0.41 [a]
2	8.35±0.66 [a]	6.93±0.94 [b]	6.85±0.83 [b]	8.73±0.45 [a]	8.85±0.36 [a]	7.95±0.81 [c]	8.15±0.77 [b]
3	7.60±0.78 [b]	4.80±1.11 [c]	4.45±1.50 [c]	8.45±0.46 [a]	8.78±0.42 [a]	5.85±0.86 [c]	7.18±1.13 [b]
4	7.35±0.53 [b]	-[2)]	-	8.08±0.53 [a]	8.55±0.50 [b]	-	7.40±0.87 [c]
5	6.98±0.73 [b]	-	-	8.08±0.53 [a]	7.85±0.58 [b]	-	3.98±1.44 [c]
6	3.98±1.56 [c]	-	-	7.05±0.81 [a]	7.10±0.71 [b]	-	-
7	-	-	-	6.23±0.59 [b]	6.38±0.67 [c]	-	-
8	-	-	-	6.15±0.48 [c]	6.48±0.51 [c]	-	-
9	-	-	-	5.18±1.36 [cd]	6.15±0.48 [c]	-	-
10	-	-	-	5.50±1.15 [cd]	5.58±1.36 [c]	-	-
15	-	-	-	5.50±1.15 [d]	-	-	-
18	-	-	-	1.18±1.19 [e *]	-	-	-

[1)] Data are presented as mean ± standard deviation (n = 10).
[2)] Stop Storage and experiment.
[3)] Different letters (a-e) in the same row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)] The symbol(*) indicates there is foreign matters (Mold).

Table 8. Result of aerobic bacteria counts by 35°C storage days of bakery bread (Log CFU/g)

Storage days	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	nd	nd	1.90±0.14	nd	1.32±0.03	2.60±0.06	nd
2	1.00±0.00	4.18±0.17	4.56±0.02	0.99±0.12	nd	4.45±0.34	3.40±0.17
3	3.76±1.11	5.62±0.01	5.59±0.03	nd	1.00±0.00	5.22±0.02	4.84±0.00
4	4.11±0.14	-[3]	-	1.96±0.03	1.04±0.06	5.86±0.25	3.15±0.21
5	4.71±0.04	-	-	2.58±0.08	2.93±0.04	-	7.04±0.00
6	6.05±0.38	-	-	2.68±0.03	3.47±0.10	-	-
7	-	-	-	2.92±0.11	3.82±0.17	-	-
8	-	-	-	3.13±0.07	3.95±0.08	-	-
9	-	-	-	4.18±0.38	4.16±0.02	-	-
10	-	-	-	3.81±0.72	5.06±0.08	-	-
11	-	-	-	3.04±0.06	-	-	-
15	-	-	-	3.24±0.05	-	-	-

[1] Data are presented as mean±standard deviation (n = 3).
[2] nd : Not detected (<1 Log CFU/g).
[3] Stop Storage and experiment.

Table 9. Quality safety limit period and use by date according to each temperature (day)

Sample	5°C		15°C		25°C		35°C	
	Quality safety limit period	Use by date*	Quality safety limit period	Use by date*	Quality safety limit period	Use by date*	Quality safety limit period	Use by date*
S1	45	39.2	10	8.7	7	6.1	5	4.5
S2	45	39.2	12	10.4	9	7.8	2	1.7
S3	45	39.2	3	2.6	2	1.7	2	1.7
S4	45	39.2	35	30.5	20	17.4	15	13.1
S5	45	39.2	35	30.5	15	13.1	9	7.8
S6	45	39.2	12	10.4	9	7.8	2	1.7
S7	45	39.2	39	33.9	10	8.7	4	3.5

* Use by date = Quality safety limit period × safety margin (0.87).

은 기간에 안전계수를 적용하면 소비기한은 제품에 따라서 1.7일에서 13.1일까지 설정할 수 있다(Table 9). 따라서 동일한 유형의 제품이라도 제품의 특성에 맞는 품질안전한계기간 설정이 필요하고, 이를 반영한 소비기한 설정이 필요하다고 생각된다. 또한 제품의 보관/유통 시 온도를 엄격하게 관리한다면 제품의 기존의 유통기한보다 소비기한이 늘어날 수 있다.

식빵류의 부패미생물 분석

베이커리의 식빵 제품 2종을 5°C, 15°C, 25°C, 35°C에 각각 저장하고 품질안전한계기간 설정 지표인 세균수가 5 Log CFU/g 이상 일 때의 식빵에서의 우점균을 분석하였다. 그 결과 5°C에 저장한 베이커리 제품은 세균수에 의한 품질안전한계기간이 지표로 설정되지 않았으나, 50일 이후에 각각 *Enterococcus faecium* 과 *Bacillus subtilis*가 우점균으로 분석되었다. 15°C에 저장한 빵류는 *Bacillus amyloliquefacien*와 *B. subtilis* 와 가 분석되었다. 25°C와 35°C에 저장한 베이커리 제품의 품질안전한계기간에 분석된 우점균은 두 제품에서 모두 *B. subtilis*가 분석되었다. 곰팡이와 효모는 빵 부패의 일반적인 원인이지만 *B. subtilis* 는 주로 흙과 먼지에서 흔히 발견되며 빵 생산 및 보관 과정에서 빵 표면에서 성장하여 오염을 일으킬 수 있는 균으로 알려져 있으며, 시큼하거나 썩은 냄새를 발산하여 빵의 맛을 손상시킨다고 알려져 있다[19,20]. 그 밖에 빵 부패를 유발할 수 있는 다른 박테리아로는 가스 생성을 통해 빵을 부풀어 오르게 하고 변색을 일으키는 *Clostridium spp.*와 빵 표면에 끈적끈적한 막을 생성하여 부패를 유발하는 *Pseudomonas spp.*가 있다고 보고되어 있으나, 본 연구에서는 우점균으로 분석되지 않았다. 빵의 호기성 박테리아 수는 빵의 종류, 사용된 재료, 가공 조건 및 보관 조

건과 같은 요인에 따라 달라질 수 있으며, 일반적으로 갓 구운 빵은 장기간 보관된 빵보다 호기성 박테리아 수가 적고, 호기성 박테리아는 성장하기 위해 산소가 필요한 박테리아로 유익한 박테리아와 유해한 박테리아를 모두 포함할 수 있다고 알려져 있다[21,22]. 따라서 빵의 품질안전한계기간을 결정할 수 있는 세균성 부패를 방지하기 위해서는 적절한 보관 조건을 유지하는 것이 중요하다. 그러므로 식빵은 가능하면 서늘하고 건조한 곳에 보관되어야 하며 밀폐용기를 사용하여 미생물에 노출되지 않도록 한다면 보존 기간이 늘어날 수 있다. 가정에서는 적절한 온도로 식빵을 보관한다면 표시된 소비기한 보다 오랫동안 식빵을 섭취할 수 있을 수 있고 생산 과정에서 장비와 표면을 청소, 소독하여 위생적인 생산을 한다면 초기 미생물의 오염을 줄일 수 있어 식빵의 위생학적 품질을 장기간 유지시킬 수 있다고 생각된다.

Acknowledgement

이 논문은 2022년도 식품의약품안전처 재원으로 한국식품연구원의 지원 (G0221200-01)을 받아 수행된 연구성과 입니다.

국문요약

본 연구에서는 베이커리 빵 7종의 품질안전한계기간을 분석하여 소비기한을 산출하였다. 각 제품은 50일 동안 5°C, 15°C, 25°C, 35°C에서 보관하였으며, 보관 중 수분, 미생물, 관능평가, 부패시 우점균을 분석하였다. 품질 및 안전기준은 식품공전 및 KS기준으로 설정하였다. 그 결과 5°C에 보관된 모든 제품은 50일 동안 세균수가 기준치에 적합하였으나 관능은 기준치 이하로 품질이 떨어졌다. 15°C에서 보관된 시료는 3일에서 39일까지 시료별로 품질안전한계기간의 차이가 높았다. 25°C에서는 2-20일의 품질안전한계기간 설정되었으며 하나의 시료는 유통기한과 동일하였다. 35°C에서 보관된 빵은 품질안전한계기간이 가장 짧았다. 식빵에 소비기한 설정 가이드라인을 참조로 0.87의 안전계수를 고려하면 제품별로 1.7-13.1일의 소비기한을 계산할 수 있다. 따라서 같은 유형의 제품이라도 제품의 종류에 따라 소비기한을 설정하는 것이 필요하다. 베이커리에서 유통되는 빵 제품 중 상온 제품 (1-35°C)으로 관리되는 제품은 최대 35°C의 온도 범위에서 유통 및 보관이 가능하므로 제품의 특성을 고려하여 품질유지기간을 설정하고 안전계수를 식품의 특성에 맞게 신중히 고려하는 것이 중요하다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Sun Hye Hwang https://orcid.org/0000-0003-4851-4855
Ji Yeon Choi https://orcid.org/0000-0002-5409-6162
Min Joo Kim https://orcid.org/0009-0008-9868-1006
Yong Sun Cho https://orcid.org/0000-0001-9972-1454

References

1. Shin, J.W. Use by date for foods. *Food Industry and Nutrition,* **27**, 1-5 (2022).
2. Im, J.G., Kim Y.H., Effect of Green Tea Addition on the Quality of White Bread. *Korean J. Soc. Food. Sci*. **15**, 395-400 (1999).
3. Yoon M.H., Kim K.H., Kim N.Y., Byun M.W., Yook H.S., Quality Characteristics of Muffin Prepared with Freeze Dried-Perilla Leaves (*Perilla frutescens* var. *japonica* HARA) Powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **40**, 581-585 (2011).
4. KHIDI, (2023, June 12). National Nutrition Statistics High Frequency Foods. Retrieved from https://www.khidi.or.kr/nutristat
5. Goranova, Z., Baeva, M., Stankov, S., Zsivanovits, G., Sensory Characteristics and Textural Changes during Storage of Sponge Cake with Functional Ingredients. *J. Food Physics*, **28-29**, 70-79 (2015).
6. Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C.G., Katina, K., Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. *LWT-Food Sci. Technol.*, **82**, 296-302 (2017).
7. MFDS, (2023, June 12). Guidelines for setting the used by date. Retrieved from https://www.law.go.kr/
8. Kim D. H, Status and Prospects of the Baking Industry. *Cul. Sci. Hosp. Res*., **1**, 127-138 (1995).
9. Gram, L., Dalgaard, P. Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Curr. Opin. Biotechnol.*, **13**, 262-266 (2002).
10. MFDS, (2023, June 12). Food code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/
11. Korea Standard & certification, (2023, July 17). KS H 2112 Pan bread. Retrieved from https://www.e-ks.kr/KSCI/portalindex.do
12. Koutsoumani, K., Nychas, G.J., Application of a systematic experimental procedure to develop a microbial model for predicting spoilage of ground meat. *Int. J. Food Microbiol.*, **60**, 171-184 (2000).
13. Selomulyo, V.O., Zhou, W., Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *J. Cereal Sci*., **45**, 1–17 (2007).
14. Gray, J.A., Bemiller, J.N., Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. (CRFSFS)*, **2**, 1-21 (2003).
15. Choi Y.J., Ahn S.C, Choi H.S., Hwang D.K., Kim B.Y., Baik M.Y., Role of Water in Bread Staling: A Review. *Food Sci. Biotechnol*., **17**, 1139-1145 (2008).

16. Baixauli, R., Salvador, A., Fiszman, S. M. Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *Eur. Food Res. Technol.*, **226**, 523–530 (2008).
17. Axel, C., Zannini, E., Arendt. E.K., Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **57**, 3528-3542 (2017).
18. Korea Food Industry Association, (2023, June 12). Use-by-date report by food type. Retrieved from https://www.kfia.or.kr/kfia
19. Frisvad, J. C., Samson, R. A. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: A guide to identification of food and air-borne terverticillate Penicillia and their mycotoxins. *Stud. Mycol*., **49**, 1-173 (2004).
20. Garcia, M.V., Copetti, M.V., Alternative methods for mould spoilage control in bread and bakery products. *Int. Food Res. J*., **26**, 737-749 (2019).
21. Doulgeraki, A. I., Ercolini, D., Villani, F., Nychas, G. J. E. Spoilage microbiota associated with the storage of raw meat in different conditions. *Int. J. Food Microbiol*., **157**, 130-141 (2012).
22. Baranyi, J., Tamplin, M. L. ComBase: A common database on microbial responses to food environments. *J. Food Prot.,* **67**, 1967-1971 (2004).